

SNKP 2016

Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya

“Riset Unggulan Kimia dan Pembelajarannya sebagai Integritas dan Daya Saing Bangsa”

PROSIDING

2016

SNKP

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PEMBELAJARANNYA

27 November 2016

AULA FMIPA,

Universitas Negeri Malang

ISBN 978-602-96714-1-4

ORGANIZED BY:



SUPPORTED BY:



CV. Ya'lu

SNKP 2016

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya

*“Riset Unggulan Kimia dan Pembelajarannya
sebagai Integritas dan Daya Saing Bangsa”*

PROSIDING

27 November 2016
AULA FMIPA
Universitas Negeri Malang

ISBN

ORGANIZED BY:



SUPPORTED BY:



CV. Ya'lu

Organisasi Kegiatan

Ketua : Dr. Sc. Anugrah Ricky Wijaya, M.Sc.

Sekretaris : Rini Retnosari, S.Pd., M.Si

Bendahara : M. Muchson, S.Pd, M.Pd.

Scientific Committee :

Prof. H. Suhadi, M.A, Ph.D
Prof. Sri Rahayu, M.Ed., Ph.D
Dr. Endang Budiasih, M.S

Prof. H. Effendy, M.Pd., Ph.D
Prof. Dr. H. Subandi, M.Si.
Dr. Fariati, M.Sc.
Dr. Hj. Fauziatul Fajaroh, M.S
Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D
Dr. Siti Marfuah, M.S

Website : <http://www.kimia.um.ac.id>

Tim Abstrak dan Prosiding:

Dr. Yudhi Utomo, M.Si.

Dr. Sumari, M.Si.

Dr. Irma K. Kusumaningrum, M.Si.

Dr. Nazriati, M.Si.

M. Lukman Buchori, S.Pd

Ulfa Romlah, S.Si.

Fanatra Aantarokhim, S.Si.

Hadiyan Rahman Ramadhan, S.Si.

Abdurrohman, S.Si.



Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya 2016 (SNKP 2016)

“Riset Unggulan Kimia dan Pembelajarannya sebagai Integritas dan Daya Saing Bangsa”

Seminar Nasional ini dilaksanakan di Aula FMIPA Universitas Negeri Malang pada 27 November 2016 dengan narasumber:

Prof. Sri Rahayu, M.Ed., Ph.D (Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang)

“Mengembangkan Keterampilan Tingkat Tinggi Siswa Melalui Pembelajaran Kimia Berkonteks Socioscientific Issues (SSI) dan Nature of Science (NOS)”

Prof. Bambang Kuswandi, Ph.D (Jurusan Farmasi, Universitas Negeri)

“Rahasia pH sebagai Penggerak Sensor dalam Pengembangan Label Pintar untuk Kualitas dan Keamanan Pangan”

Prof. Ir. Nurindah, Ph.D (Peneliti Balitbangtan, Kementrian Pertanian)

“Ilmu Kimia, Pertanian, dan Lingkungan: Perspektif Entomologist”

ISBN: 978-602-96714-1-4

Hak Cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa izin tertulis dari penerbit. Undang-undang Nomor 19 Tahun 2000 tentang Hak Cipta, Bab XII Ketentuan Pidana, Pasal 72, Ayat (1), (2), dan (6).

Kata Pengantar

Segala puji syukur atas ke Hadirat Allah SWT sang pencipta ilmu, kegiatan Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang Tahun 2016 dapat berjalan dengan lancar dan baik. Seminar ini bertema “Riset Unggulan Kimia dan Pembelajarannya Sebagai Integritas dan Daya Saing Bangsa”. Kegiatan seminar nasional ini mengangkat tema-tema mutakhir tentang ilmu kimia dan pembelajarannya. Seminar ini diharapkan mampu menemukan, merumuskan, dan memunculkan gagasan yang dapat meningkatkan pemahaman dan memberikan solusi terhadap berbagai isu global dan permasalahan di bidang kimia dan pembelajarannya. Isu global tentang MEA memberikan tantangan tersendiri dengan memberikan solusi berupa hasil riset unggulan kimia diantaranya pemanfaatan kimia material, perkembangan produk nano material, biokimia sensor, perkembangan metodologi analisis kimia, kimia pertanian, kimia isotop dan kelautan dll. Begitu juga bidang pendidikan kimia, hasil riset tentang pendidikan karakter dalam pembelajaran kimia, perkembangan teknologi informasi yang menunjang ilmu kimia dan pembelajarannya, inovasi pembelajaran terhadap metode dan model pembelajaran, serta pengembangan bahan ajar kimia.

Perkembangan ilmu kimia dan pembelajarannya serta kebijakan pendidikan terhadap profesi dosen, peneliti dan guru menuntut seorang dosen, peneliti ataupun guru untuk melakukan publikasi ilmiah yang salah satunya melalui kegiatan seminar. Melalui kegiatan seminar para pendidik, peneliti, dan pemerhati pendidikan dapat saling bertukar informasi, berbagi pengalaman, dan mengetahui perkembangan unggulan riset di bidang kimia dan pembelajarannya untuk meningkatkan integritas dan daya saing bangsa.

SNKP 2016 ini menghadirkan 3 professor sebagai nara sumber dengan ahli dibidangnya dengan tema sebagai berikut:

1. Prof. Sri Rahayu, P.hD., Ahli Pendidikan IPA, Tema **“Mengembangkan Keterampilan Tingkat Tinggi Siswa Melalui Pembelajaran Kimia Berkonteks Socioscientific Issues (SSI) dan Nature of Science (NOS)”**
2. Prof. Bambang Kuswandi, Ph.D., Ahli Sensor dari Jurusan Farmasi Universitas Negeri Jember dan Visiting Profeson di Universiti Sains Islam Malaysia, Tema: **“Rahasia pH sebagai Penggerak Sensor dalam Pengembangan Label Pintar untuk Kualitas dan Keamanan Pangan”**
3. Prof. Ir. Nurindah, P.hD **“Peneliti Balitbangtan, Kementerian Pertanian”**, Tema: **Ilmu Kimia, Pertanian, dan Lingkungan: Perspektif Entomologist.**

Pada Seminar SNKP 2016 ini diikuti oleh sekitar 355 peserta dan dipresentasikan 78 makalah yang terdiri dari bidang kajian Pendidikan Kimia dan bidang kajian Kimia. Bidang kimia terbagi dalam 3 bagian yaitu bidang kimia organik dan biokimia, kimia fisika dan anorganik fisik, serta kimia analitik. Sedangkan bidang pendidikan kimia terbagi dalam bidang Kurikulum, Pengembangan bahan ajar, model-model pembelajaran, dan Miskonsepsi. Semoga kegiatan seminar ini bermanfaat bagi kita semua dan sebagai wadah kolaborasi antar sesama dalam upaya menyiapkan riset unggulan kimia sebagai integritas dan daya saing bangsa.

Malang, 27 November 2016
Ketua Panitia SNKP 2016

Dr. Sc. Anugrah Ricky Wijaya, M.Sc

DAFTAR ISI

Pembicara Utama

MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN TINGKAT TINGGI SISWA MELALUI PEMBELAJARAN KIMIA BERKONTEKS <i>SOCIOSCIENTIFIC ISSUES (SSI)</i> DAN <i>NATURE OF SCIENCE (NOS)</i>	11
Sri Rahayu	
PENGEMBANGAN TOPIK DAN APLIKASI DALAM RISET SENSOR KIMIA & BIOSENSOR MENGGUNAKAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK	20
Bambang Kuswandi	
ILMU KIMIA, PERTANIAN, DAN LINGKUNGAN: PERSPEKTIF ENTOMOLOGIST	34
Nurindah	

Pemakalah Paralel

Bidang Pendidikan Kimia

PENINGKATAN KUALITAS PEMBELAJARAN MATAKULIAH DASAR-DASAR KIMIA ANALISIS MENURUT TEORI ELABORASI MELALUI PEMBUATAN PETA KONSEP	45
Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih	
CAPAIAN PEMBELAJARAN KELARUTAN DAN Ksp UNTUK DOMAIN PEMAHAMAN KONSEPTUAL MELALUI PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING DIPADU PELATIHAN METAKOGNISI	57
Arvinda C. Lalang, Suhadi Ibnu, Sutrisno	
PROSPEK MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM SOLVING</i> BERBATUAN LKS DAN DIAGRAM VE DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN PEMAHAMAN KONSEP PADA MATERI TERMOKIMIA	62
Ririn Andini, Subandi, Surjani Wonorahardjo	
PENGARUH <i>BLENDED LEARNING</i> DALAM STRATEGI <i>POGIL</i> MATERI KESETIMBANGAN KIMIA TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF DAN MOTIVASI SISWA SMK	74
Asisul khoirot	
PEMBELAJARAN KIMIA FISIKA I (NKIM618) DENGAN PENDEKATAN <i>SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (STS)</i>	83
Darsono Sigit	
MODEL PEMBELAJARAN DAUR BELAJAR BERPRESTASI (DBR) DALAM PEMBELAJARAN KIMIA	100
Herunata	
PEMBELAJARAN YANG MEMBANGUN PEMAHAMAN KIMIA BERSIFAT <i>LONG-TERM MEMORY</i>	107
Sri Winarni	
KEMAMPUAN BERPIKIR ILMIAH MAHASISWA PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN IPA FPMIPA UNIVERSITAS NEGERI MALANG DITINJAU DARI NILAI UJIAN NASIONAL BIDANG STUDI IPA SMA	113
Munzil, Vita Ria Mustikasari	
IDENTIFIKASI KESULITAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL-SOAL REAKSI REDOKS MENGGUNAKAN ANALISIS LANGKAH PENYELESAIAN SOAL	119
Ahmad Faishal Anshory, Muntholib, Irma Kartika Kusumaningrum	
PERAN KESANGGUPAN SPESIAL DALAM PEMBELAJARAN KIMIA (<i>SPAS=TIAL ABILITY ROLE IN CHEMISTRY LEARNING</i>)	123
Syahril	
IDENTIFIKASI PEMAHAMAN KONSEPTUAL DAN ALGORITMIK SISWA KELAS XI MIPA	130

SMAN 2 MALANG PADA MATERI SIFAT KOLIGATIF LARUTAN Nimas Roro Herawati, Dermawan Afandi, Suharti	
KEMAMPUAN SISWA KELAS XI SMA NEGERI 4 PALANGKA RAYA DALAM MENGONTRUKSI DAN MEMAHAMI PENGETAHUAN TENTANG TERMOKIMIA MELALUI PENALARAN INDUKTIF DENGAN PANDUAN LKS Abudarin, Sri Wahyutami	137
PENGEMBANGAN DESAIN PEMBELAJARAN DENGAN MODEL <i>POGIL</i> DAN <i>MORE</i> PADA POKOK BAHASAN SENYAWA TURUNAN ALKANA Okky Krisdiantoro, Suhadi Ibnu, Sutrisno	146
MEMBANGUN <i>CONTACT PHASE</i> PADA PENDEKATAN KONSTEKTUAL <i>CHEMIE IM KONTEKS</i> DALAM UPAYA MENARIK MINAT BELAJAR KIMIA Bayu Bramasta Giri, Suhadi Ibnu, Sutrisno	159
<i>CREATIVE PROBLEM SOLVING</i> UNTUK PEMBELAJARAN STOIKIOMETRI DI SMK Dyah Wijayanti, Suhadi Ibnu, Yudhi Utomo	168
PENGEMBANGAN STRATEGI PEMBELAJARAN METAKOGNITIF Parlan, Suhadi Ibnu, Sri Rahayu, Suharti	176
PENGARUH PEMBELAJARAN KIMIA KELARUTAN DENGAN LC-5E BERKONTEKS SSI TERHADAP PEMAHAMAN HAKIKAT SAINS SISWA SMA Halimah Mustika Nurhayati, Sri Rahayu, Yahmin	186
PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN KIMIA DENGAN MODEL PEMBELAJARAN <i>LEARNING CYCLE 5E-TPS</i> PADA MATERI POKOK REAKSI REDOKS UNTUK PESERTA DIDIK SMA/MA Niken Yustika, Endang Budiasih, Oktavia Sulistina	195
KAJIAN IMPLEMENTASI PENDEKATAN SAINTIFIK DALAM MODUL PEMBELAJARAN KIMIA-BAHAN BAKAR&PELUMAS UNTUK SMK KOMPETENSI KEAHLIAN TEKNIK SEPEDA MOTOR (TSM) Hanie Vidya Christie, Endang Budiasih, Siti Marfu'ah	202
PENGARUH PENGGUNAAN JURNAL BELAJAR DALAM MODEL PEMBELAJARAN <i>LEARNING CYCLE 6E</i> TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF DAN KESADARAN METAKOGNITIF SISWA PADA MATERI REDOKS Erma Yulianingtyas, Endang Budiasih, Siti Marfuah	209
MODIFIKASI STRATEGI PREDIKSI-OBSERVASI-PENJELASAN (<i>PREDICT-OBSERV-EXPLAIN</i> ATAU <i>POE</i>) UNTUK MATERI NON-PRAKTIKUM Ayu Endarti, Kusumaningtyas, Fariati, Suhadi Ibnu	219
PENGARUH PENERAPAN MODEL INKUIRI TERBIMBING TERHADAP HASIL BELAJAR DAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA KELAS XI MIA PADA MATERI ASAM-BASA DI SMA NEGERI SITUBONDO Nur Mu'izzah, Endang Budiasih, Siti Marfu'ah	223
MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING, PETA KONSEP, HASIL BELAJAR KOGNITIF, SISTEM KOLOID Desy Eka R, Dedek Sukarianingsih, Siti Marfu'ah	233
PENINGKATAN PRESTASI SISWA SMA PADA MATERI HIDROKARBON MELALUI <i>BLENDED LEARNING 50:50</i> DALAM LC 6E Bagus Adi Hermawan, Surjani Wonorahardjo, Siti Marfu'ah	242
PENGARUH <i>LEARNING CYCLE-5E</i> BERKONTEKS SSI TERHADAP KETERAMPILAN BERFIKIR KRITIS PADA MATERI LARUTAN PENYANGGA DAN HIDROLISIS GARAM SISWA SMA Eris Ratnawati, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh	249
PENGEMBANGAN SEKOLAH BERSIH SEHAT DALAM KERANGKA PEMBINAAN	258

PERILAKU HIDUP BERSIH DAN SEHAT Yudhi Utomo, Subandi, Fathur Rochman	
IDENTIFIKASI MISKONSEPSI NERACA MASSA PADA SISWA SMK KIMIA INDUSTRI Ragil Sugeng Dewantoro, Subandi, Fauziatul Fajaroh	263
KAJIAN TEKS PERUBAHAN KONSEPTUAL UNTUK MENGATASI MISKONSEPSI BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL Moh. Abd Majid, Effendy, Yudhi Utomo	269
DIAGNOSIS MISKONSEPSI SISWA KELAS XI PADA MATERI LARUTAN ASAM BASA MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK PILIHAN GANDA DUA TINGKAT Cety Anggun Widyorini, Prayitno, Sumari	275
PROSPEK TEKNIK PETA KONSEP DALAM MENGANALISIS KESALAHAN STRUKTUR PENGETAHUAN MAHASISWA PADA MATERI IKATAN KIMIA DAN STRATEGI KONFLIK KOGNITIF BERBASIS MULTIPLE REPRESENTASI DALAM PERBAIKANNYA Yuski Sudana, Subanda, Aman Santoso	282
PROSPEK TEKNIK CRI DALAM MENGIDENTIFIKASI MISKONSEPSI SISWA PADA MATERI BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL SERTA MODEL PEMBELAJARAN ADI UNTUK MEMPERBAIKINYA Billy A. Kallay, Subandi, Endang Budiasih	287
IDENTIFIKASI KESALAHAN KONSEP PADA MATERI REDOKS KELAS X DI SMA Noni Asmarisa, Endang Budiasih, Suharti	296
PENGEMBANGAN INSTRUMEN DIAGNOSTIK <i>TWO-TIER</i> UNTUK MENGIDENTIFIKASI MISKONSEPSI PADA MATERI HIDROLISIS GARAM DAN LARUTAN PENYANGGA Noor Fathi M., Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh	300
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR REAKSI REDOKS DAN ELEKTROKIMIA DENGAN MODEL <i>LEARNING CYCLE 5</i> FASE UNTUK SISWA KELAS XII SMA/MA SEBAGAI PENUNJANG KURIKULUM 2013 Adawiyah Daud, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih	308
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR UNSUR GOLONGAN 15 BERBASIS KONTEKSTUAL UNTUK MATA KULIAH KIMIA ANORGANIK Agtri Wulandari, I Wayan Dasna, Surjani Wonorahardjo	315
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR UNSUR DAN PERSENYAWAAN LOGAM ALKALI BERBASIS KONTEKSTUAL Dayu Ardhiyatmita Nur R., I Wayan Dasna, Siti Marfu'ah	324
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KESETIMBANGAN KIMIA UNTUK SISWA KELAS XI SMA/MA MENGGUNAKAN PENDEKATAN SAINTIFIK 5M Muntholib, Yuneta Dwi Yunisari, Dermawan Afandy	330
PENGEMBANGAN BUKU AJAR KIMIA SMA/MA PADA MATERI TERMOKIMIA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN PESERTA DIDIK Muchammad Darus, Octavia Sulistina, Yahmin	336
PENGEMBANGAN KOMIK KIMIA BERDASARKAN PENDEKATAN POGIL TOPIK BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL UNTUK SISWA KELAS X SMA/MA Mus Indriana, Effendy, Sri Rahayu	350
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA MATERI ELEKTROKIMIA UNTUK SMK BERBASIS PENDEKATAN ILMIAH (<i>SCIENTIFIC APPROACH</i>) Dewi Lailiyatul Hikmah, I Wayan Dasna, Munzil	354
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA DENGAN PENDEKATAN <i>SCIENTIFIC-INQUIRY</i> BERBASIS PBL (<i>PROBLEM BASED LEARNING</i>) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN SAINS SISWA MATERI HIDROLISIS GARAM Wiji Chusnah, Subandi, Subaeri	362

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR PEMBELAJARAN KIMIA MATERI SENYAWA KARBON TURUNAN ALKANA DENGAN MODEL <i>LEARNING CYCLE 5E</i> UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA	373
Karlina Saptanti, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih	
PENGEMBANGAN PROSEDUR PRAKTIKUM SIFAT KOLIGATIF LARUTAN	380
Muhammad Hubbi, I Wayan Dasna, Surjani Wonorahardjo	
PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN MEDIA KOTAK KARTU MISTERIUS (KOKAMI) PADA MATERI HUKUM-HUKUM DASAR KIMIA UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS BELAJAR SISWA	387
Sri Adelila Sari, Wilta Fajrina	
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATERI SIFAT KOLIGATIF LARUTAN DENGAN MODEL <i>LEARNING CYCLE 5E</i> UNTUK SISWA KELAS XII SMA/MA	395
Shinta Gusta, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih	
PENGEMBANGAN MEDIA <i>CHEMPOLLY</i> UNTUK MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK PADA POKOK BAHASAN SENYAWA HIDROKARBON DI SMK NEGERI 1 SINGOSARI	403
Siti Faizah	
PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PRAKTIKUM SISWA BERORIENTASI KETERAMPILAN PROSES PADA MATERI LAJU REAKSI	408
Ririn Eva Hidayati	
KAJIAN TENTANG KEMAMPUAN BERNALAR ILMIAH (<i>SCIENTIFIC REASONING ABILITY</i>) PADA PEMBELAJARAN KIMIA TOPIK TITRASI ASAM BASA	414
Eni Mayasari, Effendy, Fauziatul Fajaroh	
PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN PENGUASAAN KONSEPTUAL, KETERAMPILAN PROSES SAINS, DAN SIKAP TERHADAP KIMIA UNTUK BAHAN KAJIAN STOIKIOMETRI	420
Rima Dhian Pratiwi, Sutrisno, Munzil	
PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES DIAGNOSTIK <i>TWO-TIER</i> UNTUK MENGIDENTIFIKASI KESALAHAN KONSEP SISWA PADA MATERI POKOK LARUTAN PENYANGGA	430
Rezky Miftahul Jannah, Sri Rahayu, Aman Santoso	
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA BERBASIS PENDEKATAN ILMIAH (<i>SCIENTIFIC APPROACH</i>) POKOK BAHASAN SENYAWA HIDROKARBON UNTUK SISWA KELAS XI SEKOLAH MENENGAH ATAS	436
Muhammad Idris, Sрни M. Iskandar, Aman Santoso	
PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES PEMAHAMAN KONSEP KESETIMBANGAN KIMIA	443
Muhammad ali Kirniawan, Sri Rahayu, Fauziatul fajaroh	
PENGEMBANGAN PERANGKAT TES PENGUKUR TINGKAT KONFLIK KOGNITIF SISWA SMA	449
Wiwin Putriawati, Suyono, Wasis	
PENGARUH PENERAPAN PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI BENTUK MOLEKUL	459
Nur Sa'adah, Effendy, Suhadi Ibnu	
Prospek Teknik <i>Certainty of Response Index</i> (CRI) termodifikasi dalam Mengidentifikasi Miskonsepsi dan Teknik <i>Argument Driven Inquiry</i> (ADI) dalam Memperbaiki Miskonsepsi pada Materi Asam-Basa	469
Anjamputra A. Embisa, Subandi, Fauziatul Fajaroh	

Bidang Kimia

STUDI KELAYAKAN BAHAN BAKU BIOGAS DI SEKITAR KOTA KENDARI	485
Prima Endang Susilowati, Ahmad Zaeni, Harlia, Novianti Rasmin, Darwis	
PRODUKSI VITELOGININ IKAN ARWANA (<i>Scleropages sp.</i>) DENGAN STIMULASI HORMON ESTRADIOL SECARA INDUKSI DAN ORAL	493
Ahmad Musa, Rina Hirnawati	
AKTIVITAS SARI, EKSTRAK DAN ISOLAT FLAVONOID DARI BIJI KEDELAI (<i>Glycine max L.</i>) SEBAGAI INHIBITOR LIPASE PANKREAS	499
Subandi, Nuril Muhammad Zidni Amin, Tatas P. Broto Sudarmo	
SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR (CJCO) DENGAN GELOMBANG ULTRASONIK	507
Aman Santoso, Subandi	
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG PELAPUKAN KAYU <i>INDOGENOUS</i> DARI HUTAN PINUS PUJON KABUPATEN MALANG DAN UJI KEMAMPUANNYA UNTUK SAKARIFIKASI AMPAS TEBU	524
Arlina Dwi Nur Isma, Evi Susanti, Eli Hendrik Sanjaya	
PENGARUH TINGKAT KEJENUHAN DAN WAKTU INKUBASI TERHADAP HASIL FRAKSINASI EKSTRAK KASAR SELULASE <i>Bacillus circulans</i> DENGAN PENGENDAPAN ETANOL	532
Lila Sukma Islami, Evi Susanti, Muntholib	
FRAKSINASI EKSTRAK KASAR SELULASE <i>Bacillus circulans</i> DENGAN AMONIUM SULFAT FRAKSI 0-10% DAN 10-60%	539
Nia Lutfiana, Evi Susanti, Muntholib	
APLIKASI METODE <i>HARTREE-FOCK</i> UNTUK PENENTUAN KOMPOSISI KONFORMER	546
Yahmin	
STUDI FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ADSORPSI MALASIT HIJAU OLEH NANOPARTIKEL MAGNETIT BERSALUT SILIKA	552
Zuhriah Mumtazah, Fauziatul Fajaroh, Nazriati	
PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA GEL DAN POLIVINIL ALKOHOL TERHADAP KEMAMPUAN <i>BEADS</i> KITOSAN TERIKAT-SILANG EPIKLOOROHIDRIN DALAM MENGABSORPSI ASAM HUMAT	557
Radna Nurmasari, Uripito Trsino Santoso, Ahmad Budi Junaidi, Dewi Umaningrum, Dahlena Ariyani, Ifdah	
TEKNIK SEDERHANA SINTESIS MIKROPARTIKEL Fe_3O_4 DENGAN METODE KOPRESIPITASI TANPA PENAMBAHAN GAS LEMBAM	566
Uripito Trisno Santoso, Ahmad Budi Junaidi, Dwi Rasy Mujiyanti, Dewi Noor Hidayah	
ISOTHERM SORPSI AIR DARI KERUPUK KEDELAI	571
Maulina Putri Nor Azizah, Sri Hartini, Margareta Novian Cahyanti	
PERENGAKAHAN TAR TEMPURUNG KELAPA DENGAN SEOLIT ALAM SEBAGAI KATALIS	582
Uswatun Hasanah, Bambang Setiaji	
PEMBUATAN PLASTIK <i>BIODEGRADABLE</i> DARI KITOSAN DAN PATI JAGUNG	587
Sumari, Nazriati, Luluk Mufidah	
PENGARUH PELAPISAN SILIKA TERHADAP DAYA ADSORPSI NANOPARTIKEL MAGNETITE	594
Fauziatul fajaroh, Nazriati	
VOLTAMETRI LUCUTAN DENYUT DIFFERENSIAL SEBAGAI ALTERNATIF METODE UNTUK ANALISIS SELENIUM	599
Fitri Dara, Indra Noviandri, B. Buchari	
EFEK pH TERHADAP <i>GELLING TIME</i> DAN KARAKTERISTIK SILIKA XEROGEL	607
Nazriati, Bella Charnel Dion Shap Raga, Fauziatul fajaroh, Sumari	

PEMANFAATAN KOMPOS DAUR ULANG SAMPAH ORGANIK TPA TLEKUNG SEBAGAI ADSORBEN TEMBAGA	612
Alfian A. F., Irma Kartika Kusumaningrum, M. Sodik ibnu	
EFEKTIVITAS KOMPOS TPA TLEKUNG SEBAGAI ADSORBEN KADMIUM PADA LINDI	619
Irma K Kusumaningrum, Yudhi Utomo	
METODE <i>INDUCTIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROPHOTOMETRY (ICP-MS)</i> SEBAGAI PENENTUAN ARSENIK PADA NATURAL SEDIMEN	626
Anugrah Ricky Wijaya, Irma Kartika Kusumaningrum, Yudhi Utomo, Surjani Wonorahardjo	
KARAKTERISASI FISIKOKIMIA DAN PROFIL ASAM LEMAK PENYUSUN MINYAK BIJI KROKOT (<i>Portulaca oleracea L.</i>)	632
Bawana Putra, Hartati Soetjipto, Margareta Novian C.	
UJI VIABILITAS SEL L6 (<i>RAT MUSCLE CELLS</i>) TERHADAP ION LOGAM TRANSISI YANG BERPOTENSI SEBAGAI OBAT ANTI DIABETES MENGGUNAKAN CCK-8	638
Anna Safitri, Aviva Levina, Peter A. Lay	
ILMU KIMIA METABOLIT SEKUNDER DALAM BIJI ASAM JAWA (<i>Tamarindus indica Linn</i>) DAN UJI (BIO)AKTIVITASNYA	645
Sutrisno, Rangga Putra Pranika Perdana, Fiqih Fajar Ria Khasanah, Aini Fitrotun Hanifa, Ayu Nurjannah	

**MAKALAH
PEMBICARA UTAMA**

**MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN TINGKAT TINGGI SISWA
MELALUI PEMBELAJARAN KIMIA BERKONTEKS *SOCIOSCIENTIFIC ISSUES*
(SSI) DAN *NATURE OF SCIENCE* (NOS)**

Prof. Sri Rahayu, MEd., PhD

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang (UM)
Jl. Semarang 5 Malang 65145

ABSTRAK

Tujuan utama pembelajaran sains di sekolah pada abad ke-21 adalah mempersiapkan semua siswa agar dapat: (1) hidup secara mandiri di dunia yang mengalami perubahan cepat, terutama dalam bidang sains dan teknologi; (2) memiliki literasi sains yang baik; dan (3) mempersiapkan sebagian kecil siswa yang akan meniti karir sebagai ilmuwan (spesialis) di masa mendatang. Agar siswa dapat belajar secara mandiri dan memiliki literasi sains yang baik, maka mereka harus mampu menerapkan keterampilan tingkat tinggi, seperti keterampilan dalam belajar, berfikir, berinkuiri dan memecahkan masalah (*problem solving*). Pengembangan keterampilan tersebut hanya dapat dicapai melalui pemberian kesempatan belajar yang eksplisit, terbimbing dan direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, guru perlu memberikan materi pembelajaran dan pendekatan/strategi tertentu agar dapat mendorong berkembangnya keterampilan tersebut secara memadai. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut adalah dengan menerapkan strategi pembelajaran berbasis inkuiri yang berkonteks *socioscientific issues* (SSI) dan mengeksplisitkan *nature of science* (NOS).

Kata kunci: ketrampilan tingkat tinggi, inkuiri, *socioscientific issues*, *nature of science*

ABSTRACT

The main goals of school science instruction on the 21st century is preparing all students who can be: (1) live independently in the world that changing quickly, especially in the field of science and technology; (2) have a good scientific literacy; and also (3) prepare small portion of students who will pursue a career as a scientist (specialist) in the future. In order for students can learn independently and have good scientific literacy, they should be able to implement high order skills, such as learning skills, thinking skills, inquiry skills and solving problems. The skills development can only be achieved through giving learning opportunities explicitly, guided and planned well. Therefore, teachers should provide lesson and approach or specific strategies that can be encouraging the development of such skills adequately. One way that can be used for such purpose is implementation of inquiry with context of socioscientific issues (SSI) and nature of science (NOS) explicitly.

Keywords: *higher order skills, socioscientific issues, nature of science*

1. PENDAHULUAN

Kita telah memasuki abad ke-21 dimana telah terjadi perubahan yang revolusioner dalam bidang sains dan teknologi. Berbagai terobosan dalam kedua bidang tersebut menyebar ke seluruh penjuru dunia atau mengglobal (Friedman, 2007). Penemuan dan perkembangan baru dalam genetika, nano sains dan neurosains misalnya, memberikan kabar baik dalam bidang kesehatan manusia yang pada hakekatnya adalah meningkatkan kualitas hidup umat manusia. Namun, perkembangan lain dalam bidang sains dan teknologi juga dapat menyebabkan terjadinya permasalahan baru yang berkaitan dengan etika, moral dan isu-isu global yang

justru mengancam martabat dan kelangsungan hidup manusia. Sebagai contoh, terjadinya masalah pemanasan global, berkurangnya sumber energi secara global atau munculnya berbagai bentuk polusi yang mengganggu kestabilan alam.

Dengan adanya berbagai perubahan revolusioner dalam abad 21 dan berbagai dampak yang ditimbulkannya, maka diperlukan pendidikan yang efektif yang dapat mempersiapkan siswa dalam menghadapi berbagai perubahan yang terjadi. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang lulus dari sekolah menengah, pendidikan vokasi ataupun perguruan tinggi sangat kurang dalam penguasaan sejumlah keterampilan dasar dan keterampilan terapan yang diperlukan untuk Abad 21. (Trilling & Fadel, 2009). Oleh karena itu, tidaklah cukup jika guru hanya mentransfer informasi agar siswa mengingat dan menyimpannya dalam otak untuk dipergunakan di masa depan. Pendidikan saat ini harus fokus pada membantu siswa belajar bagaimana cara belajar (*learn how to learn*) dan membantu mereka untuk menjadi masyarakat yang memiliki literasi sains yang baik. Bagaimana kita mempersiapkan siswa agar memiliki keterampilan yang diperlukan di abad 21 dan kemampuan dalam berliterasi sains? Dalam makalah ini akan dibahas mengenai pentingnya literasi sains dan berbagai ketrampilan tingkat tinggi yang dibutuhkan di abad 21, peranan *nature of science* (NOS) sebagai komponen penting dalam berliterasi sains, peranan *socioscientific issues* (SSI) sebagai konteks belajar, dan bagaimana merancang pembelajaran sains yang dapat mengoptimalkan kemampuan atau ketrampilan tingkat tinggi untuk abad 21.

2. PEMBAHASAN

2.1 Literasi Sains dan Ketrampilan Tingkat Tinggi di Abad 21

Tujuan utama pembelajaran sains di sekolah pada abad ke-21 di berbagai belahan dunia adalah mengarah pada : (1) mempersiapkan semua siswa agar dapat hidup secara mandiri di dunia yang mengalami perubahan cepat, terutama dalam bidang sains dan teknologi; (2) memiliki literasi sains yang baik; dan (3) mempersiapkan sebagian kecil siswa yang akan meniti karir sebagai ilmuwan(spesialis) di masa mendatang. Agar siswa dapat belajar secara mandiri dan memiliki literasi sains yang baik, maka mereka harus mampu menerapkan keterampilan tingkat tinggi, seperti keterampilan dalam belajar, berfikir, berinkuiri dan memecahkan masalah (*problem solving*) (Campbell et al, 2000). Seiring dengan itu, guru-guru sains dihadapkan pada tantangan yang cukup berat yaitu harus mengajarkan begitu banyak topik-topik sains (kimia) di kelas dan kebutuhan untuk mengembangkan kemandirian dan literasi sains siswa. Beberapa peneliti dan pendidik mengklaim bahwa kemampuan dan keterampilan siswa berkembang dengan sendirinya atau secara spontan setelah mengalami berbagai pengalaman belajar dalam perjalanan studi mereka. Peneliti lain mengklaim bahwa pengembangan keterampilan dapat dicapai hanya melalui pemberian kesempatan belajar yang eksplisit, terbimbing dan direncanakan dengan baik. Kebanyakan hasil-hasil penelitian tidak mendukung klaim yang pertama yang menyatakan bahwa keterampilan diperoleh secara spontan, namun pada kenyataannya, studi tersebut menunjukkan bahwa siswa merasa sulit untuk memperoleh keterampilan sendiri dan dengan demikian perlu bimbingan dan pengajaran langsung (Castello, & Monereo, 1999). Oleh karena itu, guru perlu memberikan materi pembelajaran dan pendekatan/strategi tertentu agar dapat mendorong berkembangnya keterampilan tersebut secara memadai. Bagaimanakah cara mengembangkan ketrampilan tingkat tinggi siswa melalui pembelajaran sains (kimia)? Salah satu cara yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut adalah dengan menerapkan strategi pembelajaran berbasis inkuiri yang berkonteks *socioscientific issues* (SSI) dan mengeksplisitkan *nature of science* (NOS). Dengan menggunakan strategi dan konteks tersebut diharapkan siswa dapat mengembangkan berbagai ketrampilan tingkat tinggi yang

diperlukan agar di masa mendatang menjadi individu yang mandiri dan memiliki literasi sains yang baik.

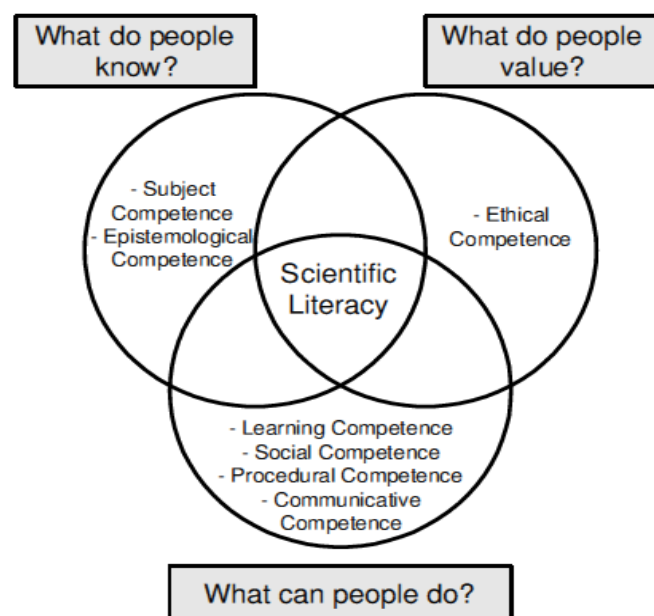
Pengembangan literasi sains (*scientific literacy*) siswa searah dengan pengembangan *life skills* (Rychen & Salganik, 2003). Literasi sains diperuntukkan bagi semua orang, bukan hanya bagi orang yang memilih karir dalam bidang sains atau spesialis dalam bidang sains. Menurut Gräber dkk (2001) literasi sains adalah berbasis kompetensi yang merupakan hasil interseksi (persinggungan) antara “*what do people know*” (terdiri dari kompetensi konten sains dan kompetensi epistemologis), “*what do people value*” (terdiri dari kompetensi etika/moral), dan “*what can people do*” (terdiri dari kompetensi belajar, kompetensi sosial, kompetensi prosedural, kompetensi berkomunikasi). Model literasi sains Graber, seperti yang digambarkan pada Gambar 1 dibawah, menekankan perlunya keseimbangan antar berbagai kompetensi dan membutuhkan keterampilan dalam pengambilan keputusan sosiosaintifik (Holbrook & Rannikmae, 2007).

Holbrook & Rannikmae (2009) mengembangkan definisi baru tentang literasi sains yang menjadi target pendidikan sains. Mereka menyarankan perlunya apresiasi tentang hakikat sains (NOS) dan relevansinya dengan sains yang sedang diperoleh, sehingga mengembangkan literasi sains melalui pendidikan sains adalah mengembangkan kemampuan untuk menggunakan pengetahuan dan keterampilan sains secara kreatif berlandaskan bukti-bukti cukup, khususnya yang relevan dengan karir dan kehidupan sehari-hari dalam memecahkan permasalahan-permasalahan penting dan memberi menantang secara pribadi didalam membuat keputusan sosiosaintifik secara bertanggung jawab. Selain itu, dalam literasi sains diperlukan juga kemampuan mengembangkan keterampilan berinteraksi secara kolektif, pengembangan diri dengan pendekatan komunikatif, dan perlunya menunjukkan penalaran yang dapat dimengerti dan persuasif dalam memuat argumentasi dalam isu-isu sosiosaintifik.

Berkaitan dengan pengembangan literasi sains, Program for International Student Assessment (PISA) (OECD, 2007) menetapkan empat dimensi dalam menilai literasi sains siswa usia 15 tahun, yaitu:

1. Dimensi proses sains, yaitu kemampuan siswa memahami hakekat sains (*nature of science/NOS*), prosedur sains, serta kekuatan dan limitasi sains. Siswa perlu memahami bagaimana ilmuwan sains mengambil data dan mengusulkan eksplanasi-eksplanasi terhadap fenomena alam, mengenal karakteristik utama penyelidikan ilmiah. PISA menetapkan tiga aspek dari komponen kompetensi/proses sains berikut dalam penilaian literasi sains, yakni mengidentifikasi pertanyaan ilmiah, menjelaskan fenomena secara ilmiah dan menggunakan bukti ilmiah. Proses kognitif yang terlibat dalam kompetensi sains antara lain penalaran induktif/deduktif, berfikir kritis, pengubahan representasi, mengkonstruksi eksplanasi berdasarkan data, berfikir dengan menggunakan model dan menggunakan matematika.
2. Dimensi konten/pengetahuan sains, yaitu konten sains yang menjadi kurikulum sains sekolah dan juga pengetahuan yang diperoleh melalui sumber-sumber informasi lain yang tersedia.
3. Dimensi konteks, yaitu soal-soal pada penilaian PISA berfokus pada situasi yang terkait pada diri individu, keluarga dan kelompok individu (personal), komunitas masyarakat, serta kehidupan lintas negara (global). Konteks PISA mencakup bidang-bidang aplikasi sains dalam seting personal, sosial dan global, yaitu: (1) kesehatan; (2) sumber daya alam; (3) mutu lingkungan; (4) bahaya; (5) perkembangan mutakhir sains dan teknologi. Salah satunya adalah konteks *socioscientific issues* (SSI).

4. Dimensi sikap, yaitu sikap yang dimiliki siswa didalam menghadapi atau memecahkan permasalahan-permasalahan yang terjadi dalam konteks kehidupannya terkait dengan sains.



Gambar 1. The Gräber model for scientific literacy

Dengan demikian untuk membimbing siswa agar dapat hidup lebih mandiri dan memiliki literasi sains yang baik maka sudah menjadi tugas sekolah untuk memfokuskan pembelajaran sains pada berbagai ketrampilan tingkat tinggi yang diperlukan dalam abad 21. Keterampilan-keterampilan yang dimaksudkan termasuk: (1) keterampilan berfikir tingkat tinggi (higher order thinking skills) seperti keterampilan berfikir kritis dan kreatif; (2) keterampilan belajar seperti keterampilan berkomunikasi (lisan dan tulisan), keterampilan berargumentasi, keterampilan bekerjasama dalam team; (3) keterampilan berinkuiri seperti keterampilan menggunakan prosedur-prosedur ilmiah dan menginvestigasi, dan (4) keterampilan memecahkan masalah (problem solving). Berbagai keterampilan ini dapat dibelajarkan dengan suatu strategi pembelajaran literasi sains, yaitu pembelajaran yang menggunakan pendekatan inkuiri dengan mengaitkan isu-isu kontemporer atau isu-isu sosiosaintifik kedalam pembelajaran dan mengeksplisitkan NOS.

2.2 Peranan *nature of science* (NOS) sebagai komponen penting dalam berliterasi sains

The nature of science (NOS) merupakan epistemologi sains, yaitu sains sebagai cara mengetahui atau mengacu pada nilai-nilai dan keyakinan yang melekat pada sains (pengetahuan ilmiah) dan perkembangannya (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Ada tujuh aspek NOS yang dapat dimasukkan dalam kurikulum dan pembelajaran sains yang umum dan juga relevan dengan kehidupan mereka sehari-hari. Ketujuh aspek tersebut adalah (1) pengetahuan ilmiah bersifat tentatif; (2) pengetahuan ilmiah berbasis empiris (*empirically-based*); (3) pengetahuan ilmiah bersifat subyektif (*theory-laden*); (4) pengetahuan ilmiah selalu melibatkan inferensi, imajinasi dan kreativitas manusia; (5) pengetahuan ilmiah terikat dengan aspek sosial budaya; (6) perbedaan antara observasi dan inferensi dan (7) fungsi dan hubungan antara teori ilmiah dan hukum ilmiah (Bell, Lederman, & Abd-El-Khalick, 2000;

Lederman, 2007; Lederman, 2006). Ketujuh aspek tersebut saling berkaitan dan tidak bisa berdiri sendiri.

Tujuan utama mengintegrasikan NOS secara eksplisit kedalam kurikulum sains adalah untuk membantu mendidik siswa menjadi warga negara yang memiliki literasi sains sehingga dapat memecahkan permasalahan-permasalahan sains dan teknologi yang kompleks dalam kehidupan modern dan budaya demokratis (OECD, 2009). Selain itu, penetapan NOS sebagai komponen utama dalam literasi sains sudah semakin mapan di berbagai negara dan digunakan sebagai tujuan belajar yang penting dalam setiap kurikulum sains (Hodson, 2014). Melalui integrasi NOS secara eksplisit dalam rancangan pembelajaran sains, kemampuan lain yang diperlukan dalam pengembangan literasi sains diharapkan juga dapat terwadahi.

2.3 *Socioscientific issues (SSI)* Sebagai Konteks Belajar dan Rancangan Pembelajarannya

Konteks pembelajaran meliputi segala sesuatu yang berada di lingkungan sekitar yang dapat berupa fisik, sosial, institusional dan personal yang mempengaruhi proses belajar mengajar. Berkaitan dengan konteks, karakteristik pembelajaran sains dapat digolongkan sebagai pembelajaran berkonteks dan yang tidak berkonteks. Dalam pembelajaran yang berkonteks, hakikat sains (NOS) misalnya, dikaitkan dengan topik sains tertentu. Contoh khusus untuk pengintegrasian NOS didalam pembelajaran sains adalah: (a) NOS dalam pembelajaran konsep struktur atom modern, (b) NOS dalam argumentasi dan perdebatan tentang *socioscientific issues (SSI)*, dan (c) NOS untuk mengembangkan keterampilan proses (Bell, Matkins, & Gansneder, 2011). Bila hakikat sains diajarkan dengan cara yang tidak berkonteks maka hakikat sains tersebut menjadi fokus utama pembelajaran dan diajarkan melalui penggunaan kegiatan dan diskusi khusus yang dirancang untuk mendorong aspek-aspek tertentu dari hakikat sains dengan tidak mengaitkan langsung terhadap konten sains atau keterampilan proses.

Literasi sains membahas tentang konteks sains dan peranannya dalam perubahan yang terjadi di dunia. Isu-isu sosial-saintifik (SSI) memiliki implikasi moral dan etika. Oleh karena itu, dorongan untuk literasi sains membutuhkan perhatian kurikuler terhadap implikasi moral dan etika dari isu-isu sosial-saintifik. Literasi sains penting bagi semua siswa. Sebagian besar siswa tidak akan menjadi ilmuwan yang professional. Mereka perlu memiliki kemampuan dalam menggunakan proses ilmiah dan kebiasaan berfikir dalam memecahkan masalah yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan untuk menghadapi masalah yang melibatkan ilmu pengetahuan dan membuat keputusan (Sadler, 2004). SSI menjadi semakin penting dalam bidang pendidikan sains karena dapat digunakan sebagai alat untuk: (a) menjadikan pembelajaran sains lebih relevan bagi kehidupan siswa; (b) wahana yang mengarahkan hasil belajar seperti apresiasi terhadap hakikat sains; (c) meningkatkan argumentasi berdialog; (d) meningkatkan kemampuan mengevaluasi informasi ilmiah; dan (e) termasuk aspek penting dalam literasi sains (Sadler & Zeidler, 2004: 6). SSI menginspirasi, memprovokasi, atau sebaliknya mengkontroversi wawasan. Isu-isu tersebut sering ditemukan pada *frontier of science* (science dalam pembuatan) yang potensial mengenai hewan, energi, dan penggunaan lahan dan teknologi genetika dan reproduksi. SSI biasanya melibatkan perdebatan para ahli pada pertanyaan-pertanyaan ilmiah utama yang tidak memiliki solusi sederhana dan jelas (Kolstø et al., 2006). Kontroversi semacam itu yang memprovokasi keterlibatan pikiran siswa merupakan keunikan SSI karena provokasi tersebut tidak mungkin bisa muncul dalam perkuliahan/ceramah. Pembeneran untuk menggunakan SSI, dijelaskan oleh Zeidler et al (2009), didirikan pada kerangka teoritis dari bidang psikologi perkembangan, sosiologi dan filsafat.

Siswa memperoleh pengetahuan di kelas bisa dengan atau tanpa SSI, namun SSI memiliki keunikan yaitu SSI dapat mengelola berbagai macam hasil belajar (misalnya literasi sains, hakikat sains yang disebut sebagai kekuatan penyatuan (*unification power*) (Zeidler et al, 2005). Dengan mendorong keterlibatan siswa yang besar melalui permasalahan sosial yang relevan dan berakar dari disiplin ilmu, SSI telah menunjukkan potensinya untuk meminimalkan isu-isu pengelolaan kelas dan menyediakan pemecahan masalah dan peluang perolehan konten sains (Sampson, Groom, & Walker, 2011). Selain itu, SSI dapat mengembangkan moral siswa melalui eksplorasi permasalahan sosial dan pribadi yang menggunakan perspektif tersebut, dengan demikian, akan menciptakan lingkungan belajar yang lebih bermakna (Zeidler & Keefer, 2003). Jika dikaitkan dengan isu-isu moral dalam proses pertimbangan untuk pengambilan keputusan atau tindakan, siswa secara alamiah menjadi merasa memiliki masalah tersebut dan suasana seperti ini jarang sekali dipraktekkan di sekolah.

Masalah-masalah SSI menggabungkan komponen-komponen moral dan etika dari suatu topik sains yang dilakukan melalui kegiatan diskusi dan interaksi siswa tentang isu-isu kontroversial bertujuan untuk meredam/memecahkan isu-isu tersebut. Oleh karena itu, SSI bersifat terbuka sehingga memungkinkan siswa untuk berfikir kritis mengenai isu-isu tersebut bersama dengan orang lain yang memiliki pandangan yang berbeda (Simonneaux, 2008; Zeidler & Sadler, 2008). Gerakan SSI memfokuskan pada bagaimana siswa memahami suatu permasalahan serta mengambil keputusan dan keputusan-keputusan yang mereka buat tentang isu-isu tersebut berkaitan dengan moral dan etika. Beberapa contoh permasalahan yang bisa dikategorikan *socioscientific issues* misalnya permasalahan tentang pemanasan global (*global warming*), pencemaran lingkungan, penerapan nuklir, dan sebagainya.

2.4 Desain Pembelajaran Kimia untuk Mengoptimalkan Ketrampilan Tingkat Tinggi.

Dalam mendesain pembelajaran yang dapat mengoptimalkan ketrampilan tingkat tinggi yang dibutuhkan di abad 21 dan literasi sains, ada beberapa langkah yang harus dilakukan.

Pertama, pilihlah topik-topik kimia yang memiliki sifat bukan deskriptif. Akan lebih baik jika dipilih topik yang dapat dibelajarkan melalui kegiatan investigasi atau diskusi. Misalnya, topik asam-basa, laju reaksi, kesetimbangan. *Kedua*, tentukan ketrampilan tinggi utama yang akan dikembangkan. Misalnya ketrampilan berfikir kritis, ketrampilan berkomunikasi, ketrampilan berargumentasi, dsb.

Ketiga, tentukan model/strategi pembelajaran yang menggunakan pendekatan inkuiri ilmiah, misalnya *learning cycle* atau inkuiri terbimbing. Inkuiri ilmiah didefinisikan sebagai berbagai cara yang digunakan oleh para ilmuwan dalam mempelajari alam semesta dan dalam upaya mengajukan penjelasan berdasarkan bukti-bukti yang diperoleh dari kegiatannya. Inkuiri juga mengacu pada aktivitas yang dilakukan oleh siswa dalam proses mengembangkan pengetahuan dan pemahaman tentang ide-ide ilmiah, juga tentang bagaimana seorang ilmuwan mempelajari alam semesta (NAP, 2012). Oleh karena itu, walaupun sangat erat kaitannya dengan proses sains, inkuiri ilmiah lebih dari sekedar mengembangkan ketrampilan proses seperti mengamati, menginferensi, mengklasifikasikan, memprediksi, mengukur, merumuskan masalah, menginterpretasi dan menganalisis data. Dengan kata lain, inkuiri ilmiah tidak hanya mencakup ketrampilan proses sains tradisional tetapi juga mengkombinasikan proses tersebut dengan pengetahuan, penalaran, dan berfikir kritis untuk mengembangkan pengetahuan ilmiah.

Kegiatan inkuiri juga merupakan sarana untuk menerapkan pendekatan konstruktivistik dalam belajar yang mana melalui sarana tersebut siswa membangun konsep sains yang diajarkan dan memperdalam pemahamannya tentang konsep tersebut. Tujuan inkuiri di kelas

atau di laboratorium adalah membuat pembelajaran sains dapat benar-benar menyerupai inkuiri otentik kegiatan ilmiah (Lederman, 2014). Dalam hal ini, guru berupaya untuk mewujudkan kegiatan ilmiah tersebut di kelas atau di laboratorium dan sekaligus menunjukkan kepada siswa bagai-mana pengetahuan tentang alam semesta diciptakan, atau dibangun. Pembelajaran inkuiri dapat diterapkan dalam berbagai konteks.

Sejak masyarakat pendidik sains mengakui bahwa pemahaman siswa terhadap hakekat sains (*NOS*) dan inkuiri ilmiah merupakan hasil belajar yang penting, berbagai negara termasuk Indonesia mulai mengajarkan *hands-on activity*, pembelajaran berbasis inkuiri dan juga pembelajaran dengan ketrampilan proses. Pendekatan yang digunakan tersebut adalah pendekatan implisit dengan asumsi bahwa dengan melakukan kegiatan sains (*doing science*) siswa akan mudah memahami *NOS* dan inkuiri ilmiah (Lederman, 2014). Namun, hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan implisit tidak efektif dalam meningkatkan pemahaman guru dan siswa tentang *NOS* dan/atau inkuiri ilmiah (Haukoos & Penick, 1985). Pendekatan alternatif yang cocok untuk meningkatkan literasi sains adalah pendekatan eksplisit. Untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang berbagai upaya ilmiah (*scientific endeavor*) (misalnya subyektifitas, inferensi, observasi, metode ilmiah), maka sudah seharusnya pembelajaran riil di kelas atau di laboratorium direncanakan secara eksplisit dan bukan hanya diantisipasi sebagai efek samping atau hasil sekunder dari berbagai pendekatan dalam pengajaran sains. Oleh karena itu, secara eksplisit beberapa aspek *NOS* yang sesuai dengan materi pelajaran diintegrasikan ke dalam strategi pembelajaran inkuiri ilmiah. Guru perlu secara aktif melakukan scaffolding untuk mentrasfer aspek-aspek *NOS* dari kegiatan investigasi siswa kedalam konteks sosial yang lebih relevan. Jika siswa memiliki pengalaman dalam melakukan kegiatan sains yang otentik, maka diharapkan mereka secara alamiah bisa merefleksikan apa yang telah mereka lakukan dan mengapa mereka melakukan kegiatan tersebut. Dalam hal ini, guru memfasilitasi siswa dalam memahami *NOS*. Pada gilirannya, siswa akan memiliki apresiasi yang lebih baik terhadap konsep-konsep yang sedang dipelajari dan mereka memahami bagaimana konsep tersebut dikembangkan. Siswa akan “melihat” hubungan antara kegiatan sains, pengetahuan sains, dan hakekat sains (*NOS*). Hal ini tidak akan mengalihkan perhatian dari materi pelajaran, namun akan lebih membantu siswa dalam mengembangkan pemahamannya terhadap materi secara lebih baik dan juga pemahaman tentang sains sebagai cara mengetahui alam semesta. Selain itu, jika kegiatan inkuiri tersebut berhasil, maka diharapkan siswa belajar bagaimana membangun klaim ilmiah, meningkatkan kemampuan bertanya dan berfikir kritis serta bagaimana berargumentasi yang baik.

Pilih atau buatlah isu-isu sosiosaintifik yang sedang populer di Indonesia atau di dunia dan sertakan pula data-data ilmiah yang diperlukan. Isu-isu tersebut harus memuat konten kimia yang sedang dipelajari oleh siswa. Pembelajaran kimia dengan konteks isu-isu sosiosaintifik dapat menjadi wahana untuk mengembangkan ketrampilan berfikir kritis, argumentasi, komunikasi, bekerja sama dalam tim dan etika/moral. Isu-isu atau data ilmiah yang diperlukan dapat dieksplorasi dari internet, buku-buku populer atau sumber informasi yang lain.

3. PENUTUP

Sudah menjadi tugas sekolah atau guru untuk menyiapkan siswa agar di masa mendatang dapat menjadi individu yang mandiri dan memiliki literasi sains yang baik. Salah satu langkah yang bisa diterapkan di sekolah adalah melalui desain pembelajaran yang secara eksplisit dapat memaksimalkan potensi-potensi dalam diri siswa. Desain pembelajaran yang cocok untuk tujuan itu adalah desain pembelajaran yang menggunakan pendekatan inkuiri

berkonteks isu-isu sosiosaintifik dan desain itu secara eksplisit mengajarkan hakekat sains. Melalui pembelajaran ini selain dapat melatih siswa untuk berlatih melakukan inkuiri ilmiah, juga berlatih beberapa ketrampilan berfikir dan memecahkan serta mengambil keputusan secara mandiri dan beretika terkait dengan isu-isu sosiosaintifik yang dimunculkan dalam topik kimia yang diajarkan saat itu.

4. RUJUKAN

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. 2000. Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Bell, R. L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. 2000. Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 563-581.
- Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B. M. 2011. Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (4), 414-436
- Castello, M., & Monereo, C. 1999. Teaching learning strategies in compulsory secondary education. *8th European Conference for Research on Learning and Instruction*, Sweden.
- Friedman, T. 2007. The world is flat: A brief history of the twenty-first century. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Graber, W., Nentwig, P., Becker, H.J, Sumfleth, E., Pitton, A., Wollweber, K, Jorde, D. 2001. Scientific literacy: From theory to practice. In H. Behrendt, et al (Eds). *Research in Science Education-Past, Present, and Future* (pp 61-70). Nederland: Kluwer Academic Publisher
- Haukoos, G. D., & Penick, J. E. 1985. The effects of classroom climate on college science students: A replication study. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 163-168.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. 2007. Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362
- Kolstø, S., Bungum, B., Arnesen, E., Isnes, A., Kristensen, T., Mathiassen, K., Mestad, I., Quale, A., Tonning, A., & Ulvik, M. 2006. Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90, 632-655.
- Lederman, N. G. 2006. Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. Dalam B. Flick and N.G. Lederman (Eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science* (hal.301-317). Dordrecht, Netherlands: Springer
- Lederman, N.G. 2007. Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell, & N.G. Lederman, (Eds), *Handbook of research in science education* (pp 831-879). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers
- Lederman, N.G. 2014. Nature of science and its fundamental important to the vision of the next generation science standards. *Science & Children*, 8-10.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2017. OECD Database. OECD. Online: [Http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/)
- Rychen, D.S. & Salganik, L.H. 2003. *Key competencies for a successful life and a well functioning society*. Cambridge, MA: Hogrefe & Huber.
- Sadler, T. D & Zeidler, D.L. 2004. The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88 (1), 4-27
- Sadler, T. D. (2004). Moral and ethical dimensions of socioscientific decision-making as integral components of scientific literacy. *Science Educator*, 13, 39-48.

- Sadler, T.D & Zeidler, D.L. 2004. The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88 (1), 4-27
- Sampson, V., Grooms, J. & Walker, J.P. 2011. Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to part argumentation and craft written arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95(2), 217-257
- Trilling, B. & Fadel, C. 2009. *21st century skills: learning for life in our times*. by John Wiley & Sons, Inc
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. 2005. Beyond STS: A research based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.
- Zeidler, D.L. & Keefer, M. 2003. The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education: Philosophical, psychological and pedagogical considerations. In D.L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Press.
- Zeidler, D.L., & Sadler, T.D. 2008. Social and ethical issues in science education: A prelude to action. *Science and Education*, 17, 799-803.

PENGEMBANGAN TOPIK DAN APLIKASI DALAM RISET SENSOR KIMIA & BIOSENSOR MENGGUNAKAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK

Bambang Kuswandi

Chemo and Biosensors Group, Faculty of Pharmacy, University of Jember
Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121, East Java Indonesia

ABSTRAK

Saat ini kemajuan dibidang teknologi sensor telah menghasilkan beragam sensor baru yang sangat menarik dengan aplikasi dibanyak bidang termasuk dalam bidang pangan. Integrasi dari sensor tersebut dalam kemasan pangan sebagai label pintar telah menghasilkan beragam kemasan pintar (*smart packaging*). Salah satu kunci dalam pengembangan label pintar sebagai penggerak pensensoran adalah perubahan pH. Hal ini karena pH dapat mencerminkan beragam parameter dalam kualitas dan keamanan pangan, seperti *total volatile amine*, total mikroba, tekstur dan warna. Teknologi sensor kimia dan biosensor yang berbasis perubahan pH ini telah menghasilkan beragam desain sensor yang cocok untuk pemantauan secara langsung keamanan dan kualitas produk pangan, seperti sensor kesegaran, kematangan, kebocoran, atau waktu dan temperatur. Sehingga sebenarnya sensor ini sangat berguna untuk kendali kualitas dan keamanan pangan baik bagi produsen, konsumen maupun pihak yang berwenang, serta memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sistem sensor yang terintegrasi dalam sebuah kemasan, sehingga dapat berfungsi sebagai piranti aktif *shelf-labelling* untuk waktu kadaluarsa bila diintegrasikan pada kemasan. Disamping itu dapat pula digunakan untuk mengontrol distribusi secara optimum serta manajemen dalam sistem rotasi stok pangan, sehingga menurunkan buangan bahan pangan. Dalam tulisan ini akan digambarkan pengembangan label pintar yang telah berhasil dikembangkan di kelompok riset kami terutama untuk produk pangan yang mudah rusak (*Perishable foods*), seperti ikan, daging dan buah. Karena itu, fokus utama dalam tulisan ini adalah pengembangan kemasan pintar berbasis pH yang merupakan sensor kimia untuk pemantauan secara visual keamanan dan kualitas pangan, yang murah, mudah dan praktis baik bagi produsen dan konsumen produk pangan tersebut.

Kata kunci: Label pintar, pH, Sensor kimia, Biosensor, Kemasan, Keamanan dan kualitas pangan.

1. Latar Belakang

Untuk memenuhi meningkatnya kebutuhan konsumen terhadap produk pangan yang segar, aman dan berkualitas, saat ini telah pula dikembangkan kemasan pintar [^{i, ii, iii}]. Kemasan dengan label pintar telah mampu menyediakan informasi tentang integritas dan histori waktu dan temperatur dari kemasan pangan, untuk membantu dalam memastikan keamanan dan kualitas dari produk pangan dalam kemasan tersebut [^{iv, v, vi}], utamanya untuk produk pangan yang mudah rusak (*perishable foods*) [^{vii, viii, ix}]. Karenanya, pada kemasan pintar disamping melindungi dan mengawetkan produk pangan, sebagai fungsi utama dari kemasan [^x], ia juga memberikan informasi tentang kualitas, keamanan dan keruntutan (*traceability*) dari produk pangan melalui label pintar yang diintegrasikan didalam kemasan tersebut.

Salah satu kunci dalam pengembangan label pintar sebagai penggerak pensensoran pada kemasan pintar tersebut adalah pH. Hal ini karena perubahan pH pada komoditas pangan dapat mencerminkan beragam parameter sebagai indikator kualitas dan keamanan

pangan, seperti *total volatile amine*, total mikroba, tekstur dan warna. Teknologi sensor kimia dan biosensor yang berbasis perubahan pH ini dapat menghasilkan beragam desain sensor yang cocok untuk pemantauan secara langsung keamanan dan kualitas produk pangan, seperti sensor kesegaran, kematangan, kebocoran, atau waktu dan temperatur. Sehingga sebenarnya sensor ini sangat berguna untuk kendali kualitas dan keamanan pangan baik bagi produsen, konsumen maupun pihak yang berwenang, serta memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sistem sensor yang terintegrasi dalam kemasan, sehingga dapat berfungsi sebagai piranti aktif *shelf-labelling* untuk waktu kadaluarsa, bila diintegrasikan pada kemasan atau dapat digunakan pula untuk mengontrol distribusi secara optimum serta manajemen dalam sistem rotasi stok pangan, sehingga menurunkan buangan bahan pangan.

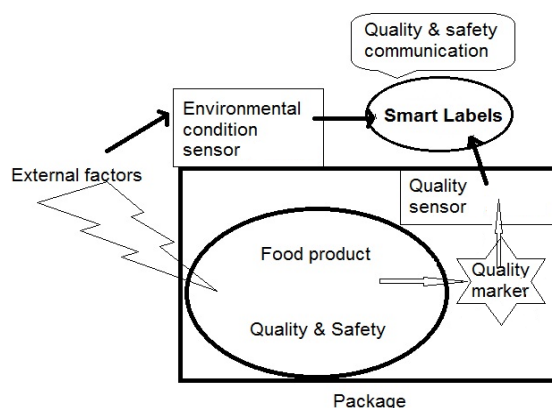
Tumbuhnya *trend* informasi pada kemasan pangan, berarti pula adanya sebuah tahapan yang diperlukan untuk menyediakan informasi tersebut, karenanya ini akan meningkatkan penggunaan label pintar pada kemasan, khususnya untuk produk-produk pangan instan. Konsumen akan selalu meningkat keingintahuannya akan kandungan atau bahan dari produk pangan dan bagaimana produk tersebut harus disimpan dan digunakan. Kemasan, dalam hal ini akan memudahkan dan memungkinkan untuk berkomunikasi secara langsung dengan konsumen melalui piranti sensor film yang disediakan sebagai informasi visual tentang kualitas dan keamanan dari produk pangan tersebut. Pada tulisan ini akan difokuskan pada pengembangan label (*smart or intelligent label*) berbasis pH yang merupakan sensor kimia yang telah berhasil dikembangkan oleh kelompok riset kami utamanya pada pangan yang muda rusak seperti ikan, daging dan buah.

2. Label pintar

Secara praktis, label pintar adalah berupa sensor atau indikator yang mendeteksi dan memberikan informasi tentang kondisi dari produk pangan baik kualitasnya (kesegaran atau kemasakan) atau keamanannya (layak dikonsumsi). Kemasan yang terintegrasi dengan sensor ini biasanya disebut kemasan pintar. Karenanya, sensor/indikator sebagai label pintar pada kemasan pangan tersebut memiliki kemampuan untuk merunut produk tersebut, mendeteksi lingkungan didalam atau diluar kemasan dan memberikan informasi tentang kondisi dari produk pangan tersebut, seperti yang diberikan dalam Gambar 1.

Secara prinsip, pada kemasan pintar terdapat dua jenis sensor/indikator yang berfungsi sebagai label telah dikembangkan saat ini, yaitu: indikator langsung dan indikator tak langsung. Indikator langsung adalah sensor yang mendeteksi secara langsung atas analitis yang menjadi penanda kualitas dan keamanan pangan. Dalam hal ini, beragam penanda (*marker*) tersebut telah digunakan untuk kualitas dan keamanan pangan. Sedangkan indikator tak langsung adalah label atau sensor pintar yang bekerja secara tidak langsung dalam pendeteksiannya, misalnya, berdasarkan sebuah sistem reaksi yang mirip dengan degradasi pangan yang dimonitornya. Dalam indikator tak langsung, sensor atau label pintar tersebut bekerja dengan meniru (*mimicking*) perubahan untuk parameter tertentu dari produk pangan pada kondisi yang sama. Untuk dapat digunakan sebagai sensor pemantau kualitas dan keamanan pangan, dalam kedua jenis label tersebut, maka kecepatan perubahan indikator

tersebut harus berkorelasi dengan perubahan temperatur selama transportasi dan distribusi [xi].



Gambar 1. Prinsip kerja label pintar pada kemasan pangan sebagai indikator kualitas dan keamanan pangan.

Salah satu contoh dari jenis label pintar secara langsung adalah sensor atau indikator untuk kesegaran pangan. Indikator kesegaran atau sensor kesegaran yang telah dikembangkan tersebut misalnya, TVBN (total volatile basic nitrogen) [xii, xiii], CO₂ [xiv], amonia [xv], ammonia [24, xvi], etanol [xvii], hidrogen sulfida (H₂S) [xviii] dan pH [xix, xx]. Label pintar berbasis pH inilah yang telah dikembangkan lebih lanjut di kelompok riset kami. Dengan mengintegrasikan sensor tersebut pada kemasan pangan, maka indikator kesegaran akan dapat direalisasikan sebagai label/indikator visible melalui perubahan warna bila terjadi perubahan kesegaran pada produk pangan karena adanya perubahan pH pada pangan tersebut, yang dapat dikaitkan dengan parameter kualitas pangan lainnya seperti *total volatile amine*, total mikroba, tekstur, warna dan sebagainya.

Sedangkan salah satu contoh untuk label tak langsung adalah TTIs (time-temperature indicators) atau indikator waktu dan temperatur, yang juga didasarkan pada perubahan pH. Saat ini banyak TTI yang tersedia di pasaran, dengan prinsip kerja berdasarkan perbedaan pH baik secara kimiawi, fisika dan biologi. Contoh untuk respon terhadap perubahan kimia dan fisika adalah menggunakan reaksi kimia atau perubahan fisika terhadap perubahan waktu dan temperatur. Misalnya reaksi asam-basa [xxi], polimerisasi dsb. Sedangkan untuk respon biologi adalah berdasarkan pada perubahan aktivitas biologi, seperti mikroorganisme, spora atau enzim terhadap perubahan waktu dan temperatur. TTI akan berubah warnanya ketika dipaparkan terhadap temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dengan temperatur yang direkomendasikan dan mengalami perubahan warna ketika mendekati kadaluarsa. Karenanya TTI pada kemasan pangan akan memberikan informasi dan indikasi yang jelas dan akurat tentang kondisi kualitas dan keamanan serta kadaluarsa dari produk pangan. Beberapa contoh kemasan pintar yang telah berhasil dikembangkan oleh kelompok riset kami meliputi kemasan pintar untuk ikan [19, 20], daging [xxii, xxiii] dan buah [xxiv, xxv].

3. Label pintar langsung (Direct smart labels)

Label pintar langsung adalah mendeteksi secara langsung atau mensensing secara langsung untuk sebuah penanda tertentu yang berupa senyawa sebagai indikasi untuk kualitas dan keamanan pangan. Dalam hal ini, beragam label pintar yang berbeda telah dikembangkan, seperti indikator kesegaran, indikator kemasakan, indikator kebocoran dsb. Utamanya label tersebut disajikan dengan perubahan warna, dimana kecepatan perubahan warna dari label tersebut berkorelasi dengan kecepatan penurunan atau pembusukan dari produk pangan terhadap perubahan temperatur dan waktu selama proses pengangkutan, distribusi dan penyimpanan. Pada sub judul berikut dijelaskan beragam jenis label langsung yang akan dikembangkan dalam penelitian.

3.1. Indikator Kesegaran (*Freshness indicator*)

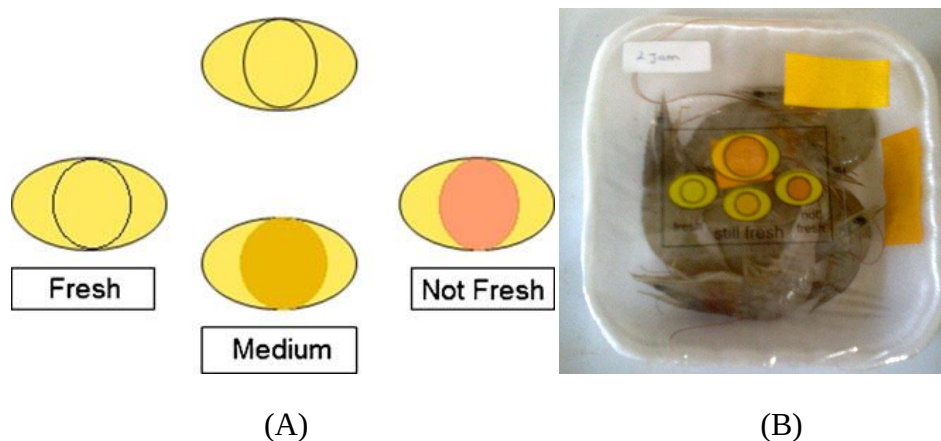
Sensor kimia yang sederhana dan murah dapat digunakan sebagai indikator langsung dan *non-invasive* dalam penentuan kesegaran ikan seperti yang dilaporkan dalam literatur dengan berbasis perubahan pH. Dalam kemasan yang tertutup, ketika ikan mengalami pembusukan, maka pH akan meningkat selama proses tersebut, sehingga dapat dideteksi dengan indikator pH yang sesuai. Secara fundamental indikator pH akan berubah warna, bila pH lingkungan sekitarnya berubah dari asam, netral atau basa, sebagai kunci kerja dari sensor ini. Hal ini terjadi karena fakta bahwa ikan busuk melepaskan uap amina yang basa sehingga dapat dideteksi dengan sensor pH yang sesuai pada daerah tersebut [11, 12, 18, 19]. Secara praktis, hal ini dapat dibuat dengan menjerab pH warna pada matrik polimer (misalnya bromocresol green), sehingga lewat perubahan warnanya gas pembusukan tersebut dapat dideteksi yang berkorelasi terhadap jumlah total dari basa nitrogen yang dihasilkan [11, 12].

Dengan menggunakan sistem sensor ini, maka secara cepat dan sensitif deteksi kebusukan pada ikan dapat dilakukan secara kolorimetri dan *non-invasive*. Disamping itu, respon sensor juga dapat dikorelasikan dengan pertumbuhan bakteri dalam ikan tersebut, sehingga pemantauan kebusukan ikan dapat dilakukan secara *real-time* [11,12]. Sensor warna ini memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai penanda kadaluarsa dari produk pangan, sehingga merupakan pengembangan dalam jaminan mutu produk bahan pangan yang saat ini masih jarang di Indonesia.

Dengan menggunakan prinsip yang sama, label cerdas dengan film polyaniline (PANI) sebagai sensor kimia telah dikembangkan untuk pemantauan secara *real time* pada pembusukan produk ikan oleh kelompok riset kami seperti yang dipublikasi dalam literatur [19]. Pada label cerdas ini, sensor merespon melalui perubahan warna terhadap perubahan kadar uap amina basa (TVBN) yang dilepaskan selama pembusukan ikan. Dalam hal ini, label tersebut diterapkan pada ikan bandeng (*Chanos chanos*), dimana respon film PANI berkorelasi baik dengan pertumbuhan mikroba dalam ikan tersebut (*total viable count* (TVC) and *Pseudomonas* spp.). Label cerdas ini telah memungkinkan pemantauan kebusukan ikan pada berbagai variasi temperatur ataupun temperatur tetap.

Label pintar baru dan inovatif lainnya dikembangkan berbasis kunyit (*a curcumin-based sensor*) untuk deteksi TVBN pada udang [20]. Kurkumin diimmobilisasi pada membran nata decoco (*bacterial cellulose membrane*). Sehingga dengan metode ini, material sensor

dapat dimakan (*edible*) sehingga sangat cocok digunakan pada produk pangan. Perubahan warna dari sensor tersebut dari kuning menjadi orange kemudian kemerahan sebagai indikasi kebusukan, yang secara mudah dapat dilihat dengan mata telanjang (Gambar 2). Selanjutnya, membran ini memberikan respon yang berkorelasi dengan pola pertumbuhan bakteri dalam sample udang yang diuji, dan telah berhasil digunakan sebagai stiker sensor untuk memonitor kesegaran udang secara *real-time monitoring* baik pada kondisi kamar dan kondisi *chiller*.



Gambar 2. (A). Desain label pintar untuk indikasi kesegaran; (B) Aplikasi dari label pintar berbasis curcumin/nata decoco untuk kesegaran udang [20].

Membran berbasis metode kolorimetri ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan campuran indikator sebagai indikator kebusukan pangan [xxvi] yang memungkinkan produk pangan memiliki masa pakai efektif (*effective shelf life*) dengan memonitor dinamika kesegarannya secara visual bersamaan dengan masa kadaluarsanya. Pengembangan dari campuran indikator kesegaran ini akan dapat digunakan pada produk pangan lainnya, misalnya makanan instan, daging segar, daging unggas, ikan, buah potong dan sayuran.

3.2. Indikator kematangan (*Ripeness indicator*)

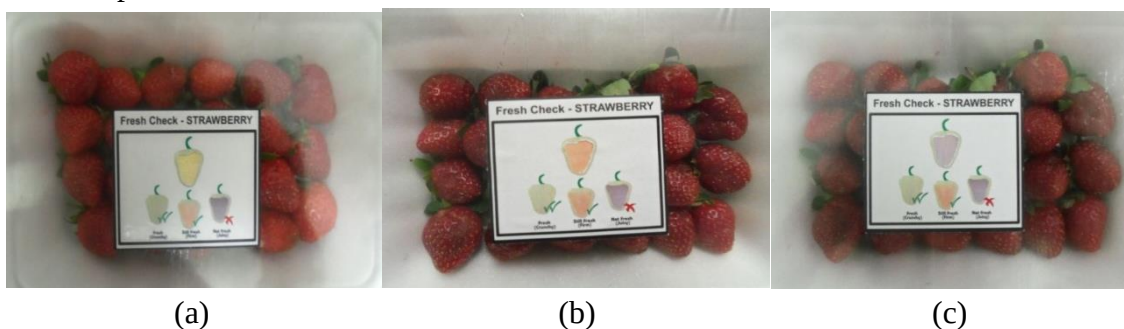
Karena sulitnya dalam menentukan tingkat kematangan buah-buahan untuk dikonsumsi, maka kondisi ini selalu menjadi penghambat konsumen untuk memilih dan membeli buah. *ripeSense*TM [xxvii] sebuah label pintar telah mengeliminasi hambatan ini dengan menggunakan sensor yang dapat bereaksi dengan aroma yang dilepaskan oleh buah tersebut ketika telah mencapai tingkat kematangan tertentu. Awalnya, sensor ini berwarna merah dan kemudian berubah orange dan akhirnya kuning. Dengan, melihat perubahan warna pada label tersebut, maka konsumen dapat memilih buah-buahan sesuai dengan tingkat kematangan yang diinginkannya. Kerusakan buah dengan label ini secara signifikan dapat diturunkan, karena konsumen bisa memeriksa sebelum membeli buah tersebut; disamping sensor tersebut dapat meningkatkan kesehatan dari buah. Label ini telah diaplikasikan untuk

buah pears, dan juga dapat digunakan pada buah kiwi, melon, manga, apokat, dan buah-buahan lainnya [21].

Saat ini, jumlah publikasi untuk label pintar pada kemasan sebagai indikator kematangan buah masih terbatas. Meskipun demikian, beberapa percobaan telah dilakukan untuk mengkonstruksi indikator kematangan buah berbasis etilena yang dilepaskan selama buah pada tahap matang, dan dapat digunakan sebagai penanda (*marker*) untuk kematangan buah, misalnya apel [xxviii, xxix]. Indikator warna ini berbasis molybdenum (Mo) yang berubah ketika bereaksi dengan etilen, dengan berubah dari putih menjadi biru karena reduksi dari Mo(VI) menjadi Mo(V). Sensitivitas dari perubahan warna molybdenum tersebut dapat diatur dengan nilai pHnya (pH 1.4-1.5) menggunakan larutan ammonium molybdate. Indikator ini dapat dikombinasikan dengan pengenal warna untuk tujuan pengukuran secara kuantitatif.

Pendekatan lain yang telah kami kembangkan untuk indikator warna ini sebagai label pintar adalah menggunakan bromophenol biru, dan telah dicobakan untuk mendeteksi tingkat kematangan jambu biji (*Psidium guajava* L.) [xxx]. Bromophenol biru (BPB) diimmobilisasi pada membran *nata de coco* dengan cara absorpsi. Membran BPB/sellulose sebagai indikator kematangan bekerja berdasarkan penurunan pH sebagai akibat dari naiknya uap asam organik (misalnya asam askorbat) yang diproduksi secara perlahan dalam kemasan jambu tersebut selama proses pematangan. Akibatnya, warna dari indikator tersebut berubah dari biru menjadi hijau ketika jambu tersebut telah lewat matang. Hasil dari percobaan tersebut memperlihatkan bahwa label warna tersebut dapat digunakan untuk memvisualisasi tingkat kematangan buah jambu, pada suhu 4°C dan 28°C.

Untuk buah-buahan *non-climacteric*, seperti strawberri, label pintar telah dikembangkan menggunakan methyl red (MR) untuk deteksi kematangan strawberri (*Fragaria vesca* L.) [25]. MR diimmobilisasi pada membran sellulose (*nata de coco*) dan bekerja berdasarkan kenaikan pH sebagai akibat turunnya asam volatil secara gradual pada kemasan buah karena pembentukan ester secara ensimatis selama proses pematangan. Sebagai akibatnya warna dari indikator berubah dari kuning menjadi merah-ungu bila buah lewat matang seperti yang ditampilkan pada Gambar 3. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa label ini dapat digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah strawberri, karena ada korelasi antara perubahan warna dari label tersebut dengan tingkat kematangan buah, yang diperlihatkan pada tren perubahan yang sama. Label berbasis MR/sellulose telah berhasil digunakan sebagai label pintar pada monitoring strawberri pada kemasan baik pada suhu sekitar maupun suhu *chillier*.



Gambar 3. Aplikasi indikator kematangan pada strawberri, (a) kuning untuk baru matang (*fresh/crunchy*), (b) orange untuk menengah (*medium/firm*) dan (c) ungu untuk lewat matang (*kecut/juicy*).

3.3. Indikator kebocoran (*Leak indicator*)

MAP (*Modified atmosphere packaging*) digolongkan kedalam metode kemasan aktif (*active packaging methods*) [xxx]. Dalam hal ini, atmosfir dari kemasan bukan udara melainkan berisi oksigen pada level rendah O_2 (0-2%) dan tinggi level karbon dioksida (CO_2 , 20-80%). Karenanya, kebocoran dari kemasan MAP berarti naiknya konsentrasi O_2 dan turnnya konsentrasi CO_2 , yang pada gilirannya, menyebabkan tumbuhnya mikroba aerob. Karenanya, indikator kebocoran sangat diperlukan dalam kemasan MAP sebagai kemasan aktif, karena itu biasanya indikator kebocorannya berbasis deteksi O_2 dibandingkan CO_2 [xxxii].

Saat ini, aplikasi utama dari indikator O_2 komersial yang tersedia untuk MAP, dengan memanfaatkan indikator yang dapat menyerap O_2 . Sebagai contohnya, *Mitsubishi Gas Chemical Company* (Japan) yang mengkomersialkan sacet penyerap O_2 dengan merek dagang “Ageless” [xxxiii]. Disamping itu ada beberapa perusahaan yang memproduksi indikator komersial untuk O_2 untuk konfirmasi yang cocok dalam menghilangkan O_2 menggunakan absorber O_2 [xxxiv]. Perusahaan lainnya, *Cryovac-Sealed Air Ltd* telah mengembangkan jenis indikator untuk mencek komposisi gas yang benar [xxxv].

Biasanya, jenis indikator O_2 visual terdiri dari zat warna redox (misalnya methylene blue [xxxvi, xxxvii], 2,6-dichloroindophenol [xxxviii] atau *N,N,N',N'*-tetramethyl-*p*-phenylenediamine [xxxix]), senyawa pereduksi (e.g. gula pereduksi)^[xl] dan senyawa alkaline (e.g. sodium hydroxide^[xli], potassium hydroxide^[xlii], calcium hydroxide^[xliii] atau magnesium hydroxide^[xliv]). Indikator oksigen berbasis enzim oksidatif juga dilaporkan dalam literatur^[xlv]. Selanjutnya, komponen utama, seperti pelarut biasanya air atau alkohol dan agen pematat (misalnya zeolit, silica gel, selulose, polymer) dapat juga ditambahkan pada indikator tersebut. Indikatornya dapat diformulasika dalam bentuk tablet [30, 31], a lembar cetakan [36, xlv] atau dilaminasi dalam film polymer [39].

Dalam hal indikator CO_2 sebagai indikator kebocoran, nampak tidak begitu reliabel/handal dibandingkan dengan menggunakan indikator O_2 . Hal ini disebabkan fakta bahwa selama 1-2 hari setelah prosedur pengepakan, CO_2 akan larut dalam produk, dan kemudian konsentrasi pada permukaan produk akan naik, dan akan turun pada konsentrasi akhir. Setelah periode ini bila konsentrasi CO_2 turun secara berarti membuktikan adanya kebocoran. Disamping itu kelemahan menggunakan indikator CO_2 adalah terkait dengan produksi CO_2 dalam metabolisme mikroba. Karenanya, sering kebocoran dengan turunya konsentrasi CO_2 , diikuti oleh tumbuhnya mikroba, yang berarti pula naiknya konsentrasi CO_2 , dalam kasus yang terburuk, karena fenomena ini, biasanya CO_2 akan tetap meskipun telah terjadi kebocoran dan pembusukan oleh mikroba. .

Ada beberapa hal yang harus diperhitungkan bila indikator O_2 dan CO_2 digunakan sebagai indikator kebocoran kemasan. Indikator O_2 yang sangat sensitif pada konsentrasi rendah sering tidak menguntungkan, hal ini mengingat kemungkinan bereaksi dengan kadar O_2 sisa yang mungkin terperangkap dalam kemasan (biasanya 0.5 - 2.0 %) [xlvi]. Sensitivitas

yang sangat rendah akan juga menyulitkan dalam penggunaan label tersebut, sebab membutuhkan kondisi anaerob selama proses preparasi dan prosedur pengepakannya. Selanjutnya, telah dinyatakan pula bahwa perubahan warna dari indikator O₂ yang digunakan pada MAPs yang mengandung CO₂ tidak cukup jelas [41, ^{xlvi}].

4. Label pintar tak langsung (*Indirect smart labels*)

Label pintar tak langsung bekerja berbasis pada deteksi tidak langsung, dimana piranti tersebut diharapkan dapat meniru (*mimicking*) perubahan dari parameter tertentu dari produk pangan yang menerima paparan temperatur. Supaya dapat digunakan sebagai piranti untuk memonitor keamanan dan kualitas pangan, maka kecepatan perubahan warna dari label tersebut harus berkorelasi baik dengan kecepatan deteriorasi dari produk pangan tersebut sesuai dengan perubahan temperatur dan waktu selama pengangkutan, distribusi dan penyimpanan. Umumnya, sama dengan label langsung, pada label tidak langsung akan mengalami perubahan warna ketika terpapar temperatur tinggi atau ketika produk tersebut mendekati masa kadaluarsanya.

4.1. Indikator Suhu (*Temperature indicator*)

Ketika kemasan dipanaskan atau didinginkan, maka secara otomatis indikator temperatur akan menginformasikan pada konsumen temperatur dari produk tersebut. Sebagian besar indikator temperatur adalah tinta termokromik, untuk mengindikasikan temperatur yang tepat untuk menyajikan produk pangan tersebut baik dengan cara dipanaskan pada microwave atau didinginkan pada freesh. Kemasan plastik untuk kue dapat dibeli di US dan UK yang telah dilabeli dengan tinta termokromik yang dapat menunjukkan temperatur yang tepat ketika dipanaskan. Contoh yang sama dapat ditemukan di supermarket yang menjual jus jeruk dengan label menggunakan desain berbasis tinta termokromik untuk menginformasikan pada konsumen, bila jus jeruk tersebut didinginkan pada suhu terbaiknya untuk dikonsumsi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4 [^{xli}].



Gambar 4. Aplikasi dari tinta termokromik [44].

Contoh lainnya dari indikator suhu adalah teknologi yang dikembangkan oleh *Smart Lid Systems*, (Sydney, Australia) [¹]. *Smart lid* atau penutup pintar tersebut terlebih dulu diinfusi oleh pewarna yang memungkinkan berubah warnanya dari coklat menjadi merah ketika temperaturnya dinaikkan. Perubahan warnanya mulai pada suhu 38°C dan berubah total hingga suhu 45°C. Bila warna merah yang muncul, maka mengindikasikan pada konsumen bahwa kopi pada cangkir tersebut terlalu panas, sehingga belum baik untuk diminum (Gambar 5). Bila tutup tersebut tidak ditempatkan secara benar maka warna

coklatnya tidak akan merata, yang mengindikasikan kemungkinan akan tumpah. Pewarna yang digunakan pada tutup pintar tersebut aman bila terjadi kontak dengan kopi, karena telah memenuhi regulasi pangan US [45].



Gambar 5. Perubahan warna dari penutup pintar yang memperlihatkan peningkatan warna merah dari kiri ke kanan [45].

4.2. TTI (*Time Temperature Indicators*)

Variasi dalam suhu adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dari produk pangan. Meskipun sebuah produk pangan diproses, dikemas dan dikirimkan pada temperatur optimumnya agar awet, selama proses pengiriman dan penyimpanan sebelum dijual, kualitas dapat menurun karena fluktuasi dari suhu. Untuk meyakinkan bahwa kerusakan karena suhu tidak terjadi, TTI pada kemasan dapat meyakinkan konsumen tentang kualitas dari produk pangan tersebut. TTI adalah piranti kecil yang dapat memperlihatkan hubungan suhu dan waktu dengan perubahan warnanya yang *irreversible* ^[li]. Beberapa TTI komersial yang tersedia diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh dari TTI komersial.

Produk	Perusahaan
- MonitorMark TM	- 3M TM
- Timestrip®	- Timestrip Plc
- Fresh-Check®	- LifeLines
- CheckPoint®	- Vitsab

MonitorMarkTM ^[lii] dari 3MTM memiliki dua versi, satu ditujukan untuk memonitor distribusi, indikator pembatas untuk industri, dan lainnya ditujukan untuk informasi konsumen sebagai label pintar. Yang pertama sebagai indikator penyimpangan, bila temperatur yang ditentukan telah dilewati. Hal ini berbasis sebuah bahan berwarna biru yang pada temperatur tertentu akan mencair dan mengalir porositas mediumnya sehingga warna birunya tersebar, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6. Tersedia beragam indikator untuk suhu dari -15°C hingga 26°C. Label pintar ini adalah indikator waktu sebageian, karena akan berubah pada temperatur yang tinggi dan juga bila mendekati waktu kadaluarsa [47].



Gambar 6. MonitorMark™ TTI produksi dari 3M™ [47].

Timestrips® [liii] adalah label pintar yang dapat memonitor berapa lama sebuah produk telah dibuka atau seberapa lama produk tersebut telah digunakan. Label ini dapat mengukur waktu dalam menit hingga lebih dari satu tahun, dalam pendingin, atau dalam temperatur kamar atau normal. Dalam label ini terdapat membran berpori dengan cairan *food-grade* yang tersebar secara konsisten dan berulang. Label ini diaktifasi dengan cara ditekan pada tombol start, yang memungkinkan larutan bergerak melalui membran tersebut sesuai dengan hukum fisika. Diatas permukaan Timestrip®, tanda tertentu dicetak sehingga memungkinkan untuk memberikan informasi pada konsumen, seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Timestrips® TTI produksi dari Timestrip Plc [48].

Fresh-Check® [liv], label kesegaran ini memiliki perekat, yang dapat ditempelkan pada kemasan produk pangan yang gampang busuk, sehingga dapat memberikan informasi ke konsumen tentang kesegaran produk pangan yang dibelinya, seperti diperlihatkan pada Gambar 8. Lingkaran aktif dari akan menjadi gelap secara irreversibel, cepat berubahnya pada suhu tinggi dan lambat pada suhu rendah. Sehingga sangat mudah digunakan untuk produk pangan dengan kode hari penggunaannya. Bila lingkaran aktif tersebut diekpos pada suhu dalam jangka waktu tertentu, maka secara gradual warnanya berubah sesuai tingkat kesegaran produknya. Label ini bekerja dengan mekanisme perubahan warna dari polymer yang berasal dari monomer diasetilena. Perubahan warna polimer tersebut kecepatannya proporsional dengan kecepatan penurunan kualitas dari produk pangan.



Gambar 8. Fresh-Check® TTI produksi dari LifeLines [49].

CheckPoint® [49] adalah label berperakatan sederhana pada kemasan karton untuk mendeteksi penyimpangan suhu. CheckPoint® memonitor kemasan pangan dari sejak diproses hingga ke penjual. Label ini bereaksi sesuai waktu dan suhu dengan cara yang sama dengan produk pangan yang berubah sesuai suhu dan waktu. Jadi label ini memberikan sinyal tentang kondisi kesegaran suatu produk pangan dan masa kadaluarsanya. Sinyal dari label ini sangat mudah untuk dibaca seperti yang diberikan pada Gambar 9. Label ini bekerja berdasarkan reaksi enzimatis. Piranti terdiri dari dua komponen, yaitu: larutan enzim (lipase dan indikator pH) dan substratnya, trigliserida. Lingkaran tersebut diaktifkan di waktu awal dengan cara ditekan, sehingga kedua bagian akan bercampur. Ketika mereka bercampur dan bereaksi, maka pH akan berubah sehingga menghasilkan perubahan warna dari pH indikator. Lingkaran tersebut semula hijau, kemudian menjadi kuning ketika produk mendekati masa kadaluarsa. Dengan reaksi irreversibel dan akan berubah lebih cepat bila suhu naik dan lambat bila suhu rendah.



Gambar 9. CheckPont® TTI produksi dari Vitsab [50].

5. Kesimpulan

Kemasan pintar berbasis pH merupakan sensor kimia yang sangat bermanfaat untuk pemantauan secara langsung keamanan dan kualitas produk pangan, terutama produk pangan yang mudah rusak, seperti ikan, daging dan buah, sehingga praktis berguna baik bagi produsen dan konsumen untuk penentuan kualitas dan keamanan produk pangan. Hal ini karena pH dapat mencerminkan beragam parameter dalam kualitas dan keamanan pangan, seperti *total volatile amine*, total mikroba, tekstur dan warna. Teknologi sensor kimia dan biosensor yang berbasis perubahan pH ini telah menghasilkan beragam desain sensor yang cocok untuk pemantauan secara langsung keamanan dan kualitas produk pangan, seperti sensor kesegaran, kemasakan, kebocoran, atau waktu dan temperatur. Selanjutnya, label pintar tersebut sangat berguna untuk kendali kualitas dan keamanan pangan baik bagi

produsen, konsumen maupun pihak yang berwenang, serta memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sistem sensor yang terintegrasi dalam kemasan, yang berfungsi sebagai piranti aktif *shelf-labelling* atau dapat pula untuk mengontrol distribusi stok pangan secara optimum dan manajemen dalam sistem rotasi stok pangan tersebut, sehingga dapat menurunkan kerusakan produk pangan dalam rantai distribusi maupun retailer.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Penelitian Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Hibah Kompetensi Tahun Anggaran 2016, sesuai SPK Lembaga Penelitian Universitas Jember No. 186AC/UN25.3.1/LT/2016 Tanggal 17 Februari 2016.

Daftar Pustaka

1. M. Smolander, The use of freshness indicators in packaging. In R. Ahvenainen (Ed.), *Novel food packaging techniques*, (Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 2003) pp. 128–143.
2. K. L. Yam, P. T. Takhistov, J. Miltz, Intelligent packaging: concepts and applications. *J. Food Sci.* **70**, 1–10 (2005)
3. B. Kuswandi, Y. Wicaksono, Jayus, A. Abdullah, L. Y. Heng, M. Ahmad, Smart Packaging: Sensors for monitoring of food quality and safety, *Sens. Inst. Food Qual. Safe.* **5**, 137-146 (2011).
4. R. Ahvenainen, Active and intelligent packaging: an introduction. In R. Ahvenainen (Ed.), *Novel food packaging techniques*, (Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 2003) pp. 5–21.
5. J.P. Kerry, M.N. O’Grady, S.A. Hogan, Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Sci.* **74**, 113–130 (2006)
6. B. Kuswandi, Tell-tale labels for food quality & safety control, *Chem. Malaysia*, **108**, 4-15 (2012).
7. B. A. Welt, D. S. Sage, K. L. Berger, Performance specification of time-temperature integrators designed to protect against botulism in refrigerated fresh foods. *J. Food Sci.* **68**, 2–9. (2003)
8. P. S. Taoukis, T. P. Labuza, Time-temperature indicators (TTIs). In R. Ahvenainen (Ed.), *Novel food packaging techniques*, (Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 2003) pp. 103–126.
9. M. Smolander, H.-L. Alakomi, T. Ritvanen, J. Vainionpa, R. Ahvenainen, Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler cuts stored in different temperature conditions. A. Time-temperature indicators as quality-indicating tools. *Food Cont.* **15**, 217–229 (2004)
10. G. Robertson, *Food Packaging Principles and Practices*, (Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, 2006)
11. J.D. Seldman, Time-temperature indicators, in *Active Food Packaging*, ed. by M.L. Rooney, (Chapman & Hall, New York, 1995) pp. 74-107.
12. A. Pacquit, J. Frisby, K. T. Lau, H. McLaughlin, B. Quilty, D. Diamond, Development of a smart packaging for monitoring of fish spoilage. *J. Food Chem.* **102**, 466–470 (2007).
13. A. Pacquit, K. T. Lau, H. McLaughlin, J. Frisby, B. Quilty, D. Diamond, Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. *Talanta*, **69**, 515–520 (2006).
14. T. Mattila, J. Tawast, R. Ahvenainen, New Possibilities for Quality Control of Aseptic Packages: Microbiological Spoilage and Seal Defect Detection using Head-Space Indicators. *Lebensm. - Wiss. Technol.* **23**, 246-251 (1990) .
15. D.F.H. Wallach, A. Novikov Methods and devices for detecting spoilage in food products, WO 98/20337. (Biodetect corporation, 1998)

16. T.J. Horan, Method for determining bacterial contamination in food package, US 5753285 (1998)
17. A.C. Cameron, T. Talasila in *Modified-atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables*, IFT Annual Meeting, Book of Abstracts, 1995, p. 254.
18. M. Smolander, E. Hurme, R. Ahvenainen, M. Siika-aho in *Indicators for modified atmosphere packages*, 24th IAPRI Symposium, Rochester, New York, USA, 22-24 June 1998.
19. B. Kuswandi, Jayus, A. Restanty, A. Abdullah, L. Y. Heng, M. Ahmad, A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film, *Food Cont.* **25**, 184-189 (2012)
20. B. Kuswandi, Jayus, T. S. Larasati, A. Abdullah, L. Y. Heng, Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker indicator based on natural dye of curcumin, *Food Anal. Meth.* **5**, 881-889 (2011).
21. B. Kuswandi and A.P. Kurniawan, Development of Acetic Acid based Time-Temperature Indicator for Monitoring of Amoxicillin Quality. *Chem. Sens.* **4**, 1-7 (2014).
22. B. Kuswandi, Jayus, R. Oktaviana, A. Abdullah and L. Y. Heng, A novel on-package sticker sensor based on methyl red for real-time monitoring of broiler chicken cuts freshness, *Packag. Technol. Sci.*, **27**, 69-81 (2013).
23. B. Kuswandi, F. Damayanti, Jayus, A. Abdullah and L. Y. Heng Simple and low-cost on-package sticker sensor based on litmus paper for real-time monitoring of beef freshness. *J.Math.Fund.Sci.*, **47**, 236-251(2015).
24. B. Kuswandi, C. Maryska, Jayus, A. Abdullah and L. Y. Heng, Real time on-package freshness indicator for guavas packaging, *Food Measure.*, **7**, 29-39 (2013).
25. B. Kuswandi, D.P. Kinanti, Jayus, A. Abdullah and L. Y. Heng, Simple and Low-cost freshness indicator for strawberries packaging, *Acta Manilana*, **61**, 147-159 (2013).
26. A. Nopwinyuwonga, S. Trevanichb, P. Suppakula, Development of a novel colorimetric indicator label for monitoring freshness of intermediate-moisture dessert spoilage, *Talanta* **81**, 1126-1132 (2010).
27. <http://www.ripesense.com> (available 12/10/2016).
28. J. H. Kim, S. Shiratori, Fabrication of color film to detect ethylene gas. *Japanese J. Apl. Physics*, **45**, 4274-4278 (2006).
29. C. Lang, T. Hubert, A colour ripeness indicator for apples, *Food Bioprocess Technol.* DOI 10.1007/s1947-011-0694-4 (2011).
30. B. Kuswandi, Sensors for real time monitoring of food quality and safety. In *Proceeding of 2012 Asian Pacific Conference on Analytical Science*, Manila, Philippine, (Abstract 34) (2012).
31. Q. Shen, F. Kong, Q. Wang, Effect of modified atmosphere packaging on the browning and lignification of bamboo shoots. *J. Food Eng.* **77**(2), 348-354 (2006)
32. M. Smolander, E. Hurme, R. Ahvenainen, Leak indicators for modified-atmosphere packages. *Trend. Food Sci. Technol.* **8**, 101-106 (1997)
33. Y. Abe, Active packaging with oxygen absorbers. In: *Minimal Processing of Foods, VTT Symposium 142*, ed. by R. Ahvenainen, T. Mattila-Sandholm and T. Ohlsson (VTT, 1994) pp. 209-223.
34. E. Hurme, R. Ahvenainen, Active and smart packaging of ready-made foods, in *Minimal Processing and Ready Made Foods*, ed. by T. Ohlsson, R., Ahvenainen, T. Mattila-Sandholm (Göteborg, SIK, 1996) pp. 169-182.
35. Anonym, Tufflex GS product Information, Sealed Air (FPD) Limited, (Telford, UK, 1996)
36. H. Nakamura, N. Nakazawa, Y. Kawamura, Food Oxidation Indicating Material - Comprises Oxygen Absorbtion Agent Containing Indicator Composed of Methylene Blue, Reducing Agent and Resin Binder, JP 62-183834 (Toppan Printing Co., Ltd., Tokyo, Japan, 1987).
37. M. Goto, Oxygen Indicator, JP 62-259059 (Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc., Tokyo, Japan, 1987).
38. N. LeNarvor, J.-R. Hamon, C. Lapinte, Dispositif de Détection de Présence et de Disparition d'une Substance Cible et son Utilisation dans les Emballages de Conservation (Detecting the presence and disappearance of a gaseous target substance - using an indicator which forms a

- colored reaction product with the substance, and an antagonist which modifies the color of the reaction product), FR 2710751, (ATCO, Caen, France, 1993).
39. T. Mattila-Sandholm, R. Ahvenainen, E. Hurme, and T. Järvi-Kääriäinen, Oxygen sensitive colour indicator for detecting leaks in gas-protected food packages, EP 0666977 (Technical Research Centre of Finland (VTT), Espoo, Finland, 1998).
 40. D. Perlman, H. Linschitz, Oxygen Indicator for Packaging, US 4526752 (1985).
 41. Y. Shirozaki, Oxygen Indicator, Rendering Reagent having Oxygen Detecting Capacity to Polyethylene, JP 2-57975 (Nippon Kayaku KK, Tokyo, Japan, 1990).
 42. H. Yamamoto, Laminated oxygen indicator labels for food packages JP 4151557 (Dainippon Printing, 1992).
 43. Y. Yoshikawa, T. Nawata, M. Goto, Y. Fujii, Oxygen Indicator, US 4169811 (Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc., Tokyo, Japan, 1979).
 44. Y. Yoshikawa, T. Nawata, M. Goto, Y. Kondo, Oxygen Indicator Adapted for Printing or Coating and Oxygen-Indicating Device, US 4349509 (Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc., Tokyo, Japan, 1982).
 45. A.E. Gardiol, R.J. Hernandez, B. Reinhammar, B.R. Harte, Development of a gas-phase oxygen biosensor using a blue copper containing oxidase, *Enz. Microb. Technol.* **18**, 347-352 (1996).
 46. E.S. Davies, C.D. Garner, Oxygen Indicating Composition, UK Patent Application GB 2 298273 (The Victoria University of Manchester, Manchester, UK, 1996).
 47. R. Ahvenainen, E. Hurme, Active and Smart Packaging for Meeting Consumer Demands for Quality and Safety. *Food Addit. Contaminants* **14**, 753-763 (1997).
 48. S.N. Balderson, R.J. Whitwood, Gas Indicator for a Package, US 5439648 (Trigon Industries Limited, Auckland, New Zealand, 1995).
 49. www.tetrapak.com (available 12/10/2016).
 50. www.smartlidsystems.com (available 10/07/2016).
 51. A.R. De Johng, H. Boumans, J. Slaghek, J. Van Veen, R. Rijk, M. Van Zandvoort, Active and intelligent packaging for food: Is it the future? *Food Addit. Contaminants*, **22**, 975 – 979 (2005).
 52. http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Microbiology/FoodSafety/product-information/product-catalog (12/10/2016).
 53. www.timestrip.com (available 12/10/2016).
 54. www.lifelinestechology.com (available 12/10/2016).
 55. www.vitsab.com (available 12/10/2016).

ILMU KIMIA, PERTANIAN, DAN LINGKUNGAN: PERSPEKTIF ENTOMOLOGIST

Nurindah

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat,
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian
Jl. Raya Karangploso KM-4, Kotak Pos 199 Malang

ABSTRAK

Ilmu kimia merupakan bagian dari ilmu pengetahuan yang saling terkait dengan ilmu biologi, fisika, dan ilmu pengetahuan yang lain, sehingga dapat memberikan pemahaman yang baik terhadap alam sekitar dan berbagai proses yang berlangsung di dalamnya. Dalam bidang pertanian, agrokimia selalu dihubungkan dengan bahan yang merusak lingkungan, misalnya pemakaian pupuk kimia dan pestisida berbahan aktif kimia sintesis. Dalam persepsi entomologi, yaitu ilmu yang mempelajari semua aspek kehidupan serangga, semiochemical, yaitu senyawa kimia atau campuran senyawa-senyawa kimia, merupakan sarana untuk komunikasi intraspecies maupun interspecies serangga. Fenomena alam yang terjadi dapat dijelaskan dengan memahami peran semiochemical dalam interaksi multitrofik. Semiochemical yang terlibat dalam interaksi intraspecific maupun interspecific dapat dikembangkan sebagai atraktan yang diaplikasikan dalam sistem pengelolaan hama untuk mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan. Ilmu kimia yang mempelajari semiochemical sangat diperlukan untuk mendukung pengelolaan lingkungan. Oleh karena itu, untuk dapat menerapkannya dalam pengelolaan lingkungan diperlukan pengembangan metode ekstraksi semiochemical dan pemahaman dinamika perubahan senyawa volatil karena pengaruh lingkungan, serta keanekaragaman semiochemical yang ada pada suatu ekosistem. Implementasi semiochemical dalam pengelolaan lingkungan memerlukan integrasi antara ahli-ahli kimia dan biologi, sehingga dapat tercipta perpaduan yang saling mengisi.

Kata kunci: semiochemical, serangga, intraspecific, interspecific.

ABSTRACT

Chemistry is a part of science which links with biology, physics and other sciences, so that it could give explanation related to the environment and any processes on it. In agriculture, agrochemicals always being related to the destructive matters, e.g., the use of irrational synthetic chemical fertilizers and pesticides. In an entomologist perception, semiochemicals, i.e. a chemical compound or mixed of chemical compounds, are being understood as a communication medium for intra- and inter-species of insects. Nature phenomenons could be explained by understanding the role of semiochemical in multitrophic interactions. Semiochemicals involve in intra- and inter-specific interactions could be developed into a tool for insect pest management to achieve sustainable agriculture. Semiochemical studies are needed for supporting environmental management. For that reason, it needs to develop methods on semiochemical extractions as well as understanding the volatiles dynamics as a result of the environment conditions, and also the diversity of semiochemicals in an ecosystem. Implementation of semiochemicals in environmental management needs an integrated collaboration of chemistry and biological scientists.

Keywords: *semiochemical, insect, intraspecific, interspecific*

1. PENDAHULUAN

Ilmu kimia didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari susunan, struktur, sifat dan perubahan suatu materi; atau ilmu yang mempelajari mengenai komposisi, struktur, dan sifat zat atau materi dari skala atom hingga molekul serta perubahan atau transformasi dan interaksinya untuk membentuk materi yang ditemukan sehari-hari. Kimia juga mempelajari pemahaman sifat dan interaksi atom individu dengan tujuan untuk menerapkan pengetahuan tersebut pada tingkat makroskopik. Ilmu kimia merupakan bagian dari ilmu pengetahuan yang saling terkait dengan ilmu biologi, fisika, dan ilmu pengetahuan yang lain. Dengan demikian, ilmu kimia seharusnya dapat memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap alam sekitar dan berbagai proses yang berlangsung di dalamnya. Oleh karena itu, ilmu kimia lingkungan yang merupakan salah satu fokus bahasan ilmu kimia yang sangat berhubungan erat dengan semua kehidupan di dunia dan interaksi antara organisme yang ada di dalamnya merupakan ilmu yang dapat memberikan pemahaman terhadap fenomena alam yang ada.

Kimia lingkungan didefinisikan sebagai suatu studi tentang gejala kimia dan lingkungan, yang berkaitan dengan sumber, reaksi, pengaruh, dan akhir zat kimia dalam tanah, air, dan udara. Kimia lingkungan dibagi dalam kimia Hidrosfer, lithosfer, dan biosfer. Sementara itu, lingkungan dan pertanian adalah merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dan sangat erat hubungannya dengan kehidupan manusia. Dalam pertanian, kimia pada umumnya mempunyai image negatif, karena selalu dikaitkan dengan aplikasi kimia sintetis dalam sistem budidaya tanaman, sehingga dianggap sebagai zat yang merugikan karena dapat meracuni lahan pertanian, lingkungan, dan organisme yang ada di dalamnya, termasuk serangga. Misalnya, penggunaan agrokimia (pupuk dan pestisida kimia) dalam budidaya tanaman yang tidak proposional berakibat terjadinya pencemaran dan kerusakan di lingkungan pertanian, berupa pencemaran air, tanah, gangguan kesehatan petani, sehingga terjadi penurunan keanekaragaman hayati, selanjutnya berakibat pada tidak terwujudnya sistem pertanian yang berkelanjutan.

Secara khusus, penggunaan insektisida kimia dalam jangka waktu yang panjang dalam sistem budidaya tanaman yang tujuannya adalah untuk mengelola “serangga hama” agar keberadaannya pada lahan pertanian tidak merugikan dari sisi produksi, selalu dilaporkan berdampak negatif pada kehidupan dan keberadaan serangga berguna lain, serta biota tanah. Selain itu, penggunaan insektisida yang tidak bijaksana akan berakibat pada munculnya masalah “hama” yang lain, yaitu terjadinya resistensi serangga hama terhadap insektisida yang digunakan, munculnya serangga hama baru, dan terjadinya resurgensi. Oleh karena itu, dalam sistem budidaya tanaman yang sekarang dikembangkan, pengendalian hama harus mengutamakan pemanfaatan musuh alami, baik melalui konservasi ataupun augmentasi, sehingga dapat terwujud sistem pertanian yang berkelanjutan.

Berdasarkan kenyataan di atas, makalah ini akan membahas tentang hubungan antara ilmu kimia, pertanian, dan lingkungan hidup yang dilihat dari sisi seorang entomologist (seseorang yang mempelajari ilmu serangga). Pembahasan dalam makalah ini ditekankan pada interaksi antar organisme yang menggunakan “zat kimia” sebagai medianya. Dengan memahami interaksi dan media ini, ilmu kimia analitik merupakan satu cabang ilmu kimia yang dapat menjelaskan fenomena interaksi ini. Pengembangan dari pemahaman fenomena ini adalah pengembangan pembelajaran ilmu kimia analitik untuk difokuskan pada pembelajaran ilmu kimia yang berkaitan dengan lingkungan hidup.

2. AGROKIMIA DAN LINGKUNGAN

Ilmu kimia di bidang pertanian pada umumnya berhubungan dengan karakter lahan, yaitu sifat kimia tanah, dan sarana produksi pertanian, yang meliputi pupuk kimia dan pestisida. Sifat kimia tanah yang mencirikan karakter suatu lahan pertanian merupakan salah satu informasi awal

yang penting untuk keberhasilan usahatani. Sifat kimia tanah menunjukkan karakter tanah tersebut sebagai media tumbuh tanaman, diantaranya adalah derajat kesamaan (pH), kandungan C-organik dalam tanah yang berhubungan dengan tingkat kesuburan tanah karena bahan organik tanah sangat menentukan interaksi antara abiotik dan biotik dalam ekosistem tanah. Sifat kimia tanah yang lain adalah kandungan N-total, P-Bray (P), Kalium (K), Natrium (Na), Magnesium (Mg) dan Kapasitas tukar kation (KTK). Informasi tentang kandungan zat kimia dalam tanah yang berhubungan dengan nutrisi bagi tanaman untuk tumbuh dan berproduksi merupakan informasi yang penting untuk pengelolaan hara dalam sistem budidaya tanaman.

Sarana produksi pertanian yang berhubungan dengan zat kimia adalah aplikasi agrokimia, yaitu pupuk dan pestisida kimia. Pupuk kimia dalam bentuk pupuk unsur makro (N, P, dan K), maupun pupuk mikro (antara lain Fe, Mg, Si, Zn) pada umumnya selalu direkomendasikan untuk diaplikasikan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Aplikasi pupuk kimia tersebut secara terus menerus dalam jangka panjang akan menyebabkan degradasi lahan, yang sebenarnya bukan disebabkan oleh zat kimia yang diaplikasikan, tetapi oleh pemakaian yang tidak tepat atau tidak sesuai dengan kaidah pemenuhan kebutuhan tanaman dan kemampuan tanah untuk menyimpan dan menyediakan hara bagi tanaman (Mamaril 2005). Penambahan bahan kimia ke dalam tanah yang bertujuan untuk menyediakan nutrisi bagi tanaman dilaporkan dapat mengurangi populasi mikroorganisme yang berperan dalam daur biogeokimia tanah, serta mengurangi ketersediaan unsur hara dalam jangka waktu yang lebih lama.

Aplikasi pestisida yang berbahan aktif kimia sintetis, baik secara arerial maupun melalui tanah, berdampak negatif terhadap lingkungan yang akhirnya menimbulkan masalah baru (Matsumura et al. 2009). Penggunaan insektisida berbahan aktif senyawa kimia yang bersifat toksik terhadap serangga secara tidak bijaksana telah terbukti menyebabkan terjadinya resistensi serangga hama sasaran terhadap insektisida tertentu, terjadinya resurgensi, dan terbunuhnya serangga bukan sasaran, termasuk serangga berguna (Heinrichs & Mochida 1984; Heong & Schoenly, 1998). Ketiga akibat tersebut selanjutnya secara sinergis menimbulkan masalah lingkungan yang serius dan akhirnya berdampak pada kesehatan manusia.

Agrokimia yang diaplikasikan dalam sistem pertanian secara tidak rasional menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan yang akhirnya menimbulkan masalah lingkungan. Penambahan bahan kimia secara terus menerus dalam jangka waktu panjang berdampak negatif terhadap kesuburan lahan. Untuk memperbaiki kesuburan tanah diperlukan reklamasi, yang pada umumnya menggunakan metode biologi atau menerapkan sistem pertanian organik dengan meniadakan keterlibatan bahan kimia sintetis. Aplikasi insektisida yang tidak bijaksana menyebabkan masalah lingkungan. Upaya untuk memperbaiki kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh aplikasi insektisida dalam sistem pertanian telah banyak dilakukan, yaitu dengan mengembangkan konsep pengelolaan hama secara terpadu (PHT), yang menekankan pada mekanisme biologis. Metode biologis juga diterapkan dalam pengolahan limbah dengan sistem biofiltrasi.

Seperti halnya aplikasi agrokimia pada sistem pertanian, penggunaan bahan kimia selalu berimplikasi negatif terhadap lingkungan. Misalnya pencemaran air oleh logam berat klorida, nitrat, nitrit, besi, mangan dan sulfat (Tambunan et al., 2016). Polutan, yaitu materi yang dapat menimbulkan perubahan yang tidak diinginkan terhadap individu organisme, populasi, komunitas, dan ekosistem, atau dengan kata lain menurunnya kualitas lingkungan hidup, selalu dikaitkan dengan bahan kimia. Upaya memperbaiki kualitas lingkungan untuk mengurangi polutan pada umumnya menggunakan pendekatan biologis. Misalnya, pengolahan limbah dengan menggunakan biofilter tanaman terakresi terbukti efektif dalam meminimalkan bahan-bahan pencemar seperti dalam air

limbah pencelupan yang menggunakan bahan kimia (Suyasa et al., 2016; Chaidir et al., 2015; Zamhar & Dewi, 2015).

Agrokimia yang diaplikasikan secara tidak bijaksana atau irrational, pada lahan pertanian berdampak negatif terhadap lingkungan hidup. Hal ini menyebabkan zat kimia, terutama zat kimia sintesis, selalu dikaitkan dengan terjadinya kerusakan dan ketidakseimbangan lingkungan. Hal ini yang menjadikan bahan atau senyawa kimia mempunyai image negatif dan dihindari untuk diaplikasikan dalam lingkungan hidup yang diinginkan sebagai lingkungan hidup yang sehat dan berkualitas. Apakah selalu demikian?

3. KIMIA DAN ENTOMOLOGI PERTANIAN

Entomologi adalah ilmu yang mempelajari semua aspek kehidupan serangga dan merupakan cabang dari Zoologi. Makhluk hidup yang digolongkan serangga (insecta) adalah yang tubuhnya beruas dengan tiga pasang kaki. Serangga merupakan makhluk hidup yang sangat berperan dalam kehidupan manusia dan mempunyai fungsi yang beragam dalam ekosistem. Spesies serangga yang telah teridentifikasi lebih dari satu juta spesies. Entomologi dapat menjadi dasar bagi ilmu lain dengan menyediakan data awal mengenai karakteristik, bentuk kehidupan, perilaku, dan berbagai aspek lain yang dapat digunakan oleh ilmu lain untuk memanfaatkan keberadaan serangga. Dalam pembahasan ini difokuskan pada serangga sebagai model untuk perannya dalam lingkungan hidup yang berhubungan dengan kimia, yaitu fungsi *semiochemical* dalam lingkungan hidup dan perannya dalam rantai makanan dan interaksi yang terjadi dalam lingkungan tersebut.

Dalam entomologi, *semiochemical* didefinisikan sebagai (1) senyawa kimia yang terlibat dalam komunikasi antar organisme, (2) Senyawa kimia yang diproduksi secara alami yang merupakan media interaksi antar organisme, yang berpengaruh terhadap perilaku serangga (Gordh & Headrick 2000). istilah untuk senyawa kimia atau campuran senyawa-senyawa kimia yang digunakan oleh serangga sebagai sarana untuk komunikasi, baik komunikasi antara dua individu dari spesies yang sama (intraspesifik) maupun antara individu berbeda spesies (interspesifik) (SAF 2008; Law & Reigner 1971). Dalam ilmu kimia lingkungan (*Chemical Ecology*) dan hubungannya dengan serangga, *semiochemical* biasanya digunakan untuk menjelaskan istilah feromon, alomon, kairomon, atraktan and repelen, yaitu senyawa kimia alami yang diproduksi oleh satu serangga yang dapat mempengaruhi perilaku serangga lainnya. Feromon adalah signal *semiochemical* yang merupakan sarana komunikasi intraspesifik untuk menemukan pasangan, sumber pakan dan habitat, peringatan adanya “musuh”, dan menghindari kompetisi, sedangkan alomon dan kairomon adalah signal berupa *semiochemical* sebagai sarana komunikasi interspesifik (Cardé & Willis 2008).

Berkaitan dengan entomologi lingkungan dan pertanian, salah satu ilmu kimia yang dapat menjelaskan fenomena yang terjadi di alam yang berhubungan dengan tanaman adalah fitokimia, yaitu studi tentang senyawa-senyawa metabolik sekunder yang diturunkan dari tumbuhan. Pada umumnya studi tentang fitokimia mengarah kepada fungsi dari senyawa-senyawa fitokimia tersebut yang berhubungan dengan pengembangan obat herbal, penjelasan tentang studi fisiologi tanaman, atau mekanisme pertahanan tanaman dari ancaman serangga herbivora atau mikroorganisme patogen. *Semiochemical* berperan penting bagi tanaman untuk dapat bertahan hidup dan beradaptasi dengan baik pada habitatnya, karena tanaman mempunyai kemampuan untuk mendeteksi keberadaan individual pesaingnya dengan *semiochemical*, baik dari spesies yang sama (*conespecific*) maupun dari spesies yang berbeda (*heterospecific*), dan beradaptasi secara benar (Fridley et al., 2007; Murphy and Dudley, 2009; Ruberti et al., 2012).

Telah diketahui bahwa salah satu mekanisme pertahanan tanaman terhadap serangan serangga herbivora adalah dengan menghasilkan senyawa-senyawa yang berfungsi untuk membangun

resistensi tanaman terhadap serangan herbivora tersebut (Riyals et al. 1994), atau sebagai mekanisme pertahanan tidak langsung yang dapat menarik musuh alami (Green & Ryan 1972; Paré & Tumlinson 1999). Mekanisme pertahanan tanaman terhadap infestasi herbivora tersebut adalah produksi senyawa volatil yang dikenal dengan istilah *herbivore-induced-plant volatiles* (HIPVs) (Turlings & Ton 2006). Pemanfaatan pengetahuan tentang HIPVs telah banyak dikembangkan pada aplikasinya dibidang pengelolaan serangga hama pada tanaman pertanian maupun perkebunan (Kaplan 2012).

Keragaman senyawa volatil yang diproduksi oleh tanaman dalam suatu ekosistem berpengaruh positif terhadap pertahanan tanaman tersebut dari kerusakan yang ditimbulkan oleh herbivora spesialis maupun generalis (Salasar et al. 2016). Keragaman senyawa volatil yang tinggi pada suatu ekosistem menyebabkan populasi serangga herbivora generalis meningkat, sedangkan keragaman senyawa volatil yang rendah meningkatkan populasi serangga herbivora spesialis. Data Salasar et al. (2016) juga menunjukkan bahwa walaupun keragaman vegetasi yang tinggi diharapkan dapat menekan kerusakan tanaman oleh serangga herbivora, pola ini dapat dijelaskan dari adanya semiochemical berupa senyawa untuk pertahanan diri dan sifat spesialisasi dari serangga tersebut (spesialis atau generalis). Pemahaman dinamika semiochemical pada suatu ekosistem merupakan dasar pengembangan strategi pengelolaan lingkungan. Oleh karena itu, ilmu kimia yang mempelajari semiochemical sangat diperlukan untuk mendukung pengelolaan lingkungan.

Berkaitan dengan senyawa kimia, Parachnowitsch & Manson (2015) melaporkan bahwa fitokimia juga berperan penting dalam interaksi antara tanaman dan serangga penyerbuk (pollinator). Semiochemical yang terlibat dalam interaksi ini sangat kompleks, tetapi senyawa volatil yang diproduksi oleh bunga merupakan semiochemical utama yang menarik pollinator mendatangi bunga tersebut, sedangkan kesesuaian kualitas zat kimia yang terkandung di nektar bagi polinator ditunjukkan dengan lama dan frekuensi polinator mengunjungi bunga tersebut, serta transfer polen diantara tanaman.

Berdasarkan beberapa informasi di atas, bertolak belakang dengan aplikasi agrokimia, semiochemical merupakan salah satu fenomena tentang kimia yang mempunyai image positif dalam pemanfaatannya di bidang pertanian, terutama dalam sistem pengelolaan hama yang ramah lingkungan. Selain itu pengetahuan dan pemahaman tentang semiochemical yang terlibat dalam interaksi multitrofik berpeluang besar sebagai dasar pengembangan pengelolaan lingkungan untuk menuju pada sistem yang berkelanjutan.

4. IMPLIKASI KIMIA DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Penelitian tentang respon tanaman terhadap signal volatil telah membuktikan adanya kapasitas tanaman untuk memodifikasi strateginya dalam menghadapi adanya ancaman dalam kehidupannya (Ninkovic et al., 2016). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa volatil berperan penting dalam proses tanggap tanaman dalam menerima signal volatil tersebut. Signal volatil dari tanaman sehat mempunyai pengaruh yang sama terhadap interaksi tritrofik seperti HIPVs. Dengan demikian, keterlibatan semiochemical dalam lingkungan dapat dikembangkan untuk diimplementasikan dalam pengelolaan lingkungan maupun lahan pertanian untuk mewujudkan sistem pertanian yang berkelanjutan.

Senyawa volatil yang digunakan untuk sarana komunikasi intra dan inter spesies dapat dimanfaatkan dan dikembangkan sebagai satu alat dalam pengelolaan lingkungan. HIPVs merupakan obyek penelitian sejak 30 tahun terakhir dan dikembangkan untuk pengelolaan serangga hama yang ramah lingkungan. Semiochemical yang telah dikembangkan untuk pengelolaan hama antara lain sex pheromones, sedangkan HIPVs dikembangkan berdasarkan pemahaman konsep interaksi tritrofik,

yaitu interaksi antara tanaman-herbivora-musuh alami. Secara rinci, pemanfaatan semiochemical (salah satu contoh: feromon) dan HIPVs dibahas sebagai berikut:

4.1 Feromon

Feromon merupakan hormon atau senyawa kimia yang disekresikan oleh individu dari satu spesies yang dapat mempengaruhi perilaku dari individu lain dari spesies yang sama. Feromon yang sudah banyak dikembangkan adalah sex pheromone, yaitu semiochemical yang disekresikan oleh serangga betina yang siap kopulasi untuk menarik serangga jantan. Semiochemical sex feromon tersebut sangat spesifik, yaitu hanya dikenali oleh serangga jantan dari satu spesies. Pengembangan sex feromon ini memerlukan pemahaman yang baik tentang perilaku *mating* serangga, metode ekstraksi semiochemical yang diekskresi serangga betina, dan metode bioassay. Semiochemical tersebut diproduksi oleh *accessory gland* dalam sistem reproduksi serangga betina. Salah satu contoh tentang sex feromon ini adalah lebah *Amegilla dawsoni* yang menggunakan campuran *cuticular hydrocarbons* untuk signal menerima tawaran kopulasi (*sexual receptivity to mating*) dan campuran senyawa hidrocarbon lain untuk meunjukkan ketidaktertarikan sexual (Simon et al. 2003).

4.2 Herbivore Induced Plant Volatiles (HIPVs)

Pengembangan HIPVs sebagai salah satu komponen PHT berdasarkan pada pemahaman interaksi tritrofik, yaitu tanaman (produsen) – herbivore (konsumen tingkat 1) – musuh alami (konsumen tingkat 2). Tanaman akan memproduksi volatil semiochemical setelah terjadi kerusakan oleh herbivora, volatil tersebut berfungsi sebagai penolak herbivora dan/atau menarik musuh alaminya. HIPVs adalah semiochemical yang spesifik diproduksi oleh tanaman sesuai dengan pesan yang ingin disampaikan oleh tanaman tersebut kepada penerimanya. Jasmonide acid (JA) dan methyl jasmonate (MeJA) atau yang biasa disebut sebagai jesmonates (JAs) merupakan senyawa yang banyak dipelajari sebagai senyawa yang terlibat dalam mekanisme pertahanan tanaman (Peña-Cortés et al. 2005). HIPVs juga diketahui dapat menginduksi perubahan fisiologis individu tanaman yang ada di sekitarnya, sehingga secara tidak langsung dapat memproteksinya dari herbivora dengan menarik musuh alami herbivora tersebut (Bruin et al., 1992; Ninkovic et al., 2001). Pemanfaatan HIPVs untuk dikembangkan sebagai atraktan musuh alami memerlukan keahlian untuk pengembangan metode ekstraksi volatil, identifikasi senyawa volatil, penciptaan adsorben yang sesuai untuk volatil tersebut, sehingga dapat diformulasikan, dan bioassay efektivitas formula (volatil dan adsorben) sebagai atraktan musuh alami. Salah satu contoh formula atraktan yang telah dikembangkan adalah atraktan parasitoid telur wereng batang coklat (WBC) dengan adsorben silika yang dihibridisasi dengan nano selulosa (Nurindah et al. 2016). Senyawa volatil yang terlibat dalam interaksi tritrofik tersebut telah diidentifikasi oleh Surjani et al. (2015).

Penelitian aplikasi dan peran semiochemical dalam pengelolaan lingkungan secara umum dan pengelolaan hama secara khusus, telah banyak dilakukan. Untuk dapat dimanfaatkan sebagai alat dalam pengelolaan lingkungan diperlukan pemahaman yang baik tentang semiochemical dan hubungannya dengan pemahaman yang baik tentang interaksi antar dan inter spesies. Selain itu, pengembangan dari informasi yang telah didapatkan dari penelitian kimia lingkungan memerlukan pengembangan metode penelitian yang berhubungan dengan senyawa volatil dan semiochemical. Pengembangan metode itu meliputi identifikasi senyawa volatil yang terlibat dalam interkasi intra maupun inter spesies, serta ekstraksi senyawa-senyawa tersebut. Selain itu dinamika perubahan senyawa volatil karena pengaruh lingkungan serta keanekaragaman semiochemical yang ada pada suatu ekosistem juga perlu dipahami. Dengan demikian, implementasi semiochemical dalam

pengelolaan lingkungan memerlukan integrasi antara ahli-ahli kimia dan biologi, sehingga dapat tercipta perpaduan yang saling mengisi.

5. PEMBELAJARAN ILMU KIMIA YANG MENDUKUNG

Pembelajaran kimia berbasis lingkungan, perlu dikembangkan untuk menghilangkan image negatif tentang “kimia” dan pengaruhnya terhadap kesehatan lingkungan. Dari pembahasan di atas, perspektif entomologist tentang “kimia” sudah cukup jelas bahwa ilmu kimia yang mempelajari tentang semiochemical dapat dimanfaatkan dan dikembangkan dalam pengelolaan lahan pertanian, khususnya, dan lingkungan pada umumnya. Perspektif entomologist tentang ilmu kimia yang telah dibahas di atas hanya merupakan sebagian kecil yang menunjukkan peran pentingnya ilmu kimia dalam lingkungan, sehingga sebenarnya kimia juga mempunyai image positif dalam aspek lingkungan. Oleh karena itu, untuk langkah awal, pembelajaran cabang ilmu kimia yang berbasis lingkungan, misalnya kimia analitik, perlu mendapat perhatian.

Aplikasi ilmu kimia dalam pengelolaan lingkungan secara umum dan lahan pertanian secara khusus, memerlukan dukungan pembelajaran yang optimal mengenai semiochemical dan senyawa volatil. Dalam kurikulum pendidikan kimia selalu didapat topik-topik analisis kimia untuk lingkungan hidup, namun kajian mengenai topik-topik spesifik yang penting belum banyak ditemui. Penyebab dari masalah ini hendaknya dicari akar permasalahannya dan dicarikan solusi yang tepat melalui program-program pengembangan sumber daya manusia dan program terpadu tentang semua cabang ilmu kimia yang dapat mendukung pelestarian lingkungan.

Kurikulum kimia di perguruan tinggi adalah kunci untuk masuk ke wilayah analisis spesifik dari ilmu-ilmu lainnya. Kimia analitik sangat diperlukan untuk jurusan dan program studi aplikatif seperti pertanian, peternakan, lingkungan, bahkan kedokteran dengan ciri khas masing-masing. Kimia analitik menyajikan dasar-dasar metode analitik, yang sangat bergantung pada sifat sampel yang dianalisis, dan juga jumlah serta kelimpahannya. Di jurusan kimia murni, kimia analitik merupakan salah satu kompetensi yang diharapkan dimiliki oleh setiap lulusan untuk diaplikasikan dalam dunia kerja. Metode dan instrumen untuk analisis tergantung wilayah bahan yang akan dianalisis, sehingga perlu pengembangan metode sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Dalam kimia analitik dibahas metode-metode serta dasar-dasar instrumentasi yang diperlukan untuk melakukan analisis. Pada dasarnya, inti dari matakuliah kajian kimia analitik adalah menentukan “apa” dan “berapa” jumlah bahan yang dianalisis di skala kimia, yaitu pelibatan analisis sampai menentukan senyawa, atau atom, atau ion yang ada dalam sampel dan berapa jumlahnya dalam kumpulannya.

Pada dasarnya, inti dari matakuliah-matakuliah kajian kimia analitik adalah menentukan “apa” dan “berapa” jumlah bahan yang dianalisis di skala kimia. Skala kimia adalah analisis sampai menentukan senyawa, atau atom, atau ion apa yang ada dalam sampel dan berapa jumlahnya dalam kumpulannya. Terminologi kimia untuk “apa” dalam skala kimia adalah jenis atom, atau molekul, atau golongan senyawa secara umum maupun sampai mengetahui rumus strukturnya. Misalnya senyawa apa saja yang ada dalam ekstrak tumbuhan tertentu, atau unsur-unsur apa saja yang terdapat di tanah pertanian tertentu, sedang “berapa” merujuk pada jumlahnya dalam sampel dan populasi, maupun jumlah relatifnya dalam sebuah campuran. Misalnya kita memerlukan kadar *patchouli alcohol* di atas 40% dari minyak nilam untuk memenuhi standar tertentu, dan kadar itu dibandingkan terhadap senyawa-senyawa lain yang ada. Pekerjaan kimia analitik “apa” dan “berapa” ini dapat dilakukan jika “metode” untuk itu sudah tersedia. Metode menganalisis senyawa organik tentu berbeda dengan metode analisis senyawa anorganik. Semua pokok kajian kimia analitik secara umum sebaiknya diberikan di jenjang S-1 kimia di perguruan tinggi, sedangkan jenjang S-2 dan S-3

membahas metode analitik dalam wilayah spesifik yang dipilih. Kajian analitik yang mendalam membutuhkan dukungan teori dan instrumentasi yang cukup di wilayah kerja masing-masing.

Pembelajaran kimia berbasis lingkungan, sebenarnya diperlukan dewasa ini di tiap jenjang pendidikan secara terintegrasi. Dalam kurikulum sekolah dasar pendekatan lingkungan sudah harus diberikan dalam bentuk sains atau IPA yang dapat dipahami oleh anak SD. Jenjang pendidikan lebih tinggi harus dapat menghadirkan sains dan menuju ke ilmu kimia dalam bentuk terintegrasi dengan pendekatan lingkungan. Semakin dalam ilmu kimia yang dipelajari selayaknya tidak dilepaskan dari induknya, yakni alam lingkungan secara utuh. Kurikulum pendidikan kimia harus memperhitungkan keseimbangan alam. Adapun contoh-contoh penggunaan ilmu kimia dalam topik-topik ilmu lain sangat diperlukan, sehingga image negatif dari ilmu kimia di masyarakat umum dapat diubah.

6. PENUTUP

Dalam bidang pertanian, aplikasi agrokimia yang merupakan pengembangan pemanfaatan ilmu kimia, zat kimia yang terlibat dalam sistem budidaya tanaman, misalnya aplikasi pupuk kimia sintetis dan insektisida, pada umumnya dilaporkan dapat menurunkan tingkat kesuburan lahan dan pada akhirnya menurunkan produksi pertanian. Hal yang sama juga terjadi pada pengelolaan lingkungan, yaitu zat kimia sangat tidak sesuai dengan metode konservasi lingkungan, karena zat kimia tersebut digolongkan sebagai polutan atau zat yang bersifat toksik bagi kehidupan. Hal ini membuat ilmu kimia seperti terbatas aplikasinya pada kedua bidang ini.

Fenomena yang ada di alam yang melibatkan semiochemical dalam interaksi antar dan inter spesies menunjukkan bahwa “zat kimia” tidak semuanya berimage negatif terhadap lingkungan. Publikasi tentang keterlibatan semiochemical dalam interaksi multitrofik telah banyak membuka pemahaman tentang peran semiochemical dalam rantai makanan. Hal ini juga menunjukkan perlunya integrasi yang optimal antara ahli kimia dan biologis, sehingga ilmu kimia dapat diaplikasikan secara benar untuk mewujudkan sistem pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Surjani Wonorahardjo, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, yang telah memberikan kontribusi kongkrit untuk makalah ini, terutama di bab Pembelajaran. Terima kasih juga penulis sampaikan pada Farah Diba Genie Permana Fadil, S.Farm., Apt. dan Widya Nur Pratama, S.Farm., Apt. yang telah mereview draft makalah ini.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Bruin, J., Dicke, M., Sabelis, M.W. 1992. Plants are better protected against spider-mites after exposure to volatiles from infested conspecifics. *Experimentia* 48, 525–529.
- Cardé, Ring T; Willis, Mark A. 2008. Navigational Strategies Used by Insects to Find Distant, Wind-Borne Sources of Odor. *Journal of Chemical Ecology*. 34 (7): 854-886. doi:10.1007/s10886-008-9484-5.
- Chaidir, Z., Hasanah, Q., Zein R. 2015. Penyerapan ion logam cr(iii) dan cr(vi) dalam larutan menggunakan kulit buah jengkol *Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain.), *Jurnal Riset Kimia*, 8(2): 189-199.
- Fridley, J.D., Grime, J.P., Bilton, M. 2007. Genetic identity of interspecific neighbors mediates plant responses to competition and environmental variation in a species-rich grassland. *Journal of Ecology*, 95: 908–915.
- Gordh, G., Headrick, D. 2000. A Dictionary of Entomology. CAB Publishing, New York. 1032 p.

- Heinrichs E.A., Mochida O.M. 1984. From secondary to major pest status: the case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resurgence. *Protection Ecology*. 7:201-218.
- Heong K.L., Schoenly K.G. 1998. Impact of insecticides on herbivore-natural enemy communities in tropical rice ecosystems. In: Haskell PT, McEwen P, editors. *Ecotoxicology: Pesticides and Beneficial Organisms*. pp: 382-403. Dordrecht (Netherlands): Kluwer Academic Publishers.
- Kaplan, I. 2012. Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: The future of biocontrol or playing with fire? *Biological Control*, 60:77-89.
- Law, J. H., Regnier F. E. 1971. Pheromones. *Annual Review of Biochemistry*. 40: 533-548. doi:10.1146/annurev.bi.40.070171.002533.
- Mamaril C.P. 2004. Organic Fertilizer in Rice: Myths and Facts. Asia Rice Foundation, Vol. 1, No. 1. Available at: <http://www.asiarice.org/sections/chapters/Philippines/Rice>, vol. 1. No. 1. The Asia Foundation. Philippines.
- Matsumura M., Takeuchi H., Satoh M., Sanada-Morimura S., Otuka A., Watanabe T., Thanh D.V. 2009. Current status of insecticide resistance in rice planthoppers in Asia. In *Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia*, pp. 233-243. Eds K.L. Heong and B. Hardy. Los Baños, the Philippines: International Rice Research Institute.
- MillMurphy, G.P., Dudley, S.A. 2009. Kin recognition: competition and cooperation in Impatiens (Balsaminaceae). *American Journal of Botany*. 96: 1990-1996.
- Ninkovic V, Markovic, D., Dahlin, I. 2016. Decoding neighbour volatiles in preparation for future competition and implications for tritrophic interactions, *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics*, 23: 11-17.
- Nurindah, Wonorahardjo, S., Sunarto, D.A., Sujak. 2016. Chemical cues in tritrophic interactions on biocontrol of insect pest. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, in press.
- Parachnowitsch A. L., Manson J. S. 2015. The chemical ecology of plant-pollinator recent advances and future directions. *Current Opinions in Insect Science*, 8: 41-46.
- Ruberti, I., Sessa, G., Ciolfi, A., Possenti, M., Carabelli, M., Morelli, G. 2012. Plant adaption to dynamically changing environment: the shade avoidance response. *Biotechnology Advances*, 30: 1047-1058.
- Salazar, D., Jaramillo, A., Marquis R. J. 2016. The impact of plant chemical diversity on plant-herbivore interactions at the community level. *Oecologia*, 181(4): 1199-1208.
- Simmons, L.W., Alcock, J., Reeder, A. 2003. The role of cuticular hydrocarbons in male attraction and repulsion by female Dawson's burrowing bee, *Amegilla dawsoni*. *Animal Behaviour*. 66 (4): 677-685. doi:10.1006/anbe.2003.2240.
- Suyasa, I W.B., Mahardika I G., Sari, S.D.M. 2016. Pemanfaatan biosistem tanaman untuk menurunkan kadar fenol, amonia, ion klorida, dan cod dari proses biodegradasi air limbah yang mengandung Rhodamin B. *Ecotrophic*, 10 (1): 1-8.
- Tambunan, M.A., Abidjulu, J., Wuntu, A. 2015. Analisis Fisika-Kimia Air Sumur di Tempat Pembuangan Akhir Sumompo Kecamatan Tuminting Manado. *Jurnal MIPA Unsrat Online*, 4(2): 148-152.
- The Society of American Foresters (SAF). 2008. Definition of Semiochemical. *The Dictionary of Forestry*. Bethesda, Maryland.

- Wonorahardjo S., Nurindah, Sunarto, D. A., Sujak, Zakia, N. 2015. Analisis Senyawa Volatil Dari Ekstrak Tanaman Yang Berpotensi Sebagai Atraktan Parasitoid Telur Wereng Batang Coklat, *Anagrus* Sp. (Hymenoptera: Mymaridae). *Jurnal Entomologi Indonesia*. 12: 48–57.
- Zamhar, K.N., Dewi, N.K. 2015. Fitoremediasi kadmium (Cd) pada leachate menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk.) (Studi Kasus TPA Jatibarang), *Jurnal MIPA*, 38 (1): 8-13

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

**MAKALAH
PEMAKALAH PARAREL
BIDANG PENDIDIKAN KIMIA**

PENINGKATAN KUALITAS PEMBELAJARAN MATAKULIAH DASAR-DASAR KIMIA ANALISIS MENURUT TEORI ELABORASI MELALUI PEMBUATAN PETA KONSEP

Endang Budiasih^a dan Dedek Sukarianingsih^a

^aProgram Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang 65145

E-mail: endang.budiasih.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang berjudul Peningkatan Kualitas Pembelajaran Matakuliah Dasar-dasar Kimia Analisis menurut Teori Elaborasi melalui Pembuatan Peta Konsep. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui peningkatan kualitas proses belajar mengajar ditinjau dari aspek kualitatif maupun kuantitatif. Penelitian ini dirancang sebagai penelitian tindakan kelas tiga siklus, dengan mengambil pokok bahasan Pendahuluan, Ruang Lingkup Kimia Analisis, Analisis Kation, dan Analisis Anion. Subyek penelitian adalah mahasiswa S1 Pendidikan Kimia yang sedang mengambil perkuliahan Dasar-dasar Kimia Analisis pada semester gasal 2013 – 2014, dengan jumlah mahasiswa sebanyak 36 orang. Instrumen penelitian terdiri dari instrumen pembelajaran, yaitu bahan ajar yang diwajibkan dan suplemen bahan ajar (*hand out*). Instrumen pengukuran dibedakan menjadi dua macam, yaitu instrumen pengukuran kualitatif (lembar observasi), serta instrumen pengukuran kuantitatif (peta konsep dan tes tertulis). Data kuantitatif dikelompokkan berdasarkan rentangan skor tertentu, dan hasilnya disimpulkan berdasarkan patokan kemampuan yang berlaku di Universitas Negeri Malang.

Berdasarkan analisis data, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran menurut teori elaborasi melalui pembuatan peta konsep pada matakuliah Dasar-dasar Kimia Analisis dapat meningkatkan kualitas proses belajar mengajar ditinjau dari aspek kualitatif maupun kuantitatif. Secara kualitatif peningkatan itu dapat diketahui dari kemampuan kooperatif mahasiswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan. Indikator peningkatan tersebut dapat dilihat dari aspek-aspek saling ketergantungan yang positif, interaksi langsung antar mahasiswa, pertanggungjawaban individu, dan keterampilan berinteraksi antar individu dan kelompok. Secara kuantitatif dapat diketahui dari penilaian aspek kognitif, yaitu hasil peta konsep dan hasil ujian pada pokok Pendahuluan, Ruang Lingkup Kimia Analisis, Analisis Kation, dan Analisis Anion. Berdasarkan hasil analisis data, dapat disimpulkan telah terjadi peningkatan kemampuan mahasiswa siklus demi siklus.

Kata Kunci: *Teori Elaborasi, Peta Konsep*

ABSTRACT

The Improvement of The Basic Analytical Chemistry Lecture Learning Quality Based on Elaboration Theory by The Development of Concept Mapping research already finished. The aim of this research is to acknowledge the improvement of learning and teaching process quality based on qualitative and quantitative aspect. The research designed as three cycle class action research, using Introduction, The Range of Analytical Chemistry subject, Kation Analysis subject, and Anion Analysis subject. The subjects of the research were 36 S1 Chemistry Education students which had attended the lecture at 2013 – 2014 odd semester. The research instrument consists of learning instrument, that is mandatory teaching material and teaching material supplement (*hands out*). Measurement instrument divided into two kinds, which are qualitative measurement instrument

(observation sheets), and quantitative measurement instrument (concept map and writing test). Quantitative data grouped based on particularly ranged score, and the result obtained based on accepted standardized ability measurement at Malang State University.

According to data analysis on the research, is ascertainable that the application of concept mapping based on elaboration theory to The Basic Analytical Chemistry subject could improve the quality of learning and teaching process based on quantitative and qualitative aspect. Qualitatively, the improvement could be known from students' cooperative ability in completing adjusted task. The improvement indicator could be seen from positive dependence aspect, inter student direct interaction aspect, individual responsibility aspect, and individual and group interaction skills aspect. Quantitatively result could be known from cognitive aspect assessments, which are concept map result and test result on these subjects, Introduction, The Range of Analytical Chemistry, Kation Analysis, and Anion Analysis. According to the data analysis, it's concluded that students' ability were improved cycle by cycle.

Keywords: Elaboration Theory, Concept Mapping

PENDAHULUAN

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan belajar mengajar, umumnya dosen mengharapkan semua mahasiswanya memiliki motivasi dan minat yang tinggi terhadap matakuliah yang dibinanya. Hal yang paling diharapkan seorang dosen adalah semua mahasiswanya memiliki prestasi yang tinggi. Banyak faktor yang menjadi penyebab rendahnya motivasi, minat, dan prestasi belajar mahasiswa. Strategi penyajian yang kurang menarik, patut dicatat sebagai faktor utama. Strategi pembelajaran yang tidak banyak melibatkan mahasiswa cenderung membosankan, sehingga pada akhirnya prestasi belajarnya juga akan rendah. Disamping rendahnya motivasi, minat, dan prestasi belajar, hal yang banyak dikeluhkan dosen adalah kurangnya kemampuan mahasiswa dalam berpikir tingkat tinggi. Selama ± 15 tahun menjadi pengajar perkuliahan Dasar-dasar Kimia Analisis, hal yang sangat dirasakan adalah rendahnya kemampuan menganalisis, mensintesis, serta mengevaluasi permasalahan yang diberikan Mahasiswa umumnya sangat trampil bila menyelesaikan masalah-masalah sebatas *recall*, pemahaman, maupun aplikasi. Kegiatan aplikasipun sebatas penyelesaian soal-soal yang ada kaitan secara jelas dengan rumus tertentu. Umumnya mahasiswa tidak bisa menyimpulkan arti fisik dari hasil perhitungan yang diperoleh. Dengan kata lain daya analisis mahasiswa umumnya rendah.

Perkuliahan Dasar-dasar Kimia Analisis merupakan sajian matakuliah bagi mahasiswa semester III. Ditinjau dari hirarki perkuliahan, matakuliah ini berada pada urutan pertama dalam bidang Kimia Analisis. Isi perkuliahan pada prinsipnya terdiri dari dua pokok bahasan besar, yaitu Analisis Kualitatif dan Analisis Kuantitatif. Selama menjadi pembina perkuliahan ini ± 15 tahun, umumnya mahasiswa kurang menguasai dengan baik pada pokok bahasan terkait masalah konsep dan prinsip. Masalah konseptual utamanya terkait hubungan antar konsep kurang dikuasai. Kontribusi nilai terbesar dari soal hitung menghitung, asalkan kaitan dengan rumus tertentu cukup jelas. Bila kondisi soal dibuat sedikit bervariasi, mahasiswa kurang bisa menyelesaikan soal-soal yang demikian. Dari segi soal terkait masalah konseptual, umumnya mahasiswa akan menjawab dengan kalimat yang sama dengan buku ajar yang dipelajari (dalam perkuliahan ini sudah tersedia buku ajar). Daya analisis, sintesis, dan evaluasi begitu rendah, dan umumnya mahasiswa hanya pandai menghafal, tanpa bisa memahaminya. Ditinjau dari proses pembelajaran yang terjadi, umumnya mahasiswa jarang sekali bertanya, dan kalau ditanya sangat malas menjawab pertanyaan.

Selaku dosen pengajar, keadaan demikian merupakan hal yang memprihatinkan. Oleh karena itu perlu mengubah keadaan tersebut menjadi lebih baik, dengan menggunakan strategi pembelajaran yang melibatkan mahasiswa secara aktif. Strategi penugasan membuat peta konsep dipilih sebagai alternatif pemecahan, karena diyakini pemetaan konsep dapat meningkatkan penyusunan konsep oleh mahasiswa sendiri, serta menghindari miskonsepsi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Iskandar (2002) yang menyatakan bahwa dengan peta konsep, dapat membantu mahasiswa mencapai hasil pembelajaran yang berkualitas tinggi, serta bermakna. Donna, K. (1997) dalam tulisannya yang

berjudul “*Mapping for Understanding*”, menyatakan bahwa peta konsep merupakan jendela pembuka pikiran siswa.

Pengorganisasian pembelajaran merupakan fase yang amat penting dalam rancangan pembelajaran. *Synthesizing* akan membuat topik-topik dalam suatu bidang studi menjadi lebih bermakna bagi si belajar (Ausubel, 1968). Kebermaknaan ini akan menyebabkan si belajar memiliki retensi yang lebih baik dan lebih lama terhadap topik-topik yang dipelajari. *Sequencing* juga penting karena sangat diperlukan dalam pembuatan sintesis. Bila isi bidang studi ditata maka akan membuat sintesis lebih efektif, dan kebermaknaan itu menjadi lebih tinggi (Gagne, 1968).

Teori elaborasi merupakan salah satu cara pengorganisasian pembelajaran yang mempreskripsikan pembelajaran mengikuti urutan umum yang rinci. Urutan itu diawali dengan menampilkan *epitome*, kemudian mengelaborasi bagian-bagian yang ada dalam *epitome* secara lebih rinci. Konteks selalu ditunjukkan dengan menampilkan sintesis secara bertahap. Menurut Reigeluth dan Stein (1983), seseorang biasanya akan mulai dengan pandangan yang menyeluruh, yang menunjukkan bagian-bagian utama. Tanpa memberikan perhatian khusus pada hal-hal yang rinci. Setelah gambaran menyeluruh diperoleh, baru kemudian mengarahkan perhatian kepada suatu bagian dan terus ke bagian-bagian utama lainnya. Dengan cara ini, pemahaman si belajar terhadap suatu topik akan menjadi lebih baik. Pembelajaran sehari-hari tanpa menggunakan teori elaborasi di dasarkan atas urutan yang terdapat dalam buku teks. Pembelajaran demikian ini memungkinkan untuk tidak terlewatnya konsep demi konsep yang akan disampaikan. Namun, pembelajaran yang demikian ini berdasarkan pengalaman memberikan perolehan belajar sepotong demi sepotong, yang memungkinkan pemahaman siswa tidak optimal. Ketidak optimalan menyebabkan hasil belajar mahasiswa juga kurang maksimum. Oleh karena itu perlu diteliti apakah terdapat perbedaan hasil belajar.

Rumusan Masalah

Berdasarkan pada bahasan yang terdapat di bagian pendahuluan, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut: Apakah strategi penugasan membuat peta konsep menggunakan teori elaborasi dapat meningkatkan kualitas pembelajaran pada mahasiswa peserta perkuliahan Dasar-dasar Kimia Analisis di Jurusan Kimia UM?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memaparkan apakah strategi pengorganisasian pembelajaran menurut teori elaborasi melalui penugasan membuat peta konsep, dapat meningkatkan kualitas pembelajaran pada mahasiswa peserta perkuliahan Dasar-dasar Kimia Analisis. Peningkatan kualitas pembelajaran ditinjau dari proses pembelajaran yang dilakukan dan hasil belajar yang diperoleh mahasiswa

Manfaat Penelitian

Kontribusi penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan sebagai alternatif strategi pembelajaran bagi dosen dalam upaya lebih mengaktifkan mahasiswa selama proses pembelajaran.
2. Mendorong mahasiswa untuk aktif belajar secara bermakna sehingga tercipta kemampuan berpikir tingkat tinggi.
3. Memberikan sumbangan pemikiran berupa inovasi pembelajaran yang berorientasi pada teori konstruktivisme.
4. Memberikan sumbangan konkrit, dengan tersusunnya seperangkat alat pembelajaran pada pokok-pokok bahasan yang dipilih, yaitu berupa:
 - Skenario Pembelajaran
 - Suplemen Bahan Ajar
 - Alat evaluasi terkait kemampuan kognitif, dan kemampuan kinerja, yaitu pembuatan peta konsep.

METODE PENELITIAN

1. Siklus I

1) *Perencanaan atau Persiapan*

- Menentukan pokok bahasan acuan, yaitu Pendahuluan, Ruang Lingkup Kimia Analisis yang merupakan pokok bahasan awal dari perkuliahan ini.
- Menyiapkan Skenario Pembelajaran, Suplemen Bahan Ajar, Alat Evaluasi Kognitif dengan penekanan soal-soal yang bersifat analisis, sintesis, dan evaluasi, dan Kinerja (peta konsep).
- Menyiapkan instrumen monitoring Proses Belajar Mengajar.

2) *Pelaksanaan Tindakan*

- Membagikan suplemen bahan ajar satu minggu sebelum topik acuan berlangsung, menugaskan mahasiswa membacanya.
- Menugaskan mahasiswa membuat peta konsep, kemudian dikumpulkan, dan memberikan penilaian.
- Melakukan pembelajaran berdasar skenario yang telah disiapkan, yaitu menurut teori elaborasi.
- Menugaskan kembali membuat peta konsep pada pokok bahasan yang sama.
- Melakukan monitoring proses Belajar Mengajar menggunakan instrumen yang telah disiapkan.
- Melakukan ujian pada pokok bahasan acuan.

3) *Kegiatan Observasi*

Kegiatan observasi diarahkan untuk dapat menilai aspek kualitatif proses belajar mengajar. Kegiatan observasi menggunakan instrumen monitoring proses belajar mengajar.

4) *Evaluasi dan Refleksi*

- Evaluasi: Berdasar peta konsep yang dibuat mahasiswa, dan hasil ujian pada pokok bahasan acuan.
- Refleksi: Dari hasil observasi dan hasil evaluasi, akan diketahui kelemahan-kelemahan pada siklus I, yang akan dicoba diperbaiki pada siklus II.

2. Siklus II

1) *Perencanaan atau Persiapan*

- Menentukan pokok bahasan acuan, yaitu Analisis Kation.
- Menyiapkan Skenario Pembelajaran (memperhatikan kelemahan siklus I), Suplemen Bahan Ajar, Alat Evaluasi Kognitif, dan Kinerja (peta konsep) secara individual.
- Menyiapkan Instrumen Monitoring Proses Belajar Mengajar.

2) *Pelaksanaan Tindakan*

- Membagikan suplemen bahan ajar satu minggu sebelum topik acuan berlangsung, menugaskan mahasiswa membacanya.
- Menugaskan mahasiswa membuat peta konsep, kemudian dikumpulkan, dan menunjuk salah satu untuk mempresentasikan ke depan kelas.
- Melakukan pembelajaran dengan menggunakan skenario yang telah direvisi.
- Menugaskan kembali membuat peta konsep pada pokok bahasan yang sama.
- Melakukan monitoring proses belajar mengajar menggunakan instrumen yang telah disiapkan.
- Melakukan ujian pada pokok bahasan acuan.

3) *Kegiatan Observasi*

Kegiatan observasi diarahkan untuk dapat menilai aspek kualitatif proses belajar mengajar. Kegiatan observasi menggunakan instrumen monitoring proses belajar mengajar.

4) *Evaluasi dan Refleksi*

- Evaluasi: Berdasar peta konsep yang dibuat mahasiswa, dan hasil ujian pada pokok bahasan acuan.
- Refleksi: Dari hasil observasi dan hasil evaluasi, akan diketahui kelemahan-kelemahan pada siklus II, yang akan dicoba diperbaiki pada siklus III.

3. Siklus III

Kegiatan siklus III berdasarkan refleksi siklus II, dan akan dilakukan revisi utamanya pada bagian skenario pembelajaran.

Subyek Penelitian

Subyek penelitian adalah mahasiswa S1 kependidikan, yang sedang mengikuti perkuliahan Dasar-dasar Kimia Analisis di semester ganjil tahun pelajaran 2013/2014, beserta dosen pembina matakuliah tersebut.

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan teknik observasi, pemeriksaan peta konsep, dan pelaksanaan tes. Teknik observasi dilakukan dengan alat bantu pedoman observasi yang dibuat sendiri oleh peneliti. Dari hasil observasi ini akan diketahui aspek kualitatif proses belajar mengajar, baik dari segi dosen maupun mahasiswa. Data kuantitatif diperoleh melalui penilaian peta konsep yang dibuat mahasiswa, dan hasil ujian siklus demi siklus.

Analisis Data

Data yang telah terkumpul selanjutnya dipilah-pilah sesuai dengan keperluan. Selanjutnya dilakukan analisis yaitu mencari nilai rata-rata kelas, mengelompokkan skor berdasar rentangan tertentu, dan menyimpulkan hasilnya berdasarkan patokan pencapaian kemampuan yang berlaku di Universitas Negeri Malang. Hasil analisis ini digunakan untuk menjawab rumusan masalah. Hasil analisis yang bersifat kualitatif diperoleh melalui informasi berdasarkan lembar observasi yang dikembangkan oleh peneliti. Hasil analisis ini untuk mengetahui keefektifan strategi penugasan membuat peta konsep terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Tingkat pemahaman mahasiswa pada setiap aspek yang diteliti didasarkan atas rentang skor taraf penguasaan atau kemampuan yang terdapat dalam pedoman pendidikan Universitas Negeri Malang, dengan beberapa modifikasi seperti diberikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tingkat Pemahaman Mahasiswa

Taraf Pemahaman Mahasiswa Berdasarkan Rentang Skor	Sebutan
85 – 100	Sangat baik
70 – 84	Baik
55 – 69	Cukup
50 – 54	Kurang
0 - 49	Sangat kurang

Indikator keberhasilan ditentukan dengan cara menilai peta konsep mahasiswa, dan hasil ujian pada akhir setiap siklus. Penilaian peta konsep mahasiswa menggunakan rubrik penilaian yang ditetapkan oleh dosen.

Kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut:

Siklus I : Nilai peta konsep ≥ 70 (skala 100)

Hasil ujian ≥ 70 (skala 100)

Siklus II : Nilai peta konsep ≥ 80 (skala 100)

Hasil ujian ≥ 75 (skala 100)

Siklus III : Nilai peta konsep ≥ 80 (skala 100)

Hasil ujian ≥ 80 (skala 100)

Hasil Kegiatan Pada Siklus I

1. Hasil Observasi Selama Kegiatan Proses Belajar Mengajar

Data kemampuan kooperatif yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kemampuan Kooperatif pada Siklus I

Kel.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Aspek							
Saling ketergantungan positif	2	2	2	1	2	1	2
Interaksi langsung antar mahasiswa	2	2	2	2	2	2	2
Pertanggungjawaban individu	2	2	2	2	2	2	2
Keterampilan berinteraksi antar individu dan kelompok	2	2	2	2	2	2	2

Keterangan : 2 : kualitas bagus

1 : kualitas sedang

0 : kualitas kurang

Penilaian kemampuan kooperatif dilakukan secara berkelompok mengingat kegiatan perkuliahan dilakukan secara berkelompok. Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dari tujuh kelompok terdapat lima kelompok yang menunjukkan kemampuan kooperatif dengan kategori bagus. Dengan demikian, dapat disimpulkan pada siklus I ini hanya dua kelompok yang belum menunjukkan kemampuan kooperatif yang sempurna, yaitu pada aspek saling ketergantungan positif. Lembar observasi beserta rubrik penilaian observasi pada siklus I dapat dilihat pada Lampiran 2 dan 3.

2. Hasil Penilaian Peta Konsep

Setelah kegiatan diskusi selesai, mahasiswa membuat peta konsep dan kemudian dipresentasikan. Berdasarkan kriteria pemberian skor yang ditetapkan peneliti, maka diperoleh sebaran nilai peta konsep seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Peta Konsep pada Siklus I

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
85 – 100	-	-
70 – 84	1	14,2
55 – 69	2	28,6
50 – 54	4	57,2
Total	7	100

Berdasarkan Tabel 2 dan kriteria penilaian pada Bab III, maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa (57,2 %) belum bisa membuat peta konsep secara benar. Menurut kriteria, maka sebagian besar mahasiswa berada dalam kualifikasi kurang. Berdasarkan hasil refleksi dari pembuatan peta konsep, diperoleh indikasi bahwa mahasiswa belum memahami apa yang dimaksud konsep, dan apa yang dimaksud dengan proposisi. Oleh karena itu pada siklus PTK selanjutnya akan dicoba untuk merevisi skenario pembelajarannya, yaitu terkait pembuatan peta konsep.

3. Hasil Ujian Siklus I

Tabel 4. Skor Ujian Tertulis pada Pokok Bahasan Pendahuluan, Ruang Lingkup Kimia Analisis

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
85 – 100	3	8,3
70 – 84	9	25,0
55 – 69	12	33,5
50 – 54	5	13,9
0 – 49	7	27,6
Total	36	100

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa yaitu 24 orang (66,7%) memiliki kemampuan sangat kurang dalam hal pemahaman terkait pokok bahasan bahasan Pendahuluan, Ruang Lingkup Kimia Analisis.

Semua kelemahan pada siklus I akan dicoba diperbaiki pada siklus II, baik dari segi pembuatan peta konsep, kerja kooperatif, dan penjelasan terkait materi pembelajaran dalam *hands out*.

4. Refleksi Siklus 1

Pelaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa RPP yang direncanakan telah dapat dilaksanakan dengan baik. Namun demikian, ada dua kelompok yang kurang optimal dalam kegiatan diskusi kelompok yang dilakukan. Berdasarkan hasil observasi diketahui bahwa ada anggota kelompok yang tidak ikut secara aktif dalam kegiatan diskusi. Mahasiswa tersebut sibuk membaca sendiri sehingga tidak terlibat dalam kegiatan diskusi. Pada siklus I ini dosen tidak menginstruksikan untuk membagi tugas diantara anggota kelompok.

Berdasarkan hasil penilaian peta konsep yang dihasilkan pada siklus I, umumnya mahasiswa belum bisa menyusun konsep dari yang umum ke khusus. Sesuai dengan teori elaborasi, maka pengorganisasian pembelajaran seharusnya mengikuti urutan umum ke rinci. Urutan itu selalu diawali dengan menampilkan *epitome*, kemudian mengelaborasi bagian-bagian yang ada dalam *epitome* secara lebih rinci. Demikian juga dengan penulisan preposisi masih belum bisa dengan baik.

Berdasarkan hasil ujian tertulis memang masih sebagian besar mahasiswa (66,7%) mempunyai kemampuan kurang (<69). Materi pada bagian pendahuluan memang cukup luas, karena terkait keseluruhan isi perkuliahan. Banyak istilah-istilah baru bagi mahasiswa semester tiga yang mengambil mata kuliah ini, sehingga walaupun materinya masih pada taraf pendahuluan, hasil yang diperoleh kurang memuaskan.

Hasil Kegiatan Pada Siklus II

Berdasarkan refleksi terhadap hasil yang dicapai pada siklus I, maka implementasi tindakan pada siklus II meliputi kegiatan-kegiatan membagikan suplemen bahan ajar (*hands out*) pokok bahasan Analisis Kation serta menyuruh mahasiswa mempelajarinya, memberi tugas masing-masing kelompok sesuai prosedur, melakukan pembelajaran dengan menggunakan model kooperatif, melakukan observasi, melakukan penilaian peta konsep, melakukan ujian pada pokok bahasan terkait. Pada pembelajaran siklus II ini dilakukan revisi, yaitu dosen menjelaskan dahulu hal-hal terkait materi ajar secara garis besar, kemudian memberi kata-kata kunci sebagai konsep yang akan dipetakan. Kemudian menyuruh mahasiswa bekerja secara kooperatif

1. Hasil Observasi selama Kegiatan Proses Belajar Mengajar

Data kemampuan kooperatif yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Kemampuan Kooperatif pada Siklus II

Kel.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Aspek							
Saling ketergantungan positif	2	2	2	2	2	2	2
Interaksi langsung antar mahasiswa	2	2	2	2	2	2	2

Kel.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Aspek							
Pertanggungjawaban individu	2	2	1	2	2	2	1
Keterampilan berinteraksi antar individu dan kelompok	2	2	2	2	2	2	2

Keterangan : 2 : kualitas bagus

1 : kualitas sedang

0 : kualitas kurang

Seperti halnya pada siklus I, maka penilaian kemampuan kooperatif ini dilakukan secara berkelompok. Berdasarkan penilaian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dari semua kelompok (7 kelompok), masih ada 2 kelompok yang menunjukkan kemampuan kooperatif kurang sempurna, yaitu pada aspek pertanggung jawaban individu.

2. Hasil Penilaian Peta Konsep

Setelah kegiatan diskusi selesai, mahasiswa membuat peta konsep dan mempresentasikannya. Berdasarkan kriteria pemberian nilai yang ditetapkan peneliti, maka diperoleh sebaran nilai peta konsep seperti yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Peta Konsep pada Siklus II

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
85 – 100	1	14,2
70 – 84	3	42,9
55 – 69	3	42,9
50 – 54	-	-
Total	7	100

Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa tidak ada lagi mahasiswa yang berkemampuan kurang. Kondisi ini dapat dikatakan lebih bagus dari siklus I. Kemampuan yang meningkat ini diperkirakan memiliki kaitan dengan prosedur pembuatan peta konsep yang diawali dengan penjelasan terlebih dahulu oleh dosen terkait materi pembelajaran. Dosen memberikan kata-kata kunci sebagai konsep, kemudian mahasiswa melakukan pemetaan. Refleksi dari hasil peta konsep yang dihasilkan, masih ada kelompok yang belum bisa melakukan dengan baik, yaitu 42,9 %, kesalahan yang dibuat yaitu pada aspek penyusunan hirarki. Oleh karena itu konsep pada siklus II tetap dipertahankan dengan melakukan revisi pada penyusunan hirarki.

3. Hasil Ujian Siklus II

Seperti halnya pada siklus I ujian dilakukan secara tertulis. Penekanan soal ujian terkait masalah konseptual. Soal ujian tertera pada Lampiran. Sebaran skor ujian pada pokok bahasan Analisis Kation ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skor Ujian Tertulis pada Pokok Bahasan Analisis Kation

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
85 – 100	4	11,1
70 – 84	23	63,9

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
55 – 69	1	2,8
50 – 54	8	22,2
0 – 49	-	-
Total	36	100

Berdasarkan Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa tidak ada mahasiswa yang berkemampuan sangat kurang. Namun masih ada yang berkemampuan kurang yaitu sebanyak 22,2 %, akan tetapi sebagian besar mahasiswa yaitu 75 % berada dalam kemampuan baik dan sangat baik. Kondisi ini tentunya lebih bagus dari siklus I. Dengan demikian cara kerja dimana mahasiswa diberi contoh kata-kata kunci atas dasar *hand out* sangat membantu, dan cara ini dicoba untuk dipertahankan pada siklus III.

Hasil Kegiatan Pada Siklus III

Berdasarkan refleksi terhadap hasil yang dicapai pada siklus II, maka implementasi tindakan pada siklus III meliputi kegiatan-kegiatan: membagikan suplemen bahan ajar pokok bahasan Analisis Anion, memberi tugas masing-masing anggota kelompok untuk mencari kata-kata kunci sebagai konsep, melakukan pembelajaran secara kooperatif, melakukan observasi, melakukan penilaian peta konsep, dan melakukan ujian pada akhir pokok bahasan.

1. Hasil Observasi Selama Kegiatan Proses Belajar Mengajar Penilaian kemampuan Kooperatif

Data kemampuan kooperatif yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Data Kemampuan Kooperatif pada Siklus III

Kel.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Aspek							
Saling ketergantungan positif	2	2	2	2	2	2	2
Interaksi langsung antar mahasiswa	2	2	2	2	2	2	2
Pertanggungjawaban individu	2	2	2	2	2	2	2
Keterampilan berinteraksi antar individu dan kelompok	2	2	2	2	2	2	2

Keterangan : 2 : kualitas bagus

1 : kualitas sedang

0 : kualitas kurang

Pada siklus III ini kegiatan yang dilakukan menggunakan pola yang sama dengan siklus I dan siklus II, sehingga pada siklus III ini dapat dikatakan bahwa semua kelompok telah melakukan pembelajaran kooperatif dengan baik. Pada siklus III ini langkah yang sedikit berbeda dengan siklus I dan II, yaitu dengan menugaskan masing-masing anggota kelompok untuk mencari kata-kata kunci sebagai konsep yang akan dipetakan berdasarkan dengan *hand out* yang dibagikan.

2. Hasil Penilaian Peta Konsep

Setelah kegiatan diskusi selesai, mahasiswa membuat peta konsep dan mempresentasikannya. Berdasarkan kriteria pemberian nilai yang ditetapkan peneliti, maka diperoleh sebaran nilai peta konsep seperti yang tertera pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Peta Konsep pada Siklus III

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
85 – 100	3	42,9
70 – 84	3	42,9
55 – 69	1	14,2
50 – 54	-	-
Total	7	100

Berdasarkan Tabel 8 dan kriteria penilaian pada Bab III, maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa telah memahami cara pembuatan peta konsep. Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa 42,9 % mahasiswa menunjukkan kemampuan yang baik sekali, dan 42,9 % berkemampuan baik. Dengan demikian dapat disimpulkan pada akhir siklus III walaupun tidak 100 % telah berkemampuan baik, namun kondisi ini jauh lebih baik dari siklus II.

3. Hasil Ujian Siklus III

Hasil ujian tertulis pada pokok bahasan Analisis Anion dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Skor Ujian pada Pokok Bahasan Analisis Anion

Rentang Skor	Frekuensi	Persentase (%)
85 – 100	4	11,1
70 – 84	32	88,9
55 – 69	-	-
50 – 54	-	-
0 – 49	-	-
Total	36	100

Berdasarkan Tabel 10 dapat disimpulkan bahwa tidak ada mahasiswa yang berkemampuan kurang dan sangat kurang. Kondisi ini jauh lebih bagus dari siklus II, yaitu 22,2 % yang berkemampuan kurang. Terjadinya peningkatan kemampuan yang cukup signifikan, yaitu pada kategori kemampuan baik. Pada siklus II terdapat 63,9 % mahasiswa berkemampuan baik, yang berubah menjadi 88,9 % pada siklus III, Peningkatan kemampuan ini secara umum dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh positif pembelajaran dengan menggunakan cara menurut teori elaborasi melalui pembuatan peta konsep secara kooperatif. Pada model yang diaplikasikan dalam pembelajaran ini, intervensi dosen betul-betul dikurangi, sedang peran mahasiswa demikian besar.

PEMBAHASAN

Jika diperhatikan proses pembelajaran siklus demi siklus, tampak bahwa telah ada peningkatan kualitas pembelajaran ditinjau dari kemampuan mahasiswa untuk melakukan kerja kooperatif, dengan unsur-unsur saling ketergantungan yang positif, interaksi langsung antar mahasiswa, pertanggungjawaban individu, dan keterampilan berinteraksi antar individu dan kelompok. Hal ini dapat diamati selama proses pembelajaran, dan dapat dilihat pada lembar observasi. Pada pendekatan pembelajaran ini, terasa bahwa peran dosen sebagai “pemberi ilmu” telah banyak berkurang, yaitu dengan menyuruh mahasiswa untuk aktif berpikir melalui pemetaan konsep, yang kemudian didiskusikan antar mereka sendiri. Dosen benar-benar hanya sebatas fasilitator. Hal ini berbeda dengan pembelajaran sebelumnya, dengan menjadikan mahasiswa sebagai obyek pembelajaran, dan

membuat mereka seperti robot. Dari aspek kuantitatif telah terjadi peningkatan ditinjau dari hasil peta konsep, maupun tes pada pembahasan terkait.

Hal-hal yang bisa dikemukakan mengapa pembelajaran menggunakan teori elaborasi memberikan hasil yang lebih baik? Bisa dikemukakan bahwa teori elaborasi mempreskripsikan cara pengorganisasian dengan mengikuti urutan umum ke rinci yang diawali dengan menampilkan *epitome* (struktur isi) bidang studi yang dipelajari. *Epitome* menunjukkan kerangka isi dan hubungan-hubungan utama diantara bagian tersebut. Menurut Ausubel (1968), penyajian kerangka isi pada fase pertama memberikan *ideational scaffolding* bagi isi yang lebih rinci yang akan dipelajari kemudian.

Hal-hal yang dikemukakan di atas merupakan hal-hal yang bersifat positif. Namun demikian, selama peneliti mengaplikasikan pendekatan ini terasa begitu melelahkan, utamanya dalam menyiapkan suplemen bahan ajar, pertanyaan-pertanyaan untuk mengarahkan perolehan konsep-konsep yang seharusnya dimiliki mahasiswa. Demikian juga target selesainya pembelajaran sesuai dengan waktu yang ditetapkan dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS), tidak terpenuhi. Dalam pembelajaran yang biasa dilakukan, tiga pokok bahasan tersebut dapat diselesaikan dalam 4 x 4 jam semester, termasuk pelaksanaan tes. Dengan pendekatan ini, tiga pokok bahasan diselesaikan dalam 5 x 4 jam semester, dengan menambah 3 kali kesempatan untuk tes tertulis. Disamping itu mahasiswa masih terbebani untuk membaca *hand out* di rumah. Dari segi hasil memang bagus, namun dari segi waktu masih kurang sesuai yang diharapkan. Kemungkinan hal ini disebabkan belum terbiasanya mahasiswa maupun dosen untuk mengaplikasikan pembelajaran model ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran menurut teori elaborasi melalui pembuatan peta konsep pada matakuliah Dasar-dasar Kimia Analisis dapat meningkatkan kualitas proses belajar mengajar ditinjau dari aspek kualitatif maupun kuantitatif. Secara kualitatif peningkatan itu dapat diketahui dari kemampuan kooperatif mahasiswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan. Indikator peningkatan tersebut dapat dilihat dari aspek-aspek saling ketergantungan positif, interaksi langsung antar mahasiswa, pertanggungjawaban individu, dan keterampilan berinteraksi antar individu dan kelompok.

Secara kuantitatif dapat diketahui dari penilaian aspek kognitif, yaitu hasil peta konsep dan hasil ujian pada pokok bahasan Pendahuluan, Ruang Lingkup Kimia Analisis, Analisis Kation, dan Analisis Anion. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan telah terjadi peningkatan kemampuan mahasiswa siklus demi siklus.

SARAN PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut:

1. Penerapan pendekatan pembelajaran menurut teori elaborasi melalui pembuatan peta konsep ini hendaknya diaplikasikan juga pada pokok bahasan lain, mengingat hasil yang diperoleh sangat bagus.
2. Perlu diujicobakan jika pokok bahasannya bersifat banyak melibatkan perhitungan atau aplikasi rumus, apakah hasilnya juga sebagai pokok bahasan deskriptif teoritik.
3. Pada penelitian ini penilaian kemampuan membuat peta konsep dilakukan secara berkelompok. Oleh karena itu diperlukan penelitian lanjutan, apakah pendekatan ini dapat meningkatkan kemampuan pembuatan peta konsep oleh mahasiswa secara individual.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, R.N. 2003. *Keefektifan Strategi Menggunakan Peta Konsep Dalam Pengajaran Ditinjau Dari Prestasi Dan Retensi Belajar Siswa Kelas II SMU Negeri 4 Malang Pada Materi Laju Reaksi*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Program Pasca Sarjana, Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang.
- Ardhana, I.W. 2005. *Bacaan Pilihan Dalam Metode Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Proyek LPTK. Dirjen Dikti.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Ausubel, D.P. 1968. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Degeng, I.N.S. 1989. *Teori Pembelajaran I: Taksonomi Variabel*. Jakarta: Program Magister Manajemen Pendidikan Universitas Terbuka.
- Dorough, Donna K. Dan Rye, James A. 1997. *Mapping for Understanding*. The Science Teacher 64 (1): 37-41.
- Fajaroh, F. 2001. *Penggunaan Peta Konsep Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mol Siswa Kelas I SMU Laboratorium Universitas Negeri Malang*. Media Komunikasi Kimia. Edisi bulan Pebruari, halaman 59-70.
- Gagne, RM. 1968. "Learning Hierarchies". *Educational Psychologist* (6).
- Iskandar, S.M. 2002. *Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Kimia Organik III (KIB 410) Dengan Menggunakan Tugas Membuat Peta Konsep, Tugas Berumpan Balik, Dan Musik Mozart*. Laporan Penelitian Tindakan kelas. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Reigeluth, C.M. 1983. *Instructional –design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*. Vol. 1. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publisher.
- Reigeluth, C.M. & Stein, F.S. 1983. "The Elaboration Theory of Instruction" dalam Reigeluth, C.M. (Ed). *Instructional –design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publisher.

CAPAIAN PEMBELAJARAN KELARUTAN DAN K_{sp} UNTUK DOMAIN PEMAHAMAN KONSEPTUAL MELALUI PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING DIPADU PELATIHAN METAKOGNISI

Arvinda C. Lalang^{*a}, Suhadi Ibnu^a, Sutrisno^a

^a Mahasiswa Pendidikan Kimia, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang ¹

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang ²

Jln. Semarang 5, Malang

*Corresponding author's Email: arvinda.lalang@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi terhadap pemahaman konseptual siswa di SMA Negeri 1 Pandaan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen semu dengan desain *pretest-posttest nonequivalent control group*. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* dan diperoleh dua kelas sampel, yaitu kelas XI MIA 3 sebagai kelas eksperimen dan XI MIA 4 sebagai kelas kontrol. Siswa pada kelas eksperimen dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi sedangkan siswa pada kelas kontrol dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing tanpa pelatihan metakognisi. Hasil penelitian menunjukkan rerata pemahaman konseptual awal siswa pada kelas eksperimen adalah 44,560 sedangkan pada kelas kontrol 46,850. Setelah dilakukan proses pembelajaran pada kelas eksperimen diperoleh rerata pemahaman konseptual akhir 81,060 sedangkan pada kelas kontrol 75,670. Peningkatan pemahaman konseptual dapat dilihat dari rerata *N-Gain* pada kelas eksperimen yaitu 0,660 lebih tinggi dari kelas kontrol yaitu 0,540. Hasil uji-t membuktikan adanya perbedaan peningkatan pemahaman konseptual siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan nilai signifikansi 0,001. Maka dapat disimpulkan bahwa inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa.

Kata kunci: pemahaman konseptual, inkuiri terbimbing, pelatihan metakognisi.

ABSTRAK

A research about the influence of guided inquiry learning combined with metacognition training toward students' conceptual understanding at SMA Negeri 1 Pandaan has been already implemented. This study used quasi-experimental with pretest-posttest nonequivalent control group design. This study used a purposive sampling which produced two classes, namely class XI MIA 3 as the experimental class and XI MIA 4 as the control class. The students in the experiment class were taught with guided inquiry method combined with metacognition training, while the students in the control class were taught with guided inquiry method without training of metacognition. The results showed that the initial mean score of conceptual understanding of students at the experimental class was 44,560, while the control class 46,850. After learning activity the experimental class earned an average of final conceptual understanding 81,060 while the control class was 75,670. The improved conceptual understanding could be seen from the mean of *N-Gain* of the experimental class 0,660 higher than the control class 0,540. T-test results proved the differences increased understanding of the concept of students' experimental class and control class with significant value 0,001. So we can conclude that the guided inquiry method combined with metacognition training has enhanced students' conceptual understanding.

Keywords: conceptual understanding, guided inquiry, metacognition training.

PENDAHULUAN

Ilmu kimia diperoleh ilmuwan baik melalui pengamatan terhadap fenomena yang variabelnya tidak dimanipulasi maupun kegiatan eksperimen yang variabelnya dimanipulasi. Proses pemerolehan ilmu kimia mengikuti tahapan dalam metode ilmiah untuk melihat dan menjelaskan suatu fenomena. Melalui metode ilmiah seorang ilmuwan dituntut untuk aktif berpikir dalam mengkonstruksi pengetahuan dan menghasilkan pemahaman konseptual. Selaras dengan pemerolehan konsep seorang ilmuwan maka seorang siswa seharusnya menggunakan metode ilmiah dalam proses pembelajarannya.

Penggunaan metode ilmiah menuntut siswa untuk menjadi aktif dalam proses pembelajaran sehingga siswa memperoleh pengetahuan bermakna. Pembelajaran dengan metode ilmiah sangat erat kaitannya dengan pendekatan konstruktivistik yakni suatu pendekatan pembelajaran yang meletakkan prioritas tertinggi pada faktor dalam diri siswa (Iskandar, 2011:8). Salah satu model pembelajaran yang menggunakan pendekatan konstruktivistik dan berbasis penemuan adalah inkuiri.

Model pembelajaran inkuiri dapat memfasilitasi siswa secara aktif untuk mengkonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan-tahapan metode ilmiah. Melalui pembelajaran inkuiri, siswa dapat berpartisipasi baik dalam beraktivitas maupun proses berpikir menyerupai seorang ilmuwan yang melakukan penyelidikan (Trout *dkk.*, 2008). Terdapat beberapa jenis inkuiri, dua diantaranya adalah inkuiri terbuka dan inkuiri terbimbing. Perbedaan pada masing-masing inkuiri yang telah disebutkan, terletak pada besarnya peran guru sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran. Diantara kedua model pembelajaran inkuiri di atas, model pembelajaran inkuiri terbimbing lebih tepat digunakan dalam proses pembelajaran pada tingkat SMA di Indonesia. Hasil penelitian Suryani & Sudargo (2015) membuktikan bahwa peningkatan penguasaan konsep siswa melalui model pembelajaran inkuiri terbimbing lebih tinggi dibandingkan model pembelajaran inkuiri terbuka. Hal ini dikarenakan siswa SMA di Indonesia masih belum memiliki kebiasaan dan bekal yang cukup untuk melakukan inkuiri secara mandiri dalam mengkonstruksi pengetahuannya.

Melalui pembelajaran inkuiri terbimbing siswa dibimbing mengkonstruksi pengetahuannya dan pada prosesnya siswa dituntut untuk memiliki kesadaran belajar. Ketika seorang siswa memiliki kesadaran belajar, maka siswa tersebut dapat memantau dan mengatur berbagai proses kognitifnya sehingga proses belajar yang dilakukan semakin bermakna (Hollingworth & McLoughlin, 2001). Selain itu melalui kesadaran dalam belajar, seorang siswa dapat menggunakan pengetahuan yang telah dipelajari sebagai dasar dalam penentuan tindakan yang diambil untuk mengatasi permasalahan yang ditemui. Keterampilan yang dapat memfasilitasi kesadaran siswa dalam proses belajarnya adalah keterampilan metakognisi. Keterampilan metakognisi tidak selalu dimiliki siswa, sehingga diperlukan latihan untuk melatih keterampilan tersebut.

Pelatihan keterampilan metakognisi menggunakan pertanyaan kepada diri sendiri, untuk merefleksikan pemahaman materi yang telah dipelajari siswa. Melalui bertanya kepada diri sendiri, seorang siswa dapat menguasai materi yang dipelajari dengan lebih baik (Slavin, 2008: 253). Hal ini juga dibuktikan oleh Susantini (2004) yang menggunakan Lembar Penilaian Pemahaman Diri (LPPD) sebagai media untuk menerapkan strategi metakognitif dan menemukan bahwa melalui kegiatan ini siswa juga dapat menilai pemahaman mereka sendiri; mencari tahu berapa waktu yang diperlukan untuk mempelajari sesuatu dan memilih rencana yang efektif untuk mempelajari atau menyelesaikan masalah. Siswa yang sadar belajar mampu memantau proses belajarnya sendiri sehingga dapat meningkatkan pemahaman konseptualnya.

Salah satu pokok bahasan dalam mata pelajaran kimia adalah kelarutan dan K_{sp} . Materi ini memiliki karakteristik pemerolehan konsep melalui kegiatan eksperimen sederhana dengan menggunakan metode ilmiah. Sehingga materi ini sesuai untuk dibelajarkan dengan menggunakan inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen semudengan desain *pretest-posttest nonequivalent control group*. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Pandaan pada Semester Ganjil 2016/2017. Pengambilan sampel digunakan teknik *purposive sampling* dan penetapan kelas sampel dilakukan sesuai dengan petunjuk yang diberikan oleh pengajar. Ketentuannya hasil uji kesetaraan terhadap ulangan harian pada materi sebelumnya yang dimiliki kedua kelas sampel adalah setara. Uji kesetaraan yang digunakan adalah uji LSD (*Least Significance Different*) dengan bantuan program

SPSS 20 for Windows. Hasilnya diperoleh dua kelas sampel, yaitu Kelas XI MIA 3 sebagai kelas eksperimen dan Kelas XI MIA 4 sebagai kelas kontrol. Siswa pada kelas eksperimen dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi sedangkan siswa pada kelas kontrol dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing tanpa pelatihan metakognisi.

Instrumen pengukuran yang digunakan berupa soal pilihan ganda untuk mengukur pemahaman konseptual siswa. Soal yang digunakan mencakup tujuh aspek pemahaman konseptual yaitu menafsirkan, mencontohkan, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan dan menjelaskan (Anderson & Krathwohl, 2014:106). Sebelum dikenakan pada sampel, instrumen penelitian terlebih dahulu diujicobakan untuk mengetahui validitas dan reliabilitasnya. Setelah perlakuan, dilakukan uji prasyarat analisis yaitu uji normalitas dan uji homogenitas terhadap data yang diperoleh. Untuk uji normalitas digunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan uji homogenitas digunakan uji Levene. Data selanjutnya dianalisis menggunakan uji-t (*sample independent t-test*) dengan bantuan SPSS 20 for Windows.

PEMBAHASAN

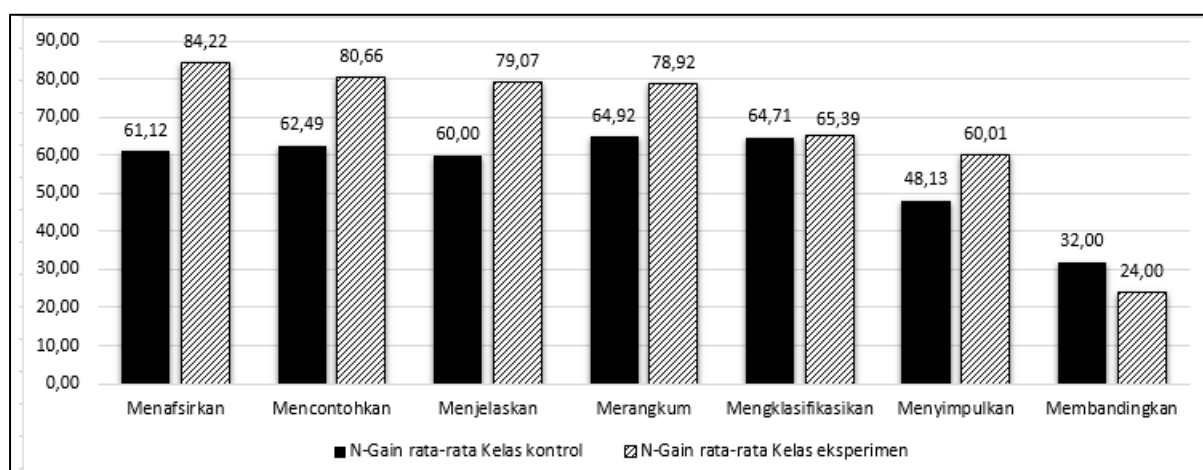
Pemahaman konseptual siswa diukur berdasarkan hasil jawaban siswa terhadap soal pada tes awal dan tes akhir. Data pemahaman konseptual awal, akhir dan *gain score* (N-Gain) siswa dianalisis dengan menggunakan uji-t (*sample independent t-test*) yang sebelumnya telah diuji normalitas dan homogenitasnya. Hasil uji normalitas dengan uji Kolmogorov-Smirnov nilai signifikansi (0,210 dan 0,057) > 0,050, disimpulkan bahwa data pemahaman konseptual siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen terdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dengan uji Levene nilai signifikansi (0,953 dan 0,287) > 0,050 disimpulkan bahwa pemahaman konseptual siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen mempunyai varian yang sama. Hasil uji-t untuk pemahaman konseptual siswa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji-t Sampel Independen Pemahaman Konseptual Siswa pada Kelas Inkuiri Terbimbing Dipadu Pelatihan Metakognisi (IT+PM) dan Kelas Inkuiri Terbimbing tanpa Pelatihan Metakognisi (IT-PM)

Pemahaman Konseptual	Nilai Rata-Rata		Uji-t Sampel Independen (Sig. 2 tailed)
	IT+PM	IT-PM	
Awal	44,56	46,85	0,434
Akhir	81,06	75,67	0,019
N-Gain	0,66	0,54	0,001

Tabel 1 menunjukkan bahwa capaian pemahaman konseptual siswa setelah pembelajaran inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi (IT+PM) lebih tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran inkuiri terbimbing tanpa pelatihan metakognisi (IT-PM). Secara statistik (melalui uji-t) kedua capaian pemahaman konseptual berbeda secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran IT+PM dapat meningkatkan capaian pemahaman konseptual, sebab sebelum pembelajaran berlangsung kedua kelas sampel memiliki tingkat pemahaman konseptual yang hampir sama. Selanjutnya selisih capaian pemahaman konseptual siswa yang dibelajarkan dengan IT+PM sebelum dan setelah pembelajaran adalah 36,50 lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan IT-PM yang memiliki selisih sebesar 28,82. Selain itu N-Gain capaian pemahaman konseptual siswa yang dibelajarkan dengan IT+PM juga lebih tinggi dibandingkan IT-PM. Maka dapat dikatakan bahwa pembelajaran IT+PM baik untuk meningkatkan capaian pemahaman konseptual dan dapat diterapkan dalam proses pembelajaran.

Tes yang digunakan untuk mengukur pemahaman konseptual mencakup tujuh aspek. Berikut ini diagram peningkatan pemahaman konseptual tiap aspek pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.



Gambar 1. Diagram peningkatan pemahaman konseptual tiap aspek (%)

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa peningkatan nilai pemahaman konseptual pada kelas eksperimen (IT+PM) lebih tinggi di beberapa aspek dibandingkan siswa pada kelas kontrol (IT-PM). Aspek-aspek tersebut antara lain menafsirkan, mencontohkan, menjelaskan, merangkum dan menyimpulkan. Sedangkan kedua aspek lainnya menunjukkan peningkatan yang tidak jauh berbeda dan bahkan ada aspek yang nilai pada kelas IT+PM lebih rendah dibandingkan kelas IT-PM.

Peningkatan pemahaman konseptual pada aspek mengklasifikasikan kelas IT+PM tidak jauh berbeda dengan kelas IT-PM yaitu $65,39\% > 64,71\%$. Berarti dapat dikatakan siswa pada kelas IT+PM maupun siswa pada kelas kontrol memiliki pemahaman konseptual yang hampir sama pada kategori mengklasifikasikan. Konsep yang diujikan pada aspek ini adalah penggolongan zat mudah larut dan urutan kelarutan suatu zat jika diketahui nilai K_{sp} -nya. Tingginya presentasi peningkatan nilai pada aspek ini menunjukkan hampir semua siswa pada kedua kelas sampel paham konsep yang ada pada aspek mengklasifikasikan.

Pada aspek membandingkan peningkatan nilai pemahaman konseptual siswa kelas IT+PM lebih rendah dibandingkan kelas IT-PM yakni $24,00\% < 32,00\%$. Namun dari nilai presentasi yang ada pada kedua kelas sampel menunjukkan peningkatan pemahaman konseptual yang tidak terlalu besar pada aspek ini. Berarti secara keseluruhan siswa belum paham konsep yang diujikan pada aspek membandingkan. Konsep yang diujikan pada aspek membandingkan adalah pengaruh penambahan ion sejenis dalam larutan. Rendahnya peningkatan nilai pemahaman konseptual siswa pada aspek membandingkan karena siswa mungkin kurang fokus pada waktu pembelajaran berlangsung. Pada waktu itu banyak kegiatan yang diikuti siswa dalam rangka memperingati hari kemerdekaan RI. Penggunaan waktu dalam proses pembelajaran saat itu juga kurang optimal sehingga siswa tidak dapat menangkap materi pelajaran secara maksimal.

Pada aspek membandingkan siswa kelas IT+PM memiliki peningkatan pemahaman konseptual yang lebih kecil dibandingkan siswa pada kelas IT-PM. Penyebabnya adalah siswa kurang fokus dalam mengisi Lembar Kerja Siswa (LKS). Siswa ingin cepat keluar kelas dan mempersiapkan diri untuk mengikuti kegiatan sekolah. Pada LKS ada kegiatan praktikum serta terdapat Lembar Penilaian Pemahaman Diri (LPPD) yang harus diisi siswa untuk melatih keterampilan metakognisinya. Semakin banyak kegiatan pembelajaran yang harus dilakukan membuat siswa semakin tidak fokus karena siswa memiliki jadwal lain diluar jam pelajaran. Secara keseluruhan peningkatan pemahaman konseptual siswa pada kelas IT+PM lebih tinggi, meskipun pada aspek membandingkan lebih rendah dibandingkan kelas IT-PM. Sehingga dapat dikatakan melalui pelatihan metakognisi siswa yang dilatih keterampilan metakognisinya akan memiliki kesadaran belajar dari dalam diri siswa. Kesadaran belajar dapat membantu siswa dalam meningkatkan pemahaman konseptual yang dipelajari.

Peningkatan pemahaman konseptual sebagai cerminan kesadaran belajar menunjukkan pentingnya pelatihan terhadap keterampilan metakognisi siswa. Sesuai dengan hasil penelitian Mastuti (2013) dinyatakan bahwa siswa yang menggunakan keterampilan metakognisinya memiliki prestasi

yang lebih baik dibandingkan siswa yang tidak menggunakan keterampilan metakognisinya. Melalui keterampilan metakognisi memungkinkan siswa mampu mengelola kecakapan kognitif. Selain itu siswa juga mampu melihat kelemahannya sehingga dapat dilakukan perbaikan pada tindakan-tindakan berikutnya. Kemampuan-kemampuan ini merupakan hasil dari pelatihan keterampilan metakognisi siswa. Dengan kata lain, siswa yang menggunakan keterampilan metakognisi sebenarnya telah memiliki kesadaran belajar secara mandiri sehingga pemahaman konseptualnya akan meningkat. Hal ini telah dibuktikan melalui penelitian ini yang menunjukkan siswa yang dibelajarkan dengan inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi memiliki peningkatan pemahaman konsep yang lebih tinggi.

PENUTUP

Hasil pembelajaran kelarutan dan K_{sp} melalui inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi (IT+PM) pada siswa SMA Negeri 1 Pandaan adalah:

- (1) Pemahaman konseptual siswa sebelum pembelajaran berlangsung baik pada siswa yang dibelajarkan dengan IT+PM maupun IT-PM tidak jauh berbeda.
- (2) Capaian pemahaman konseptual siswa setelah mengikuti pembelajaran IT+PM lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan IT-PM.
- (3) Peningkatan pemahaman konseptual siswa yang dibelajarkan dengan IT+PM lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan IT-PM.

DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. 2014. *Kerangka Landasan Untuk Pengajaran dan Asesmen, Revisi Taksonomi Pendidikan Bloom*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Hollingwoth. R.W & C. McLoughlin. 2001. Developing Science Students Metacognitive Problem Solving Skill Online. The University of New England. *Australian Journal of Educational Technology*, 17(1): 50-63.
- Iskandar, S.M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Mastuti, A.G. 2013. Keefektifan Model Pembelajaran Langsung dengan Pelatihan Metakognisi pada Materi Dimensi 3 untuk Kajian Matematika SMP Jurusan Pendidikan Matematika IAIN Ambon. *Horizon Pendidikan*, 8(1): 41-56.
- Slavin, R.E. 2008. *Psikologi Pendidikan: Teori dan Praktik, Edisi Kedelapan* (Jilid 1). Jakarta: PT. Indeks.
- Suryani, D.I., & Sudargo, F. 2015. *Pengaruh Model Pembelajaran Open Inquiry dan Guided Inquiry Terhadap Penguasaan Konsep Siswa SMP pada Tema Suhu dan Perubahan*. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015), Bandung, 8 dan 9 Juni 2015.
- Susantini, E. 2004. *Memperbaiki Kualitas Proses Belajar Genetika Melalui Strategi Metakognitif dalam Pembelajaran Kooperatif pada Siswa SMU*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana UM.
- Trout, L., Lee C., Moog, R., & Rickey D., 2008, Inquiry Learning: What Is It? How Do You Do It?. Dalam Bretz, S. L. (Ed.), *Chemistry in The National Science Education Standards: Model for Meaningful Learning in The High School Chemistry Classroom Second Edition* (hlm. 29-43). Washington: American Chemical Society.

PROSPEK MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM SOLVING* BERBANTUAN LKS DAN DIAGRAM VE DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN PEMAHAMAN KONSEP PADA MATERI TERMOKIMIA

Ririn Andini ^{*a}, Subandi ^a, dan Surjani Wonorahardjo ^a

^a Mahasiswa Pendidikan Kimia, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang ¹

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang ²

Jln. Semarang 5, Malang

*Corresponding author's Email: ririnandini.budimansyah91@gmail.com

ABSTRAK

Materi termokimia mencakup konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak yang membutuhkan kemampuan memahami konsep dan keterampilan menghitung (algoritmik), sehingga siswa SMA masih sering kesulitan untuk menguasainya. Sementara itu pembelajaran kimia selama ini masih cenderung menggunakan metode ceramah, sehingga kemampuan berfikir kritis dan pemahaman konsep siswa rendah. Pembelajaran seperti itu belum dapat mendorong siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan siswa mengalami kesulitan dalam mempelajari konsep-konsep materi termokimia. Diduga model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS yang dapat melatih siswa berpikir kritis dan diagram Ve yang dapat melatih siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya dapat mengatasi permasalahan tersebut. Kajian ini bersifat deskriptif berbasis literatur yang bertujuan untuk mengetahui prospek model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS dan diagram Ve dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa pada materi termokimia.

Kata kunci: model *problem solving*, diagram Ve, berpikir kritis, pemahaman konsep

ABSTRACT

Material thermochemical include chemistry covers chemistry concepts concepts that are abstract that requires the ability to understand the concepts and skills of counting (algorithmic), so that high school students still often difficult to master. While the chemistry learning during these still tend to use the lecture method, so the ability to think critically and understanding the concept of low student. Such learning *can not* yet able to encourage students to develop critical thinking skills and students had difficulty in learning concepts thermochemical material. Allegedly problem solving learning model worksheets that can train students to think critically and Ve diagram that can train students to construct knowledge can overcome these problems. This is a descriptive study based literature that aims to know the prospects of learning model of problem solving worksheets and diagrams Ve berbantuan in improving critical thinking skills and understanding of concepts students on the material thermochemical.

Keywords: problem solving models, diagrams Ve, critical thinking, understanding of the concept

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan salah satu cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang berkaitan dengan sifat-sifat zat, struktur zat, perubahan zat, hukum-hukum dan prinsip-prinsip yang menggambarkan perubahan zat, serta konsep-konsep dan teori-teori yang menjelaskan terjadinya perubahan zat (Effendy, 2016) sementara itu, Oloruntegbe & alake (2010) mengemukakan bahwa kimia sebagai pengetahuan yang dibutuhkan mahasiswa untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Termokimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang perubahan panas yang terjadi dalam reaksi kimia (Chang, 2001; Effendy, 2007; Silberbeg, 2007). Karakteristik dari materi termokimia berupa pemahaman konseptual dan terdapat perhitungan yang memerlukan penguasaan matematika (algoritmik). Pemahaman konsep kimia mencakup kemampuan untuk merepresentasikan/ menggambarkan dan menterjemahkan fenomena kimia dengan menggunakan representasi macros-kopis, submikroskopis, dan simbolik Johnstone, 1993; Gabel & Bunce, 1994 (dalam Rahayu, 2012).

Untuk memahami materi termokimia siswa dituntut untuk dapat mengintegrasikan pemahamannya, yaitu pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik. Kedua jenis pemahaman ini harus dikuasai oleh siswa dengan sebaik-baiknya, karena jika salah satu diantaranya siswa tidak menguasai tentunya siswa akan kesulitan dan akan terjadi kesalahan dalam memecahkan soal-soal termokimia. Selain itu, termokimia erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari sehingga pembelajaran dapat diarahkan kepada kejadian sehari-hari yang dialami siswa.

Adanya karakteristik yang multi kompleks dari materi termokimia ini menjadikan siswa beranggapan bahwa materi tersebut merupakan materi yang abstrak dan sulit dipahami. Faktor lain yang menyebabkan ketidaktuntasan hasil belajar disebabkan oleh masih lemahnya proses pembelajaran didalam kelas. Metode yang digunakan guru masih bersifat konvensional yaitu metode ceramah, pada saat proses pembelajaran berlangsung, guru tidak menekankan kepada proses keterlibatan siswa untuk mengemukakan gagasannya terhadap suatu masalah, dan kurang memberikan kesempatan bagi siswa untuk berkembang secara mandiri melalui proses berpikirnya. Sehingga, membuat siswa cenderung pasif, dan memiliki keterampilan berpikir kreatif yang rendah, serta kurang dalam memahami materi yang diajarkan. Hal ini tidak sesuai dengan aspek proses belajar menurut kurikulum 2013. Oleh karena itu, diperlukan pembelajaran yang mengarahkan pada penguatan keterampilan berpikir kreatif. Keterampilan berpikir kreatif juga menjadi tuntutan seperti yang tercantum dalam salah satu standar kompetensi lulusan kurikulum 2013 untuk dimensi keterampilan, yakni siswa diharapkan memiliki keterampilan berpikir dan bertindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret sebagai pengembangan dari yang dipelajari di sekolah secara mandiri oleh siswa (Tim Penyusun, 2013).

Jika materi termokimia yang memiliki karakteristik multi kompleks hanya diajarkan dengan metode ceramah dan diskusi saja tanpa memperlihatkan fenomena-fenomena yang terjadi dalam materi tersebut maka terkesan materi termokimia merupakan materi yang menuntut pada cerita-cerita hayalan saja. Kondisi seperti ini akan membuat siswa merasa bosan dalam proses pembelajaran, karena mereka hanya mendengarkan ceramah dari guru saja tanpa diberikan kesempatan untuk mengembangkan pemahaman konsep, cara berpikir kritis, kreativitas, analisis dan inovatif.

Untuk mengatasi masalah diatas, perlu diterapkan pembelajaran yang sesuai untuk mengatasi permasalahan yang timbul dengan jenis karakteristik pada materi kimia khususnya materi termokimia yang membutuhkan pemahaman konsep dan keterampilan matematika (algoritmik) dalam penyelesaian masalahnya sehingga keterampilan dalam memecahkan masalah sangat dibutuhkan untuk mempelajari materi ini.

Salah satu alternatif model pembelajaran yang tampaknya efektif untuk diterapkan pada materi termokimia yaitu model pembelajaran yang memberikan pengalaman belajar bagi siswa, misalnya dalam pemberian contoh masalah dan mereka harus menyelesaikan masalah tersebut melalui pengalaman belajar yang mereka miliki. Model pembelajaran yang memberikan pengalaman belajar yang menyenangkan, inovatif dan kreatif dalam pemecahan masalah diantaranya model pembelajaran *problem solving*.

Model pembelajaran *problem solving* merupakan salah satu metode pengajaran yang dapat menjadikan siswa lebih aktif dalam proses belajar mengajar. Adanya permasalahan (problem) yang diberikan akan mengajak siswa lebih aktif dalam pembelajaran, memahami isi pembelajaran, menantang kemampuan berpikir siswa untuk mengatasi masalah yang dihadapinya, menemukan solusi yang tepat (solving) atas permasalahan tersebut.

Kelebihan model pembelajaran *problem solving* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, menumbuhkan inisiatif peserta didik dalam bekerja, motivasi internal untuk belajar, dan dapat mengembangkan hubungan interpersonal dalam bekerja kelompok. Hal ini sesuai dengan pendapat Sanjaya (2009) yang menyatakan model pembelajaran *problem solving* merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Siswa yang mampu

berpikir kritis akan mampu menyelesaikan masalah secara efektif (Chukwuyenum, 2013; Peter, 2012; Snyder & Snyder, 2008). Dengan model pembelajaran *problem solving* akan terjadi pembelajaran bermakna. siswa yang belajar memecahkan suatu masalah maka mereka akan menerapkan pengetahuan yang dimilikinya atau berusaha mengetahui pengetahuan yang diperlukan. Belajar dapat semakin bermakna dan dapat diperluas ketika peserta didik berhadapan dengan situasi dimana konsep diterapkan.

Keberhasilan dalam belajar tidak hanya ditentukan oleh kurikulum dan model ataupun media pembelajarannya saja, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, salah satu di antaranya adalah kreativitas siswa selama mengikuti kegiatan belajar mengajar, baik di kelas maupun di laboratorium. Siswa yang kreatif mampu melakukan inovasi baru dalam memecahkan masalah yang mereka hadapi dalam kegiatan belajar mengajar maupun dalam kehidupan sehari-hari. Agar pencapaian pemahaman konsep dan kreatifitas siswa lebih baik, guru dapat memberikan lembar kerja siswa (LKS) kepada siswa. Namun sebenarnya kegiatan praktikum dengan menggunakan lembar kerja atau LKS, siswa sama sekali tidak tertantang untuk menemukan konsep serta pengetahuan baru. Siswa tidak lebih hanya sekedar diperintah untuk melakukan apa yang sudah tertulis dalam lembar kerja. Diagram V merupakan salah satu alat untuk membangun pengetahuan (Ristitiati, 2007). Diagram V merupakan cara pemecahan masalah dengan menggunakan prosedur-prosedur penemuan dalam ilmu pengetahuan alam yang dituangkan dalam diagram “V” (Suastra, 2009). Diagram V terdiri dari dua bagian yaitu bagian kiri yang disebut dengan sisi konseptual dan bagian kanan yang disebut dengan sisi metodologi.

Diagram Ve menghubungkan antara penemuan hasil kegiatan praktikum di laboratorium dengan konsep dan teori yang terkait. Dengan mengacu pada pertanyaan, siswa diajak untuk menemukan hubungan antara struktur ilmu pengetahuan yang mereka temukan di laboratorium dengan konsep dan teori tentang ilmu pengetahuan yang terkait. Diagram Ve lebih menarik siswa untuk berpikir lebih dalam mengenai hubungan antara aktivitas yang mereka kerjakan di laboratorium dengan teori yang terkait. Kelebihan dari diagram V adalah dapat meningkatkan keterampilan komunikasi dan memberikan kesempatan untuk belajar bersama (Luft, Tollefson & Roehrig, 2001).

Dengan penerapan pembelajaran model *problem solving* berbantuan LKS dengan diagram Ve ini diharapkan akan terjadi perubahan orientasi pembelajaran dari pembelajaran langsung dan yang hanya memerlukan sedikit analisis dan pemikiran sistematis menuju ke pembelajaran yang melatih siswa untuk menggunakan pemikiran tingkat tinggi, sehingga nantinya siswa mampu untuk berpikir secara kritis, kreatif dan sistematis, siswa akan mendapatkan pemahaman yang lebih mengenai konsep kimia dan akan lebih tertarik terhadap kimia khususnya pada materi termokimia jika mereka dilibatkan secara aktif dalam melakukan penyelidikan. Melalui model *problem solving* berbantuan LKS dengan diagram V siswa diberi kesempatan untuk memahami konsep-konsep dengan cara menyelesaikan suatu permasalahan, siswa menjadi aktif dalam pembelajaran, dikembangkan kemampuan berpikir siswa dan kemampuan menyelesaikan permasalahan, serta siswa dapat menerapkan pengetahuan yang sudah dimilikinya ke dalam situasi baru.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS dengan diagram Ve dapat dijadikan sebagai model pembelajaran yang efektif untuk diterapkan pada materi termokimia sehingga diharapkan siswa mampu berpikir kritis dan memecahkan masalah serta dapat meningkatkan pemahaman konsep pada materi termokimia, untuk itu penulis mengambil judul “Efektivitas Model Pembelajaran *Problem Solving* Berbantuan LKS dan Diagram VE dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemahaman Konsep pada Materi Termokimia”

METODE

Metode yang digunakan adalah metode pustaka, yaitu penulis mengkaji berbagai literatur yang bertujuan untuk mengetahui prospek model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS dan diagram Ve dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa pada materi termokimia.

PEMBAHASAN

1. Model Pembelajaran *Problem Solving*

Problem solving merupakan salah satu bentuk pembelajaran yang berlandaskan paradigma konstruktivisme. Pembelajaran *problem solving* merupakan pembelajaran yang dimulai dengan menghadapkan siswa pada masalah nyata atau masalah yang disimulasikan, bekerja sama dalam suatu kelompok untuk mengembangkan keterampilan dalam pemecahan masalah atau *problem solving*, kemudian siswa mempersentasikan sehingga siswa diharapkan menjadi seorang individu yang mampu belajar mandiri. Untuk memecahkan masalah siswa menggunakan segenap pemikiran, memilih strategi pemecahannya, dan memperoses hingga menemukan penyelesaian dari suatu masalah.

Salah satu model pemecahan masalah adalah model Polya. Dalam pembelajaran *problem solving* menurut Polya ada 4, yaitu: memahami masalah (*understanding the problem*), menyusun rencana (*devising a plan*), melaksanakan rencana tersebut (*carrying out the plan*), dan melihat kembali (*looking back*).

Langkah-langkah dalam Problem Solving menurut Polya (2004)

- 1) Memahami masalah
 - Siswa memahami masalah yang diberikan sehingga tujuan dari masalah ini dapat teridentifikasi
 - Ada beberapa kegiatan yang dapat dilakukan oleh siswa dalam langkah pertama ini, yaitu : membaca masalah atau tugas dan menyatakan kembali dengan katakata sendiri; menginterpretasikan atau mensimulasikan situasi; menemukan data yang relevan; membuat gambar atau diagram untuk mengatur data yang diberikan.
- 2) Menyusun rencana
 - Siswa menemukan unsur-unsur yang penting; menguraikan masalah dan mencoba untuk mengidentifikasi strategi pemecahan yang tepat; menentukan pendekatan yang tepat dalam menyelesaikannya.
 - Siswa menggunakan perkiraan solusi untuk menyelesaikan masalah sehingga tujuan dari masalah menjadi jawaban perkiraan bukan jawaban pasti.
- 3) Melaksanakan rencana tersebut
 - Siswa dapat menjelaskan langkah-langkah dalam penyelesaiannya; memeriksa langkah demi langkah pada solusi yang diajukan; dan apabila rencana yang disusun tidak dapat menyelesaikan masalah maka mencari solusi yang lain dan lebih sesuai.
 - Penyelesaian masalah dapat berupa penyelesaian secara kuantitatif atau kualitatif
- 4) Melihat kembali
 - Siswa dapat mengevaluasi hasil yang diperoleh (masuk akal atau tidak) dan membuat kesimpulan dari hasil yang diperoleh, serta dapat memberikan alternatif solusi untuk memecahkan masalah.
 - Tahap ini dapat membantu siswa mengidentifikasi konsep materi yang berhubungan dengan masalah dan meninjau kembali proses ketika siswa menyelesaikan masalah

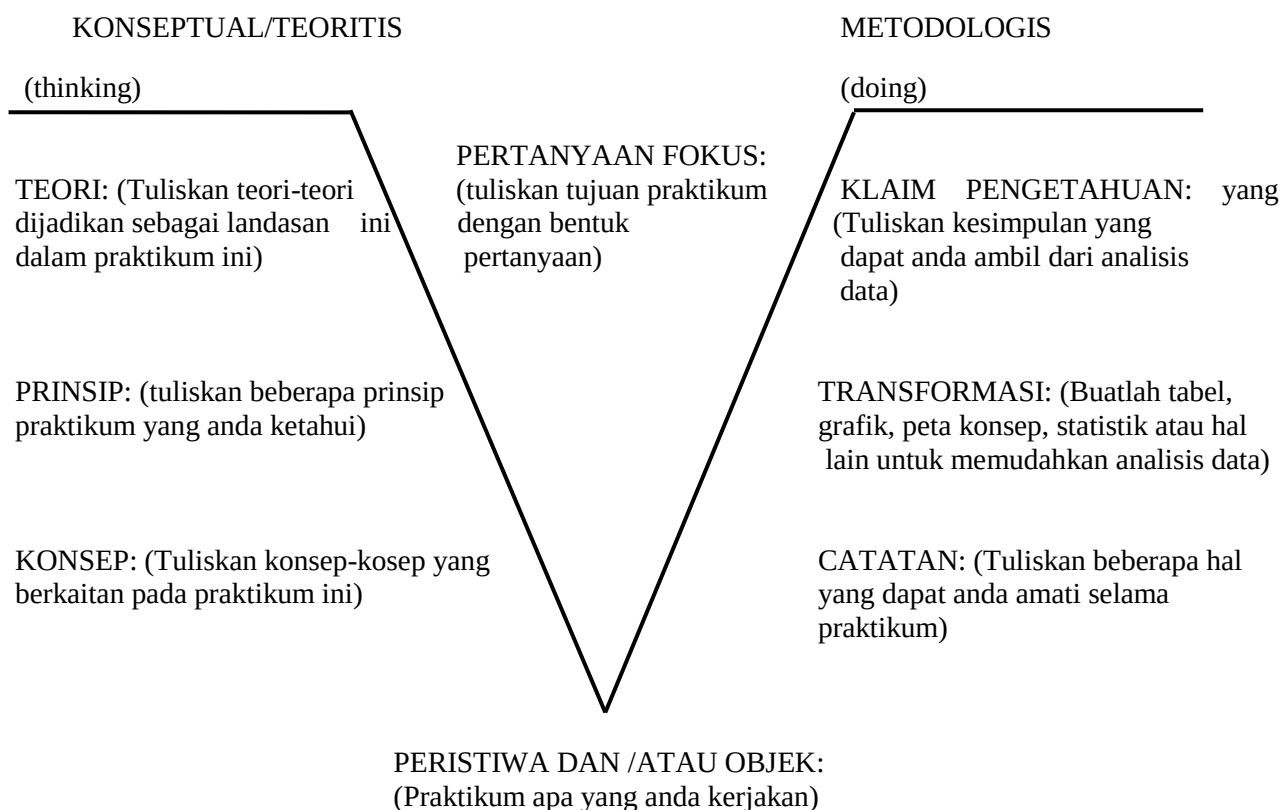
2. Diagram Ve

Pada tahun 1977, Gowin menemukan suatu alat yang bermanfaat untuk membantu orang memahami struktur dari pengetahuan dan proses dari pemahaman konsep pengetahuan yang disebut dengan Diagram Ve. Menurut Novak dan Gowin (1985), bentuk V bukan suatu keharusan, dan bisa dibuat dalam bentuk garis lurus, lingkaran, ataupun bentuk yang lain akan tetapi yang lebih ditekankan adalah bahwa diagram Ve pada dasarnya merupakan metode untuk membuat hubungan antara '*thinking*' dan '*doing*' yang terjadi selama di laboratorium (Ebenezer, 1992). Dinamakan diagram Ve karena diagram ini berbentuk huruf "V" (Novak & Gowin, 1984; Passmore, 1998).

Diagram Ve memiliki sisi konseptual (berfikir) dan sisi metodologis (bekerja). Kedua sisi secara aktif saling berinteraksi selama penggunaan fokus atau pertanyaan (pertanyaan) penelitian. Ujung Ve berisi kejadian atau objek yang diamati. Kedua sisi diagram Ve menekankan dua aspek belajar sains yang saling bergantung, yaitu teori (*thinking*) dan praktik (*doing*). Apa yang diketahui siswa pada saat itu akan menentukan kualitas dan kuantitas pertanyaan yang mereka tanyakan. Sebaliknya jawaban yang dibuat untuk pertanyaan mereka akan mempengaruhi apa yang mereka ketahui dengan mengubah, menambahkan, membetulkan dan menata ulang pengetahuan mereka (Roth & Bowen, 1993).

Diagram Ve adalah suatu usaha untuk membantu para pebelajar memahami kegiatan laboratorium dengan kerangka konstruktivistik. Bentuk huruf V adalah suatu penata grafik (*“graphic organizer”*) yang memudahkan pebelajar untuk memfokuskan diri dalam bekerja sambil menuliskan konsep apa, dasar teori apa yang dikuasainya yang ada hubungannya dengan masalah yang akan dipecahkannya (Iskandar, 2011).

Dalam praktikum kimia diagram V juga dapat disusun dengan mengikuti langkah yang dikemukakan oleh Alvarez (2004). Pertanyaan fokus, objek/kejadian, sisi metode dan format data bahkan dapat dilihat dengan menggunakan buku petunjuk praktikum. Hal yang perlu menjadi perhatian sebelum menerapkan diagram V adalah menjadikan praktikan terbiasa dengan istilah-istilah yang ada dalam diagram V.



Gambar 2. 1. Diagram V dilengkapi dengan langkah-langkah penuntun pengisian

Gambar diatas menunjukan sebuah diagram Ve yang sederhana untuk dibagikan kepada pebelajar sebelum melakukan kegiatan praktikum. Seperti nampak gambar 2.1 dibagian tengah dari huruf Ve adalah tempat dari pertanyaan fokus. Pertanyaan fokus merupakan hal terpenting sebab pertanyaan inilah menjadi titik tolak dari kegiatan eksperimen. Dalam proses penyusunan diagram ini praktikan juga dapat dituntun untuk mengisi bagian per bagian diagram V yang diberikan dengan petunjuk khusus untuk setiap komponen seperti gambar 1. Diagram V memiliki sisi konseptual (berfikir) dan sisi metodologis (bekerja). Kedua sisi ini secara aktif saling berinteraksi selama penggunaan fokus atau pertanyaan (pertanyaan- pertanyaan) penelitian. Ujung V berisi kejadian atau objek yang diamati. Kedua sisi diagram V menekankan dua aspek belajar sains yang saling bergantung, yaitu teori (thinking) dan praktik (doing). Apa yang diketahui siswa pada saat ini kan menentukan kualitas dan kuantitas pertanyaan yang mereka tanyakan. sebaliknya jawaban yang dibuat untuk pertanyaan mereka akan mempengaruhi apa yang mereka ketahui dengan mengubah, menambahkan, membetulkan dan menata ulang pengetahuan mereka, Roth & Bowen (dalam)

Lebih lanjut lagi Roth & Bowen (1993) menyatakan bahwa diagram V akan dapat menghantarkan siswa untuk menemukan hubungan antara pengetahuan dan kerja ilmiah. Proses

Prosiding

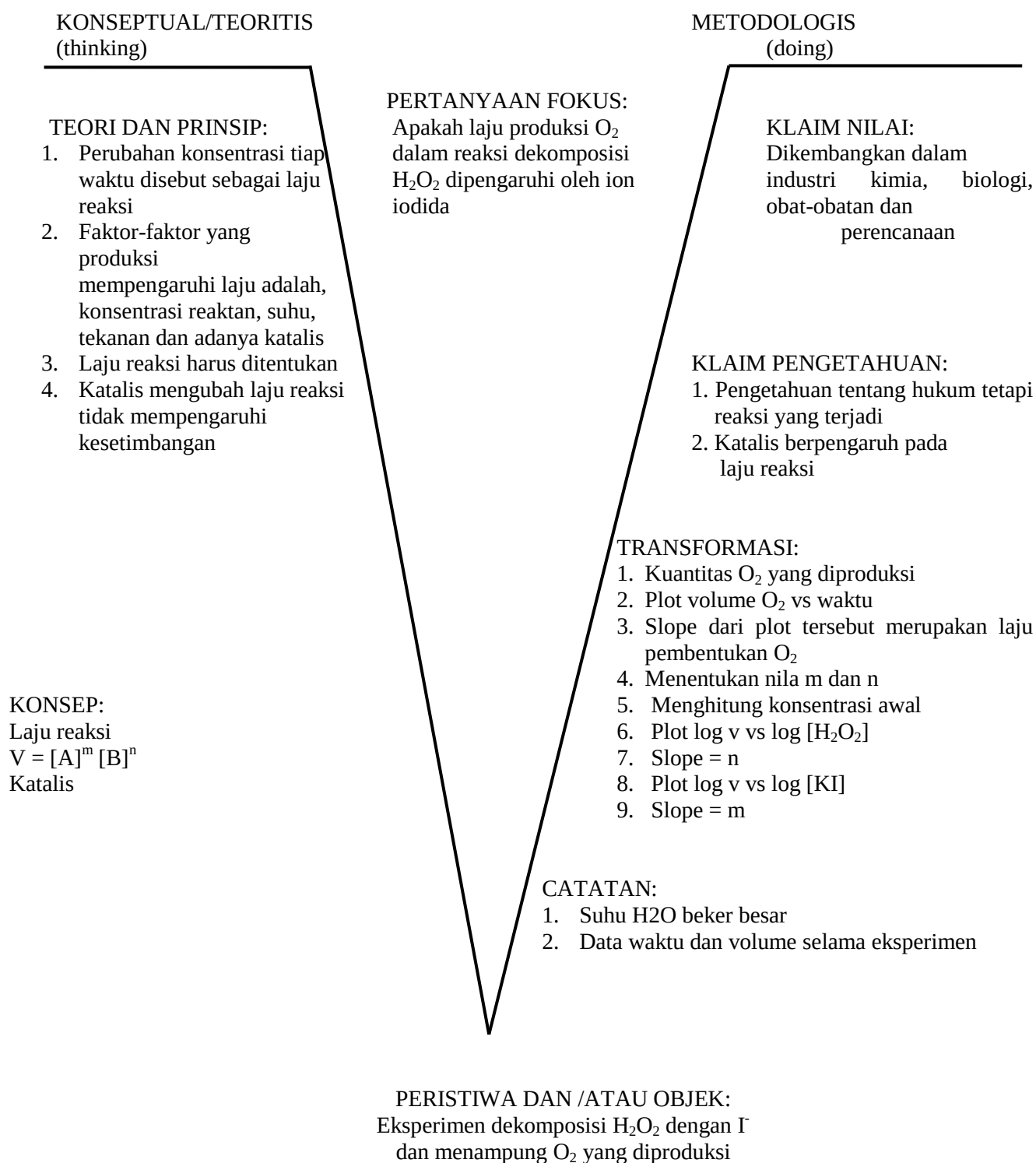
Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

penemuan ini dapat dibimbing dengan enam pertanyaan yang harus dijawab selama praktikan erproses.

- Pertanyaan fokusnya adalah “apa yang ingin saya temukan?”
- “apa yang sudah saya ketahui tentang topik ini?” dengan beberapa kata yang searah dengan hal tersebut
- “bagaimana saya dapat menemukan jawaban pertanyaan saya? “ menginspirasi untuk berfikir tentang kegiatan penyelidikan
- “apa yang akan saya amati dan ukur?” menunjuk pada pengumpulan data dan transformasi data untuk menghasilkan catatan yang bermakna
- “apa yang dapat saya lakukan dengan penemuan ini?” menginspirasi pada praktikan untuk membuat suatu pernyataan (klaim) pengetahuan dan nilai.
- “bagaiman konsep-konsep dan kejadian (dan/atau objek) saling berhubungan?” mendorong siswa untuk membuat peta konsep.

Contoh diagram V untuk praktikum dapat dilihat pada gambar 2. Pada gambar ini dapat diperhatikan bagaimana pengetahuan mengenai hukum laju dan peran katalis pada laju reaksi diperoleh dengan alur yang benar.



Gambar 2. Contoh Diagram V untuk Praktikum Dekomposisi H_2O_2
(Nakhleh, 1994)

3. Berpikir Kritis

Salah satu berpikir yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi adalah berpikir kritis, karena dalam berpikir kritis siswa dituntut untuk berpikir secara beralasan dan reflektif dengan menggunakan penalarannya serta membuat keputusan tentang apa yang harus dilakukannya. Sehingga

berpikir kritis itu berbeda dengan berpikir biasa. Berpikir kritis menurut Eggen dan Kauchak, (2012) “Berpikir kritis adalah kemampuan dan kecenderungan untuk membuat dan melakukan asesmen terhadap kesimpulan yang didasarkan pada bukti.”

Kemampuan berpikir kritis bukanlah pembawaan sejak lahir, namun kemampuan seseorang yang harus ditumbuhkembangkan. Dapat dikatakan kemampuan pemecahan masalah matematika serta kesiapan siswa dalam menyelesaikan permasalahan matematika dimulai dari cara berpikir kritis yang terus diasah. Karena memiliki pengetahuan saja tidaklah cukup, seperti yang diungkapkan oleh Lisa Gueldenzopph Snyder dan Mark J. Snyder (2008)

Having knowledge or information is not enough. To be effective in the workplace (and in their personal lives), students must be able to solve problems to make effective decisions; they must be able to think critically.

Beberapa ahli memiliki pendapatnya sendiri-sendiri tentang pengertian berpikir kritis. Menurut Ennis (2011) berpikir kritis adalah berpikir logis dan reflektif yang difokuskan pada pengambilan keputusan apa yang harus dipercaya dan apa yang harus dilakukan. Berpikir kritis dapat dikatakan secara sederhana sebagai kemampuan untuk menganalisis dan mengevaluasi informasi (Duron, Limbach, dan Waugh 2006). Berpikir kritis diperlukan dalam rangka memecahkan suatu permasalahan sehingga diperoleh keputusan yang cepat dan tepat. Selanjutnya Chukwuyenum (2013) menyatakan bahwa berpikir kritis adalah salah satu alat yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk bertahan.

Dari beberapa pendapat pakar berpikir kritis di atas dapat disimpulkan bahwa berpikir kritis merupakan kemampuan siswa dalam menganalisis, mengidentifikasi suatu sumber dan mengevaluasi informasi untuk membuat keputusan yang sesuai tentang apa yang harus dipercayai atau dilakukan.

Dalam penelitian ini menggunakan indikator kemampuan berpikir kritis dari Ennis.

Aspek Indikator berpikir kritis Penjelasan

berpikir kritis

Penjelasan Utama(Basic Clarification)	1.Memfokuskan pertanyaan	Mengidentifikasi atau merumuskan pertanyaan
	2. Menganalisis argumen	Mengidentifikasi atau dan menentukan kriteria-kriteria yang tepat untuk kemungkinan jawaban dari suatu pertanyaan.
	3.Bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan	Mengidentifikasi kesimpulan
	4. Menilai kredibilitas dari suatu sumber	Mengidentifikasi asumsi sederhana, menilai asumsi yang disajikan dan mengidentifikasinya berdasarkan karakteristik dan pengertian asumsi itu sendiri
	5.Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	Menjelaskan inti dari suatu konsep, asas, hukum atau teori yang terdapat dalam teks yang diberikan, dan
Dasar untuk sebuah keputusan(The Bases for a Decision)		Menerapkan pengetahuan yang telah dipelajari pada permasalahan yang diberikan
		Memberikan atau menjelaskan suatu solusi atas masalah yang diberikan
		Ikut terlibat dalam membuat kesimpulan terkait data hasil observasi yang diperoleh ketika melakukan observasi atau pengamatan terhadap suatu sesuatu

		seperti melakukan percobaan/praktikum
Menyimpulkan <i>(Inference)</i>	6. Melakukan deduksi dan menilai hasil deduksi	Mendeduksi atau menarik kesimpulan dari yang umum ke khusus dari suatu pernyataan atau informasi berupa gambar, diagram, atau data hasil percobaan yang diberikan
	7. Melakukan induksi	Membuat kesimpulan umum atau generalisasi dari suatu pernyataan atau fakta yang berupa data hasil percobaan atau gambar yang diberikan. Kesimpulan yang dibuat tersebut harus mencakup dan sesuai dengan keseluruhan isi pernyataan yang diberikan
	8. Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan	Menunjukkan dan menjelaskan latar belakang dari suatu fakta berdasarkan kajian literatur ataupun pernyataan yang diberikan sehingga diperoleh keputusan yang tepat
Membuat penjelasan lebih lanjut <i>(Advance Clarification)</i>	9. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi menggunakan kriteria yang tepat	Memberikan makna atau keterangan dari suatu istilah atau pernyataan yang berupa sinonim, klasifikasi, rentang, ekspresi yang sama, operasional, contoh dan bukan contoh ke dalam suatu pernyataan atau kalimat yang sesuai dan tepat
	10. Mengidentifikasi asumsi	Menunjukkan dan menentukan pernyataan-pernyataan penting yang tidak dinyatakan secara langsung dalam suatu teks atau wacana
Perkiraan dan integrasi <i>(Supposition and Integration)</i>	11. memutuskan suatu tindakan	Merumuskan alternatif yang mungkin dilakukan untuk menyelesaikan suatu permasalahan dan telah memikirkan dampak dari alternatif yang akan dilakukan tersebut sehingga alternatif yang dibuat tersebut kemungkinan besar dapat diterapkan/digunakan dalam memecahkan masalah
	12. berinteraksi dengan orang lain	Merancang atau menyusun strategi atau langkah-langkah yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan ataupun membuktikan suatu konsep

4. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep merupakan suatu aspek yang sangat penting dalam pembelajaran, karena dengan memahami konsep siswa dapat mengembangkan kemampuannya dalam setiap materi pelajaran. Pemahaman konsep terdiri dari dua kata yaitu pemahaman dan konsep. Jika seseorang mengerti dan mampu menjelaskan sesuatu dengan benar, maka orang tersebut dapat dikatakan paham atau memahami. Menurut Aksela (2005) pemahaman kimia merupakan kemampuan untuk membangun pengertian dari pesan-pesan dalam mempelajari kimia, yang mencakup lisan, tulisan dan komunikasi grafis.

Pemahaman merupakan perangkat standar program pendidikan yang merefleksikan kompetensi sehingga dapat mengantarkan siswa untuk menjadi kompeten dalam berbagai ilmu pengetahuan.

Anderson (1990) dalam Chiu (2000) mengkategorikan pemahaman menjadi dua, yaitu pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik.

1) Pemahaman Konseptual

Chiu (2000) menjelaskan pemahaman konseptual merupakan kemampuan menangkap pengertian-pengertian seperti mampu mengungkapkan suatu materi yang disajikan dalam bentuk yang lebih dipahami, mampu memberikan interpretasi dan mampu mengaplikasikannya. Pemahaman konseptual sering disebut juga sebagai pengetahuan konseptual. Pengetahuan konseptual adalah pengetahuan yang menunjukkan saling keterkaitan antara unsur-unsur dasar dalam struktur yang lebih besar dan semuanya berfungsi bersama-sama. Pengetahuan mencakup skema, model pemikiran dan teori baik yang implisit maupun eksplisit.

2) Pemahaman Algoritmik

Pemahaman algoritmik merupakan sebuah pemahaman yang berhubungan dengan perhitungan matematika. Pemahaman algoritmik memerlukan penggunaan serangkaian pemahaman tentang prosedur-prosedur pemecahan masalah termasuk penggunaan rumus matematika (Nakleh, 1993 dalam Muntori, 2007). Pemahaman algoritmik disebut juga sebagai pengetahuan prosedural.

Muntori (2007) menjelaskan bahwa pengetahuan prosedural direfleksikan dalam kemampuan siswa untuk menghubungkan sebuah proses algoritma dengan situasi masalah yang diberikan untuk mengerjakan algoritma dengan benar dan mengkomunikasikan hasil algoritma ke dalam konteks masalah. Pemahaman procedural juga mengarahkan kemampuan siswa untuk berargumentasi melalui sebuah situasi, menggambarkan mengapa prosedur yang teliti akan memberikan jawaban yang benar untuk sebuah masalah dalam konteks yang digambarkan.

Tingkat Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep merupakan tipe belajar yang lebih tinggi dibanding tipe belajar pengetahuan. Nana Sudjana menyatakan bahwa pemahaman dapat dibedakan kedalam tiga kategori, yaitu: Tingkat terendah adalah pemahaman terjemahan, mulai dari menerjemahkan dalam arti yang sebenarnya, mengartikan dan menerapkan prinsip-prinsip. Tingkat kedua adalah pemahaman penafsiran yaitu menghubungkan bagian-bagian dengan yang diketahui berikutnya atau menghubungkan beberapa bagian grafik dengan kejadian, membedakan yang pokok dengan yang tidak pokok. Tingkat ketiga merupakan tingkat pemahaman Ekstrapolasi (Sudjana, 2009).

Berdasarkan pendapat tersebut, maka tingkatan pemahaman konsep mulai dari yang terendah sampai yang tertinggi dapat dikelompokkan dalam tiga kategori yaitu: Tingkat pertama adalah mengartikan sebuah konsep kedalam bentuk simbol. Tingkat kedua adalah menjelaskan makna atau konsep yang terdapat dalam simbol dan menghubungkannya dengan kejadian berikutnya. Tingkat ketiga adalah kemampuan melihat arah atau kelanjutan dari suatu kejadian tersebut.

Kesimpulan

Berdasarkan kajian ini literatur yang ada maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS dan diagram V dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa
2. Model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS dan diagram V dapat meningkatkan pemahaman konsep pada materi termokimia
3. Model pembelajaran *problem solving* berbantuan LKS dan diagram V efektif dalam meningkatkan retensi pemahaman konsep siswa pada materi termokimia

DAFTAR RUJUKAN

- Alvarez, M.C. 2004. *Teaching and learning*. Diakses lewat: <http://explorers.tsuniv.edu/veeweb/>
- Aksela, M. 2005. *Disertation: Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach*. Helsinki : Faculty of Science University of Helsinki.
- Chang, R. 2001. *Chemistry Sixth edition*. New York: McGraw-Hill Companies
- Chiu, M. 2000. *Algorithmic Problem Solving and Conceptual Understanding of Chemistry by Students at a Local High School in Taiwan*. Proc. Natl. Sci. Coun. ROC(D,11(1), 20-38

- Chukwuenum, A N. 2013. Impact of Critical Thinking on Performance in Mathematics among Senior Secondary School Students in Lagos State. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 3(5): 18-25.
- Duron, Robert, Barbara Limbach and Wendy Waugh. 2006. *Critical Thinking Framework For Any Discipline. International Journal of Teaching and Learning in Higher Education* 2006, Volume 17, Number 2, 160-166
- Effendy. 2007. A-Level Chemistry Volume 1A. Malang: Bayumedia Publishing
- Effendy. 2016. Ilmu Kimia untuk Siswa SMA dan MA Kelas X Jilid 1A. Malang: Bayumedia Publishing
- Eggen, Paul dan Kauchak, Don. 2012. Strategi dan Model Pembelajaran – Mengajarkan Konten Ketrampilan Berpikir. (Edisi Keenam). Jakarta: PT Indeks
- Ebenezer, J.V. 1992. *Making Chemistry Learning More Meaningful*. Journal of Chemical Education (JCE). 69 (6) : 464-467
- Ennis, Robert H. 2011. *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*. University of Illinois. Diakses dari
- Gueldenzoph, Liza Snyder dan Mark J. Snyder. 2008. *Teaching Critical Thinking and Problem Solving Skills*. The Delta Pi Epsilon Journal Volume L, No. 2,
- Heong, Y.M, et al. 2011. *The level of Marzano higher order thinking skillss among technical education students*. International Journal of Social Science and humanity. Vol 1, No. 2. pp 121-125.
- Iskandar, M. S. 2011. Pendidikan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis. Malang: Bayumedia Publishing.
- Kemendikbud. 2013. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 81A Tahun 2013 Tentang Implementasi Kurikulum Pedoman Umum Pembelajaran*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Luft, J. A., Tollefson, S. J., & Roehrig, G. H. 2001. Using An Alternative Report Format in Undergraduate Hydrology Laboratories. *Journal of Geoscience Education*, 49(5), 454-460. DOI: [10.5408/1089-9995-49.5.454](https://doi.org/10.5408/1089-9995-49.5.454)
- Muntori. 2007. Peningkatan Pemahaman Kimia Melalui Paduan pembelajaran Kooperatif dan Pemecahan Masalah Kimia Dengan Teknik Pathway. Jurnal Ilmu Pendidikan.
- Nakhleh, M.B. 1994. *Chemical Education Research In the Laboratory Environment “ How can Research Uncover What Students Are Learning? ”*. Journal of Chemical Education (JCE). 71 (3) : 201-205 DOI: [10.1021/ed071p201](https://doi.org/10.1021/ed071p201)
- Novak, Gowin, 1984. Learning How to Learn, Cambridge, Cambridge University Press
- Novak, J.D & Gowin D. 1985. *Learning How to Learn*. Cambridge, MA : Cambridge University Press
- Oloruntegbe, K.O. & Alake, E.M. 2010. Chemistry For Today And The Future: Sustainability Through Virile Problem Based Chemistry Curriculum. Australian Journal Of Basic And Applied Science, ISSN 1991- 8178. 4(5):800-807
- Passmore, G.G. 1998. *Using vee diagrams to facilitate meaningful learning and misconception remediation in radiologic technologies laboratory education*. Radiologic science and education 4(1), 11 – 28. diakses lewat:
- Peter, E E. 2012. Critical Thinking: Essence for Teaching Mathematics and Mathematics Problem Solving Skill. *African Journal of Mathematics and Computer Science Research*, vol 5(3): 39-43. doi: [10.5897/AJMCSR11.161](https://doi.org/10.5897/AJMCSR11.161).
- Polya, G. 2004. *How to Solve It* (John Conway, Ed). United State of America: Princenton University Press
- Rahayu, S. 2012. Penelitian Pendidikan Kimia: TREND GLOBAL. Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa
- Ristitiati A.S. 2007. Penggunaan Modul Praktikum Dilengkapi Diagram Vee dan Suplemen pada Pelaksanaan Praktikum Kimia Dasar I terhadap Prestasi Belajar Laboratorium dengan Memperhatikan Kemandirian Mahasiswa (Studi Kasus Pada Percobaan Keseimbangan Kimia Pada Mahasiswa Semester I Jurusan P MIPA FKIP UNS Tahun Ajaran 2006/2007). Tesis.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Tidak dipublikasikan

Roth, W. M & Bowen, M. 1993. *The unfolding vee*. Science Scope, 16(5),28 – 32 Sanjaya W. 2009.

Strategi Pembelajaran Berbasis Standar Proses Pendidikan. Jakarta: Kanisius.

Silberbeg, M.S. 2007. Principles of General Chemistry. New York: The McGraw w-Hill Companies.

Suastra, IW. 2009. Pembelajaran Sains Terkini. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha

Sudjana, Nana, 2009. Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar, Bandung: Remaj Rosdakarya..

**PENGARUH *BLENDED LEARNING* DALAM STRATEGI *POGIL* MATERI
KESETIMBANGAN KIMIA BERBASIS KONTEKSTUAL TERHADAP HASIL BELAJAR
KOGNITIF DAN MOTIVASI SISWA SMK**

Asisul Khoirot^{*a}

^aProdi S2 Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang
Jl.Semarang 5 Malang 65145

*Corresponding author's e-mail: asisulkimia@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang begitu pesat mengharuskan adanya inovasi dalam pembelajaran. Inovasi tersebut salah satunya adalah *blended learning*. Konsep *blended learning* ialah pencampuran model pembelajaran tatap muka di kelas dengan belajar secara *online*. *Blended learning* ini akan memperkuat model belajar konvensional yang dilakukan di kelas tersebut melalui pengembangan teknologi pendidikan. Siswa SMA/SMK sudah mengenal internet, sehingga diharapkan dapat menggunakan internet dengan memanfaatkannya sebagai media pembelajaran yang akan menambah wawasan lebih luas. Pembelajaran *blended learning* ini dapat dipadukan dengan pembelajaran yang berbasis konstruktivistik dan kooperatif menggunakan strategi *POGIL*. Pembelajaran *POGIL blended learning* berbasis kontekstual cocok digunakan pada materi kesetimbangan kimia karena memiliki karakteristik yang abstrak, luas, dan sulit dipahami siswa. Pembelajaran *POGIL blended learning* dengan berbasis kontekstual diharapkan dapat membantu siswa SMK meningkatkan *softskill*, membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkannya dengan situasi dunia nyata siswa dan dapat mengatasi kesulitan dalam mempelajari materi kesetimbangan kimia, sehingga siswa menjadi lebih memahami materi secara utuh dan dapat mendukung kesiapan siswa menghadapi persaingan masyarakat di zaman modern yang telah mengalami perkembangan teknologi.

Kata kunci: *blended learning*, *POGIL* (*process oriented guided inquiry learning*), berbasis kontekstual, kesetimbangan kimia, hasil belajar kognitif.

ABSTRACT

Rapid technology development requires innovation in learning. One of innovations required is blended learning. The basic concept of blended learning is combining face-to-face learning model in the classroom with online learning. Blended learning equips the conventional base learning during classroom activity through the development of technology in education. Vocational students have been already familiar with the internet. They supposed to use it wisely as learning media to broaden knowlege. Blended learning model can be combined with the constructivist and cooperative base learning using *POGIL* strategy. Blended learning with *POGIL* strategy with contextual based matches with chemistry lesson such as chemical equilibrium whose abstract, limitless, and incomprehensible characteristics. Blended learning with *POGIL* strategy and contextual based are expected to help student will increase softskill, help the teacher connect in material studied with the real world situations and effective to overcome the students' difficulties when learning chemical equilibrium. Thus, the students are capable in comprehending the tough lesson easily. In addition, the learning model has big impact to make the students get prepared in facing tough competition among societies in the age of modern technology development.

Keywords: *blended learning*, *POGIL* (*process oriented guided inquiry learning*), contextual based, chemical equilibrium, cognitive learning.

PENDAHULUAN

Mata pelajaran kimia merupakan mata pelajaran wajib bagi siswa SMK baik itu di kelas X dan kelas XI yang mengambil kompetensi keahlian teknik pemesinan, teknik kendaraan ringan, dan teknik instalasi tenaga listrik. Salah satu materi yang harus dipelajari siswa kelas XI pada ketiga kompetensi keahlian tersebut adalah kesetimbangan kimia. Kesetimbangan kimia adalah materi kimia yang dianggap cukup sulit oleh siswa (Solomonidou & Stavridou, 2001; Piquette & Heikkinen, 2005; Özmen, 2008). Hal ini disebabkan dalam memahami kesetimbangan diperlukan pemahaman materi pada konsep-konsep sebelumnya, seperti konsep mol, stoikiometri, hukum gas ideal dan laju reaksi. Selain itu karakter materi kesetimbangan yang abstrak membutuhkan pemahaman konseptual yang tepat. Karpudewan, *et al* (2015:857) juga menyatakan jika sebagian kesulitan pada materi kesetimbangan kimia berkaitan tentang kesalahan siswa yang tidak dapat menuliskan tetapan kesetimbangan heterogen, perhitungan pada konstanta kesetimbangan, serta pengaruh suhu terhadap kesetimbangan.

Barke, *et al* (209:145) mengungkapkan bahwa pemahaman tentang kesetimbangan sangatlah penting karena kesetimbangan merupakan dasar untuk memahami topik lain seperti asam basadareaksi redoks. Fakta lain juga menunjukkan, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Stewart dan Yaroch, jika kesetimbangan merupakan salah satu topik yang sulit dalam kimia. Hal tersebut disebabkan oleh adanya konsep-konsep yang sulit untuk diajarkan di dalam topik kesetimbangan tersebut. Kesulitan dalam memahami materi kesetimbangan kimia juga dialami oleh siswa pada banyak sekolah-sekolah menengah kejuruan. Berdasarkan wawancara pada beberapa SMK di Kabupaten Blitar, diketahui bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep kesetimbangan kimia, antara lain kesulitan dalam menyelesaikan soal perhitungan dan soal yang melibatkan konsep abstrak serta penggunaan strategi pembelajaran yang kurang tepat, sehingga menyebabkan belajar siswa rendah dan kurang semangatnya siswa dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan data hasil nilai mata pelajaran kimia dan hasil observasi di SMK, masih banyak siswa yang belum mencapai ketuntasan belajar minimal yakni 70, rata-rata dari siswa baru mencapai ketuntasan 67. Selain masih rendahnya ketuntasan belajar, motivasi, dan hasil belajar siswa juga masih rendah. Hasil pengamatan peneliti terlihat masih kurangnya persiapan siswa ketika waktu pelajaran kimia dimulai atau sering terlambat karena siswa dengan sengaja mengulur waktu untuk masuk ke kelas. Meskipun setiap siswa sudah mempunyai sumber belajar (LKS Kimia), akan tetapi mereka masih saja ada yang lupa membawanya ataupun mereka membawanya tapi hanya dibawa saja, tidak mencoba untuk memahaminya. Jika kondisi tersebut dibiarkan, maka akan menimbulkan dampak yang kurang baik bagi sekolah.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam upaya menyelesaikan masalah kesulitan pada materi kesetimbangan kimia. Sebuah penelitian di Iran menemukan bahwa sistem presentasi kelas berbasis *PC tablet* dapat meningkatkan belajar, meningkatkan siswa pada fokus dan perhatiannya di kelas, serta meningkatkan tingkat kepuasan pada siswa dalam proses pembelajaran (Naseriazar, *et al*: 2010). Hanson (2006) menyatakan bahwa kegiatan pembelajaran akan lebih bermakna jika melibatkan siswa dalam proses pembelajaran konstruktivistik dan juga kooperatif. Siswa akan dituntut menganalisis informasi melalui pengamatan dalam kehidupan sehari-hari ataupun pembelajaran di kelas sehingga pemahaman akan lebih baik karena terjadi suatu konstruksi konsep dari siswa itu sendiri. Salah satu strategi pembelajaran yang melibatkan siswa dalam proses pembelajaran konstruktivistik dan juga kooperatif tersebut adalah *POGIL (process-oriented guided-inquiry learning)*

POGIL (process-oriented guided-inquiry learning) adalah strategi pembelajaran yang diharapkan dapat meningkatkan keaktifan siswa dalam memperoleh konsep. Pada strategi *POGIL* ada dua aspek yang ditekankan, yaitu aspek konten dan *skill learning* (Hanson, 2006). Keberhasilan penerapan *POGIL* ditunjukkan oleh hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan. Sen, dkk. (2015) menyatakan bahwa penggunaan *POGIL* dalam pembelajaran kimia dapat mendorong siswa meningkatkan *self regulated learning skills*. Maulidiawati dan Soeprodjo (2014) menyatakan bahwa keefektifan pembelajaran kooperatif dengan *POGIL* pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan ditunjukkan oleh rata-rata hasil belajar kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol, hasil belajar kognitif telah mencapai proporsi ketuntasan klasikal, dan hasil belajar afektif dan psikomotorik kelas eksperimen lebih besar dibanding kelas kontrol.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan pada guru kimia di SMK, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *POGIL* dapat dilakukan pada materi kesetimbangan kimia. Hal ini dikarenakan sifat dan ciri-ciri materi kesetimbangan kimia ada yang dapat diamati dan fenomenanya dapat dipelajari melalui serangkaian kegiatan percobaan. Konsep kesetimbangan kimia yang tidak dapat diperoleh melalui percobaan bisa diperoleh dengan mengamati pola dari suatu data atau dengan studi literatur. Penerapan *POGIL* dalam mempelajari kesetimbangan kimia diharapkan dapat membangun pemahaman dan mengembangkan kemampuan proses siswa melalui tim belajar, membangun pertanyaan untuk berpikir kritis dan analitis, pemecahan masalah, pelaporan, metakognisi, dan tanggung jawab individu.

Kementerian pendidikan dan kebudayaan sebagai organisasi yang berfungsi mengelola pendidikan di Indonesia menyambut baik perkembangan ICT dengan memasukkan kurikulum yang bernuansa pengenalan teknologi informasi dan komunikasi, terutama di jenjang pendidikan menengah kejuruan. Guru-guru di SMK mengatakan bahwa salah satu kebijakan umum direktorat pembinaan SMK Tahun 2011 yang didasarkan pada hasil evaluasi pelaksanaan program tahun 2010, dan rancangan direktorat pembinaan SMK Tahun 2010-2014 adalah upaya untuk mencapai sasaran sekurang-kurangnya 70% SMK melaksanakan *e-learning*, *e-management* dan *e-service*. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis IT perlu dilakukan dengan tujuan agar siswa memiliki bekal kemampuan untuk mengenal, memahami, dan berinteraksi dengan teknologi informasi dan komunikasi, sehingga kelak pada saat lulus tidak buta sama sekali dengan teknologi informasi dan komunikasi yang ada di masyarakat.

Salah satu pembelajaran yang dapat membantu siswa mengatasi hal tersebut adalah dengan pembelajaran yang menekankan pada aspek kemandirian dan saling berkomunikasi, salah satunya adalah pembelajaran *blended learning*, yaitu pembelajaran yang melaksanakan pembelajaran tatap muka dan *online learning*. Pembelajaran *online* merupakan pembelajaran yang dilaksanakan di luar kelas tanpa ikatan waktu dan tempat akses (Kumar dan Kumar, 2013: 2). Penggunaan media *online* dalam pembelajaran dapat membantu keterbatasan pengajar dalam menyampaikan informasi maupun keterbatasan jam pelajaran di dalam kelas. Pembelajaran *online* juga dapat menjadi media pembelajaran interaktif yang dapat mengatasi adanya bahan ajar secara luas.

Driscoll (2002) menyatakan bahwa *blended learning* adalah kombinasi dalam *blended learning* bisa antara bentuk teknologi instruksional (misalnya: rekaman video, CD-ROM, pembelajaran berbasis Web, film) dengan pembelajaran tatap muka (*F2F*) untuk meningkatkan efektivitas dan fleksibilitas proses pembelajaran. Penerapan *blended learning* dalam strategi *POGIL* diperkirakan tidak hanya dapat meningkatkan pemahaman konsep tetapi juga semangat belajar siswa. Kesempatan siswa yang lebih luas dalam mengakses sumber belajar dan komunikasi dengan guru atau sesama siswa menggunakan media *online* yang disukai siswa akan dapat meningkatkan semangat siswa dalam membangun konsep sendiri melalui tahapan *POGIL*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang “Pengaruh *Blended Learning* dalam Strategi *POGIL* Materi Kesetimbangan kimia berbasis kontekstual terhadap Hasil Belajar Kognitif dan Motivasi Siswa SMK”.

PEMBAHASAN

Karakteristik Materi Kesetimbangan Kimia

Beberapa pelajardi sekolah menengah banyak yang mengalami kesulitan dalam memahami ilmu kimia (Nakhleh, 1993; Agung & Schwartz, 2007; Othman, Treagust & Chandrasegaran, 2008). Hal ini karena siswa tidak dapat menerima banyaknya konsep pada mata pelajaran kimia (Kozma & Russell, 1997). Pada kenyataannya terdapat beberapa siswa yang tidak dapat memahami konsep-konsep kimia tanpa adanya pembelajaran yang menyenangkan, melalui teknologi yang menampilkan gambar, video, dan berbagai model atom (Haidar, 1997; Niaz & Rodriguez, 2000).

Kesetimbangan kimia merupakan salah satu materi yang diajarkan di kelas XI pada kompetensi keahlian teknik pemesinan, teknik kendaraan ringan, dan teknik instalasi tenaga listrik dengan sub pokok bahasan meliputi prinsip kesetimbangan kimia, jenis-jenis kesetimbangan kimia, dan pergeseran kesetimbangan. Menurut beberapa penelitian, disebutkan bahwa terjadi beberapa kesulitan dan kesalahan konsep pada materi kesetimbangan kimia. Hal ini mengakibatkan

konsep dasar yang tertanam pada siswa menjadi salah.. Kesalahan konsep tersebut diantaranya dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1.1 beberapa kesalahan konsep siswa pada materi kesetimbangan kimia

Sub Materi	Kesalahan Konsep Pada Siswa	Sumber
Keadaan setimbang dan Kesetimbangan dinamis	Siswa berasumsi bahwa saat tercapai kesetimbangan konsentrasi reaktan dan produk adalah sama dan perbandingan jumlah mol zat sebanding dengan molaritasnya.	Barke <i>et al</i> , 2009
	siswa menganggap bahwa konsentrasi berubah-ubah sebagai bentuk dari kesetimbangan	Barke <i>et al</i> , 2009
	Siswa berpikir jika reaksi maju terjadi secara tuntas dulu sebelum reaksi balik dimulai	Barke <i>et al</i> , 2009
	penambahan reaktan berlebih hanya akan merubah konsentrasi produk	Barke <i>et al</i> , 2009
	Siswa menganggap bahwa pada saat keadaan setimbang tidak ada reaksi yang berlangsung	Raviolo & Garritz, 2009
Tetapan kesetimbangan	Kesalahan tentang makna K_c yang digambarkan sebagai suatu harga yang berubah-ubah pada suhu konstan dan diasumsikan bahwa perubahan nilai K_c sesuai dengan jumlah produk dan reaktan.	Barke <i>et al</i> , 2009
	Siswa tidak dapat menghitung nilai tetapan kesetimbangan jika diketahui mol dan reaktan	Kousathana & Tsapalis, 2002
	Siswa tidak dapat menuliskan tetapan kesetimbangan heterogen	Kousathana & Tsapalis, 2002
Pergeseran arah kesetimbangan	Siswa menganggap bahwa azas <i>Le Chatelier</i> diterapkan pada semua system kesetimbangan termasuk kesetimbangan heterogen	Raviolo & Garritz, 2009
	Kesalahan tentang penggunaan prinsip <i>Le Chatelier</i> , muncul asumsi bahwa untuk menggeser kesetimbangan, dapat dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi semua zat kecuali reaktan.	Barke <i>et al</i> , 2009
	Siswa tidak sepenuhnya memahami tentang pengaruh volume, suhu, tekanan, dan konsentrasi terhadap kesetimbangan	Barke <i>et al</i> , 2009

Rina, S.Si selaku guru di SMK PGRI Wlingi juga mengatakan bahwa materi kesetimbangan kimia memerlukan media dan strategi pembelajaran yang menarik agar proses pembelajaran menjadi menyenangkan dan siswa menjadi semangat dalam belajar. Apalagi kebanyakan sekolah menengah kejuruan sekarang melaksanakan pembelajaran berbasis IT termasuk di SMK PGRI Wlingi. Kementerian pendidikan dan kebudayaan sebagai organisasi yang berfungsi mengelola pendidikan di Indonesia menyambut baik perkembangan ICT dengan memasukkan kurikulum yang bernuansa pengenalan teknologi informasi dan komunikasi, terutama di jenjang pendidikan menengah kejuruan.

Pembelajaran Online

Model pembelajaran yang mengacu pada *online* atau lebih dikenal dengan *e-learning* sudah mulai diterapkan di sekolah menengah sejak awal tahun 2000. Bahkan di SMK sekarang banyak yang menerapkan pembelajaran berbasis IT. Hal ini terjadi seiring dengan perkembangan zaman yang serba teknologi di sekitar kita. Adanya teknologi membuat para pelaku pendidikan dapat mengakses materi pendukung lewat jaringan internet melalui komputer, *notebook*, tablet bahkan pada *handphone*. Beberapa aplikasi pendidikan pun sudah dapat dengan mudah di *download*, seperti *edmodo*, sistem periodik unsur (SPU), dan program pembelajaran lain yang sifatnya mendukung proses pembelajaran. Pembelajaran *online* dapat meningkatkan minat belajar siswa dengan tidak membatasi pencarian

artikel atau materi yang ditugaskan oleh guru (Kumar dan Kumar, 2013: 12; Potter dan Overton, 2003: 201).

Guru-guru di SMK mengatakan bahwa salah satu kebijakan umum direktorat pembinaan SMK Tahun 2011 yang didasarkan pada hasil evaluasi pelaksanaan program tahun 2010, dan rancangan direktorat pembinaan SMK Tahun 2010-2014 adalah upaya untuk mencapai sasaran, sekurang-kurangnya 70% SMK melaksanakan *e-learning*, *e-management* dan *e-service*. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis IT perlu dilakukan dengan tujuan agar siswa memiliki bekal kemampuan untuk mengenal, memahami, dan berinteraksi dengan teknologi informasi dan komunikasi, sehingga kelak pada saat lulus tidak buta sama sekali dengan teknologi informasi dan komunikasi yang ada di masyarakat.

Fasilitas yang memadai menjadi salah satu tolok ukur keberhasilan pembelajaran *online*. Hal ini mengartikan bahwa sekolah yang telah memiliki fasilitas internet berupa wifi, dapat menggunakan pembelajaran *online* dengan mudah, sedangkan sekolah yang tertinggal karena tidak adanya fasilitas, tidak dapat menggunakan teknologi tersebut dengan lancar. Pembelajaran *online* yang telah diterapkan memberikan respon yang positif dari siswa, yaitu melalui pembelajaran *online* siswa dapat mengekspresikan diri dengan cara mereka masing-masing (Potter dan Overton, 2003:201).

Berdasarkan observasi di sekolah maka diperlukan upaya dalam mengembangkan suatu model pembelajaran baru agar pembelajaran menjadi lebih menyenangkan dan menarik. Sehingga besar harapan, jika penelitian ini nantinya dapat memberikan kontribusinya ke arah yang lebih baik, yaitu pengembangan proses pembelajaran yang dilakukan tidak hanya diberikan ketika di kelas saja tetapi dapat memanfaatkan fasilitas kelas *online* yang berkembang pesat dan dapat diakses di mana pun dan kapan pun.

Blended Learning

Adanya teknologi yang semakin maju dan berkembang, menyebabkan dunia pembelajaran juga semakin modern. *E-learning* menawarkan penggunaan metode elektronik seperti CD-ROM, *video conferencing*, *website*, dan *email*. *E-Learning* sebenarnya adalah sebuah pembelajaran yang difasilitasi oleh penggunaan alat-alat digital dan konten yang biasanya melibatkan beberapa bentuk interaktivitas yang dapat mencakup interaksi *online* antara siswa dan guru atau rekan-rekannya (Ramakrisnan, et. al., 2012).

Blended learning merupakan salah satu jenis pembelajaran *online* dengan porsi pembelajaran *online* berkisar antara 30 – 79 % (Picciano & Seaman, 2007: 2). Garrison dan Vaughan (2008:148) mendefinisikan *blended learning* sebagai:

“The organic integration of thoughtfully selected and complementary face to face and online approaches and technologies”.

Power (2008: 503) menambahkan bahwa *blended learning* adalah pembelajaran secara simultan dan saling melengkapi antara pembelajaran yang terjadi secara langsung (*synchronous*) dengan tidak langsung (*asynchronous*).

Berdasarkan pendapat tersebut, *blended learning* merupakan kombinasi antara pembelajaran tatap muka (*face to face*) dan pembelajaran elektronik (*online*). *Blended learning* dalam penelitian ini berfungsi sebagai alat bantu untuk mengoptimalkan pembelajaran *POGIL*. Ginns dan Ellis (2007:53) mengatakan bahwa proses pembelajaran dalam *blended learning* dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu pembelajaran tatap muka dan pembelajaran *online*, jika dikombinasikan akan menjadi pembelajaran yang baru yaitu *blended learning*.

Kombinasi dari pembelajaran tatap muka dan *online* menjadi *blended learning* memberi banyak keuntungan bagi dunia pendidikan. Pembelajaran *online* pada *blended learning* memberi kesempatan kepada siswa untuk melanjutkan diskusi yang belum selesai pada saat pembelajaran tatap muka (Collopy dan Arnold, 2009: 87). Pembelajaran tatap muka pada *blended learning* memberikan nilai lebih karena siswa memiliki kesempatan untuk mengklarifikasi hal yang telah dipelajari selama pembelajaran *online* (Smyth dkk., 2012: 466).

Garrison (2008: 13) menyatakan kerangka dasar dari pengembangan *blended learning* adalah pembangunan konsep yang didasarkan pada perspektif pembelajaran konstruktivistik. Teori pembelajaran konstruktivisme dikembangkan oleh Piaget dan Vygotsky (Arends, 2008:46). Teori

konstruktivisme Piaget didasarkan pada kebutuhan seseorang untuk menginvestigasi lingkungan dan mengkonstruksikan pengetahuan secara personal. Teori konstruktivisme Vygotsky menyatakan pembangunan pengetahuan berkembang ketika individu menghadapi pengalaman baru sehingga terjadi instruksi sosial untuk memacu pembangunan ide-ide baru (Arends, 2008: 5). Pembangunan suatu konsep diperlukan sebuah komunitas inkuiri yang disusun berdasarkan tujuan, keterbukaan, dan kedisiplinan yang dapat dilakukan melalui *blended learning* (Garrison, 2008: 14-17).

Pembelajaran Keseimbangan Kimia dengan Strategi POGIL

Salah satu model pembelajaran yang memperhatikan kemampuan metakognitif serta aktivitas penemuan pada siswa adalah strategi *POGIL* (Moog, 2006). Strategi *POGIL* (*process oriented guided inquiry learning*) atau inkuiri terbimbing berorientasi proses merupakan strategi pembelajaran yang menyediakan kesempatan untuk memahami konten dan keterampilan proses secara bersamaan (Hanson, 2006). Oleh karena itu, setelah melakukan pembelajaran keseimbangan kimia dengan strategi *POGIL-blended learning* diharapkan siswa dapat menguasai materi keseimbangan kimia secara konseptual, memiliki kemampuan untuk mencari, mengaplikasikan, dan mengeneralisasikan ilmu pengetahuan.

Strategi *POGIL* menggabungkan pendekatan inkuiri terbimbing dan pendekatan kooperatif (Hanson, 2006). Inkuiri terbimbing digunakan sebagai dasar dalam merancang aktivitas siswa untuk membangun pengetahuan dan pendekatan kooperatif digunakan untuk memastikan bahwa semua siswa terlibat penuh dalam proses pembelajaran, yakni siswa bekerja dalam kelompok-kelompok kecil dengan peran masing-masing sebagai *manager*, *recorder*, *presenter*, dan *reflektor*. Setiap kelompok terdiri dari tiga atau empat siswa dengan peran tiap anggota kelompok bervariasi yang disesuaikan dengan jumlah siswa di kelas.

Pemberian peran dalam strategi *POGIL* dilakukan agar siswa memiliki rasa tanggung jawab dalam pembelajaran dan membantu siswa mengembangkan keterampilan untuk setiap peran yang berbeda (Hanson, 2006). Sanjaya (2010:195) menyebutkan bahwa strategi pembelajaran *POGIL* merupakan bentuk dari pendekatan pembelajaran yang berorientasi kepada siswa (*student centered approach*). Siswa memegang peranan yang sangat dominan dalam proses pembelajaran. Strategi *POGIL* merupakan strategi pembelajaran yang menyediakan kesempatan untuk memahami konten dan keterampilan proses secara bersamaan (Hanson, 2006). Strategi *POGIL* mengacu pada teori pembelajaran konstruktivistik sosial, yaitu konstruksi pengetahuan yang merupakan hasil dari interaksi sosial antara peserta didik sehingga siswa mengembangkan pemahaman konseptual mereka secara kolaboratif (Stains dkk., 2013).

Menurut Hanson (2006:1), pembelajaran dengan cara *POGIL* meliputi 5 tahap kegiatan yaitu:

1. Orientasi

Tahap orientasi merupakan tahap awal yang bertujuan memfokuskan perhatian untuk siap dalam mulai belajarnya. Cara ini dilakukan dengan memberikan pertanyaan kunci kepada siswa. Selain itu, guru juga memberikan motivasi untuk menimbulkan ketertarikan dan rasa ingin tahu pada diri siswa. Dengan begitu siswa akan merasa bahwa materi yang hendak dibelajarkan amat penting dan berharga baginya. Oleh karena itu, untuk menimbulkan rasa ingin tahu siswa guru dapat mengaitkan materi yang akan dibelajarkan dengan pengetahuan awal siswa atau mengidentifikasi tujuan pembelajaran. Pada tahap orientasi ini juga disampaikan tujuan dan indikator keberhasilan yang harus dicapai siswa, latar belakang, prasyarat, informasi serta referensi sumber belajar siswa.

2. Eksplorasi

Pada tahap eksplorasi ini siswa diberikan tugas yang harus diselesaikan atau diberikan suatu model untuk diuji demi tercapainya suatu pembelajaran. Sumber informasi yang dimaksud dapat berupa penjelasan yang diberikan oleh guru secara verbal atau penjelasan yang berasal dari *textbook* yang dibaca oleh siswa. Sedangkan model yang dimaksud dapat berupa informasi dalam bentuk diagram, grafik, tabel data, persamaan-persamaan, demonstrasi, rekaman praktikum, atau praktikum langsung di laboratorium. Informasi itu selanjutnya dianalisis oleh siswa dengan bantuan berupa pertanyaan-pertanyaan kritis dan analitis yang diberikan oleh guru.

3. Konstruksi Konsep

Tahap konstruksi konsep ini diperkenalkan dan dikonstruksi sebagai hasil dari tahap eksplorasi. Dalam kegiatan ini siswa diberikan pertanyaan yang bersifat kritis dan analitis terkait dengan hasil pada tahap eksplorasi sehingga siswa dapat membuat hubungan antar hal dan dapat menarik suatu kesimpulan.

4. Aplikasi

Pada tahap aplikasi ini siswa menggunakan konsep baru yang telah diperolehnya untuk mengerjakan latihan dan menyelesaikan masalah

5. Penutup

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari rangkaian kegiatan *POGIL*. Pada tahap inilah siswa memvalidasi hasil belajarnya, merenungkan apa yang telah dipelajari dan menilai hasil kerja mereka sendiri.

Pendekatan Pembelajaran Kontekstual

Belajar akan lebih bermakna apabila anak “mengalami” apa yang dipelajarinya tidak hanya mengetahui saja. Pendekatan berbasis kontekstual memungkinkan siswa menghubungkan isi pelajaran akademik dengan konteks kehidupan sehari-hari untuk menemukan suatu makna. Pendekatan berbasis kontekstual ini dikembangkan berdasarkan teori belajar konstruktivisme, yaitu bahwa pengetahuan dibangun oleh siswa sedikit demi sedikit. Batasan konstruktivisme memberikan penekanan bahwa setiap pengetahuan yang dimiliki siswa itu dapat memberikan pedoman nyata untuk diaktualisasikan dalam kondisi nyata dalam kehidupan sehari-hari (Rusman, 2002).

Kontekstual memperluas konteks pribadi siswa lebih lanjut melalui pemberian pengalaman segar yang akan merangsang otak guna menjalin hubungan baru untuk menemukan makna baru (Johnson, 2002). Menurut Wina, S (2012) model pembelajaran kontekstual adalah suatu model pembelajaran yang menekankan pada proses keterlibatan siswa secara penuh untuk dapat menemukan materi yang dipelajari dan menghubungkannya dengan situasi kehidupan nyata sehingga mendorong siswa untuk dapat menerapkannya dalam kehidupan mereka. Ada tujuh prinsip pembelajaran kontekstual yang harus dikembangkan oleh guru, yaitu konstruktivisme (*constructivism*), menemukan (*inquiry*), bertanya (*questioning*), masyarakat belajar (*learning community*), pemodelan (*modeling*), refleksi dan penilaian sebenarnya (*authentic assessment*), (Trianto, 2009).

Pendekatan kontekstual menekankan perpaduan antara pengalaman yang sudah diperoleh siswa dengan materi yang baru diperoleh siswa sehingga terjadi asimilasi maupun akomodasi pada pengetahuan siswa tersebut sesuai dengan teori Piaget. Penelitian Tati, dkk (2009) menyebutkan bahwa efek pembelajaran CTL (*contextual teaching learning*) memberikan ketujuh prinsip CTL yang diaplikasikan dalam pembelajaran pada siswa kelas XI IPA 3 telah mencapai skor rata-rata 84,95% atau termasuk kriteria baik. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan menggunakan pembelajaran CTL termasuk dalam kategori efektif. Irwandi (2009) menemukan bahwa terdapat pengaruh pendekatan kontekstual dalam pembelajaran biologi melalui masyarakat belajar terhadap hasil belajar kognitif siswa. Melalui pembelajaran inkuiri terbimbing dengan pendekatan kontekstual dapat memberikan hasil belajar kognitif yang meningkat.

Hasil Belajar Kognitif dan Motivasi Siswa

Belajar adalah proses usaha yang dilakukan seseorang untuk memperoleh suatu perubahan tingkah laku yang baru secara keseluruhan, berupa perubahan pola pikir, perilaku, dan mental, sebagai hasil pengalamannya sendiri dalam interaksi dengan lingkungannya (Slameto, 2003:2). Menurut Suprijono (2012:5), hasil belajar adalah pola-pola perbuatan, nilai-nilai, pengertian-pengertian, sikap-sikap, apresiasi dan keterampilan. Selanjutnya Supratiknya (2012:5) mengemukakan bahwa hasil belajar yang menjadi objek penilaian kelas berupa kemampuan-kemampuan baru yang diperoleh siswa setelah mereka mengikuti proses belajar-mengajar tentang mata pelajaran tertentu. Dalam sistem pendidikan nasional rumusan tujuan pendidikan mengacu pada klasifikasi hasil belajar dari Bloom yang secara garis besar yaitu aspek kognitif, afektif, dan psikomotor.

Berbuat untuk merubah tingkah laku melalui perbuatan adalah prinsip belajar (Suprijono, 2012: 6). Ada atau tidaknya belajar dicerminkan dari ada atau tidaknya aktivitas (Slameto, 2003:5). Tanpa ada aktivitas, belajar tidak mungkin terjadi. Dalam interaksi belajar-mengajar aktivitas merupakan prinsip yang penting. Penggunaan metode, pendekatan belajar mengajar, dan orientasi

belajar menyebabkan aktivitas belajar setiap siswa berbeda-beda. Ketidaksamaan aktivitas belajar siswa melahirkan kadar aktivitas belajar yang bergerak dari aktivitas belajar yang rendah sampai aktivitas belajar yang tinggi. Selain belajar motivasi juga diperlukan dalam proses pembelajaran.

Motivasi merupakan apapun yang membuat siswa melakukan sesuatu, membuat siswa tetap melakukannya, dan membantu siswa dalam menyelesaikan tugas. Hal ini berarti bahwa konsep motivasi digunakan untuk menjelaskan keinginan berperilaku, arah perilaku, intensitas perilaku, dan penyelesaian atau prestasi yang sesungguhnya (Pintrich, 2003). Seperti yang diungkapkan oleh Slavin (2008) bahwa pemakaian program komputer untuk pembelajaran dapat meningkatkan semangat belajar yang tadinya membosankan. Dalam penelitian ini tidak secara khusus menggunakan komputer, tetapi dapat juga diakses melalui *notebook* maupun *handphone*. Diharapkan media *edmodo* dapat menanggulangi kebosanan siswa dalam pembelajaran.

Penggunaan *edmodo* sebagai bagian dari internet diduga akan menanggulangi kebosanan dan memperbesar semangat siswa dalam belajar. Semangat dan keseriusan siswa dalam belajar akan mempengaruhi proses pembelajaran di kelas. Siswa yang memiliki semangat dan keseriusan yang tinggi akan menunjukkan keaktifan yang tinggi selama proses pembelajaran sehingga siswa memiliki persepsi yang positif.

Tidak ada seseorang yang dapat berfikir sempurna atau buruk sepanjang waktu. Semua siswa memiliki kemampuan untuk mencapai prestasi masing-masing. Pembelajaran yang dilakukan dengan menghafal tidak sama dengan berfikir dalam hal memahami. Dalam pembelajaran *POGIL-blended learning* berbasis kontekstual ini siswa dilatih untuk belajar bagaimana berfikir yang tidak hanya sekedar menghafal saja, namun merupakan kemampuan dalam menghubungkan, memanipulasi, dan mentransformasi pengetahuan serta pengalaman yang sudah dimiliki untuk berfikir secara kritis dan kreatif dalam upaya memecahkan masalah pada situasi baru (Hanson, 2006). Pembelajaran *POGIL* diharapkan akan mengarah pada terbentuknya *High order thinking skills*, yaitu keterampilan dalam berfikir kritis, logis, metakognitif, reflektif, dan berfikir kreatif. Siswa akan menjadi pribadi yang aktif ketika menghadapi masalah asing, masalah yang tidak jelas atau adanya pertanyaan yang ingin ditanyakan (King *et al.*, tanpa tahun). Jika keterampilan berfikir ini berhasil dan sukses maka akan terbentuk siswa yang memiliki keterampilan intelektual yang tinggi.

Keterkaitan *Blended Learning* Menggunakan *POGIL* Berbasis Kontekstual pada Materi Keseimbangan Kimia terhadap Hasil Belajar Kognitif dan Persepsi Siswa

Pembelajaran melalui strategi *POGIL* akan menuntut siswa untuk memecahkan masalah. Oleh karena itu, melalui strategi *POGIL* akan dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa. Sedangkan penggunaan pembelajaran *blended learning* akan meningkatkan keaktifan siswa dan komunikasi antara guru dan siswa maupun antar siswa itu sendiri (Dziuban *et al.*, 2004: 3). Pembelajaran *online* ini diharapkan dapat meningkatkan kepuasan siswa pada pembelajaran dan persepsi yang positif. Pembelajaran *blended learning* menggunakan *POGIL* berbasis kontekstual ini dapat memberikan fasilitas kegiatan belajar siswa untuk mencari, mengolah, dan menemukan pengalaman belajar yang bersifat konkret (terkait dengan kehidupan nyata) melalui keterlibatan aktivitas siswa dalam mencoba, melakukan, dan mengalami sendiri. Dengan demikian, pembelajaran tidak sekedar dilihat dari sisi produk, akan tetapi yang terpenting adalah proses (Rusman, 2002).

Pembelajaran *blended learning* menggunakan *POGIL* berbasis kontekstual ini cocok digunakan pada materi keseimbangan kimia. Hal ini dilihat dari karakteristik materi keseimbangan kimia itu sendiri, yaitu terdiri dari konsep-konsep abstrak, terdapat konsep perhitungan, pembelajaran melalui percobaan dan beberapa grafik yang perlu dipahami.

Beberapa penelitian telah menunjukkan pengaruh positif pada pembelajaran *blended learning*. Kashefi *et al.*, (2012) menyebutkan bahwa dengan pembelajaran *blended learning* dapat meningkatkan kecakapan komunikasi antar siswa dan guru. Tufan (2009) menyatakan bahwa siswa pada kelas *blended learning* memiliki hasil belajar yang lebih tinggi karena memiliki kesempatan belajar pada pembelajaran tatap muka dan *online*. Pada pembelajaran *online* siswa memiliki kesempatan untuk memecahkan masalah, belajar secara berkelompok dengan waktu yang relatif banyak, sedangkan pada pembelajaran tatap muka, diskusi kelas dapat membantu materi yang perlu dijelaskan secara langsung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian pustaka yang telah dikemukakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan strategi *POGIL blended learning* berbasis pendekatan kontekstual merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan proses belajar siswa menyenangkan agar diperoleh hasil belajar kognitif yang meningkat dan motivasi yang tinggi.
2. Pembelajaran berbasis IT sangat diperlukan di sekolah menengah saat ini terutama di sekolah menengah kejuruan, supaya siswa tidak hanya mencari sumber belajar di sekolah saja atau di kelas tetapi dapat dilakukan dengan mengakses internet yang dapat dilakukan dimana pun dan kapan pun, yang mana sekarang IT telah mengalami perkembangan teknologi yang cukup pesat.

DAFTAR PUSTAKA

- Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. 2009. *Misconception in Chemistry*. Berlin: Springer
- Driscoll, M. 2002. *Blended learning: Let's get beyond the hype*. e learning p.54
- Hanson, D. M. 2006. *Instructor's Guide to Process-Oriented Guided-Inquiry Learning*. Lisley, IL: Pasific Crest.
- Irwandi. 2009. Pengaruh Pendekatan Kontekstual Dalam Pembelajaran Biologi Melalui Strategi Inkuiri dan Masyarakat Belajar Pada Siswa Dengan Kemampuan Awal Berbeda Terhadap Hasil Belajar Kognitif Di SMA Negeri Kota Bengkulu. *Jurnal Kependidikan Triadik*, April 2009 Volume 12, No. 1.
- Johnson, E. B. 2002. *Contextual Teaching and Learning: it is and what it is and why it's here to stay*. California: Corwin Press Inc.
- Karpudewan, M., Treagust, D. F., Mocerino, M., Won, M., & Chandrasegaran, A. L. 2015. Investigating High School Students' Understanding of Chemical Equilibrium. *Journal of Environmental & Science Education*, 2015, 10(6), 845-863.
- Kumar, K. & Kumar, J. 2013. Effectiveness of e-Learning In Teaching Chemistry With Reference To Certain Selected Variables. *International Journal of Education and Practice*. Vol. 1(1):1-13, (Online), (<http://www.aessweb.com>), diakses tanggal 23 september 2014
- Maulidiawati & Soeprodjo. 2014. *Keefektifan Pembelajaran Kooperatif Dengan Process Oriented Guided Inquiry Learning Pada Hasil Belajar*, (Online), (<http://journal.unnes.ac.id>), diakses pada tanggal 3 November 2015.
- Naseriazar, A., Sevinç, B., Özmen, H. & Badrian, A. 2010. *Tablet Pc-Based Instruction On Students' Understanding Of Chemical Equilibrium: A Case For Iran*. International Conference on New Trends in Education and Their Implications pada tanggal 11-13 November 2010 di Antalya-Turkey.
- Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: A review of research and the case of Turkey. *Journal Chemistry Education: Research and Practice*, 9, 225-233.
- Pintrich, P. R. 2003. *A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts*. *Journal of Educational Psychology*. 95 (4): 667-686.
- Piquette, J. S. & Heikkinnen H. W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1112-1134.
- Rusman. 2002. *Model-Model Pembelajaran: Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Solomonidou, C. & Stavridou, H. (2001). Design and development of a computer learning environment on the basis of students' initial conceptions and learning difficulties about chemical equilibrium. *Journal of Education and Information Technologies*, 6(1), 5-27.
- Tati, Zulkardi, dan Hartono, Y. 2009. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Kontekstual Pokok Bahasan Turunan di Madrasah Aliyah Negeri 3 Palembang. *Jurnal Pendidikan Matematika*, Volume 3, No. 1, Januari 2009
- Trianto. 2009. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Wina, S.H. 2012. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta : Prenada Media Group.

PEMBELAJARAN KIMIA FISIKA I (NKIM618) DENGAN PENDEKATAN SCIENCE TECHNOLOGY SOCIETY (STS)

Drs. Darsono Sigit, M.Pd.^a

^aDosen Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jln. Semarang 5, Malang

*Corresponding author's Email: darsono_sigit@yahoo.co.id

ABSTRAK

Upaya pendekatan pembelajaran Kimia Fisika I (NKIM618) yang inovatif, masih berlangsung sampai saat ini. Salah satu cara yang dilakukan untuk pembelajaran topik kesetimbangan fasa yang sampai saat ini dianggap membosankan dan kurang secepat dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan penerapannya dalam masyarakat saat ini. Solusi dari permasalahan tersebut, telah diupayakan Pendekatan Science Technology Society (STS) atau Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat (STM). Pendekatan STS bagi pembelajaran Kimia Fisika I, hakekatnya menghubungkan ilmu kimia fisika dan contoh teknologinya yang dipelajari mahasiswa dengan peluang penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Mahasiswa peserta Perkuliahan NKIM618 OFF A-A diikuti 25 mahasiswa Semester Gasal 2016/2017 perlu didampingi, agar selalu empati untuk mencari solusi terhadap permasalahan disekitarnya. Melalui pendekatan STS ini, mahasiswa peserta Perkuliahan NKIM618 OFF A-A sebanyak 35 Semester Gasal 2016/2017 telah dapat mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan Kimia Fisika I, utamanya topik Kesetimbangan Fasa dan teknologi yang sesuai dengan realita kehidupan.

Kata kunci: kimia fisika I; kesetimbangan fasa; sts.

ABSTRAK

In order to provide insight for the innovation of learning of Chemical Physics I (NKIM618), Approach Science Technology Society (STS) or Approach Science Technology Society (STM) was strived. Student participants in the subject course for NKIM618 OFF A Class-A followed by 25 students need to be accompanied, for solving their problem. This problem can be solved using STS with the approach of the realities life connected with the main topic of the Phase Equilibria and Technologies, so that they will be easy to understand.

Kata kunci: Physical chemistry I; Phase equilibria; STS

PENDAHULUAN

Kimia Fisika I (NKIM618) merupakan mata kuliah wajib pada Program Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM. Kimia Fisika I dilaksanakan pada Semester ketiga Gasal dengan beban 4 sks dan 4 jam perkuliahan, dengan matakuliah prasyarat NKIM608; NKIM602 ; NKIM601. Kompetensi perkuliahan : Menguasai secara komprehensif keadaan gas, cair, dan padat, sifat-sifat zat murni dan campuran serta dapat menjelaskan gejala-gejala kimia yang terkait berdasarkan hukum-hukum termodinamika. Bahan kajian diantaranya : Keseimbangan fasa: fasa, komponen, derajat kebebasan, aturan fasa, diagram fasa sistem satu komponen, persamaan Clapeyron, persamaan Clausius–Clapeyron, Keseimbangan uap-cair sistem campuran biner, tekanan uap campuran non ideal dan hukum Henry, sistem dua komponen fasa cair dan padat, topik khusus: pengaruh tegangan permukaan pada tekanan uap. (katalog FMIPA UM, Jurusn Kimia, 2014).

Mata kuliah Kimia Fisika I, saat ini sedang berlangsung pada Semester Gasal 2016/2017. Kelas (A-A), diikuti oleh mahasiswa sebanyak 25 mahasiswa Program Studi Pendidikan semester ketiga. Pada awal bulan November 2016, perkuliahan menginjak pada materi keseimbangan fasa. Sebelumnya pada pembelajaran yang sama, peneliti menerapkan model pembelajaran intruksi langsung (*direct instruction*) dengan langkah : 1. Menjelaskan tujuan pembelajaran tentang : kestimbangan fasa sistem satu komponen. 2. Menggambarkan diagram fasa air; diagram fasa CO₂ . 3. Melakukan pelatihan terbimbing untuk membaca diagram fasa air dan CO₂. 4. Menganalisis pemahaman dan memberikan umpan balik tentang hasil pembacaan mahasiswa tentang diagram fasa air dan CO₂. 5. Melatih mahasiswa untuk membaca diagram fasa air dan CO₂ menurut penentuan tekanan dan suhu yang dikehendaki mahasiswa. Selanjutnya dengan pola yang sama dilanjutkan dengan topik : Keseimbangan uap-cair sistem campuran biner, dengan hasil yang sama, mahasiswa telah memahami dengan baik tentang keseimbangan fasa satu komponen dan dua komponen keseimbangan uap-cair sismtem biner. Namun mahasiswa meras bosan dan belum mendapatkan tambahan keterampilan mengimplementasikan pengetahuannya tetang keseimbangan fasa ke masyarakat berupa ide inovatif implementasi pengetahuan tentang keseimbangan fasa. Mahasiswa diharapkan dapat mewujudkan idenya secepat dengan perkembangan ilmu pengetahuan, tehnologi saat ini.

Tambahan keterampilan mahasiswa mengimplementasikan pengetahuannya, salah satunya adalah dengan penerapan model *Science Technology Society* (STS atau STM) sains, teknologi dan sosial / masyarakat dengan pemberian tugas kelompok dilanjutkan tugas mandiri pada pembelajaran keseimbangan fasa. Karena STS/STM menyarankan pembelajaran keseimbangan fasa didekati melalui sains, tehnologi dan sosial/masyarakat. Diharapkan selain menekankan pada pemahaman konsep keseimbangan fasa, juga perlu melibatkan pemahaman mahasiswa terhadap hasil produksi tehnologi yang terkait dengan keseimbangan fasa, serta pemanfaatnya bagi dirinya dan masyarakat.

Penelitian penerapan model STS yang mengharapakan prestasi belajar mahasiswa yang berkualitas, dengan menyusun sendiri konsep-konsep di dalam struktur kognitifnya berdasarkan pada topik keseimbangan fasa yang telah mereka peroleh, berupa ide inovatif sebagai berikut : 1)Bagaimanakah kualitas hasil prestasi kelompok belajar mahasiswa tentang keseimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS ? 2)Bagaimanakah kualitas hasil prestasi belajar setiap mahasiswa tentang keseimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS ?.

A. Pendekatan *Science Technology Society* (STS)

Menurut Behiye Akcay, Hakan Akcay (2015). Pendekatan pembelajaran yang sering digunakan antara lain STS, merupakan sebuah pendekatan untuk merangsang pembelajaran, yang didasarkan pada teori konstruktivis. Pendekatan STS berpusat pada peserta didik, yang menghasilkan pertanyaan mereka sendiri bukan murni mengandalkan pertanyaan yang diberikan oleh orang lain. Berdasarkan pertanyaan mereka sendiri, peserta didik melihat pemahaman mereka sebelumnya dari masalah, dan fenomena. pertanyaan-pertanyaan peserta didik diarahkan lebih lanjut yang berfungsi untuk mendefinisikan masalah, solusi dan potensial, juga aspek lainnya. Pandang ini, yang memungkinkan peserta didik untuk melihat / melakukan ilmu dengan cara yang diketahui ilmuwan. Hal ini membuat ilmu lebih bermakna, menarik, dan tepat (Wilson & Livingston, 1996; Nworgu & Yager, 2004).

Duffy dan Cunningham (1996) berpendapat bahwa peserta didik harus melihat masalah sebagai hal yang penting dan pribadi yang relevan, merasa bahwasannya tindakannya yang berharga dan bukan hanya latihan, dan memiliki tanggung jawab dalam pengambilan keputusan. Menurut Grabinger (1996), ketika peserta didik mengambil kepemilikan situasi dan pembelajaran mereka sendiri, mereka mengembangkan lebih dalam dan lebih kaya struktur pengetahuan yang mengarah ke kemungkinan yang lebih tinggi dari transfer ke situasi baru. Singkatnya, peserta didik melihat masalah, mengambil kepemilikan, dan bertindak di atasnya. Memilih masalah dunia nyata sebagai masalah mengharuskan mereka untuk menggunakan konsep dan keterampilan proses seperti mengamati, mengklasifikasi, berkomunikasi, mengukur, menggunakan hubungan ruang / waktu, menggunakan angka, dan menyimpulkan dan memprediksi digunakan dalam hubungannya dengan keterampilan yang terintegrasi dari variabel mengendalikan dasar, Data interpretasi, merumuskan hipotesis, mendefinisikan secara operasional, dan bereksperimen (AAAS, 1990).

Blunck dan Yager (1990) menjelaskan bagaimana menerapkan STS modul di kelas. Fitur dan langkanya sebagai berikut : (1) peserta didik mengidentifikasi masalah-masalah yang memiliki kepentingan lokal dan dampaknya, (2) Peserta didik menggunakan sumber daya lokal untuk memecahkan masalah, (3) Peserta didik benar-benar terlibat dalam mencari informasi untuk memecahkan masalah kehidupan nyata, (4) Pembelajaran melampaui kelas, (5) Metodologi pengajaran fokus pada dampak sains dan teknologi di masing-masing peserta didik , (6) Sesuatu menekankan pada ilmu pengetahuan keterampilan proses yang dapat digunakan peserta didik untuk memecahkan masalah kehidupan nyata, (7) Sesuatu menekankan pada kesadaran karir yang berkaitan dengan ilmu dan teknologi.

B. Pendekatan *Science Technology Society* (STS) Penerapannya pada Pembelajaran Kimia Fisika I

Pendekatan pembelajaran dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang dosen terhadap proses pembelajaran, yang merupakan gambaran umum kegiatan belajar mengajar di dalam upaya bersama untuk mewujudkan tujuan pembelajaran diantaranya Kimia Fisika I, khususnya materi pembelajaran kesetimbangan fasa. Pendekatan *Science technology Society* (STS), dosen diharapkan selalu mengaitkan antara pengetahuan kesetimbangan fasa dan teknologi, serta penggunaan pengetahuan kesetimbangan fasa dan teknologi itu dalam masyarakat dan untuk dirinya sendiri. Selanjutnya tugas dosen meliputi : 1). Menanamkan pemahaman mahasiswa tentang : Kesetimbangan fasa sistem satu komponen, dengan melatih mahasiswa membaca diagram fasa air dan CO₂. Kesetimbangan fasa dua komponen cair – uap ideal, dengan melatih mahasiswa membaca diagram fasa P-X untuk larutan ideal pada T tetap. Melatih mahasiswa membaca diagram fasa T-X untuk larutan ideal pada P tetap. 2). Menanamkan pemahaman mahasiswa terhadap teknologi yang berkaitan dengan kesetimbangan fasa. Memberikan contoh tehnologinya diantaranya : mesin penggorengan vacum, pengering binatu vacum, mesin pengering industri; penyimpanan gas dalam tabung LPG. Oksigen cair dalam tabung. Es kering. Industri penyulingan minyak atsiri. 3). Memotivasi mahasiswa untuk memungkinkannya penggunaan pengetahuan kesetimbangan fasa di lingkungan masyarakat atau dalam kehidupan sehari-hari, melalui pemberian contoh, diantaranya : pembuatan minyak kelapa pada suhu rendah dan tekanan di bawah 1 atmosfer. Penyulingan bunga kenanga, daun cengkeh, sereh wangi; industri es krim dengan gas nitrogen; pompa ban isi gas nitrogen.

Agar pelaksanaan pembelajar STS berjalan dengan baik, dosen memberikan informasi tentang perkembangan tehnologi berkaitan dengan kesetimbangan fasa. Mahasiswa sebaiknya dianjurkan mengoleksi artikel-artikel tentang sains, teknologi dan penggunaannya dalam masyarakat yang berkaitan dengan kesetimbangan fasa. Selanjutnya mahasiswa diberikan pandangan, arahan, waktu yang cukup, agar dapat isu-isu perkembangan penerapan sains kesetimbangan fasa ke dalam tehnologi, dengan cara : 1). Mengumpulkan informasi dan fakta-fakta yang ada dimasyarakat. 2). Merumuskan pendapat secara berkolaborasi dalam kelompok. 3). Mengambil kesimpulan bersama tentang langkah-langkah kegiatan yang perlu dilaksanakan dalam penerapannya kepada masyarakat. 4). Merumuskan dampak positif maupun negatif, serta solusinya jika sains kesetimbangan fasa tersebut diterapkan kepada masyarakat. 5). Mengembangkan pemikiran kelompok menjadi pemikiran yang lebih mendalam menurut pemikiran pribadi, untuk dijadikan ide inovatif yang lebih terurai dan lebih dapat dilaksanakan dalam kehidupan masyarakat dikemudian hari.

METODE

Bentuk Penelitian

Penelitian deskriptif kualitatif ini bertujuan untuk mendeskripsikan kegiatan pembelajaran Kimia Fisika I yang sedang berjalan saat ini. Penelitian ini berupaya mendeskripsikan, mencatat, analisis dan menginterpretasikan kondisi yang sekarang ini terjadi dalam pembelajaran Kimia Fisika I, khususnya pada materi kesetimbangan fasa.

Subyek Penelitian dan waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Kimia FMIPA UM pada semester Gasal 2016/2017 pada akhir bulan Oktober s/d akhir bulan November 2016. Subyek penelitian adalah mahasiswa peserta perkuliahan Kimia Fisika I NKIM6188 kelas A-A sebanyak 25 mahasiswa, yang terbagi dalam enam kelompok belajar.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif, dengan lebih banyak bersifat uraian dari hasil studi dokumentasi. Data yang telah diperoleh akan dianalisis secara kualitatif serta diuraikan dalam bentuk deskriptif. analisis data adalah “proses mengatur urutan data, mengorganisasikannya ke dalam suatu pola, kategori dan uraian dasar. Tahapan analisis data kualitatif sebagai berikut:

- Membaca / mempelajari data dari hasil tugas 6 kelompok mahasiswa , dan tugas perorangan dari 25 mahasiswa dan menandai kata-kata kunci dan gagasan yang ada dalam data,
- Mempelajari kata-kata kunci ide inovatif tugas kelompok dan perorangan , berupaya menemukan tema-tema yang berasal dari kedua kelompok data tersebut.
- Menuliskan beberapa ‘model’ yang ditemukan.
- Mengkoding yang telah dikumpulkan dan selanjutnya meringkas menjadi pernyataan pernyataan.
- Mengkros cek ulang kepada subyek penelitian, tetang kecocokan kesimpulan dan apa yang telah dialami subyek berkaitan dengan penerapan pembelajaran kesetimbangan fasa dengan STS.
- Merangkai hasil kros cek ulang , untuk dijadikan kesimpulan penelitian.

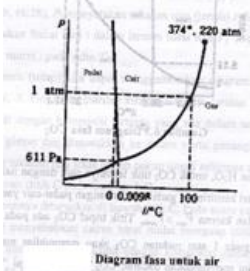
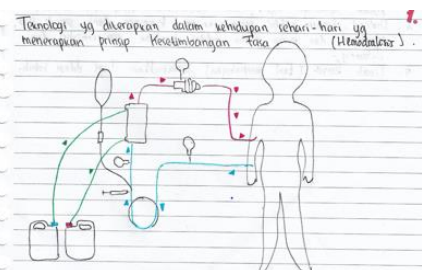
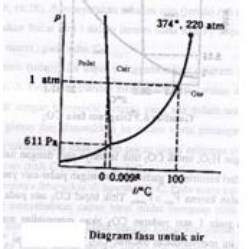
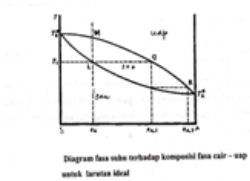
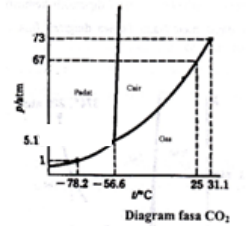
PEMBAHASAN

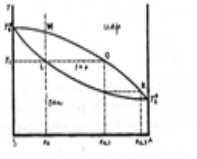
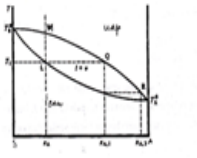
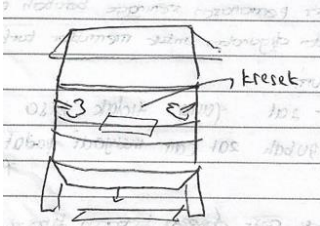
Hasil Tugas Kelompok

Hasil ide inovatif kelompok peserta Kimia Fisika I sebanyak 25 mahasiswa yang terbagi ke dalam enam kelompok belajar beranggotakan 4-5 mahasiswa setiap kelompok seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Pengetahuan Kimia Fisika Tetang Kesetimbangan Fasa ,Judul dan Kerangka Inovatif Implementasi Kepada Masyarakat dari Tugas Kelompok Mahasiswa

No.	Pengetahuan Kimia Fisika I	Judul dan Kerangka Inovatif Implementasi kepada Masyarakat
1	Kesetimbangan fasa gas-uap-padat	Alat hemodialisis (dializer), prinsip : - difusi : terjadi pergerakan dalam larutan dengan konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah, dengan cara menambahkan larutan garam dalam darah - konfeksi ; proses pergeseran secara bersamaan antara komponen zat terlarut (solute) dan pelarut (solvent). - ultrafiltrasi: pergerakan larutan solute dan pelarutnya / air diakibatkan oleh perbedaan tekanan atmosfer dengan cara menurunkan tekanan darah .

	 Diagram fasa untuk air	Prosedur : -darah diekstraksi : pemisahan antara komponen penyusun darah ukuran besar yang berguna bagi tubuh , dengan komponen penyusun darah yang berukuran kecil. Melalui ristula arterio vena. - darah dipindah ke tabung kemudian dialirkan ke dializer. - dalam dializer, larutan garam disebarakan dengan darah, tujuannya untuk menurunkan konsentrasi larutan darah. Dializer diproses melalui penyaringan , komponen darah seperti urea, kreatinin dan cairan ekstrak melalui membran semipermeabel dan dibuang. Darah bersih hasil penyaringan dimasukkan lagi dalam tubuh.  Teknologi yg diterapkan dalam kehidupan sehari-hari yg menerapkan prinsip Kesetimbangan Fasa (Hendriana)
2	Kesetimbangan fasa gas-uap padat  Diagram fasa untuk air	- pengangas ruangan; penghangas ruangan otomatis; alat pembekuan air dalam waktu 30 detik; kolam renang 3 in 1 (hangat, normal, beku/sky)
3	Kesetimbangan fasa uap-cair  Diagram fasa untuk komponen fasa cair-uap untuk larutan ideal	Pengolahan air buangan AC menjadi penghangas ruangan pada gerbong kereta api.
4	Kesetimbangan fasa gas-uap padat  Diagram fasa CO₂	Ekstraksi daun pepaya untuk deodoran; ekstraksi limbah kayu / gergajian untuk pembuatan kertas; ekstraksi daun min untuk penghangas ruangan.

5	Keseimbangan fasa uap-cair  Diagram fasa suhu terhadap komposisi fasa cair - uap untuk larutan ideal	Dobel pel; prinsip kerja dobel pel ini hampir mirip dengan vacuum dryer, dimana alat ini akan menyerap/ menghisap air yang ada dilantai (seperti setelah hujan). dengan kecepatan tinggi agar air bisa terserap dengan sempurna kedalam tabung penyimpan air. Prinsip kerjanya yaitu dengan mengatur keseimbangan suhu dan tekanan vacuum. Air yang ada dalam tabung akan dipanaskan sehingga menguap menjadi uap air (fase gasnya) yang selanjutnya akan disedot oleh pompa vacuum. Setelah melalui kondensor, uap air akan dialirkan menuju bagian bawah pada tempat mengeluarkan uap air untuk dijadikan sebagai pengepel basah. Pengepel basah ini bisa digunakan untuk mengepel lantai kering sehingga tidak perlu membasahi lantai kembali.
6	Keseimbangan fasa uap-cair  Diagram fasa suhu terhadap komposisi fasa cair - uap untuk larutan ideal	1. Sel pelapis untuk mempermudah pemotongan kayu Pada kayu terdapat banyak serat, sehingga apabila dipotong maka akan susah dan pada saat dipotong bisa tidak teratur atau masih tidak rata, kita dapat menambahkan gel dimana pada saat mesin dinyalakan gesekan antara mesin dengan kayu dapat membuat gel berubah fase menjadi cair serta memiliki perubahan suhu saat perubahan fase. Sehingga suhu yang dihasilkan dapat membantu gergaji atau alat pemotong lain dapat mempermudah pemotongan kayu. 2. Mesin cuci uap Mesin cuci uap tidak menggunakan air dalam membersihkan. Tetapi menggunakan uap air dan deterjen khusus yang mudah menguap. Sehingga pakai tidak basah namun tetap bisa bersih dan bebas kuman. 3. Re-use plastik Pada kresek yang lusut pasti malas untuk digunakan kembali. Oleh karena itu terdapat alat yang dapat menghilangkan kusut pada kresek dapat digunakan kembali seperti baru. Dengan menggunakan uap kita dapat meluruskan kusut yang terdapat pada kresek sehingga dapat digunakan seperti baru. 

Hasil Tugas Perorangan

Hasil ide inovatif kelompok peserta Kimia Fisika I sebanyak 25 mahasiswa yang merupakan tugas perorangan seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.2. Hasil Judul Ide Inovatif Setiap Peserta Kimia Fisika I Sebanyak 25 Mahasiswa dan Kerangka Inovatif Implementasi Kepada Masyarakat

No.	Judul Ide Inovatif	Kerangka Inovatif Implementasi kepada Masyarakat
1.	Biospry mentivera (mentimun dan aleo vera)	Aryah Zulfa Mukhlis 150331600574 St. Pnd Kemo / A ~ Biospray MantiVera ~ <pre> graph TD A[Pengumpulan Bahan] --> B[Pembuatan Elektrolit Aloe Vera] B --> C[Pembuatan air Mentimun] C --> D[Pencampuran elektrolit Aloe vera dengan Air Mentimun] D --> E[Pengemasan biospray] </pre> Pengumpulan Bahan: - Beberapa buah Mentivera - Mentimun - Madu - Air - Botol bekas parfum/biospray bersih Pembuatan Elektrolit Aloe Vera: - Dipotong-potong kecil Aloe vera, dimasukkan dalam mesin blender, ditambahkan beberapa sendok madu. - Diaduk dan di saring hasil pencampuran ke air siap diblender - Dididihkan dalam Lemari Es. Pembuatan air Mentimun: - Memasukkan beberapa potongan irisir mentimun 0,6-1,2 cm, dimasukkan itiran mentimun kedalam air yang sudah ditamabah beberapa liter jadi sayur. - Kemudian ditambahkan dalam beberapa jam akan dapat pla organik dengan penambahan air mentimun yang sudah jadi (produk kesehatan). Pencampuran elektrolit Aloe vera dengan Air Mentimun: - Elektrolit yang telah jadi ditambahkan dalam air mentimun kemudian diaduk hingga homogen. - Ditang untuk mempertahankan air biospray Pengemasan biospray: - Per biospray yang telah siap, kemudian dituangkan pada botol yang telah disiapkan.
2	Pemanfaatan udang cangkang udang sebagai bahan adsorben untuk penjernihan air pada aquarium dan kolam ikan	Pemanfaatan Limbah Cangkang Udang sebagai Bahan Adsorben untuk Penjernihan Air pada Aquarium dan Kolam Ikan <pre> graph LR A[Cangkang/Kuli udang] --> B[Dicuci dan dikeringkan] B --> C[Depigmentasi (layak)] C --> D[Deproteinasi (lactone) HCl] D --> E[Demineralisasi (penambahan KOH) 10%] E --> F[Desinfeksi] F --> G[Klorosan] G --> H[Disinfektan dalam cairan 0,1 M] H --> I[Dipukul 15 jam] I --> J[Diamper dengan larutan PEG] J --> K[Campuran homogen dituangkan ke air 2 gelas petri plastik] K --> L[Hidrogen peroksida] L --> M[Membentuk lapisan tipis (membran)] M --> N[diletakkan dari celahan] N --> O[diendapkan dalam NaOH 1M selama beberapa jam] O --> P[dicuci hingga netral] P --> Q[dikeringkan] Q --> R[Membuat klotan - Gorengan] </pre> Cara Kerja: Membran klotan → dimasukkan ke dalam air atau kolam / kolam ikan → Buatan beberapa → Air yang semula keruh dan kotor menjadi jernih.
3	Alat tulis spidol praktis tanpa menggunakan penghapus untuk menghapus	ALAT TULIS (SPIDOL) PRAKTIS TANPA MENGGUNAKAN PENGHAPUS UNTUK MENGHAPUS <pre> graph TD A[Bahan Dasar: Etil Alkohol] --> B[Membuat stek melingkar, tidak bertitik, berwujud corong] B --> C[Tangan dicelupkan dengan bahan dasar tersebut, seperti saat alat tulis biasa] C --> D[Gelas dicampurkan berbagai bahan dasar dan bahan lain spidol] D --> E[Yang mana itu membuat bisa menghapus tulisan baru termasuk tulisan lama] E --> F[Maka dari pencampuran bahan-bahan tersebut maka akan menghasilkan produk spidol yang berbeda dari produk spidol yang ada dipasaran, karena bahan tersebut akan menghasilkan tulisan yang mudah dihapus dengan cara menggosokkan tangan ke atasnya. Untuk menghapus dan tidak menimbulkan goresan untuk menghapus.] </pre>

4	Pemisahan etanol pada tape dengan alat destilasi sederhana produk rumahan ramah lingkungan.	Pemisahan Etanol pada Tape dengan Alat Destilasi Sederhana Produk Rumahan Ramah Lingkungan 4 Latar Belakang : Banyak masyarakat Indonesia yang gemar mengkonsumsi tape. Namun hal ini menjadi kerugian bagi warga sekitar karena menimbulkan bau tidak sedap. Tape tersebut hasil fermentasi adalah etanol yang tercampur dalam tape. Dengan alat ini bisa dipisahkan etanol tersebut dengan alat destilasi sederhana. Dengan menggunakan alat ini, maka etanol yang tercampur dalam tape dapat dipisahkan. Hal ini bisa dilakukan dengan alat destilasi sederhana yang menggunakan alat pemanas, alat pendingin, dan alat pengumpul. Destilasi yang digunakan dalam destilasi sederhana Merangki alat sebagai Destilasi sederhana Mengukur bahan-bahan ke alat-alat yang disediakan Mengamati proses berlangsung dan melakukan uji positif etanol 
5	“Handsbeck “ pembuatan hand sanitizer dari buah kundur	KERAMKA ILMIAH PEMBUATAN HANDSBECK 5 1. Buah kundur dicuci dan dipotong (atau dikupas) dengan cara dikupas (dikupas), kemudian matikan telan 4 jam lalu dikupas dalam air dengan suhu 60°C kemudian dituangkan dengan blender 2. Biji 0,5 g, ditambahkan air panas, dipanaskan selama 10 detik, dituangkan ke dalam 2 M. Setelah itu tidak boleh kejut ada sabun 3. Eterifikasi dengan menggunakan bahan buah kundur, dituangkan dengan metanol (1:1) dalam 30 menit. Sisa dipisahkan dan ampar 4. Sisa dipisahkan dengan rotavapor hingga kering 5. Dreflekt dengan petalun eter pada suhu 60°C - 80°C. Kertas dibersihkan dalam etil asetat dan kemudian dituangkan 3 x. Larutan dicampur dengan dan dituangkan dengan rotavapor. Sisa pengendapan dituangkan dalam metanol, ditelen, ditelen 6. Dituangkan dalam Air 7. Ditambahkan alkohol sedikit 8. Dikentalkan dengan larutan giberin
6	Alat penghangat ruangan dan pendingin ruangan	ALAT PENGHANGAT RUANGAN dan PENDINGIN RUANGAN (2 in 1) 6 Membuat kerangka Alat Merakit semua bahan menjadi satu kesatuan Pengimporan hasil listrik Penggunaan Alat Bahan : 1- Infrared heater (penghangat) 2. Konsumsi energi 3. Kondensor 4. Office Tube 5. Kapasitoransi 6. Evaporator (pendingin) Pada proses ini semua bahan dirakit, pertama-penghangat dan pendingin dipasang. Selanjutnya dengan bantuan listrik penghangat dan pendingin akan menghasilkan energi. - infrared heater bekerja dg menggunakan energi listrik. konsumsi energinya masih tergolong cukup tinggi - Evaporator menyerap panas dalam ruangan melalui humpuran pendingin.

7	Air kelapa sebagai bahan dasar pembuatan bioetanol	nda Chabika 150309817 Air Kelapa Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bioetanol
8	Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai pembangkit listrik	Fachrillo, Agumudo, Ruchdyo 150331605778 / OFFA PEMANFAATAN LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK
9	Pembuatan nitrogen dari udara menggunakan adsorben alam sekam padi dan alumina.	FIRDA CHYNTHIA DEVI Pembuatan Nitrogen dari Udara Menggunakan Adsorben Abu Sekam Padi dan Alumina
10	Pembuatan arang aktif yang aman dalam campuran makanan dengan menggunakan tongkol jagung.	INERE DAHLIA (15031600623) Pembuatan arang tongkol jagung aktif yang aman dalam campuran makanan dengan menggunakan

11	Douber pel solusi mengepel instan.	
12	Sepeda "MAGIC" pembangkit listrik	
13	Optimasi pembuatan bioetanol dari pohon bambu (bambuseae) sebagai sumber alternatif bahan bakar yang terbarukan.	
14	Absorpsi gas CO ₂	ABSORPSI GAS CO₂ - Absorpsi merupakan salah satu proses pemisahan dengan mengontakkan campuran gas dengan cairan sebagai penyerapannya - Hal-hal yang mempengaruhi dalam proses absorpsi: 1) zat yang diabsorpsi 2) Luas permukaan yg diabsorpsi 3) Temperatur 4) Tekanan - Alat dan Bahan - Alat : kolom absorpsi (labung tempat terjadinya proses absorpsi) - Bahan : absorben (air yang mengandung NaOH) * NaOH : dapat mengikat CO₂ - Rx : $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ * air : melarutkan bahan yg diabsorpsi - PROSES <pre> graph TD A[Udara] --> B[diaduk] B --> C[kolom bagian bawah] C --> D[terjadi perpindahan massa] D --> E[gas CO2 berpindah ke fase cair (terserap)] E --> F[Semakin ke bawah, air semakin kaya CO2] </pre> Syarat : 1) Laju alir air besar 2) Terdapat komposisi NaOH yg cukup 3) Suhu rendah a) Tekanan tinggi (< 4000-5000 kPa) 5) Laju alir gas kecil

[illegible]

18	Pembangkit listrik sederhana tenaga sampah	Pembangkit Listrik Sederhana Tenaga Sampah. Pemilihan Sampah → Sampah dipilih untuk memanfaatkan sampah yg musti dapat di daur ulang. Sisa sampah dimasukkan ke dalam tungku insinerator untuk dibakar. Pembakaran Sampah → Pembakaran sampah menggunakan teknologi pembakaran yang menggunakan berbagai efek dan aman bagi lingkungan. Efek pembakaran diperlihatkan dalam diagram pembakaran yang tinggi (di atas 1000°C). Asap yang keluar dari pembakaran juga dikondisikan untuk dapat sesuai dengan standar baku mutu asap gas buang. Pemanfaatan Panas → Hasil pembakaran sampah akan menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk memanaskan boiler. Uap panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin dan selang-selangnya menggerakkan generator listrik. Pemanfaatan Air Sisa Pembakaran → Sisa dari proses pembakaran berupa abu. Volume dan berat abu yang dihasilkan diperlihatkan hanya kurang 5% dari berat sampah semula sebelum dibakar. Abu akan dimanfaatkan untuk menjadi bahan baku pembuatan batako atau bahan bangunan lainnya.
19	Pengolahan air buangan AC menjadi pengharum ruangan	Pengolahan Air Buangan AC Menjadi Pengharum Ruangan Air Buangan AC → Disarkan ke dalam filter berupa saringan pasir, K.O (kawat saringan) → Dilakukan rekultivasi / polidifikasi → Disarkan akan diperoleh pengharum ruangan sesuai yg terdapat dalam jenis alam → keluar sebagai aroma jauh
20	Pemurnian air hujan untuk bahan dasar aquades (air aki)	KERANGKA PEMIKIRAN ULMIAH - Air hujan merupakan air yang tergolong pengeringan secara alami - Namun, air hujan saat sedang turun masih banyak mengandung yang berbahaya - Hal ini dapat di netralkan untuk pengisian air hujan telah komparasi, yaitu dengan air aki (aquades) AIR HAJAN → Ditampung dengan plastik. Juga menggunakan untuk hujan agar tidak terkontaminasi → Dilakukan pengaliran air yang terkandung didalamnya / Dilakukan pengaliran / Dilakukan pengaliran → Dibuatkan air hujan yang tidak terkontaminasi → Air yang murni diambil dalam ruang (ruang) tertutup → ASUADES
21	Pembangkit listrik dengan mesin treadmill.	Generator/pembangkit Listrik → Dibebankan pada lajuan dari treadmill yang bergerak → Magnet pada generator akan ikut berputar → Dihasilkan tegangan Listrik → Tegangan yang dihasilkan disimpan pada sebuah baterai → Potensial dalam baterai voltase ini akan disalurkan melalui sebuah kabel → Kabel berfungsi menyalurkan energi listrik yang terbentuk → Energi listrik yang sudah terbentuk bisa digunakan untuk menyalakan lampu

22	“Ublik aromatik” dari minyak jelantah	Diagram skema proses pembuatan “Ublik Aromatik” dari Minyak Jelantah:
23	Produksi bioetanol dari biner etanol (kesetimbangan etanol-air) teknik distilasi kolom reflux hasil fermentasi molase (tetes tebu)	Diagram skema proses produksi bioetanol dari molase:
24	Pembuatan bioetanol dari ampas parutan kelapa	SKEMA PROSES PRODUKSI BIOETHANOL DARI AMPAS PARUTAN KELAPA:
25	PATAS (Pemanfaatan ampas tebu (sacharum offissinarum .l) sebagai adsorben gas buang an pada kendaraan bermotor.	Diagram skema proses pembuatan karbon aktif dari ampas tebu:

Pembahasan Hasil Penelitian

Penelitian penerapan model STS yang mengharapkan prestasi belajar mahasiswa yang berkualitas, dengan menyusun sendiri konsep-konsep di dalam struktur kognitifnya berdasarkan pada topik kesetimbangan fasa yang telah mereka peroleh, berupa ide inovatif berkaitan dengan :

1. Kualitas hasil prestasi kelompok belajar mahasiswa tentang kesetimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS.

Mahasiswa belajar dalam enam kelompok kolaboratif, seluruhnya telah memahami tentang pengertian : fasa, komponen, derajat kebebasan, aturan fasa, sistem satu komponen, diagram fasa untuk air, diagram fasa untuk CO_2 , sistem dua komponen kesetimbangan uap-cair, ditandai dengan :

1). Keenam kelompok kolaboratif, telah dapat menuliskan judul dan kerangka inovatif implementasi kepada masyarakat :

(1). Alat hemodialisis (dializer);

(2). Penghangat ruangan; pengharum ruangan otomatis; alat pembekuan air dalam waktu 30 detik; kolam renang 3 in 1 (hangat, normal, beku/sky).

(3). Pengolahan air buangan AC menjadi pengharum ruangan pada gerbong kereta api.

(4). Ekstraksi daun pepaya untuk deodoran; ekstraksi limbah kayu / gergajian untuk pembuatan kertas; ekstraksi daun min untuk pengharum ruangan.

(5). Dobel pel.

(6). Sel pelapis untuk mempermudah pemotongan kayu; Mesin cuci uap; Re-use plastik .

2). Kelompok yang dapat menyebutkan langkah/ prinsip kerja perangkat inovatifnya sebanyak tiga kelompok dari keenam kelompok belajar.

3). Kelompok yang dapat menggambarkan kerangka teknik, sebanyak dua kelompok dari keenam kelompok belajar.

4). Kualitas hasil prestasi kelompok belajar mahasiswa tentang kesetimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS, masih perlu ditingkatkan dan upaya yang sedang dilakukan saat ini perlu mendapatkan apresiasi dari semua pihak yang terkait.

2. Kualitas hasil prestasi belajar setiap mahasiswa tentang kesetimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS.

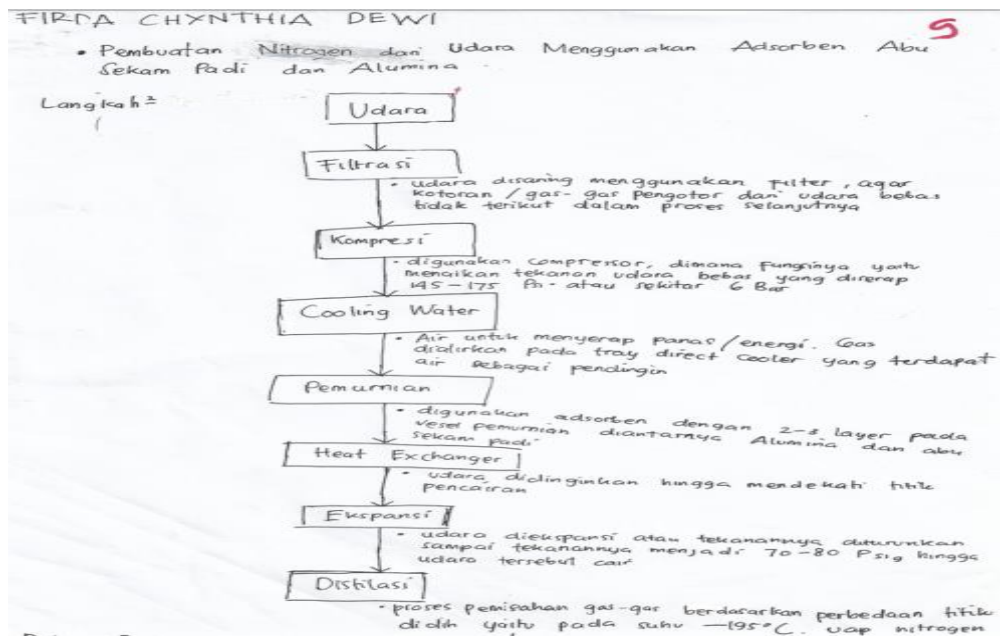
Mahasiswa belajar dalam enam kelompok kolaboratif, tentang pengertian : fasa, komponen, derajat kebebasan, aturan fasa, sistem satu komponen, diagram fasa untuk air, diagram fasa untuk CO_2 , sistem dua komponen kesetimbangan uap-cair. Selanjutnya diberikan oleh dosen tugas kelompok tentang implementasi sains kesetimbangan fasa kepada masyarakat. Tugas berikutnya, pada setiap mahasiswa diminta untuk menyusun implementasi hasil pembelajaran kesetimbangan fasa dalam bentuk ide inovasi yang dapat diterapkan dimasyarakat, dilengkapi dengan langkah / kerangka kerja instrumen hasil inovasi setiap mahasiswa tersebut. Hasil belajar dari 25 mahasiswa subyek penelitian telah didapatkan :

1). Keseluruhan dari 25 mahasiswa telah dapat menuliskan ide inovatifnya.

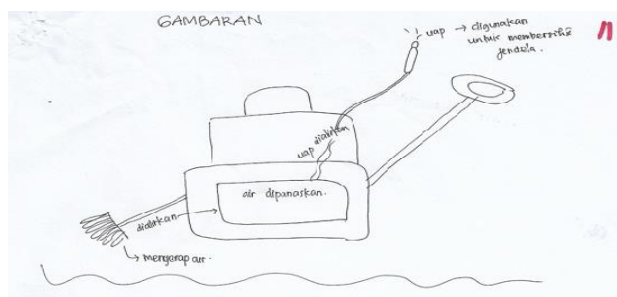
2). Sebanyak 24 kerangka inovatif implementasi kepada masyarakat telah tersusun dari keseluruhan sebanyak 25 mahasiswa. Kerangka inovatif yang belum terangkai adalah tentang “Sepeda “MAGIC” pembangkit listrik”

3). Beberapa ide inovatif, perlu mendapatkan apresiasi lebih, karena tergolong ide inovasi baru , antara lain :

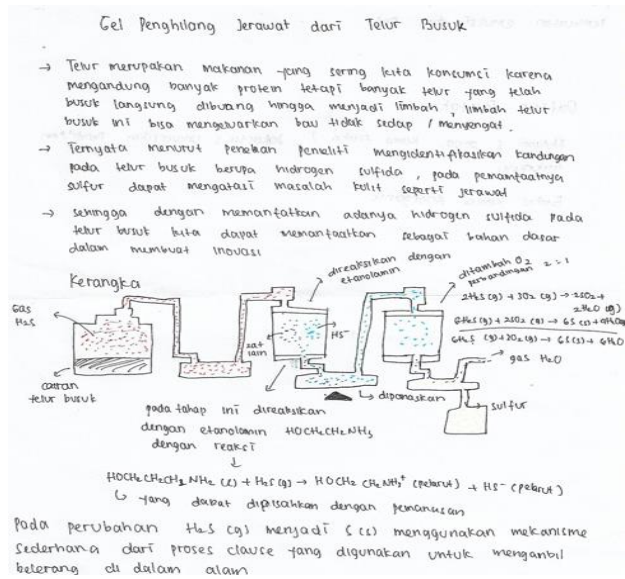
(1). Pembuatan nitrogen dari udara menggunakan adsorben alam sekam padi dan alumina.



(2). Douber pel solusi mengepel instan.



(3). Gel penghilang jerawat dari telur busuk



(4). Pemurnian air hujan untuk bahan dasar aquades (air aki)



4). Kualitas hasil prestasi belajar setiap mahasiswa tentang kesetimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS, masih perlu ditingkatkan dan upaya yang sedang dilakukan saat ini perlu mendapatkan apresiasi dari semua pihak yang terkait.

5). Sebanyak 25 mahasiswa Semester Gasal 2016/2017 telah berempati dengan permasalahan di masyarakat, ditandai telah dapat menyusun ide inovatif yang mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan Kimia Fisika I, utamanya topik Kesetimbangan Fasa dan teknologi yang sesuai dengan realita kehidupan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Melalui penerapan pendekatan STS ini, mahasiswa peserta Perkuliahan NKIM618 OFF A-A sebanyak 25 Semester Gasal 2016/2017 telah dapat mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan Kimia Fisika I, utamanya topik Kesetimbangan Fasa dan teknologi yang sesuai dengan realita kehidupan, meliputi:

1. Keenam kelompok kolaboratif yang beranggotakan 4-5 mahasiswa dari 25 mahasiswa, telah dapat menuliskan judul dan kerangka inovatif implementasi kepada masyarakat.
2. Sebanyak 25 mahasiswa Semester Gasal 2016/2017 telah berempati dengan permasalahan di masyarakat, ditandai telah dapat menyusun ide inovatif yang mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan Kimia Fisika I, utamanya topik Keseimbangan Fasa dan teknologi yang sesuai dengan realita kehidupan.
3. Beberapa ide inovatif, tergolong ide inovasi baru, antara lain :
 - (1). Pembuatan nitrogen dari udara menggunakan adsorben alam sekam padi dan alumina.
 - (2). Douber pel solosi mengepel instan.
 - (3). Gel penghilang jerawat dari telur busuk
 - (4). Pemurnian air hujan untuk bahan dasar aquades (air aki)

Saran-saran

1. Kualitas hasil prestasi kelompok belajar mahasiswa dan individu tentang keseimbangan fasa yang diajarkan dengan model STS, masih perlu ditingkatkan dan upaya yang sedang dilakukan saat ini perlu mendapatkan apresiasi dari semua pihak yang terkait.
2. Beberapa ide inovatif, perlu mendapatkan apresiasi lebih, karena tergolong ide inovasi baru.

PENUTUP

Hasil pembelajaran kelarutan dan K_{sp} melalui inkuiri terbimbing dipadu pelatihan metakognisi (IT+PM) pada siswa SMA Negeri 1 Pandaan adalah:

- (1) Pemahaman konseptual siswa sebelum pembelajaran berlangsung baik pada siswa yang dibelajarkan dengan IT+PM maupun IT-PM tidak jauh berbeda.
- (2) Capaian pemahaman konseptual siswa setelah mengikuti pembelajaran IT+PM lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan IT-PM.
- (3) Peningkatan pemahaman konseptual siswa yang dibelajarkan dengan IT+PM lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan dengan IT-PM.

DAFTAR RUJUKAN

- Behiye Akcay, Hakan Akcay, 2015. *Effectiveness of Science-Technology-Society (STS) Instruction on Student Understanding of the Nature of Science and Attitudes toward Science*. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology. Volume 3, Number 1, January 2015, Page 37-45 ISSN: 2147-611X.
- David W. Moore, 2009, *Direct Instruction: Targeted Strategies for Student Success*. Best Practices in Secondary Education. SEB21-0414A.
- Citation: Huitt, W., Monetti, D., & Hummel, J. (2009). Designing direct instruction. Pre-publication version of chapter published in C. Reigeluth and A. Carr-Chellman, *Instructional-design theories and models: Volume III, Building a common knowledgebase* [73-97]. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Retrieved from <http://www.edpsycinteractive.org/papers/designing-direct-instruction.pdf>.
- Mary Ratcliffe, 2001, *Science, Technology and Society in school science Education*. School Science Review, March 2001, 82(300).
- Sudrajat, Akhmad. 2008. *Pengertian Pendekatan Strategi Metode Teknik Taktik dan Model Pembelajaran*, (Online), (<http://akhmadsudrajat.wordpress.com/2008/09/12/pengertian-pendekatan-strategi-metode-teknik-taktik-dan-model-pembelajaran.html>, diakses 02 November 2009).
- Suryo, Roy. 2008. *Pendekatan Discovery, Inquiry, dan STS Dalam Pembelajaran Fisika*, (Online),
- Zaifbio. 2009. *Pendekatan Pembelajaran*, (Online), (<http://zaifbio.wordpress.com/2009/07/01/pendekatan-pembelajaran.html>, diakses 02 November 2009).
- Yohanes. 2009. *Metode Pembelajaran*, (Online), (<http://yastaki56.spaces.live.com/Blog/cns!669E85C7CBD2F075!946.html>, diakses 02 November 2009).

MODEL PEMBELAJARAN DAUR BELAJAR REPRESENTASI (DBR) DALAM PEMBELAJARAN KIMIA

Herunata^a

^aJurusan Kimia FMIPA universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang 65145, Telp: 0341-551334

*Corresponding author's Email: Herunat.fmipa.um.ac.id

ABSTRAK

Pada dua dekade terakhir, fokus studi pengembangan pendekatan belajar dan mengajar kimia lebih ditekankan pada tiga tingkat representasi yaitu makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik. Penggunaan ketiga tingkat representasi merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam pembelajaran kimia (Talanguer, 2011:179). Pada pembelajaran kimia, fenomena pada tingkat mikroskopik dapat dikonseptualisasikan dalam entitas sub-mikroskopik dan diterjemahkan ke dalam tingkat representasi simbolik (Wu, 2003). Hal ini menunjukkan adanya interaksi antar tingkat representasi. Interaksi dan perbedaan antara ketiga tingkat representasi adalah karakteristik penting dalam pembelajaran kimia dan diperlukan dalam memahami konsep-konsep kimia. Karenanya diperlukan kompetensi yang cukup untuk menafsirkan dan menggunakan ketiga tingkat representasi secara terpisah serta mampu menerjemahkan dan menghubungkan antar ketiga tingkat representasi. Kompetensi tersebut berkaitan dengan kompetensi representasi (*representational competence*). Penulis mengajukan model pembelajaran daur belajar representasi (DBR) sebagai alternatif model pembelajaran yang mengakomodasi kecukupan kompetensi representasi. DBR dikembangkan dan dikaji penulis dari ide *Problem-based Science* yang dilekatkan (*embeded*) dengan lima fase representasi (Koozzma & Russel, 2005). Hasil pengembangan dan kajian ide ini adalah penambahan fase orientasi (*orientation*) dan fase pelaksanaan pada (*execute*) dengan penekanan pada penyelidikan konseptual dan penyelidikan laboratoris yang masing-masing berposisi setara dalam sebuah rangkaian fase yang bersambungan (berdaur).

Kata Kunci: daur belajar representasi (DBR), makroskopik, submikroskopik, simbolik, kompetensi representasi, *problem-based science*.

ABSTRACT

In the last two decades, the focus of developmental studies of chemistry learning and teaching approaches was more emphasis on the three levels of representation that is macroscopic, submicroscopic and symbolic. The use of the three levels of representation are an integral part of chemistry learning (Talanguer, 2011: 179). In the study of chemistry phenomena, the microscopics level can be conceptualized in submicroscopics entity and translated into the level of symbolics representation (Wu, 2003). This shows the interaction between the level of representation. Interactions and differences between the three levels of representations are important characteristics in chemistry learning and needed in the chemistry concepts understanding. Hence, they require sufficient competence to interpret and use the three level of representations separately and be able to translate and connect between the three levels of representations. The competence relates to representational competence. The author proposes the learning cycle representation (DBR) learning model as an alternative learning models that accommodate the adequacy of representational competence. DBR was developed and studied by the writers from the ideas about *Problem-based Science* was embedded with a phase-five representations (Koozzma & Russell, 2005). The results of the development and study of this idea is the addition of the orientation phase and the implementation phase (*execute*) with emphasis

on the conceptual investigation and laboratory investigations are respectively equivalent position in a series of continuous phase (cycle).

Keywords: representational learning cycle (DBR), macroscopic, submicroscopic, symbolic, representational competence, *problem-based science*

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan komposisi dan sifat-sifat dari berbagai bentuk materi. Di dalamnya akan banyak kita jumpai keabstrakan materi yang berupa atom dan molekul yang tidak dapat diamati secara langsung. Komposisi, sifat-sifat, dan keabstrakan materi ini oleh para ahli pembelajaran kimia disampaikan dalam tiga tingkat representasi (Gilbert, 2005:14), yaitu tingkat: makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik. Ketiganya adalah ciri khas representasi yang berlaku dalam pembelajaran kimia yang merupakan bagian terbatas dalam representasi ganda (*multiple representations*).

Penggunaan ketiga tingkat representasi merupakan bagian yang tak terpisahkan dalam pembelajaran kimia (Talanger, 2011:179). Pada pembelajaran kimia, fenomena pada tingkat mikroskopik seperti reaksi kimia dapat dikonseptualisasikan dalam entitas submikroskopis seperti atom dan molekul dan diterjemahkan ke dalam tingkat representasi simbolik seperti lambang unsur, rumus kimia dan persamaan reaksi (Wu, 2003). Hal ini menunjukkan adanya interaksi antar tingkat representasi. Interaksi dan perbedaan antara tiga tingkat representasi adalah karakteristik penting dari pembelajaran kimia dan diperlukan dalam memahami konsep-konsep kimia. Penulis menduga, transisi di antara ketiga tingkat representasi sering kali menimbulkan kesulitan tersendiri. Oleh karena itu tiga tingkat representasi dalam pembelajaran konsep kimia selalu menjadi sumber permasalahan di banyak penelitian-penelitian kimia. Ada banyak bukti dari penulisan-penulisan sebelumnya baik dalam lingkup global maupun lokal bahwa siswa/mahasiswa tingkat awal memiliki kesulitan yang tinggi dengan tiga tingkat representasi yang berkaitan dengan partikel-partikel tak terlihat seperti elektron, atom, molekul dan ion (Kabapinar, 2007; Davidowitz, Chittleborough, & Murray, 2010; Tsaparris, Kolioulis, & Pappa, 2010; Ozmen, 2011) dan (Herunata, 2003, 2005; Laliyo, 2011; Sulistyowati & Poedjiastoeti, 2013). Bahkan calon-calon sarjana kimia (Gilbert, 2005:14) juga mengalami dua kesulitan sekaligus ketika mengidentifikasi konsep-konsep di tingkat makroskopik dan memahami representasi tingkat simbolik dari peristiwa kimia yang disampaikan bila pemahaman mereka pada tingkat simbolik juga lemah. Dengan kata lain, hingga saat ini masih terdapat kesulitan dalam memahami tingkat representasi baik dalam representasi tunggal maupun antar tingkat representasi. Dengan demikian, kesulitan-kesulitan ini sesungguhnya bersumber pada karakteristik ilmu kimia dan pembelajarannya.

Pembelajaran ilmu kimia, dalam prakteknya tampaknya lebih banyak menekankan pada aspek makroskopik, sedangkan aspek sub-mikroskopiknya hanya diberi porsi kecil, termasuk di dalam buku-buku teks ilmu kimia selevel sekolah menengah atau diktat kimia dasar. Dengan demikian penting kiranya untuk mengangkat tiga tingkat representasi sebagai bagian penting dalam pembelajaran kimia agar siswa/mahasiswa mempunyai kompetensi yang cukup untuk menafsirkan dan menggunakan ketiga tingkat representasi secara terpisah serta mampu menerjemahkan dan menghubungkan ketiga tingkat representasi. Kompetensi ini berkaitan dengan kompetensi representasi.

Dengan dilatarbelakangi uraian di atas, penulis bermaksud mengkaji model pembelajaran yang berpotensi meningkatkan pemahaman konsep-konsep kimia dan kompetensi representasi. Pembelajaran dengan model pembelajaran yang dipilih oleh penulis didasarkan pada hasil studi pustaka penulis terhadap berbagai model pembelajaran yang diaplikasikan sedikit mengakomodasikan kepentingan-kepentingan seperti paparan di atas. Selain itu model pembelajaran ini menawarkan alternatif model pembelajaran yang di dalamnya selain berisi menyajikan konsep-konsep pokok juga menyajikan konsep-konsep prasyarat, tiga tingkat representasi, dan petunjuk praktikum dan/atau penyelidikan ilmiah yang terintegrasi.

KOMPETENSI REPRESENTASI

Kozma dan Russel (2005: 131-133) menyatakan secara eksplisit kompetensi representasi sebagai suatu terminologi yang digunakan untuk menguraikan sejumlah keterampilan dan praktik yang digunakan untuk menguraikan sejumlah keterampilan dan praktik yang merefleksikan penggunaan keanekaragaman representasi. Lebih lanjut disampaikan bahwa ketrampilan untuk menguasai kompetensi representasi mencakup tujuh aspek ketrampilan representasi, meliputi:

- 1) menggunakan representasi untuk mendeskripsikan fenomena kimia berdasarkan entitas dan proses molekular;
- 2) memilih suatu representasi dan memberikan eksplanasi mengapa representasi itu sesuai untuk tujuan tertentu;
- 3) menggunakan kata-kata untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola fitur-fitur representasi tertentu (seperti : perilaku molekul dalam suatu animasi);
- 4) mendeskripsikan dan mengeksplanasi bagaimana representasi yang berbeda menyatakan sesuatu yang sama;
- 5) menghubungkan berbagai representasi dengan memetakan fitur-fitur suatu jenis representasi ke dalam jenis representasi lain dan mengeksplanasi hubungannya;
- 6) mengambil posisi epistemologi representasi yang sesuai atau memiliki perbedaan dari fenomena yang diobservasi; dan
- 7) menggunakan representasi dan fitur-fiturnya dalam situasi sosial untuk membuat inferensi dan prediksi tentang fenomena kimia yang diobservasi.

Struktur konseptual dan kemampuan-kemampuan tersebut diorganisasikan menjadi lima level kompetensi representasional mulai dari level terendah yang merupakan representasi fitur-fitur permukaan oleh pemula hingga karakteristik representasi oleh para ahli, yaitu:

- 1) representasi sebagai penggambaran;
- 2) keterampilan simbolisasi awal;
- 3) penggunaan sintak pada representasi formal;
- 4) penggunaan sintak pada representasi formal;
- 5) reflektif, penggunaan retorika pada representasi (Kozma & Russell, 2005).

PEMBELAJARAN YANG MENGAKOMODASI KOMPETENSI REPRESENTASI

Beberapa penulisan tentang pembelajaran yang mengakomodasi kompetensi representasi telah dilakukan, misalnya oleh Chittleborough & Treagust (2007), Stieff (2011), dan Hilton & Nichols (2011). Fokus dari penulisan-penulisan ini adalah penerapan kurikulum kimia, pedagogis, instrumen penilaian, dan faktor-faktor kontekstual kelas. Selain itu, subyek dalam sebagian besar penulisan ini adalah siswa, mahasiswa, sarjana, pasca sarjana dan bahkan pakar kimia, sehingga subyek penulisan tidak terbatas pada tingkat usia dan tingkat pendidikan. Namun demikian, penulisan-penulisan tersebut tidak menampilkan kerangka kerja (*framework*) model pembelajaran yang memadai untuk dikembangkan lebih lanjut karena umumnya dilakukan pada sebuah model pembelajaran yang ditempel (*embedded*) dengan media saja.

Selain terbatasnya kerangka kerja model pembelajaran berbasis representasi, Stieff (2011) menyampaikan pendapat bahwa guru memiliki peran yang penting dalam membantu siswa memahami dan menggunakan tingkat representasinya. Bagian penting dari peran guru dalam pembelajaran tersebut adalah menyediakan konteks pembelajaran (*scaffolding*) yang sesuai, misalnya pendekatan pembelajaran, sumber daya, dan umpan balik kepada siswa. Hal ini sangat penting dalam pembelajaran kimia karena siswa tidak hanya menggunakan dan memahami tingkat-tingkat representasi, tetapi mereka juga harus mahir menerjemahkan dan menghubungkan antar tingkat representasi untuk mengembangkan pemahaman konseptual dan kemampuan dalam menjelaskan konsep-konsep pada tingkat makroskopik, sub-mikroskopik dan simbolik.

Dengan demikian siswa mempunyai kemampuan yang cukup untuk bergerak dari level terendah ke level tertinggi dalam skala level-level tingkat kompetensi representasi. Kemampuan representasi tersebut, menurut Kozma dan Russel (2005:1340) dapat dibangun dengan baik dalam sebuah proses pembelajaran inkuiri. Inkuiri yang dimaksud adalah inkuiri dalam kerangka *Project-based Science*.

KERANGKA PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN DAUR BELAJAR REPRESENTASI (DBR)

Model pembelajaran berbasis tingkat representasi yang ditunjukan untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kompetensi representasi belum banyak dikaji dan dipraktikkan. Dalam jurnal-jurnal internasional yang dikaji penulis, pembelajaran umumnya dilakukan dengan model pembelajaran yang ditempel (*embedded*) dengan media. Menurut penulis pembelajaran-pembelajaran ini belum memiliki kerangka kerja pembelajaran representasi yang baku dan bersifat temporer.

Kozma dan Russel (2005:134) menawarkan ide yang berbeda, tidak hanya media yang ditempelkan tetapi representasi diintegrasikan secara langsung ke dalam model pembelajaran *Problem-based Science* (PBS) yang diadopsi dari *Project-based Science*/PBS Krajcik, Blumenfeld, Mars, Bass, dan Fredicks (1998). PBS ini menggunakan pendekatan lima fase penyampaian representasi. Dengan integrasi representasi maka jadilah PBS yang di-*embedded* dengan lima fase representasi. Hasilnya diperoleh sintaks baru yang berorientasi tingkat representasi, yaitu: penyampaian pertanyaan (*pose question*), perencanaan (*plan*), pelaksanaan (*execute*), analisis (*analyze*), dan penyampaian temuan (*present finding*). Secara umum fase-fase PBS yang di-*embedded* dapat diuraikan secara singkat, yaitu:

- Penyampaian pertanyaan (*pose question*)
Dalam fase ini aktifitas yang dilakukan siswa adalah menuliskan pengalaman pribadi dan menyusun pertanyaan sesuai dengan pengetahuan yang telah dimilikinya, membuat prediksi hasil penyelidikan, serta memutuskan kelayakan penyelidikan yang akan dilakukan dan manfaatnya. Pertanyaan dan prediksi disampaikan secara verbal dalam lingkup representasi.
- Perencanaan (*plan*)
Dalam fase ini siswa mendesain penyelidikan yang akan dilakukan meliputi penentuan variabel, alat ukur, dan pengelolaan datanya.
- Pelaksanaan (*execute*)
Dalam fase ini siswa menyusun perangkat yang dibutuhkan, melakukan penyelidikan dalam fase ini adalah bagaimana data yang akan diperoleh apakah dalam bentuk angka, gambar, atau diagram.
- Analisis (*analyze*)
Dalam fase ini siswa mentransformasi jenis data, menganalisis data, dan menginterpretasi data. Keseluruhan data berguna untuk menyusun argumen, penjelasan, dan menyimpulkannya.
- Penyampaian temuan (*present finding*)
Dalam fase ini pada akhirnya siswa-siswa akan saling bertukar informasi, berbagi, mengklarifikasi ide/konsep, memberi dan menerima umpan balik, serta membuat artifak.

Berkaitan dengan fase pertama, pertanyaan yang baik akan mengarahkan konteks penyelidikan dan/atau percobaan pada situasi pembelajaran yang lebih kaya isi dan lebih bermakna (Brown dan Abell, 2007:59). Menurut Cook, Wibe, dan Carter (2008:851), bagi pelajar pemula, yang baru memasuki pembelajaran tingkat makroskopik, sub-mikroskopik, dan simbolik, akan mengalami kesulitan proses pembelajarannya. Hal ini disebabkan sebagian besar dari mereka memiliki sedikit pengetahuan tentang tingkat – tingkat representasi bahkan ada yang tidak punya sama sekali. Pengetahuan ini tersimpan dalam potongan kecil memori (*small chunking*) dan daya panggilnya lemah. Pada saat membangun pemahamannya, umumnya pelajar pemula hanya fokus pada fenomena yang tampak saja, sehingga dalam banyak kasus, mereka hanya menguasai tingkat representasi makroskopik dan sedikit tingkat representasi makroskopik dengan representasi molekuler (submikroskopik). Jika mereka mencoba untuk menggabungkan tingkat representasi makroskopik dan submikroskopik, mereka akan mengalami masalah dalam mengidentifikasi fitur-fitur konseptual yang relevan. Siswa dengan sedikit pengetahuan awal tingkat representasi umumnya berfokus pada fitur permukaan saja untuk membuat hubungan antar tingkat representasi. Walaupun demikian, penguasaan fitur permukaan yang sedikit akan mendasari tema representasi yang dipelajarinya (Wu, Krajcik, dan Soloway, 2001). Dengan fitur permukaan saja, mereka kesulitan menemukan kesamaan abstraksi antar tingkat representasi, sehingga mereka mudah disesatkan oleh kesamaan fitur permukaan antara tingkat makroskopik dan sub-mikroskopik. Mereka salah mempresentasi dan gagal untuk membangun

pemahaman yang bermakna sehingga kompetensi representasinya rendah, oleh karena itu di fase awal perlu disampaikan orientasi tentang tingkat-tingkat representasi yang terkait dengan materi yang akan dipelajarinya. Colley (2008:25) berpendapat perlunya orientasi di awal fase dalam bentuk diskusi untuk menentukan hasil pembelajaran yang akan dilakukan, pentingnya kolaborasi, dan mengecek pemahaman konsep awal secara verbal dan terkait dengan tingkat representasi yang dibutuhkan. Umumnya orientasi ini hanya diawal saja, karena hasil pembelajaran PBS akan menjadi fase orientasi di PBS selanjutnya.

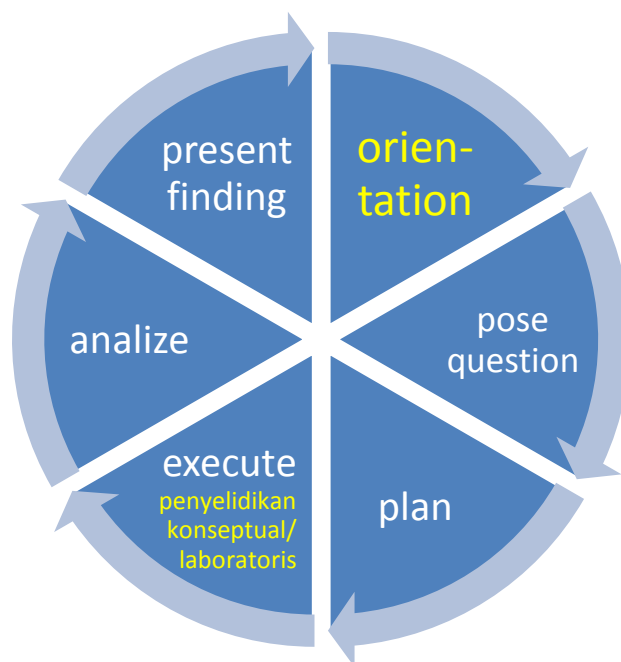
Fase kedua, perencanaan (plan), merupakan tahap lanjut dari pertanyaan yang sudah disusun. Pertanyaan ini akan dikategorikan sebagai pertanyaan experimental ataukah deskriptif. Jika pertanyaannya experimental maka perencanaan yang disusun adalah prosedur percobaan sedangkan pertanyaan deskriptif yang disusun adalah prosedur penyelidikan konseptual. Williamson dan Jose (2009;71-88) menyampaikan sejumlah teknik yang digunakan untuk mendapatkan data penggambaran mental fenomena kimia di tingkat makroskopik dan sub-mikroskopik. Percobaan di laboratorium, demonstrasi fenomena kimia, dan simulasi eksperimen digunakan untuk penggambaran mental di tingkat makroskopik. Di tingkat mikroskopis penggambaran mental dapat dilakukan sesuai tujuannya, misalnya : bermain peran partikel untuk menunjukkan proses kimia, menggunakan model fisik untuk mempresentasikan atom dan molekul misalnya model ball & stik, menggunakan software komputer untuk permodelan molekul dan rotasinya, menggunakan animasi komputer untuk menunjukkan partikel-partikel dalam sebuah proses kimia, dan menggunakan komputer interaktif untuk mengontrol gerakan dan perilaku partikel. Fase plan, yang menyangkut pekerjaan percobaan dan penyelidikan konseptual, akan menentukan penggambaran mental yang diperlukan di fase ketiga, execute, dan fase keempat, analyze, apakah akan berkerak dari tingkat makroskopik ke submikroskopis atau sebaliknya dari tingkat sub-mikroskopik ke makroskopik. Pemikiran tentang transisi tingkat representasi dalam konteks kompetensi representasi menjadi dominan.

Pemikiran tentang ketrampilan bertransisi ini erat kaitannya dengan kompetensi representasi. Semakin tinggi kemampuan berinteraksi semakin tinggi pula kemampuan berrepresentasi. Kemampuan yang tinggi ini bisa diperoleh bila siswa mempunyai gambaran mental memori kerja yang baik. Penggambaran mental dipengaruhi faktor konseptual (C), penalaran (R) dan bentuk representasi (M) (Schonborn dan Anderson, 2010:347-354). Implikasi dari hubungan antar faktor-faktor tersebut adalah diketahuinya adanya kemampuan siswa untuk:

1. Menterjemahkan (*decode*) bahasa simbolik sebuah representasi eksternal;
2. Mengevaluasi kekuatan, keterbatasan, dan kualitas representasi eksternal;
3. Menginterpretasikan dan menggunakan representasi eksternal untuk menyelesaikan masalah;
4. Memanipulasi keruangan (*spatially manipulator*) pada sebuah representasi eksternal untuk menginterpretasi dan menjelaskan sebuah konsep;
5. Mengkonstruksi representasi dan menjelaskan sebuah konsep;
6. Mentranslasi secara horizontal antar representasi eksternal;
7. Mengurutkan visualisasi berdasarkan jarak, ukuran relatif, dan skalanya

Berdasarkan penjelasan ini maka siswa dengan pengetahuan awal yang cukup mampu untuk bertransisi antar tingkat representasi. Bila pertanyaannya verbal maka perencanaan, pelaksanaan, dan analisisnya berbasis penyelidikan konseptual. Siswa akan bergerak dari tingkat simbolik atau sub-mikroskopik ke tingkat representasi lainnya. Sebaliknya, bila pertanyaannya laboratoris. Siswa akan bergerak dari tingkat makroskopik ke tingkat representasi lainnya. Dengan demikian diperlukan keluwasan gerak penyelidikan konseptual dan penyelidikan laboratoris.

Berdasarkan uraian tersebut, model pembelajaran PBS dengan lima fase tingkat representasi akan direkonstruksi dengan menambahkan orientasi, dan fase pelaksanaan (*execute*) dengan penekanan pada penyelidikan konseptual dan penyelidikan laboratoris yang berposisi seimbang dalam sebuah rangkaian fase yang bersambung (berdaur). Penulis menamai hasil rekonstruksi ini dengan nama model pembelajaran Daur Belajar Representasi (DBR).



KESIMPULAN

Hasil kajian teoritis yang diperoleh penulis dari studi literatur tentang model pembelajaran yang mengakomodasi upaya meningkatkan kompetensi representasi adalah Daur Belajar Representasi (DBR). DBR memiliki enam tahapan kegiatan pembelajaran yang terangkai dalam sebuah siklus. Keenam tahapan itu adalah orientasi masalah (*orientation*), penyampaian pertanyaan (*pose question*), perencanaan (*plan*), pelaksanaan (*execute*), analisis (*analize*), dan penyampaian temuan (*present finding*). Dengan DBR diharapkan pebelajar dapat melakukan transisi antar tingkat representasi dan bergerak di antaranya dengan fleksibel, baik dari tingkat makroskopis-submakroskopis, makroskopis-simbolik, submikroskopis-simbolik, dan sebaliknya.

DAFTAR RUJUKAN

- Brown, P.L., & Abell, S. K. 2007. Examining the Learning Cycle. *Science and Children*. Arlington:NSTA, (044)-05, pp 58-59.
- Chittleborough, G. D., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 274–292.
- Cook, M., Wiebe, E.N., dan Carter, G. (2008). The Influence of Prior Knowledge on Viewing and Interpreting Graphics With Macroscopic and Molecular Representations. *Science Education*. Wiley InterScience. On line.
- Davidowitz, B., Chittleborough, G. D., & Murray, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: A useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 154–164.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. *Visualization in Science Education*. Dordrecht, Springer: 3-24.
- Hilton, A. & Nichols, K. (2011). Representational Classroom Practices that Contribute to Students' Conceptual and Representational Understanding of Chemical Bonding. *International Journal of Science Education*. 33, No. 16. p. 2215–2246.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredericks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *The Journal of the Learning Sciences*. 7, 3 13-350.

- Kozma, R. B., & Russell, J. (2005). Chapter 7—Modeling students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 121–145). Dordrecht: Springer.
- Schönborn, K.J., & Anderson, T.R. (2010). Bridging the Educational Research-Teaching Practice Gap – Foundations for assessing and developing biochemistry students' visual literacy. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 38(5), 347-354.
- Stieff, M. (2011). Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 1137–1158.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: *The many faces of the chemistry "triplet"*. *International Journal of Science Education*. 33(2). 179-195. New York: Taylor & Francis
- Treagust, D. F., & Chittleborough, G. (2001). Chemistry: A matter of understanding representations. In J. Brophy (Ed.), *Subject-specific instructional methods and activities* (Vol. 8, pp. 239-267). New York, NY: Elsevier.
- Williamson, V.M. & Jose, T.J. (2009). *Using visualization techniques in chemistry teaching*. In N.J. Pienta, M.M. Cooper, & T.J. Greenbowe, (Eds) *Chemists Guide to Effective Teaching*, Volume 2. Upper Saddle Rive, N.J: Prentice Hall.
- Wu, H.K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821 – 842.
- Wu, H. K. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87, 868–891.

PEMBELAJARAN YANG MEMBANGUN PEMAHAMAN KIMIA BERSIFAT *LONG-TERM MEMORY*

Sri Winarni¹

Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh¹

*Corresponding author's Email: : sriwinarni.unsyiah@gmail.com

ABSTRAK

Hasil kajian tentang pembelajaran kimia ditinjau dari teori pemrosesan informasi yang dilaporkan dalam artikel jurnal menunjukkan bahwa pemahaman terhadap konsep dapat dibagi dalam dua hal yaitu pemahaman yang dapat bertahan dalam waktu lama (*long-term memory*) dan pemahaman tidak bertahan lama. Fokus kajian ini adalah pembelajaran yang dapat membangun pemahaman yang disimpan dalam memori jangka panjang. Ada tiga upaya yang dapat membangun pemahaman kimia bersifat *long-term memory* yaitu: (1) proses pembelajaran yang melibatkan konsep prasyarat; (2) media pembelajaran yang menggunakan multiple representasi; dan (3) evaluasi yang menggunakan *problem solving*. Pemahaman kimia bersifat *long-term memory* dapat dibangun dengan pembelajaran yang banyak membuat koneksi antar konsep.

Kata Kunci : pembelajaran, pemahaman kimia, long-term memory

ABSTRACT

The results of the study of chemistry learning based on Information Processing Theory, reported in the journal articles show that the understanding of the concept can be divided into two types: an understanding are remembered for a long time and the easier understanding are forgotten. The focus of this study is learning to establish understanding is stored in long term memory. There were three attempts to build understanding can be recalled when needed, namely: (1) the learning process that involves the concept of prerequisite; (2) learning media that provide multiple representations; and (3) problem solving. These enlarge connections of concept that make understanding hold in long term memory.

Keywords: learning, understanding of chemistry, long-term memory

PENDAHULUAN

Ilmu kimia dibangun atas konsep-konsep. Konsep adalah bagian spesifik dari obyek atau peristiwa yang dapat dikelompokkan berdasarkan kesamaan sifat dan dapat ditunjukkan dalam sebuah nama atau simbol (Herron, 1996). Konsep ikatan ionik, ikatan kovalen, molekul, ion, gaya antarpartikel, adalah contoh beberapa konsep yang dipelajari dalam kimia. Konsep dapat berupa benda ataupun peristiwa, yang dapat diindra (secara langsung ataupun dengan alat) atau yang tidak dapat diindra. Konsep yang dapat diindra disebut konsep konkrit sedangkan konsep yang tidak dapat diindra disebut konsep abstrak. Gula, garam, dan air mendidih merupakan contoh dari konsep konkrit. Molekul, ion, dan gaya antarmolekul adalah konsep abstrak. Konsep abstrak melibatkan jenis yang berbeda secara kualitatif atas sifat-sifat dari konsep konkrit (Wiemer-Hastings & Xu, 2005). Misalnya air merupakan konsep konkrit karena secara fisik dapat diindra. Namun, gaya antarmolekul yang terdapat dalam air merupakan konsep abstrak.

Gagne pengelompokan benda atau peristiwa berdasarkan kesamaan fisik ataupun definisi (Ertmer *et al.*, 2003). Konsep yang dikelompokkan berdasarkan kesamaan fisik maka dikategorikan sebagai konsep konkrit sedangkan konsep yang dikelompokkan berdasarkan definisi tertentu atau aturan tertentu disebut konsep terdefinisi. Konsep terdefinisi mempunyai makna yang lebih luas.

Konsep terdefinisi dapat meliputi konsep konkrit dan konsep abstrak. Konsep abstrak lebih mudah dilupakan daripada konsep konkrit (Wiemer-Hastings & Xu, 2005).

Kegiatan belajar yang menghubungkan antar konsep dapat membangun pemahaman. Pemahaman merupakan produk pembelajaran yang bersifat kompleks karena banyak faktor yang mempengaruhinya salah satunya adalah karakteristik dari pembelajar (Herron, 1996). Berdasarkan teori belajar konstruktivistik, siswa adalah individu aktif yang dapat mengkonstruksi pengetahuan (Bodner, 1986). Pengetahuan–pengetahuan yang saling dihubungkan satu sama lain menghasilkan pemahaman (Herron, 1996). Tugas seorang guru adalah memberikan kesempatan kepada siswa untuk dapat menghubungkan antar konsep (Sirhan, 2007).

Berdasarkan teori pemrosesan informasi, pemahaman dapat disimpan dalam memori jangka panjang atau dilupakan. Pemahaman yang diaplikasikan dapat bertahan dalam memori jangka panjang (Devetak, 2010). Pemahaman kimia yang bertahan lama dalam pikiran siswa diperlukan sebagai modal untuk mengatasi masalah kehidupannya. Tujuan utama belajar kimia adalah agar siswa mempunyai kemampuan mengatasi masalah dalam kehidupan sehari-hari. Holbrook (2005) menegaskan bahwa keterampilan *problem solving* dan mengambil keputusan merupakan syarat pembelajaran kimia menjadi bermakna. Salah satu usaha yang dapat menghantarkan siswa sebagai *problem solver* dapat dimulai dari pembelajaran. Sebagai langkah awal diperlukan kajian bagaimana pembelajaran kimia yang dapat membangun pemahaman yang bersifat *longterm memory*.

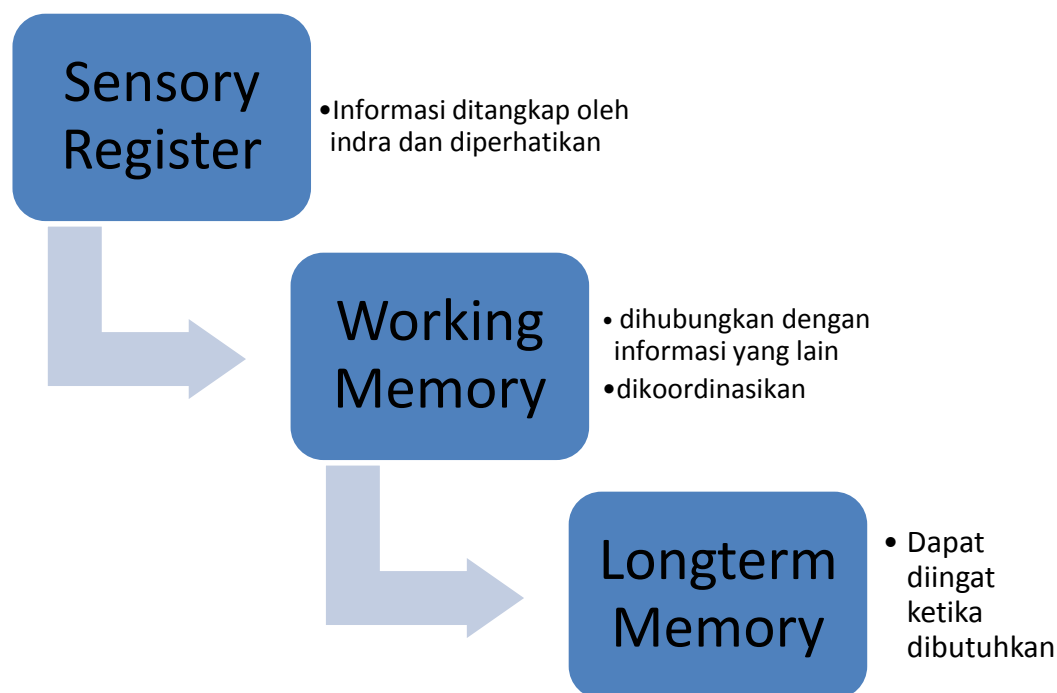
METODE

Kajian literatur telah dilakukan untuk menganalisis pembelajaran yang dapat membangun pemahaman bersifat *long-term memory*. Beberapa artikel berkaitan dengan pembelajaran kimia yang bertujuan meningkatkan kemampuan memori telah dianalisis antara lain: (1) Pembelajaran Generatif oleh Osborne & Witrock (1983); (2) Pembelajaran Kimia oleh Gabel (1999); (3) Pembelajaran Kimia oleh Novak (2002); dan (4) Pembelajaran kimia Berdasarkan Pemrosesan Informasi oleh Johstone (2006).

PROSES INFORMASI DISIMPAN DALAM MEMORI JANGKA PANJANG

Berdasarkan Teori Pemrosesan Informasi ada tiga tahapan dalam sistem memori yaitu : (1) tempat penyaringan (*sensory register*); (2) tempat memproses ingatan (memori jangka pendek, *working memory* sebelumnya disebut *short term memory*); dan (3) memori jangka panjang (*long-term memory*) (Slavin, 2006). Informasi yang ditangkap indera dan diperhatikan seseorang ditransfer pada komponen kedua sistem memori adalah *working memory*. Informasi berpindah dari memori jangka pendek ke memori jangka panjang dengan adanya pengaturan. Memori jangka panjang merupakan sistem memori tempat menyimpan seluruh pengetahuan.

Pada awal pembelajaran sering guru menyebutkan “*perhatikan anak-anak*”, “*ini penting lho anak-anak*”, “*tolong perhatikan ke depan*”, menunjukkan benda secara mendadak adalah usaha agar informasi yang ditangkap oleh indera menjadi diperhatikan oleh siswa. Jika informasi yang ditangkap oleh indera diperhatikan maka informasi tersebut diproses menuju *working memory*. Informasi yang masuk sensor namun tidak diperhatikan akan dilupakan sebelum diproses pada *working memory*. Informasi dalam *working memory*, dikoordinasikan dengan menghubungkannya dengan yang sudah ada untuk disimpan atau dilupakan (Slavin, 2006). Motivasi di awal pembelajaran menambah energi pada *working memory* sehingga memungkinkan untuk mentransfer informasi baru dalam memori jangka panjang (Crippen & Brooks, 2009). Semakin lama informasi bertahan dalam *working memory* semakin besar peluangnya untuk dikirim dalam memori jangka panjang. Berikut digambarkan tahapan proses informasi yang melibatkan tiga komponen dalam sistem memori.



Gambar 1. Tahapan proses informasi yang melibatkan tiga komponen dalam sistem memori

Informasi yang disimpan dalam memori jangka panjang akan mudah diingat ketika dibutuhkan. Ketika siswa belajar memahami konsep baru maka jaringan konsep yang ada dalam memori jangka panjang akan digunakan untuk mengaitkan dengan konsep baru dan selanjutnya akan membentuk jaringan konsep yang lebih besar lagi.

PEMBELAJARAN KIMIA YANG BERTUJUAN MEMBANGUN PEMAHAMAN BERSIFAT *LONGTERM MEMORY*

Pembelajaran yang bertujuan membangun pemahaman bersifat *longterm memory* telah dilaporkan beberapa peneliti berikut ini. Aktivitas belajar yang dapat dilakukan dalam membangun pemahaman kimia bersifat *longterm memory* ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Hal-hal yang digunakan/dilaksanakan dalam aktivitas belajar.

Peneliti	Hal-hal yang digunakan/dilaksanakan dalam aktivitas belajar			
	Tiga (Makrokopik, Simbolik)	Representasi mikroskopik,	Konsep Prasyarat	Problem Solving
Osborne & Wittrock, (1983)	√		√	√
Gabel (1999)	√		√	√
Novak (2002)	X		√	√
Johstone (2006)	√		√	√
%	75		100	100

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa agar pemahaman kimia dapat disimpan dalam memori jangka panjang 75% peneliti menggunakan multiple representasi, 100% peneliti mengaitkan konsep baru dengan konsep prasyarat, dan 100% menggunakan problem solving.

Beberapa rasional/temuan/ Pernyataan berkaitan dengan pemahaman kimia bersifat *longterm memory* diberikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. rasional/temuan/ Pernyataan dalam membangun pemahaman kimia bersifat longterm memory.

Peneliti	Rasional/temuan/ Pernyataan
Osborne & Wittrock, (1983)	- Model pembelajaran generatif menegaskan bahwa siswa adalah pembelajar aktif terhadap informasi. - sistem pemrosesan informasi untuk menghasilkan makna/arti dari informasi yang baru untuk mengkoordinasi, mengkode, dan menyimpannya dalam memori jangka panjang. - gambar-gambar, peristiwa, proposisi, dan keterampilan disimpan dalam memori jangka panjang. <i>Problem Solving</i>: menentukan: tujuan, metode penyelesaian, dan penyelesaian yang mungkin serta diujikan. Ketika siswa mengkonstruksi tujuan, metode penyelesaian, dan mengujikannya siswa menggunakan dan mengkoordinasikan seluruh informasi dan pengetahuan, dan pengalaman sebelumnya. - Multiple Representasi dapat disajikan sebagai stimulus visual yang memungkinkan informasi dapat diproses dalam sistem memori dan mengkonstruksi pemahaman yang tepat
Gabel (1999)	- Pemahaman siswa yang disimpan dalam memori jangka panjang berinteraksi dengan pemahaman yang sudah ada dan membentuk jaringan konsep. - Menghubungkan konsep baru dengan konsep yang dimiliki dapat meningkatkan <i>problem solving</i>. - Pemahaman konsep yang disajikan dalam representasi makroskopis, mikroskopis, dan simbolik dapat diisolasi dalam memori jangka panjang.
Novak (2002)	- Konstruksi pengetahuan dengan mengorganisasikan struktur pengetahuan dan membuat koneksi konsep baru-konsep prasyarat dan prosisi. <i>Problem solving digunakan</i> dalam test, membutuhkan transfer pengetahuan, dapat digunakan siswa dalam konteks baru. - Representasi pengetahuan (peta konsep) digunakan sebagai alat untuk membentuk Struktur hirarki konsep
Johstone (2006)	- Siswa cenderung memperhatikan yang familiar, menarik, surprise - Informasi yang tidak familiar dan tidak menarik sedikit sekali dihubungkan dengan informasi sebelumnya. - interaksi informasi baru dengan pengetahuan sebelumnya akan menghasilkan pemahaman bersifat longterm memory. - Kesalahan dalam menghubungkan konsep menghasilkan pemahaman salah yang sulit diubah. - Pembelajaran yang dengan <i>menghafal</i> tidak disimpan dalam memori jangka panjang karena siswa belum merasa penting untuk disimpan - Eksperimen dapat meningkatkan keterampilan dan teknik-teknik yang dapat membantu memahami konsep baru.

-
- Multiplerepresentasi dapat digunakan secara parsial untuk menjelaskan pemahaman yang kurang dipahami saat kerja di laboratorium.
 - Problem solving beberapa informasi yang diberikan adalah untuk mengaktifkan, mengingat kembali informasi yang telah disimpan dalam memori jangka panjang.
-

Berdasarkan Tabel 1. Dan Tabel 2 pembelajaran kimia yang bertujuan membangun pemahaman bersifat *longterm memory* melibatkan konsep prasyarat, multiple representasi, dan problem solving. Ketiga hal tersebut adalah usaha guru untuk membuat hubungan antar konsep. Semakin banyak koneksi yang dapat dibangun maka semakin mudah informasi yang sudah lama tersimpan diingat kembali ketika dibutuhkan (Herron, 1996).

Keberhasilan pembelajaran sering tergantung pada kemampuan untuk mengenali dan mengidentifikasi pengetahuan yang sudah ada dalam memori jangka panjang siswa (Akgun, 2009). Jaringan konsep baru akan terbangun dalam pikiran siswa dengan pembelajaran yang mengaitkan dengan konsep yang sudah dimilikinya. Roehrig (2013) investigasi konsep prasyarat merupakan tahap eksplorasi yang selanjutnya digunakan untuk mengkonstruksi konsep baru.

Kemampuan siswa dalam membuat koneksi antar konsep juga dapat ditunjukkan dengan kemampuan translasi antar representasi, yaitu kemampuan menerjemahkan representasi (Wu *et al.*, 2001). Multiple representasi kimia yang disertai dengan pertanyaan-pertanyaan dapat digunakan untuk membuat koneksi antar konsep.

Keterampilan problem solving merupakan salah satu cara menghubungkan konsep baru dengan pengalaman yang sudah dimiliki siswa. Problem solving memberikan kesempatan siswa untuk menentukan tujuan, memanfaatkan kondisi, dan penyelesaian masalah yang dihadirkan (Herron, 1996). Tujuan dan penyelesaian masalah yang dikonstruksi dalam problem solving dilakukan dengan menghubungkan kondisi yang diberikan dan konsep yang telah dimiliki sebelumnya. Pembelajaran yang menghadirkan problem solving dapat mengurangi beban kognitif pada working memory (Stroud & Schwartz, 2010) karena banyak mengaitkan dengan konsep sebelumnya.

HAMBATAN DALAM MEMBANGUN PEMAHAMAN KIMIA BERSIFAT LONGTERM MEMORY

Gabel (1999), Johnstone (2006) & Sirhan (2007) menyatakan bahwa hal yang tidak familiar dan istilah ambigu menjadi hambatan dalam membangun pemahaman kimia yang akan disimpan dalam memori jangka panjang. Gabel (1999) memberikan contoh ketika siswa belajar tentang nama senyawa kimia namun secara makroskopik tidak dikenalkan maka materi pelajaran tersebut menjadi suatu yang tidak familiar bagi siswa. Johnstone (2006) memberikan contoh bahwa siswa lebih familiar dengan struktur etanol C_2H_5OH daripada CH_3CH_2OH . Bagi sebagian besar orang Indonesia lebih familiar dengan garam dapur daripada garam meja. Hal ini karena garam sudah langsung digunakan dalam makanan yang dimasak di dapur. .

Johnstone (2006) memberikan beberapa contoh istilah ambigu yang diadopsi dari bahasa sehari-hari dan dimaknai secara fisik oleh siswa antara lain: (1) volatil sering dimaknai dengan tidak stabil dan eksplosif; dan (2) kesetimbangan (*equilibrium*) sering dimaknai dengan seimbang (*balance*) dalam keadaan statis. Johnstone (2000) menyatakan bahwa di beberapa Negara di Eropa memaknai kesetimbangan sebagai keadaan seimbang statis sekaligus dinamis. Gabel (1999) memberikan contoh istilah yang ambigu antara lain (1) kopi ini sangat kuat seharusnya pekat; (2) permen meleleh dalam mulut seharusnya melarut; dan (3) 40% siswa menganggap materi adalah zat, mereka menyatakan bahwa tepung, pepsi (minuman bersoda), gula, susu, dan cuka adalah zat sedangkan gula dan cuka adalah zat murni. Di Indonesia, istilah bahan kimia sering digunakan daripada bahan kimia sintesis. Misalnya masyarakat menyatakan bahwa bahan herbal ini tidak mengandung bahan kimia

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembelajaran yang dapat membangun pemahaman konsep kimia bersifat *longterm memory* adalah pembelajaran yang banyak membuat koneksi. Mengaitkan konsep prasyarat dengan konsep baru, menggunakan representasi makroskopis, mikroskopis, dan simbolik, serta problem solving merupakan karakteristik pembelajaran yang dapat membangun pemahaman kimia bersifat *longterm memory*. Untuk membangun pemahaman kimia bersifat *longterm memory* diperlukan aktivitas belajar yang melibatkan konsep prasyarat, *multiple representasi* dan *problem solving*. Penggunaan bahasa yang tidak ambigu dan familiar menjadikan pembelajaran lebih mudah dalam membangun pemahaman bersifat *long term memory*.

DAFTAR RUJUKAN

- Akgün, A. 2009. The Relation between Science Student Teachers' Misconceptions about Solution , Dissolution , Diffusion and their Attitudes toward Science with their Achievement. *Education and Science*, 34(154): 26–36.
- Crippen, K. J., & Brooks, D. W. 2009. Applying Cognitive Theory to Chemistry Instruction : The Case For Worked Examples. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 35–41. <http://doi.org/10.1039/b901458f>
- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glažar, S. A. 2010. States of Matter Explanations in Slovenian Textbooks for Students Aged 6 to 14. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(2): 217–235.
- Gabel, D. 1999. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research : A Look to the Future . *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548–554.
- Holbrook, J. (2005). Making Chemistry Teaching Relevant. *Chemical Education International*, 6(1), 3–8.
- Johnstone, A. H. 2000. Teaching of Chemistry - Logical or Psychological? *Chemistry Education: Research and Practice In Europe*, 1(1):9–15.
- Johnstone, A. H. 2006. Chemical Education Research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49–63.
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. 1983. Learning Science : A Generative Process. *Science Education*, 67(4): 489–508.
- Roehrig, P. G. H. 2013. *Student Conceptions of Ionic Compounds in Solution and the Influences of Sociochemical Norms on Individual Learning*. A Dissertation Submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Minnesota: University Microfilms International.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry : An Overview. *Turkish Science Education*, 4(2): 2–20.
- Slavin, R.E. 2006. *Educational Psychology: Theory and Practice*. Boston: Pearson Education, Inc .
- Stroud, M. J., & Schwartz, N. H. 2010) Metaphorical Graphics : An Example in Chemistry Instruction. *The Journal of Educational Research*, 1: 351–366.
- Wiemer-Hastings, K. & Xu, X. 2005. Content Differences for Abstract and Concrete Concepts. *Cognitive Science*, 29: 719–736.
- Wu, H., Krajcik, J. & Soloway, E. 2001. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7): 821-842.

KEMAMPUAN BERPIKIR ILMIAH MAHASISWA PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKANIPA FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MALANG DITINJAU DARI NILAI UJIAN NASIONAL BIDANG STUDI IPA SMA

Munzil 1 ^{a,*}, Vita Ria Mustikasari 2^a, dan Metri Dian Insani 3^b

^a Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No 5 Malang, Jawa Timur 65145

*Corresponding author's email: munzil.fmipa@um.ac.id, vita.ria.fmipa@um.ac.id,
dian.metri.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa program studi S-1 Pendidikan IPA angkatan tahun 2013 sampai dengan angkatan 2016 yang berjumlah 256 mahasiswa, ditinjau dari nilai rata-rata ujian nasional bidang studi IPA di SMA. Tes kemampuan berpikir ilmiah menggunakan CTOSR (*Classroom Test Of Scientific Reasoing*) yang dikembangkan oleh Lawson. Tes kemampuan berpikir ilmiah terbagi dalam empat kategori, yaitu level *Concrete* (C), *Lower Formal* (LF), *Upper Formal* (UF) dan *Post Formal* (PF). Hasil pemetaan menunjukkan kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa berada pada level *Concrete* (C) sebanyak 163 (63,67%), level *Lower Formal* (LF) sebanyak 57 (22,27%), level *Upper Formal* (UF) sebanyak 35 (13,67%), dan level *Post Formal* (PF) sebanyak 1 (0,39%). Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan rata-rata nilai Ujian Nasional bidang IPA pada masing-masing kategori, dilakukan analisis dengan statistik non parametric menggunakan uji Kruskal-Wallis (KW). Hasil analisis menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan pada mahasiswa angkatan 2014, 2015, dan 2016 dengan nilai signifikansi KW sebesar 0,127, 0,922 dan 0,722. Sedangkan pada mahasiswa angkatan 2013 tidak ada perbedaan yang signifikan pada masing-masing kategori dengan nilai signifikansi sebesar 0,04.

Kata kunci: *kemampuan berpikir ilmiah, pendidikan ipa, ujian nasional, CTOSR*

ABSTRACT

The aim of this study is to map scientific thinking skills students S1 of Science Education Program levels 2013 until 2016 with a total of 256 students based on the average score science national exam in Senior High School. Scientific thinking skills tests using CTOSR (*Classroom Test of Scientific Reasoing*) developed by Lawson. Test is divided into four categories, namely *Concrete Level* (C), *Lower Formal* (LF), *Upper Formal* (UF) and *Post Formal* (PF). Results of mapping data collected indicate scientific thinking skills of students are 163 students (63.67%) in *Concrete Level* (C) categories, 57 students (22.27%) in *Lower Formal* (LF) categories, 35 students (13.67%) in *Upper Formal* (UF) categories, and a student (0.39%) in *Post Formal* (PF) categories. To determine of difference the average score science national exam on each category, was analyzed with non parametric statistic is used Kruskal-Wallis (KW) test. The analysis showed a significant difference in student class of 2014, 2015, and 2016 with significant value KW of 0.127, 0.922 and 0.722. While in student class of 2013 there were no significant differences in each category with a significance value of 0.04.

Keywords: *scientific thinking skills, science education, national exam, CTOSR*

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan alam merupakan salah materi pelajaran yang diberikan mulai tingkat sekolah dasar (SD), dengan tujuan utamanya agar siswa sejak dini terdidik untuk memahami ilmu pengetahuan alam dengan mengembangkan kemampuan berpikir ilmiahnya. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan alam (IPA) dapat dipandang dari tiga sisi, yaitu IPA sebagai produk ilmuwan, IPA dipandang sebagai proses kerja ilmiah ilmuwan, dan IPA dipandang sebagai pengembang sikap ilmiah (Waldrip et al, 2010). Ketiga pandangan tersebut akan mempengaruhi cara guru dalam membelajarkan IPA di kelas, serta memberi dampak yang berbeda.

Seorang guru yang memandang IPA hanya sebagai produk ilmuwan, dalam pembelajarannya akan lebih cenderung menyampaikan IPA sebagai informasi produk ilmuwan, pembelajaran lebih bersifat penyampaian informasi semata (Silk et al, 2009), misalnya penyampaian hukum-hukum dan rumus-rumus dalam pembelajaran IPA. Seorang guru yang memandang IPA sebagai sebuah proses kerja ilmuwan, dalam pembelajarannya akan lebih mengarahkan siswa agar dapat menemukan konsep IPA sebagaimana layaknya ilmuwan menemukan konsep tersebut, yaitu melalui langkah-langkah dan berpikir ilmiah, sehingga dapat membuat siswa aktif belajar (Rizal, 2014). Sedangkan pandangan seorang guru tentang IPA sebagai sebuah sikap, lebih menekankan dalam pembelajarannya tentang sikap kerja ilmuwan dalam menemukan konsep-konsep IPA, yaitu mulai dari rasa ingin tahu yang tinggi, ketelitian, kecermatan, berfikir logis dan keterbukaan terhadap adanya data-data dari sumber lain.

Efek pembelajaran IPA di sekolah memberi dampak yang sangat besar pada siswa, baik dari sisi pengetahuan yang diperoleh siswa, proses berpikir siswa, maupun sikap siswa sebagai hasil dari pengalaman belajar yang didapatkannya. Pembelajaran yang cenderung hanya menyampaikan informasi pengetahuan saja, akan menghasilkan siswa yang hanya dapat mengetahui informasi ilmu pengetahuan. Pembelajaran yang menggunakan pendekatan proses kerja ilmiah akan berdampak pada dua hal, yaitu pengetahuan yang didapat, serta kemampuan berpikir ilmiah siswa akan terbangun dengan baik. Demikian juga dengan pembelajaran IPA yang mengarah pada pengembangan sikap, akan menghasilkan siswa-siswa yang memiliki sikap ilmiah. Ketiga hal tersebut dapat disatukan dengan menggunakan strategi pembelajaran tertentu, sehingga siswa memiliki pengalaman belajar yang utuh. Untuk mencapai hal tersebut, guru perlu mengembangkan inovasi pembelajaran. Salah satu strategi pembelajaran yang dapat mewujudkan hal tersebut adalah pembelajaran yang berpusat pada siswa.

Kemampuan berpikir ilmiah sangat dibutuhkan dalam mempelajari IPA, sebagai salah satu konsekuensi IPA sebagai proses kerja ilmuwan. Fakta-fakta dan fenomena alam dapat dijelaskan secara logis dan terstruktur dengan menggunakan kerangka kemampuan berpikir ilmiah tersebut. Berbagai fakta dan fenomena dapat dijelaskan sebagai sebuah hasil mekanisme sebab akibat dalam ilmu pengetahuan (Chen & She, 2014). Oleh karena itu dalam pembelajaran IPA, guru sebaiknya menghadirkan fakta dan fenomena terlebih dahulu, kemudian siswa dimotivasi untuk mengetahui lebih dalam melalui penyelidikan. Proses penyelidikan yang dilakukan siswa akan memberi dampak pada kerangka kemampuan berpikir ilmiah siswa. Akhir dekade ini, kemampuan berpikir ilmiah telah menjadi fokus utama dalam pembelajaran sains di sekolah-sekolah di berbagai negara. Hal ini menunjukkan, pembelajaran IPA bukan semata-mata hanya menghasilkan siswa tahu tentang IPA, tetapi lebih jauh diharapkan siswa-siswa dapat memiliki pengalaman belajar berpikir ilmiah.

Pembelajaran IPA diberikan secara eksplisit di Sekolah menengah pertama (SMP) yang berupa matapelajaran IPA, sedangkan di sekolah menengah atas (SMA), materi belajar IPA terbagi dalam pembelajaran kimia, fisika dan biologi. Pemberian matapelajaran IPA tersebut bertujuan untuk membangun sikap dan kemampuan berpikir ilmiah siswa sejak dini. Kurikulum 2013 lebih tegas menekankan, bahwa kompetensi yang akan dibangun pada siswa dalam pembelajaran adalah memahami ilmu pengetahuan secara faktual, konseptual dan prosedural serta metakognitif dalam ilmu pengetahuan. Hal ini berarti bahwa pembelajaran lebih menekankan pada kemampuan siswa dalam olah pikir, bukan sekedar mendapatkan pengetahuan semata-mata.

Pemahaman sains yang baik akan meningkatkan kemampuan siswa dalam mempresentasikan pengetahuannya dalam berbagai bentuk. Misalnya dalam pemahaman matematika, siswa dapat menjelaskan pengetahuan matematika dalam bentuk rumus, grafik dan tabel (Hwang & Chen, 2007), demikian juga dalam bidang IPA.

Hasil belajar siswa ditingkatkan sekolah menengah akan digunakan sebagai bekal dasar dalam pendidikan pada jenjang selanjutnya, misalnya bagi mereka yang melanjutkan pada jenjang pendidikan di Perguruan Tinggi. Jika proses belajar di sekolah menengah sesuai dengan harapan kurikulum, maka dapat diharapkan siswa yang melanjutkan kuliah di perguruan tinggi tidak akan menghadapi kendala yang berarti. Jika konstruksi kemampuan berpikir ilmiah sudah terbangun sejak di sekolah menengah sebagai hasil dari pengalaman belajar yang didapat siswa, maka dapat diharapkan saat melanjutkan kuliah di perguruan tinggi siswa tersebut akan sangat mengembangkan kemampuan berpikir ilmiahnya.

Salah satu parameter hasil belajar siswa di sekolah salah satunya adalah hasil ujian nasional. Hasil ujian nasional dapat digunakan sebagai parameter penguasaan materi pelajaran, dapat digunakan sebagai prediktor untuk melihat kesiapan siswa untuk belajar pada jenjang yang lebih tinggi.

Lawson (2000) telah mengembangkan tes kemampuan berpikir ilmiah yaitu berupa Classroom Test Of Scientific (CTOSR) yang mencakup 6 aspek, yaitu : (1) kemampuan menyelesaikan masalah, (2) Kemampuan berpikir proporsional, (3) kemampuan menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan pengontrolan variabel, (4) kemampuan menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan probabilitas berpikir, (5) kemampuan berpikir korelasi, dan (6) kemampuan melakukan penalaran hipotetis-deduktif.

Berdasarkan kajian di atas, penelitian ini bertujuan untuk memetakan kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa program studi pendidikan IPA berdasarkan Nilai Ujian Nasional (UN) bidang studi IPA, yang terdiri dari matapelajaran kimia, fisika dan biologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah berupa penelitian survey dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif kuantitatif. Subjek penelitian adalah mahasiswa program studi pendidikan IPA mulai dari angkatan tahun 2013 sampai dengan angkatan 2016, berjumlah 256 mahasiswa. Mahasiswa angkatan tahun 2013 berjumlah 57 mahasiswa, angkatan tahun 2014 berjumlah 53 mahasiswa, angkatan tahun 2015 berjumlah 73 mahasiswa, dan angkatan tahun 2016 berjumlah 73.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah CTOSR yang dikembangkan oleh Lawson. Data penelitian berupa kemampuan berpikir ilmiah yang diperoleh dari skor CTOSR. Kategori kemampuan berpikir ilmiah terbagi dalam 4 kategori, yaitu *Concrete*, *Low Formal*, *Upper Formal*, dan *Post Formal*, dan data nilai ujian nasional matapelajaran IPA yang diperoleh dari dokumen nilai ujian nasional. Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan rata-rata nilai ujian nasional berdasarkan kategori kemampuan berpikir ilmiah, dilakukan dengan analisis statistik non parametrik Kruskal-Wallis (KW).

Kategori Kemampuan berpikir ilmiah berdasarkan skor CTOSR adalah: (a) concrete dengan skor antar 0 sd 9, (b) low formal dengan rentang skor 10 sd 14, (c) upper formal dengan rentang skor 15 sd 19, dan (d) post formal dengan rentang skor 20 sd 24.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Berpikir Ilmiah Mahasiswa

Hasil dari tes CTOSR, kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa disajikan pada table berikut:

Tabel 1: Distribusi Kemampuan Berpikir ilmiah Mahasiswa

Kategori	Jumlah Mahasiswa	Persentase (%)
Concrete	163	63,67
Lower Formal	57	22,27
Upper Formal	35	13,67
Post Formal	1	0,39
Jumlah	256	100,00

Berdasarkan data tersebut, kategori kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa masih didominasi pada tingkat concrete. Menurut teori perkembangan Secara teoritik mahasiswa yang rata-rata berumur 19 tahun seharusnya berada pada kategori operasional formal (dari *lower formal* sampai ke *post formal*), sedangkan kategori *concrete* secara teoritik pada anak usia 6-12 tahun.

Temuan ini mengandung makna, bahwa taraf kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa masih pada kategori yang belum menggembirakan. Beberapa kemungkinan kejadian ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: (1) pembelajaran di tingkat sekolah menengah belum dapat mengarahkan siswa untuk dapat berpikir ilmiah, (2) dalam system pembelajaran, siswa kurang diberi keleluasaan untuk mengembangkan kemampuan berpikirnya, dan (3) Kemajuan teknologi dan komunikasi yang seba visual.

Pembelajaran IPA di sekolah menengah yang lebih menekankan pada pemberian informasi tentang ilmu pengetahuan, akan menyebabkan siswa tidak aktif secara kognitif. Siswa cenderung menerima pelajaran, dan menghafalkannya saja. Keadaan ini didukung dengan hasil pengukuran literasi sains yang dilakukan oleh OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*), dengan menggunakan Tes PISA (*Programme for International Student Assessment*). Pada Tahun 2000 siswa Indonesia berada pada peringkat 39 dari 41 negara, tahun 2003 peringkat 38 dari 40 negara, tahun 2006 peringkat 50 dari 57 negara, tahun 2009 peringkat 57 dari 63 negara, dan pada tahun 2012 peringkat ke 64 dari 65 negara (OECD Family Database, 2015). Hasil tes pada tahun 2015, posisi Indonesia mengalami peningkatan. Rendahnya hasil tes tersebut disinyalir karena proses pembelajaran IPA di sekolah masih menekankan pada IPA sebagai sebuah produk pengetahuan, belum menekankan pada IPA sebagai sebuah proses penemuan ilmu pengetahuan oleh ilmuwan (Widiyanti et al, 2015). Pembelajaran IPA di sekolah lebih menekankan pada pemberian informasi fakta, konsep dan teori-teori yang dihasilkan ilmuwan, dan penyampaian banyak didominasi oleh guru (*Teacher Center Learning*).

Pembelajaran yang berorientasi pada *teacher center learning*, kurang memberikan kesempatan pada siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikirnya, hal ini akan menyebabkan siswa tidak terlatih dalam berpikir ilmiahnya. Kondisi ini sering terjadi pada pembelajaran IPA di sekolah menengah, dengan alasan banyaknya materi yang harus disampaikan dan sedikitnya waktu yang tersedia, menyebabkan guru lebih mudah menyampaikan materi secara *direct instruction* saja. Efek

yang dapat ditimbulkan dari direct instruction ini adalah, rendahnya kemampuan berpikir ilmiah siswa.

Kemajuan teknologi dan komunikasi dapat berdampak sebagai positif dan negatif dalam dunia pembelajaran, terutama penggunaan media visual dalam pembelajaran IPA. Jika seorang guru menampilkan konsep-konsep dasar IPA secara langsung dengan menggunakan visual, maka akan berakibat pada tidak berkembangnya kemampuan siswa dalam membangun model mental pengetahuannya. Penyajian secara visual tentang konsep-konsep abstrak, dapat saja dianggap sebagai sesuatu yang sudah matang dan pasti benar, sehingga siswa tidak memiliki kesempatan untuk memikirkan sesuai dengan konsep yang dibangunnya..

Kemampuan Berpikir Ilmiah ditinjau dari rata-rata Nilai Ujian Materi IPA

Nilai Ujian Nasional sebagai hasil tes akhir siswa di sekolah menengah untuk matapelajaran IPA disajikan pada table berikut:

Tabel 2. Rata-Rata Nilai UN Bidang IPA per katagori

KATAGORI	RATA-RATA UN IPA ANGKATAN			
	2013	2014	2015	2016
Concrete	7,58	7,01	6,81	6,77
Low Formal	7,45	7,29	6,77	6,92
Upper Formal	8,80	7,15	7,13	6,14

Hasil uji dengan statistik non parametrik Kruskal-Wallis untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nilai rata-rata Ujian Nasional matapelajaran IPA pada tiap angkatan disajikan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Statistik nonparametric Kruskal-Wallis (KW)

ANGKATAN	TARAF SIGNIFIKANSI KW
2016	0,127
2015	0,922
2014	0,722
2013	0,040

Berdasarkan Tabel 3 di atas, diketahui bahwa tidak ada perbedaan nilai rata-rata ujian nasional mata pelajaran IPA yang diperoleh mahasiswa ditinjau dari kategori kemampuan berpikir ilmiahnya, pada angkatan 2014, 2015, dan angkatan 2016. Sedangkan pada mahasiswa angkatan 2013 tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata ujian nasional bidang IPA ditinjau dari kategori kemampuan berpikir ilmiahnya.

KESIMPULAN

Dari hasil pemetan kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa program studi pendidikan IPA diperoleh sebagai berikut: (1) sebanyak 63,67% mahasiswa masih berada pada kategori concrete, 21,27% pada kategori low formal, 13,67% berada pada kategori upper formal, dan 0,39% berada pada kategori post formal. Ditinjau dari nilai rata-rata ujian nasional mata pelajaran IPA, ada perbedaan yang signifikan pada masing-masing kategori pada mahasiswa angkatan 2014, 2015, dan 2016, sedangkan pada mahasiswa angkatan 2013 tidak ada perbedaan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, C.T. & She, H.C., 2014. the Effectiveness of Scientific Inquiry With/Without Integration of Scientific Reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, (February 2013), pp.1–20.
- Hwang, W. & Chen, N., 2007. Multiple Representation Skills and Creativity Effects on Mathematical Problem Solving using a Multimedia Whiteboard System Jian-Jie Dung Yi-Lun Yang. , 10, pp.191–212
- Lawson, A.E., 2004. The nature and development of scientific reasoning: A synthetic view. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), pp.307–338.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2015. OECD Database. OECD. Online: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproduc>
- Rizal, M., 2014. Pengaruh Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Multi Representasi terhadap Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep IPA Siswa SMP. , 2(3), pp.159–165
- Silk, E.M., Schunn, C.D. & Strand Cary, M., 2009. The impact of an engineering design curriculum on science reasoning in an Urban setting. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), pp.209–223.
- Waldrip, B., Prain, V. & Carolan, J., 2010. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), pp.65–80

IDENTIFIKASI KESULITAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL-SOAL REAKSI REDOKS MENGGUNAKAN ANALISIS LANGKAH PENYELESAIAN SOAL

Ahmad Faishal Anshory^{*a}, Muntholib^a, Irma Kartika Kusumaningrum^a

Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No.5, 65145

^{*}Corresponding author's Email: muntholib.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kesulitan siswa dalam mempelajari konsep reaksi redoks. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian deskriptif kuantitatif. Sampel penelitian ini adalah 59 siswa kelas X MIA 1 dan MIA 2 MAN Mojokerto. Instrumen penelitian ini berupa soal uraian yang terdiri atas 10 soal dengan reliabilitas $r_{11} = 0,801$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa masih banyak mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal reaksi redoks dengan kesalahan rata-rata sebesar 59,86%. Langkah penyelesaian soal-soal konsep redoks di mana siswa banyak mengalami kesulitan adalah menentukan unsur yang mengalami perubahan biloks (73,61% siswa mengalami kesulitan), menuliskan unsur yang mengalami reduksi dan oksidasi (74,51% siswa mengalami kesulitan), menuliskan senyawa yang mengandung unsur yang mengalami perubahan biloks (72,10% siswa mengalami kesulitan), dan menentukan senyawa yang merupakan hasil reaksi redoks (62,07% siswa mengalami kesulitan).

Kata kunci : identifikasi kesulitan, reaksi redoks, bilangan oksidasi, analisis langkah.

ABSTRAK

The aim of this research is to identify students' difficulty in redox reaction based on change of oxidation number. The sample of this research is 59 students in X MIA 1 and X MIA 2 of MAN Mojokerto that selected randomly. Instrument of this research is 10 questions with reliability $r_{11} = 0,801$. The result of this research show that students' still have difficulty to solve problem of redox reaction..

Keywords : identification of difficulty, redox reaction, oxidation number, problem solving steps analysis.

PENDAHULUAN

Ilmu atau sains kimia didefinisikan sebagai pengetahuan sains mengenai komposisi, sifat, dan perubahan materi yang biasa diperoleh melalui eksperimen (Brady, Jespersen & Hyslop, 2012 : 2). Pengetahuan sains kimia banyak mengandung konsep yang kompleks, tidak cukup jika hanya memahami simbol, pengertian dan teori saja, tetapi juga perlu untuk mengubah konsep yang abstrak menjadi model yang konkret (Chiu, 2005).

Salah satu pengetahuan sains kimia yang memiliki konsep abstrak adalah reaksi reduksi-oksidasi atau yang biasa disebut reaksi redoks. Konsep redoks merupakan konsep yang cukup sulit karena ada keterkaitan antara satu konsep dengan konsep yang lain, misalnya untuk mengetahui apakah suatu reaksi termasuk reaksi reduksi atau reaksi oksidasi, siswa perlu memahami konsep bilangan oksidasi (Sriningsih, 2015). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa konsep dalam reaksi redoks yang dianggap sulit adalah penentuan biloks suatu atom dan penentuan reaksi redoks berdasarkan perubahan bilangan oksidasi.

Pada penyelesaian soal dalam materi redoks, dibutuhkan langkah-langkah penyelesaian. Oleh karena itu diperlukan suatu instrumen yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesulitan yang ditemui pada tiap langkah penyelesaian soal reaksi redoks. Salah satu cara untuk mengidentifikasi kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal dapat dilakukan dengan menggunakan tes diagnostik, yaitu analisis langkah-langkah siswa dalam menjawab soal uraian.

Teridentifikasinya kesulitan siswa dalam menyelesaikan setiap langkah dapat menjadi acuan dalam penyusunan strategi pembelajaran. Sehingga dalam penentuan kesulitan setiap soal dan setiap langkah dapat dianalisis dengan lebih baik dan dapat mencerminkan hasil pemahaman siswa mengenai materi yang diujikan.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian dengan judul “Identifikasi Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal-soal Reaksi Redoks Berdasarkan Perubahan Bilangan Oksidasi Menggunakan Analisis Langkah Penyelesaian Soal”.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal-soal reaksi redoks. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Sebelum dilakukan pengambilan data, siswa tidak diberikan perlakuan khusus karena siswa telah mendapat perlakuan sebelumnya yaitu siswa telah diajar materi reaksi redoks oleh guru kimia yang bersangkutan.

Populasi penelitian ini adalah kelas X MIA MAN Mojokari dengan sampel kelas X MIA 1 dan X MIA 2 yang telah dipilih dengan menggunakan teknik acak kelas. Pengambilan data dilakukan tanggal 10 dan 11 Mei 2016 dan wawancara pada tanggal 13 Mei 2016. Instrumen yang digunakan adalah soal uraian berjumlah 10 soal. Data hasil penelitian berupa hasil siswa saat mengerjakan soal uraian. Hasil siswa ini kemudian diurutkan dari siswa yang mendapat skor tertinggi ke terendah untuk membagi siswa menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok atas, sedang dan bawah. Hasil siswa mengerjakan soal dianalisis untuk mengetahui tingkat kesulitan siswa dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{S}{N} \times 100\% \quad (\text{dimodifikasi dari Arikunto, 2013: 223})$$

Keterangan:

P = persentase tingkat kesulitan

S = Jumlah siswa menjawab salah

N = Jumlah siswa seluruhnya

Tabel 1 Kriteria Tingkat Kesulitan

P	Sebutan
0 – 20%	Sangat Tidak Kesulitan
20,1 – 40%	Tidak Kesulitan
40,1 – 60%	Cukup Tidak Kesulitan
60,1 – 80%	Kesulitan
80,1 – 100%	Sangat Kesulitan

Setelah dilakukan pengambilan data, 11 siswa di wawancara untuk mengetahui pemahaman siswa mengenai konsep reaksi redoks.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kesulitan Siswa pada Konsep Reaksi Redoks

Kesulitan siswa pada konsep reaksi redoks dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Kesulitan Siswa pada Konsep Reaksi Redoks Berdasarkan Perubahan Biloks

No.	Sub Konsep	% Siswa yang Menjawab Salah						Rata-rata	Sebutan
		KA	Sebutan	KT	Sebutan	KB	Sebutan		
1	Bilangan oksidasi	12,9	STK	23,5	TK	53,6	CTK	30,0	TK
				7		9		5	

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

2	Reaksi redoks	26,9 6	TK	68,6 8	K	90,0 6	SK	61,9	K
3	Reaksi Autoredox	35,7 5	TK	82,4 0	SK	91,4 5	SK	69,8	K
4	Reaksi non-redoks	33,5 5	TK	85,1 2	SK	91,4 5	SK	70,0	K
5	Oksidator, reduktor, hasil oksidasi, hasil reduksi	36,8 4	TK	84,9 2	SK	80,6 2	SK	67,4 6	K
Rata-rata		29,2	TK	68,94	K	81,45	SK	59,86	CTK

Keterangan :

STK : Sangat Tidak Kesulitan

TK : Tidak Kesulitan

CTK : Cukup Tidak Kesulitan

K : Kesulitan

SK : Sangat Kesulitan

KA : Kelompok Atas

KT : Kelompok Tengah

KB : Kelompok Bawah

Dari tabel 2, dapat diketahui bahwa siswa tidak mengalami kesulitan dalam menentukan biloks dengan persentase sebesar 30,05%. Sedangkan pada sub konsep lainnya siswa masih mengalami kesulitan dengan persentase rata-rata diatas 60%.

Secara umum siswa cukup tidak kesulitan pada materi reaksi redoks berdasarkan perubahan biloks (59,86%). Sub konsep yang masih dianggap sulit oleh siswa adalah penentuan reaksi non-redoks (70,04%), sedangkan sub konsep yang tingkat kesulitan paling kecil adalah penentuan biloks suatu unsur (30,05%).

B. Letak Kesulitan Siswa pada Langkah Penyelesaian Soal Konsep Reaksi Redoks

Letak kesulitan siswa pada langkah penyelesaian soal reaksi redoks dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Letak Kesulitan Keseluruhan Siswa

Kelompok	Langkah-langkah yang Digunakan (%)								
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-7	L-8	L-9
Atas	16,22	34,29	31,58	41,35	36,84	36,84	36,84	41,23	40,35
Tengah	56,67	90,30	57,14	90,52	95,24	66,67	80,95	49,21	63,49
Bawah	81,05	96,24	89,47	91,66	84,21	42,21	68,42	65,79	75,44
Rata-rata	51,31	73,61	59,40	74,51	72,10	48,57	62,07	52,08	59,76

Keterangan:

L-1 : langkah ke-1 L-6 : langkah ke-6

L-2 : langkah ke-2 L-7 : langkah ke-7

L-3 : langkah ke-3 L-8 : langkah ke-8

L-4 : langkah ke-4 L-9 : langkah ke-9

L-5 : langkah ke-5

Tabel 2 menunjukkan persentase rata-rata letak kesulitan siswa. Dari 9 langkah, 5 langkah cukup tidak kesulitan, 4 langkah masih mengalami kesulitan. Langkah cukup tidak kesulitan adalah menentukan biloks semua unsur (51,31%), menentukan penurunan dan kenaikan biloks unsur (59,40%), menentukan senyawa yang bertindak sebagai oksidator atau reduktor (48,57%), menentukan reaksi autoredox (52,08%) dan menentukan reaksi non-redoks (59,76%). Langkah yang masih mengalami kesulitan adalah menentukan unsur yang mengalami perubahan biloks (73,61%), menuliskan unsur yang mengalami reduksi dan oksidasi (74,51%), menuliskan senyawa yang di

dalamnya ada unsur yang mengalami perubahan biloks (72,10%) dan menentukan senyawa yang bertindak sebagai hasil oksidasi dan hasil reduksi (62,07%).

Tingkat kesulitan tertinggi ada pada langkah menuliskan unsur yang mengalami reduksi dan oksidasi. Tingkat kesulitan terendah ada di langkah keenam yaitu menentukan senyawa yang bertindak sebagai oksidator dan reduktor.

C. Pemahaman Konsep Siswa terhadap Konsep-konsep Reaksi Redoks

Pemahaman konsep siswa terhadap konsep reaksi redoks didapat melalui hasil wawancara yang dilakukan dengan 11 siswa yang mewakili keseluruhan siswa. Hasil wawancara secara ringkas dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 4 Pemahaman Siswa pada Konsep Reaksi Redoks

No.	Sub Konsep	Kelompok Atas	Kelompok Tengah	Kelompok Bawah
1.	Penentuan Biloks	Memahami	Tidak Memahami	Tidak Memahami
2.	Penentuan Reaksi Redoks	Memahami	Memahami	Memahami
3.	Penentuan Reaksi Non-redoks	Memahami	Memahami	Tidak Memahami
4.	Penentuan Reaksi Autoreduksi	Memahami	Memahami	Tidak Memahami
5.	Penentuan Oksidator dan Reduktor	Tidak Memahami	Tidak Memahami	Tidak Memahami
6.	Pengaruh Koefisien pada penentuan biloks	Memahami		
7.	Pengaruh Indeks pada penentuan biloks	Tidak Memahami		

Tabel 4 merangkum pemahaman siswa terhadap materi reaksi redoks berdasarkan perubahan biloks yang didapat melalui hasil wawancara. Tabel 4 menunjukkan bahwa secara keseluruhan siswa memahami penentuan reaksi redoks dan tidak memahami penentuan oksidator dan reduktor. Pada penentuan biloks, siswa memahami bahwa koefisien tidak mempengaruhi biloks suatu atom dan siswa tidak memahami bahwa indeks tidak mempengaruhi biloks suatu atom.

PENUTUP

Siswa masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal konsep redoks dengan tingkat kesalahan 59,86%. Sub konsep redoks di mana siswa banyak mengalami kesulitan adalah penentuan reaksi redoks, penentuan reaksi autoreduksi, penentuan reaksi non-redoks, dan penentuan oksidator, reduktor, hasil oksidasi dan hasil reduksi berturut-turut dengan tingkat kesalahan sebesar 61,9%, 69,87%, 70,04%, dan 67,46%. Tingginya tingkat kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal-soal redoks ini mengindikasikan rendahnya tingkat pemahaman siswa terhadap materi Reaksi Redoks. Oleh karena itu, pembelajaran perlu memberi penekanan pada proses berpikir tingkat tinggi sehingga pengetahuan siswa tidak berhenti pada tingkat mengingat, tetapi mencapai tingkat pemahaman, penerapan, analisis, evaluasi, dan hankan berkreasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2013. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Brady, J. E., Jespersen, N. D., & Hyslop, A. 2012. *Chemistry The Molecular Nature of Matter Sixth Edition*. USA: Courier Kendallville.
- Chiu, M-H. 2005. A National Survey of Students' Conceptions in Chemistry in Taiwan. *Chemical Education International*, 6(1): 1-8.
- Sriningsih. 2015. Analisis Kesalahan Konsep Mahasiswa pada Pokok Bahasan Reaksi Reduksi Oksidasi. *Jurnal Penelitian* (pp. 1-14). Gorontalo.

**PERAN KESANGGUPAN SPASIAL DALAM PEMBELAJARAN KIMIA
(SPATIAL ABILITY ROLE IN CHEMISTRY LEARNING)**

Syahrial*

Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Syiah Kuala

*Correspondence author's email: syahrial@fkip.unsyiah.ac.id

ABSTRAK

Penelitian tentang kesanggupan spasial (*spatial ability*) dalam pendidikan sains dan kimia terus berkembang dalam beberapa tahun terakhir. Kesanggupan spasial merupakan salah satu indikator kecerdasan manusia sehingga diperlukan untuk mempelajari ilmu pengetahuan. Paling tidak ada tiga komponen penyusun kesanggupan spasial yaitu (1) visualisasi spasial; (2) orientasi spasial; (3) relasi spasial. Oleh sebab itu kesanggupan spasial diperlukan untuk memahami seluruh informasi yang bersifat non linguistik, misal grafik, gambar, dan simbol. Kesanggupan spasial termasuk ke dalam kesanggupan berfikir formal menurut teori perkembangan kognitif Piaget. Membelajarkan ilmu kimia banyak melibatkan multi representasi karena banyak melibatkan konsep yang bersifat abstrak dan kompleks. Banyak peneliti menyarankan menggunakan model konkret dan triplet Johnstone dalam mempelajari kimia untuk memastikan siswa memiliki kemampuan spasial. Oleh sebab itu kesanggupan spasial dapat digunakan sebagai prediktor kesuksesan dalam mempelajari kimia.

Kata kunci: *kesanggupan spasial, visualisasi spasial, orientasi spasial, relasi spasial, triplet Johnstone, konsep abstrak, konsep kompleks.*

ABSTRACT

Research on spatial ability in science and chemistry education is growing steadily in recent years. Spatial ability is one indicator of human intelligence that is needed to study science. At least three components of spatial ability, namely (1) spatial visualization; (2) spatial orientation; (3) spatial relations. Spatial ability is needed to understand all non-linguistic informations, e.g graphics, images, and symbols. Spatial ability is included in the formal thinking ability according to Piaget's theory of cognitive development. Study chemistry involves multi representation because involve abstract and complex concepts. Many researcher advise using concrete models and Johnstone's triplet in studying chemistry to confirm students possess spatial ability. Therefore, spatial ability can be used as a predictor of success in studying chemistry.

Key word: *spatial ability, spatial visualization, spatial orientation, spatial relations, Johnstone's triplet, abstract concepts, complex concepts.*

PENDAHULUAN

Kesanggupan spasial memainkan peranan penting dalam keberhasilan menguasai sejumlah bidang ilmu pengetahuan. Tidak hanya sains, matematika, atau teknik tetapi bidang sosial juga melibatkan kesanggupan spasial untuk mempelajarinya (Newcombe, 2013). Hegarty & Waller, (2004) menegaskan bahwa sejumlah penelitian sebelum 1939 membuktikan bahwa kecerdasan verbal dibedakan dengan kecerdasan spasial sehingga teknik pengukurannya juga berbeda. Kesanggupan spasial merupakan indikator kecerdasan manusia sehingga tidak mengherankan jika diperlukan untuk

memahami ilmu pengetahuan (Gardner, 2011). Oleh sebab itu banyak ahli tertarik melakukan riset di bidang kesanggupan spasial.

Kecerdasan spasial sebagai satu dari delapan kecerdasan yang dikemukakan Gardner perlu dipahami oleh para guru dan calon guru. Dengan demikian guru dapat melaksanakan pembelajaran di dalam kelas yang mendorong pengembangan potensi kecerdasan spasial pebelajar. Kesanggupan menulis dan membaca tidak dapat dipisahkan dari kesanggupan spasial karena penyajian produk sering kali menggunakan grafik, gambar, atau peta (Gardner, 2006). Lebih spesifik Berg & Phillips (1994) menemukan bahwa pebelajar yang kesulitan dalam menerjemahkan grafik bermakna struktur berfikir logikanya belum berkembang. Sejumlah aktifitas pembelajaran yang diyakini dapat mempermudah pemahaman pebelajar terhadap materi yang diajarkan ternyata menurut Nelson (1998) memerlukan kesanggupan spasial. Misal penggunaan molly mood pada saat menjelaskan pengaruh konformasi terhadap kestabilan sikloheksana.

Mengingat banyaknya aktifitas yang berhubungan dengan spasial dalam pembelajaran sains, maka dirasa perlu membahas peran kesanggupan spasial dalam pembelajaran kimia. Melalui penyajian sejumlah pendapat ahli dan fakta mengenai peran kesanggupan spasial dalam pembelajaran, maka diharapkan dapat memberikan informasi dan meyakinkan para guru atau calon guru bahwa kesanggupan spasial membantu pebelajar memahami materi ajar menjadi lebih mudah. Pendapat ahli dan fakta yang disajikan terbatas hanya dalam lingkup psikologi pendidikan dan tidak membahas kesanggupan spasial dalam sudut pandang neurosains.

METODE

Makalah ini disusun berdasarkan kajian terhadap 10 buku, 25 artikel yang dimuat pada beberapa jurnal, dan satu prosiding seminar. Kesemua literatur yang ditelaah membahas tentang kesanggupan spasial. Penelusuran informasi mengenai kesanggupan spasial dilakukan dengan menggunakan mesin pencari google (lebih banyak menggunakan google scholar), yahoo, bing, dogpile, dan altavista. Sejumlah kata kunci digunakan untuk menghimpun informasi mengenai kesanggupan spasial, diantaranya adalah *spatial ability*, *spatial reasoning*, *spatial thinking*, *spatial ability in chemistry education*, *spatial ability as predictor*, *spatial ability as formal thinking*, *relationship between spatial ability and mathematics*, *relationship between spatial ability and mathematics based on neuroscience*, dan *relationship between spatial ability and linguistic based on neuroscience*.

PEMBAHASAN

Pembahasan mengenai peran kesanggupan spasial dalam pembelajaran kimia dimulai dengan pemaparan tentang definisi kesanggupan spasial. Definisi kesanggupan kimia perlu disepakati dan dipahami bersama agar memudahkan pemahaman pada bagian berikutnya. Selanjutnya perlu pula dipahami komponen kesanggupan spasial. Memahami komponen penyusun kesanggupan spasial membantu guru dan calon guru untuk menentukan cara mengajarkan konsep yang melibatkan spasial. Tahap berikutnya akan dibahas mengenai kesanggupan spasial dalam bidang kimia, dan pembelajaran melibatkan kesanggupan spasial. Berikut ini disajikan secara rinci untuk setiap tahap pembahasan.

1. Definisi Kesanggupan Spasial

Konsep spasial sering digunakan secara bersamaan dengan konsep visual karena memang memiliki hubungan satu dengan lainnya. Pemakaian secara bersamaan kedua kata tersebut menegaskan bahwa keduanya saling berpengaruh dan sama pentingnya. Kesanggupan spasial (*spatial ability*) didefinisikan oleh Linn & Petersen, (1985) dan Lohman, (1996) sebagai konsep menyeluruh yang secara umum merujuk kepada ketrampilan representasi, transformasi, generasi, dan menggunakan simbol, informasi non linguistik. Sementara itu kesanggupan visual dimaknai oleh Zavotka, (1987) dan Olkun, (2003) sebagai kemampuan berkomunikasi menggunakan dan menafsirkan gambar atau sketsa. Sementara itu visuospasial merupakan gambaran mental dan kesanggupan memanipulasi gambar mental tersebut (Mayer, 2005).

Secara neuropsikologis ditemukan adanya perbedaan antara spasial dan visual karena proses visual berbeda tempatnya dengan proses spasial pada otak manusia. Kosslyn & Koenig (1992)

menerangkan bahwa proses visual terjadi pada bagian *inferior temporal cortex* yang memproses fitur benda dan *parietal cortex* yang memproses lokasi spasial dan kaitannya. Jika dipetakan, bagian otak manusia yang bertanggung jawab terhadap proses spasial berada di sebelah kanan dan proses visual terjadi di kedua belah otak (Baddeley, 2003).

Satu hal menarik adalah adanya ahli yang membedakan antara kesanggupan spasial dan ketrampilan spasial (*spatial skill*). Salah seorang ahli yang membedakan yaitu Sorby (1999). Menurut Sorby (1999) kesanggupan spasial merupakan bawaan dari lahir sedangkan ketrampilan spasial diperoleh dari belajar atau latihan. Pada makalah ini penggunaan term kesanggupan spasial dianggap juga seiring dengan ketrampilan spasial. Oleh sebab itu pembelajaran atau pelatihan dianggap mampu meningkatkan kesanggupan spasial pebelajar.

2. Komponen Kesanggupan Spasial

Kesanggupan spasial manusia sesungguhnya tidak berdiri sendiri tetapi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pellegrino (1986) menyebutkan ada tiga faktor yang perlu diperhatikan untuk kesanggupan spasial manusia yaitu kecepatan perseptual, relasi spasial, dan visualisasi spasial. Kecepatan perseptual adalah kecepatan mencari dan membandingkan bentuk-bentuk visual. Relasi spasial adalah kesanggupan memvisualisasikan pengaruh suatu operasi, misal perputaran, pencerminan, dan inversi atau secara mental memanipulasi benda. Visualisasi spasial adalah kesanggupan untuk memahami secara tepat objek tiga dimensi dari representasi dua dimensinya.

Maier di dalam Sorby (1999) bahkan menyimpulkan ada lima komponen yang membangun kesanggupan spasial manusia yaitu (1) persepsi spasial (*spatial perception*); (2) visualisasi spasial (*spatial visualization*); (3) rotasi mental (*mental rotations*); (4) relasi spasial (*spatial relations*); dan (5) orientasi spasial (*spatial orientation*). Penambahan dua komponen ini sebenarnya menjelaskan secara spesifik komponen sebelumnya. Tartre dalam Marunić & Glažar (2014) menegaskan kesanggupan spasial tersusun atas dua komponen yaitu visualisasi spasial 3D dan orientasi spasial. Orientasi spasial adalah kesanggupan memahami benda dalam ruang jika secara mental mengubah titik pandang sedangkan posisi benda tetap. Akan tetapi komponen visualisasi spasial dibagi menjadi dua kategori yaitu rotasi mental dan transformasi mental. Rotasi mental berkaitan dengan transformasi benda dalam ruang melalui perputaran dan jika perputaran tersebut terjadi untuk sebagian benda saja maka dikenal sebagai transformasi mental. Klasifikasi berbeda dikemukakan oleh Banea (2000) dan Carroll (2004) yaitu visualisasi spasial, orientasi spasial, dan relasi spasial.

3. Kesanggupan Spasial Dalam Bidang Kimia

Ilmu kimia dibangun oleh konsep yang pada umumnya bersifat abstrak (Taber, 2001; Orgil & Bodner, 2005), kompleks (Taber, 2001), dan hirarki (Tsaparlis, *et al*, 2010). Salah contoh konsep abstrak di dalam kimia adalah atom dan contoh konsep kompleks adalah energi aktivasi. Oleh sebab itu ilmu kimia berpotensi sulit untuk dipelajari (Nakhleh, 1992; Johnstone, 1991; Priest, Pyke, & Williamson, 2014) dan banyak pebelajar bahkan mahasiswa beranggapan ilmu kimia menakutkan atau sering dikenal sebagai *chemophobia* (Eddy, 2000).

Konsep abstraks dapat dipahami pebelajar jika kesanggupan berfikir formal telah berkembang dengan baik (Piaget & Inhelder, 1958b). Demikian pula untuk mempelajari konsep kompleks diperlukan kesanggupan berfikir ilmiah. Ukuran kompleksitas materi atau konsep dapat menggunakan indek kompleksitas yang dikemukakan oleh (Randić, *et al.*, 2005). Banyak pula topik atau materi di dalam kimia bersifat hirarki, artinya pebelajar dapat memahami topik atau materi tersebut setelah terlebih dahulu memahami materi atau topik sebelumnya.

Beberapa materi atau topik dalam Ilmu Kimia juga membutuhkan kemampuan matematika. Sebut saja satu contoh yaitu topik sifat koligatif larutan yang membutuhkan kemampuan matematika atau algoritmik untuk dapat memahaminya. Piaget & Inhelder (1958) menegaskan bahwa kemampuan matematika membutuhkan logika matematika, sehingga dengan demikian mempelajari konsep kimia juga memerlukan logika matematika.

Sebagai salah satu bagian dari sains, maka pebelajar memerlukan kesanggupan spasial dalam mempelajari konsep dalam ilmu kimia. Upaya mengkonkritkan konsep abstrak dalam ilmu kimia melalui permodelan memerlukan kesanggupan spasial. Sebagai salah satu contoh adalah model konkrit untuk menjelaskan ikatan kimia. Selain itu komunikasi yang digunakan dalam kimia juga

banyak melibatkan gambar, lambang (*icon*), grafik, dan tabel. Pelibatan multirepresentasi merupakan bukti keterlibatan kesanggupan spasial dalam mempelajari kimia.

Kesanggupan spasial menurut Piaget (1964) mulai berkembang manakala anak mulai mengenal objek. Anak pada 18 bulan pertama pemahaman spasialnya tidak berlangsung permanen. Jika benda hilang dari pandangan atau rabaan, maka pengenalan terhadap objek menjadi hilang. Lebih lanjut Bishop (1978) menyimpulkan bahwa perkembangan kesanggupan spasial menurut Piaget berlangsung melalui tiga tahap yaitu (1) Ketrampilan topologi: 2-D dimana anak mampu mengenali kedekatan benda, urutan atau susunan benda dalam kelompoknya, memisahkan atau mengumpulkan benda dari lingkungan yang lebih besar. Dicapai pada 3-5 tahun. (2) Visualisasi 3-D: mampu memandang benda suatu objek dari berbagai titik pengamatan, diputar atau ditransformasi dalam bidang 3-D (ruang). Dicapai pada anak-anak remaja. Akan tetapi untuk benda yang tidak familiar akan menemui kesulitan, bahkan utk mahasiswa, dan (3) Visualisasi konsep luas, volume dan terjemahan dari suatu gambar spasial, rotasi, dan refleksi. Kemampuan menggabungkan konsep pengukuran dengan ketrampilan proyektif.

Kesanggupan spasial berkaitan dengan kesanggupan berfikir formal, logika matematik, dan kesanggupan linguistik. Sebagian tugas formal Piaget yang digunakan untuk mengukur kesanggupan berfikir formal membutuhkan kesanggupan spasial atau berhubungan dengan kesanggupan spasial. Sebagai contoh pada tugas pengukuran kesanggupan berfikir formal Paiget, pebelajar memerlukan kesanggupan spasial agar dapat lebih mudah menyelesaikan tugas pengukuran permukaan air di dalam dua bejana atau pada tugas penggunaan dua batang pengaduk yang memiliki panjang berbeda (Piaget & Inhelder, 1958).

Hubungan kesanggupan spasial dengan logika matematik dibuktikan oleh de Hevia, *et al.*, (2008) dan sebagai salah satu bukti adalah hasil percobaan yang dilakukan oleh Göbel, *et al.*, (2001). Göbel, *et al.*, (2001) membuktikan bahwa penggunaan *transcranial magnetic stimulation* pada pasien yang sehat menunjukkan stimulasi parietal kortis kiri dan kanan menyebabkan penurunan performa tugas visuospasial dan aritmetika. Ini membuktikan bahwa ada kaitan antara kesanggupan spasial dengan aritmetika. Uji lain yang membuktikan bahwa kesanggupan spasial berhubungan dengan angka adalah *Spatial Numerical Association of Response Codes* (SNARC). Uji ini oleh Dehaene, *et al.* (1993) digunakan untuk membuktikan bahwa individu akan lebih cepat merespon angka lebih kecil dari urutan kiri ke kanan.

Oleh karena kesanggupan spasial berkaitan dengan seluruh kesanggupan yang yang diperlukan dalam mempelajari kimia, maka setiap cabang ilmu kimia tentu memerlukan kesanggupan spasial untuk mempelajarinya. Berikut ini beberapa contoh materi yang memerlukan kesanggupan spasial untuk mempelajarinya. (1) Kimia umum: ikatan kimia, VSEPR dan geometri molekul; (2) kimia organik: proyeksi rumus molekul, konformasi, stereokimia, reaksi S_N1 dan S_N2 ; (3) kimia anorganik: stereokimia, simetri; dan (4) biokimia: biomolekuler, reaksi enzimatik. Wu & Shah (2004) menyimpulkan bahwa terbangunnya representasi visual internal, pemahaman representasi visual, dan transformasi representasi serta seluruh substansi ketrampilan visuospasial menjadi komponen penting untuk menyelesaikan permasalahan kimia.

Sejumlah peneliti telah melaporkan pengaruh kesanggupan spasial pebelajar terhadap keberhasilan mempelajari kimia, baik pada tingkat sekolah menengah maupun tingkat perguruan tinggi. Al-balushi & Al-hajri (2014) melaporkan bahwa pebelajar sekolah menengah di Oman yang menggunakan model konkrit dan animasi sub mikroskopik secara bersamaan akan lebih mudah memahami reaksi kimia, khiralitas, memprediksi konfigurasi molekul, dan sudut ikatan. Mahasiswa dari tiga jurusan berbeda telah membuktikan bahwa ketrampilan spasial sangat membantu keberhasilan mereka pada mata kuliah pengantar kimia (Bunce, *et al.* (1998).

4. Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kesanggupan Spasial

Sejak Johnstone menyarankan untuk saling mengkaitkan antara simbol-makro-mikro (triplet Johnstone) dalam pembelajaran kimia, banyak guru kimia merespon positif saran tersebut dengan cara setia menerapkannya hingga saat ini. Akan tetapi triplet Johnstone tersebut dapat digunakan membantu memahami kimia jika pebelajar mampu melakukan translasi dan transformasi di antara ke tiga representasi (Talanquer, 2011). Kemampuan melakukan translasi dan transformasi tersebut

membutuhkan kesanggupan spasial dan sebaliknya pembelajaran yang melibatkan triplet Johnstone dapat mengembangkan kesanggupan spasial pebelajar.

Strategi lain yang dapat meningkatkan pengembangan kesanggupan spasial adalah pemberian latihan yang sesuai. Kyllonen, *et al.* (1984) menyarankan penggunaan teknik melipat kertas untuk melatih pengembangan kesanggupan spasial. Terlecki, *et al.* (2007) berhasil meningkatkan kesanggupan spasial pebelajar wanita yang sebelumnya rendah dengan menggunakan videogame. Pemberian latihan menggambar atau membuat sketsa ternyata dapat meningkatkan kesanggupan spasial (Sorby, 1999). Lohman & Nichols (1990) meningkatkan kemampuan spasial dapat dilakukan seiring dengan meningkatkan pengetahuan deklaratif dan procedural sebagaimana yang didefinisikan Anderson (1983). Secara umum, penggunaan multirepresentasi dalam pembelajaran kimia diyakini mampu membantu perkembangan kesanggupan spasial pebelajar (Hegarty, 2014).

KESIMPULAN

Hasil pengkajian terhadap sejumlah artikel jurnal dan buku tentang kesanggupan spasial dalam sains dan ilmu kimia, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kesanggupan spasial berkaitan dengan kesanggupan berfikir formal.
2. Kesanggupan spasial diperlukan dalam pembelajaran kimia karena membantu mempermudah memahami konsep yang melibatkan spasial atau non spasial.
3. Kesanggupan spasial dapat ditingkatkan melalui latihan dan pembelajaran yang sesuai

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Balushi, S. M., & Al-Hajri, S. H. (2014). Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15(47), 47–58. <http://doi.org/10.1039/c3rp00074e>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. <http://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Banea, N. (2000). Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with a Computer managed Modelling System. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (p. 307). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Berg, C. A., & Phillips, D. G. (1994). An Investigation of the Relationship Between Logical Thinking Structures and the Ability to Construct and Interpret Line Graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 323–344.
- Bunce, D. M., Coleman, S. L., & Gotch, A. J. (1998). Spatial Perception Skills of Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 75(2), 206–209.
- Carroll, J. B. (2004). *Human cognitive abilities A survey of factor-analytic studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- de Hevia, M. D., Vallar, G., & Girelli, L. (2008). Visualizing numbers in the mind's eye: The role of visuo-spatial processes in numerical abilities. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32(8), 1361–1372. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.05.015>
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology General*, 122(3), 371–396. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Eddy, R. M. (2000). Chemophobia in the College Classroom: Extent, Sources, and Student Characteristics. *Journal of Chemical Education*, 77(4), 514. <http://doi.org/10.1021/ed077p514>
- Gardner, H. (2006). *Multiple Intelligences New Horizons*. New York: Basic Book. <http://doi.org/10.4135/9781412952675.n184>
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Book. <http://doi.org/10.2307/3324261>
- Göbel, S., Walsh, V., & Rushworth, M. F. S. (2001). The mental number line and the human angular gyrus. *NeuroImage*, 14(6), 1278–89. <http://doi.org/10.1006/nimg.2001.0927>
- Hegarty, M. (2014). Spatial Thinking in Undergraduate Science Education. *Spatial Cognition & Computation*, 14(2), 142–167. <http://doi.org/10.1080/13875868.2014.889696>

-
- Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32, 175–191. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2003.12.001>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75–83.
- Kosslyn, S. M., & Koenig, O. (1992). *Wet Mind The New Cognitive Neuroscience*. New York: Free Press.
- Kyllonen, P. C., Lohman, D. F., & Snow, R. E. (1984). Effects of Aptitudes , Strategy Training , and Task Facets on Spatial Task Performance. *Journal of Educational Psychology*, 76(1), 130–145.
- Lohman, D. D. F. (1993). Spatial Ability and G. In *Spearman Seminar* (pp. 1–19). Plymouth. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Spatial+Ability+and+G#0\http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.111.7385>
- Lohman, D. F., & Nichols, P. D. (1990). Training Spatial Abilities : Effects Of Practice On Rotation And Synthesis Tasks. *Learning and Individual Difference*, 2(1), 67–93.
- Marunić, G., & Glažar, V. (2014). Improvement And Assessment Of Spatial Ability In Engineering Education. *Engineering Review*, 34(2), 139–150.
- Mayer, R. E. (2005). Multimedia Learning: Guiding Visuospatial Thinking with Instructional Animation. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (p. 477). Cambridge: Cambridge University Press.
- Nakhleh, M. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry Chemical Misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Nelson, K. N. (1998). *Developing Students' Multiple Intelligences*. New York: Scholastic Professional Book.
- Newcombe, N. S. (2013). Seeing relationships: Using spatial thinking to teach science, mathematics, and social studies. *American Educator*, 37(1), 26–32.
- Olkun, S. (2003). Making Connections : Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, (April), 1–10.
- Orgil, M., & Bodner, G. M. (2005). Chapter 8: The Role of Analogies in Chemistry Teaching. In N. J. Pienta, M. M. Cooper, & T. J. Greenbowe (Eds.), *Chemists' Guide to Effective Teaching Vol I*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Pellegrino, J. W. (1986). Components Of Spatial Ability. In S. E. Newstead, S. H. Irvine, & P. L. Dann (Eds.), *Human Assessment: Cognition and Motivation* (p. 489). Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1958a). *Jean Piaget Inhelder-The Growth of Logical Thinking From Childhood to Adolescence*, Basic Books, Inc.
- Priest, S. J., Pyke, S. M., & Williamson, N. M. (2014). Student perceptions of chemistry experiments with different technological interfaces: A comparative study. *Journal of Chemical Education*, 91(11), 1787–1795. <http://doi.org/10.1021/ed400835h>
- Randić, M., Guo, X., Plavsic, D., & Balaban, A. T. (2005). On The Complexity Of Fullerenes And Nanotubes. In D. Bonchev & D. H. Rouvray (Eds.), *Complexity in Chemistry, Biology, and Ecology* (p. 359). New York: Springer.
- Sorby, S. A. (1999). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21–32.
- Taber, K. S. (2001). Building The Structural Concepts Of Chemistry : Some Considerations From Educational Research, *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 2(2), 123–158.
- Talanquer, V. (2011). Macro , Submicro , and Symbolic : The many faces of the chemistry “ triplet .” *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <http://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Terlecki, M. S., Newcombe, N. S., & Little, M. (2007). Durable and Generalized Effects of Spatial Experience on Mental Rotation: Gender Differences in Growth Patterns. *Applied Cognitive Psychology*, 21(December 2006), 1057–1075. <http://doi.org/10.1002/acp>
- Tsaparlis, G., Kolioulis, D., & Pappa, E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course : a novel approach based on science-education theories , with emphasis on the macroscopic approach , and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom.
-

Chemistry Education Research and Practice, 107–117. <http://doi.org/10.1039/C005354F>

Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492. <http://doi.org/10.1002/sce.10126>

Zavotka, S. L. (1987). Three-Dimensional Computer Animated Graphics : A Tool for Spatial Skill Instruction. *ECTJ*, 35(3).

**IDENTIFIKASI PEMAHAMAN KONSEPTUAL DAN ALGORITMIK PESERTA DIDIK
KELAS XI MIPA SMA NEGERI 2 MALANG PADA MATERI SIFAT KOLIGATIF
LARUTAN**

Nimas Roro Herawati, Dermawan Afandy, Suharti

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang

E-mail : nimasroroherawati.21@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual dan algoritmik, miskonsepsi, dan hubungan antara pemahaman konseptual dan algoritmik peserta didik kelas XI SMAN 2 Malang pada materi sifat koligatif larutan. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian diskriptif-kuantitatif. Subjek penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI MIPA SMAN 2 Malang tahun pelajaran 2015/2016. Instrumen penelitian yaitu tes diagnostik pilihan ganda beralasan terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : 1) tingkat pemahaman konseptual peserta didik tergolong sedang (52%) dan pemahaman algoritmik peserta didik tergolong tinggi (71%), (2) persentase miskonsepsi peserta didik tertinggi terdapat pada pokok bahasan tekanan osmosis yaitu $\pi_{\text{cairan}} < \pi_{\text{plasma darah}}$, maka larutan hipotonik yang mengakibatkan sel darah mengkerut karena kehilangan air (52%) (3) terdapat hubungan yang signifikan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik peserta didik pada materi **sifat koligatif larutan elektrolit** dengan koefisien korelasi sebesar 0,327.

Kata Kunci : sifat koligatif larutan, pemahaman konseptual siswa, pemahaman algoritmik siswa, miskonsepsi, tes diagnostik pilhan ganda beralasan terbuka

ABSTRACT

The aim of this study was to identify conceptual and algorithmic understanding, misconception, and relation between conceptual and algorithmic understanding of students in SMAN 2 Malang. The research was descriptive-quantitative research. The research's subjects were all students of class XI Science SMAN 2 Malang academic year 2015/2016. The research instrument was reasoned multiple choice diagnostic tests. The result show that: (1) The conceptual understanding level of students were average (52%) and algorithmic understanding level of the students were high (71%), (2) the highest percentage of student's misconception was concept of osmotic pressure that if $\pi_{\text{fluid}} < \pi_{\text{blood plasma}}$, so solution was hypotonic solution which results that the blood cells shrink due to water loss (52%), (3) there was a significant relationship between the conceptual and algorithmic understanding on subject colligative properties of electrolyte solution with a correlation coefficient was 0.327.

Keywords: colligative properties, conceptual understanding, algorithmic understanding, misconceptions, reasoned multiple choice diagnostic test.

PENDAHULUAN

Sifat koligatif larutan adalah salah satu materi kimia yang diajarkan pada peserta didik kelas XI MIPA di SMA Negeri 2 Malang. Materi ini memiliki karakteristik konseptual dan algoritmik. Menurut Yilmaz, dkk (2007:420) hal penting dalam mempelajari ilmu kimia adalah dibutuhkan pemahaman konseptual dan algoritmik. Pemahaman konseptual berkaitan dengan hubungan antara konsep dalam suatu hukum, penerapan konsep dalam menganalisis dan menjelaskan gejala-gejala alam pada materi sifat koligatif larutan. Sedangkan pada pemahaman algoritmik berkaitan dengan kemampuan untuk menyelesaikan atau menggunakan persamaan matematika dengan tepat pada soal hitungan pada materi sifat koligatif larutan.

Chiu (2000:20) dan Costu (2007:379) menyampaikan bahwa kebanyakan siswa dapat menyelesaikan soal perhitungan (algoritmik) kimia tetapi hanya sedikit yang dapat menyelesaikan soal konseptual. Hal ini dapat disebabkan materi konseptual sifat koligatif larutan yang abstrak, sehingga menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dan menyebabkan miskonsepsi.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru, sebanyak 57% peserta didik yang dinyatakan lulus saat ulangan harian. Jenis soal yang disajikan guru adalah soal yang berkaitan pemahaman algoritmik. Salah satu penyebab rendahnya hasil belajar peserta didik adalah rendahnya pemahaman konseptual peserta didik yang menyebabkan hasil belajar pemahaman algoritmik rendah. Data pemahaman konseptual peserta didik dibutuhkan untuk membuktikan bahwa rendahnya hasil belajar pada materi bersifat algoritmik disebabkan oleh pemahaman konseptual yang rendah. Maka diperlukan suatu identifikasi pemahaman peserta didik, serta menganalisis kesalahan konsep apa saja yang ada pada peserta didik. Penelitian ini nantinya akan berguna untuk memperbaiki strategi pembelajaran ataupun media pembelajaran.

Dalam mengidentifikasi pemahaman peserta didik, dapat digunakan beberapa metode tes diagnostik antara lain peta konsep (Novak, 1996), wawancara (Carr, 1996) dan instrumen pilihan ganda (Treagust, 1988) (dalam Tüyzüs, 2009:626). Tes pilihan ganda saja tidak dapat menggali pemahaman peserta didik, sehingga tes ini divariasikan menjadi beberapa jenis. Salah satunya adalah tes pilihan ganda beralasan terbuka, tes ini mengharuskan peserta didik memilih jawaban dari pilihan ganda pada soal dengan menyertakan alasan mengapa memilih jawaban tersebut. Tes ini dapat digunakan untuk melihat seberapa besar pemahaman konseptual dan algoritmik peserta didik, serta miskonsepsi apa saja yang ada pada siswa berdasarkan uraian jawaban yang dipaparkan siswa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual dan algoritmik serta miskonsepsi yang dialami peserta didik kelas XI SMA Negeri 2 Malang dalam materi Sifat Koligatif Larutan. Pada penelitian ini menggunakan model tes diagnostik *pilihan ganda beralasan terbuka*. Berdasarkan uraian diatas, dilakukan penelitian mengenai “**Identifikasi Pemahaman Konseptual dan Algoritmik Siswa Kelas XI Pada Materi Sifat Koligatif Larutan di SMA Negeri 2 Malang**”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Subjek penelitian penelitian ini adalah siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 2 Malang tahun pelajaran 2015/2016. Instrumen yang digunakan berupa soal tes diagnostic pilihan ganda beralasan terbuka dengan 4 alternatif pilihan jawaban serta kolom penulisan alasan memilih pilihan jawaban yang ada. Soal sebanyak 24 dengan 14 soal konseptual dan 10 soal algoritmik. Soal tes memiliki validitas isi sebesar 86% dan reliabilitas sebesar 0,797 menunjukkan bahwa hasilnya dapat diterima.

Pada tahap pengumpulan data dilakukan tes untuk memperoleh data peserta didik berupa hasil tes peserta didik yang menjawab benar dalam menyelesaikan soal sifat koligatif larutan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan langkah-langkah: (1) pemberian skor dan tabulasi data, (2) penghitungan persentase pemahaman konseptual dan algoritmik peserta didik untuk tiap butir soal berdasarkan alasan jawaban yang dituliskan peserta didik, (3) penghitungan persentase miskonsepsi peserta didik, (4) Menguji korelasi (uji *Pearson*) ada tidaknya hubungan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik peserta didik menggunakan *SPSS for windows 19*.

HASIL PENELITIAN

Persentase Jawaban Benar Peserta Didik terhadap Materi yang Berkaitan Dengan Pemahaman Konseptual.

Pada materi sifat koligatif larutan dibagi menjadi beberapa subbab. Paparan pemahaman konseptual peserta didik berdasarkan subbab yang terdapat pada materi sifat koligatif larutan tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Persentase siswa menjawab benar setiap subbab (Pemahaman Konseptual)

No	Subbab materi yang diuji	No Soal	Persentase	Kategori
1	Jenis-jenis sistem disperse	1	80%	Tinggi
2	Satuan Konsentrasi	2	88%	

		3	84%	
		Rata-Rata	86%	Sangat Tinggi
3	Gaya antar partikel (fase padat, cair dan gas)	4	93%	Sangat Tinggi
4	Penurunan tekanan uap	6	30%	Rendah
5	Kenaikan titik didih larutan	5	68%	Tinggi
6	Penurunan titik beku larutan	7	9%	Sangat Rendah
7	Tekanan osmosis	8	57%	
		9	74%	
		10	10%	
		Rata-Rata	49,33%	Sedang
8	Larutan elektrolit dan non elektrolit	11	68%	Tinggi
9	Penurunan tekanan uap larutan elektrolit	12	43 %	
		14	26%	
		Rata-Rata	34,5%	Kurang
10	Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku larutan elektrolit	13	5%	Sangat Rendah

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, rata-rata persentase pemahaman konseptual peserta didik kelas XI SMA Negeri 2 Malang pada materi sifat koligatif larutan adalah 52%. Berdasarkan persentase tersebut pemahaman konseptual siswa termasuk dalam kategori sedang.

Persentase Jawaban Benar Peserta Didik terhadap Materi yang Berkaitan Dengan Pemahaman Algoritmik (Hitungan)

Dalam sifat koligatif larutan pemahaman peserta didik dibagi menjadi beberapa subbab. Berikut adalah paparan pemahaman algoritmik peserta didik berdasarkan subbab yang terdapat pada materi sifat koligatif larutan tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 Persentase siswa menjawab benar setiap subbab (Pemahaman Algoritmik)

No	Materi yang diuji	No Soal	Persentase	Kategori
1	Penurunan tekanan uap	15	15%	Sedang
2	Kenaikan titik didih larutan	16	92%	
		17	88%	
		Rata-Rata	90%	Sangat Tinggi
3	Penurunan titik beku larutan	18	76%	
		19	84%	
		Rata-Rata	80%	Tinggi
4	Tekanan osmosis	20	74%	Tinggi
5	Kenaikan titik didih larutan elektrolit	21	68 %	Tinggi
6	Penurunan titik beku larutan elektrolit	22	46%	Sedang
7	Tekanan osmosis larutan elektrolit	23	61%	
		24	67%	
		Rata-Rata	64%	Sedang

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, rata-rata persentase pemahaman algoritmik peserta didik kelas XI SMA Negeri 2 Malang pada materi sifat koligatif larutan adalah 71%. Berdasarkan persentase tersebut pemahaman algoritmik peserta didik termasuk dalam kategori tinggi.

Persentase Miskonsepsi Peserta Didik pada Materi Sifat Koligatif Larutan

Pada hasil identifikasi jawaban yang diberikan peserta didik, terdapat beberapa miskonsepsi yang dialami peserta didik terhadap materi sifat koligatif larutan. Persentase miskonsepsi terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Persentase Miskonsepsi Sifat Koligatif Larutan

No	Subbab Materi yang diuji	Persentase	Miskonsepsi
1	Jenis sistem disepersi	6%	Garam dan air menghasilkan zat homogen sehingga tercampur semua
2	Satuan konsentrasi	8%	Menghitung molalitas tidak harus diketahui volumenya dan penambahan zat terlarut tidak mempengaruhi volume larutan
3	Gaya anatar partikel	7%	Tidak tedapat gaya antar partikel pada fase padat
4	Penurunan tekanan uap	28%	Tekanan uap turun karena luas permukaan berubah
5	Kenaikan titik didih	12 %	Gaya antar partikel $\text{Na}^+\text{-H}_2\text{O}$ dan $\text{Cl}^-\text{-H}_2\text{O}$ lemah, sehingga gaya untuk melepas ikatan kuat dan menyebabkan titik didih tinggi
6	Penurunan titik beku	23%	Gaya antar partikel lemah menyebabkan energi kinetic lemah
7	Tekanan osmosis	10%	Tinggi larutan yang berbeda konsentrasinya dan dipisahkan oleh membran semipermibel tidak akan berubah.
		52%	π cairan < π plasma darah, maka larutan hipotonik yang mengakibatkan sel darah mengerut karena kehilangan air
8	Larutan elektrolit	9%	Larutan gula walupun tidak mengion didalam air, namun dapat menghantarkan listrik
9	Penurunan tekanan uap larutan elektrolit	35%	Tidak ada hubungan antara nilai i dengan jumlah mol partikel suatu zat
10	Kenaikan titik didih dan penurunan titik beku larutan elektrolit	32%	Larutan NaCl dan larutan gula yang memiliki konsentrasi sama, kenaikan titik didih dan penurunan titik bekunya sama
11	Sifat koligatif larutan elektrolit	34%	Nilai derajat ionisasi sama dengan nilai faktor van't hoff

Hubungan Pemahaman Konseptual dengan Algoritmik Peserta Didik pada Materi Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Ada tidaknya hubungan antara pemahaman konseptual dan algoritmik peserta didik pada materi sifat koligatif larutan elektrolit, maka menggunakan uji korelasi. Analisis uji korelasi menggunakan software *SPSS versi 19.0 for Windows*. Hasil uji korelasi pemahaman konseptual dan algoritmik terdapat pada Tabel 4.

Hasil uji korelasi pemahaman konseptual dan algoritmik peserta didik SMA Negeri 2 Malang pada materi sifat koligatif larutan elektrolit menunjukkan bahwa koefisien korelasi sebesar 0,327. Hasil ini menunjukkan adanya hubungan antara pemahaman konseptual dan algoritmik, namun masih tergolong rendah yaitu dibawah 0,5. Tanda positif menunjukkan hubungan searah yang berarti semakin tinggi pemahaman konseptual maka pemahaman algoritmik juga tinggi. Nilai probabilitas adalah 0,00 yang lebih kecil dari 0,05 . Jadi, antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik berkorelasi secara signifikan.

Tabel 4 Hasil Uji Korelasi Pemahaman Konseptual dengan Algoritmik pada Materi Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Variabel	Koefisien Korelasi	Probabilitas	Keterangan
Konseptual Algoritmik	0,327	0,00	Ada Hubungan yang Signifikan

PEMBAHASAN

Sifat koligatif larutan merupakan salah satu materi kimia yang diajarkan pada siswa jenjang SMA. Materi ini memiliki karakteristik pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemahaman konseptual, pemahaman algoritmik, miskonsepsi dan hubungan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik siswa. Instrumen yang digunakan adalah tes diagnostik pilihan ganda beralasan terbuka. Tes diagnostik ini dipilih karena mampu mengidentifikasi pemahaman konseptual, pemahaman algoritmik, miskonsepsi serta melatih berfikir kritis siswa melalui alasan yang diberikan. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI MIPA SMAN 2 Malang. Sekolah dipilih berdasarkan hasil ulangan harian peserta yang masih tergolong rendah.

a. Pemahaman Konseptual dan Algoritmik Peserta Didik pada Materi Sifat Koligatif Larutan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemahaman konseptual (52%) peserta didik lebih rendah dari pemahaman algoritmik (71%) peserta didik. Pemahaman konseptual terendah peserta didik terdapat pada sub materi penurunan titik beku larutan yaitu sebesar 9%. Pada sub materi ini peserta didik diminta untuk apa yang menyebabkan larutan garam lebih mudah mencair dari padapelarut murni (air) bila dilihat dari gaya antar partikel dan energi kinetiknya. Kebanyakan peserta didik menganggap bahwa larutan yang leleh terlebih dahulu memiliki gaya antar partikel yang lemah dan kinetik yang lemah. Berdasarkan jawaban tersebut dapat dikatakan bahwa peserta didik tidak paham dengan konsep terjadinya fenomena penurunan titik beku larutan.

Pemahaman algoritmik terendah peserta didik terdapat pada sub materi penurunan tekanan uap yaitu sebesar 15%. Pada sub materi ini peserta didik diminta untuk menghitung penurunan tekanan uap suatu larutan. Sebanyak 43,31% peserta didik mengalami kesalahan dalam membedakan tekanan uap pelarut murni (P^0) dengan tekanan uap larutan. Hal ini menyebabkan saat diminta menghitung penurunan tekanan uap larutan peserta didik tidak mencari P^0 namun nilai P yang langsung dimasukkan ke dalam penurunan tekanan uap.

Berdasarkan hasil observasi, pemahaman konseptual peserta didik lebih rendah dari pemahaman algoritmik disebabkan siswa lebih cenderung menghafal rumus-rumus. Rendahnya pemahaman konseptual dapat disebabkan oleh sistem mengajar guru yang hanya terpaku pada aspek hitungan (algoritmik) saja. Hal tersebut terbukti dari soal tes evaluasi (ulangan harian) yang semua soalnya berupa soal hitungan.

b. Kesalahan Konsep (Miskonsepsi) Peserta Didik pada Materi Sifat Koligatif Larutan

Terdapat enam miskonsepsi yang dialami siswa. Salah satunya terdapat pada pokok bahasan tekanan osmosis (52%). Persentase kesalahan siswa pada materi ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Persentase Kesalahan Siswa pada Materi Tekanan Osmosis

Pilihan Jawaban	A	B	C	D*
Persentase kesalahan	5,5 %	22,0 %	2,3 %	52,8 %

**pilihan jawaban benar namun alasan salah atau tidak menyertakan alasan*

Siswa memilih jawaban B sebesar 22,0%. Siswa memilih jawaban B dengan alasan bila larutan hipertonik terhadap larutan maka sel darah merah akan mengkerut. Dari alasan yang dipaparkan siswa, kesalahan siswa yaitu menganggap bahwa bila π cairan < π plasma darah, maka larutan hipertonik terhadap plasma darah. Siswa terbalik memahami antara larutan yang hipertonik dengan larutan yang hipotonik dengan darah, serta dampaknya pada plasma darah bila tekanan osmotik cairan lebih besar atau lebih kecil dari plasma darah.

Pilihan jawaban D merupakan pilihan jawaban yang benar. Namun terdapat 52,8% siswa yang menjawab pilihan D dengan alasan salah dan tidak menyertakan alasan. Siswa menganggap bila π cairan < π plasma darah, maka larutan hipotonik yang mengakibatkan sel darah mengkerut karena kehilangan air. Seharusnya bila π cairan < π plasma darah, maka aliran pelarut air dari luar sel ke dalam sel yang menyebabkan sel darah merah menggembung dan dapat pecah. Berdasarkan hasil penelitian tentang miskonsepsi ini guru bisa memperbaiki strategi pembelajaran berikutnya agar tidak terjadi miskonsepsi yang berkelanjutan.

c. Hubungan antara Pemahaman Konseptual dan Pemahaman Algoritmik Peserta Didik

Hubungan pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik siswa dapat dilihat melalui uji korelasi (uji pearson). Tidak terdapat hubungan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik siswa pada materi sifat koligatif larutan secara umum. Oleh karena itu, untuk menguji korelasi peneliti membagi materi menjadi dua kelompok besar yaitu sifat koligatif larutan non elektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit. Tidak terdapat hubungan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik sifat koligatif larutan non elektrolit yang ditunjukkan dengan besar koefisien korelasinya -0,045. Hal ini disebabkan oleh siswa yang cenderung menghafal rumus, sehingga pada materi sifat koligatif larutan non elektrolit pemahaman konseptual siswa rendah. Namun, terdapat hubungan yang signifikan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik sifat koligatif larutan elektrolit dengan koefisien korelasi sebesar 0,327. Pada materi sifat koligatif larutan elektrolit, bila siswa tidak dapat membedakan larutan mana yang elektrolit maka ada kemungkinan siswa memilih rumus yang salah.

PENUTUP

KESIMPULAN

- Rata-rata tingkat pemahaman konseptual peserta didik kelas XI MIPA SMA Negeri 2 Malang sebesar 52 % dengan kriteria sedang.
- Rata-rata tingkat pemahaman algoritmik peserta didik kelas XI MIPA SMA Negeri 2 Malang sebesar 71% dengan kriteria tinggi.
- Miskonsepsi terbesar yang dimiliki peserta didik pada materi sifat koligatif larutan ditunjukkan pada Tabel 6.
- **Tabel 6 Miskonsepsi Peserta Didik pada Materi Sifat Koligatif Larutan**

Miskonsepsi	Persentase
Tekanan uap turun karena luas permukaan berubah	28%
Gaya antar partikel lemah menyebabkan energi kinetik lemah	23%
π cairan < π plasma darah, maka larutan hipotonik yang mengakibatkan sel darah mengkerut karena kehilangan air	52%
Tidak ada hubungan antara nilai i dengan jumlah mol partikel suatu zat	35%
Larutan NaCl dan larutan gula yang memiliki konsentrasi sama, kenaikan titik didih dan penurunan titik bekunya sama	32%
Nilai derajat ionisasi sama dengan nilai faktor van't Hoff	34%

- Terdapat hubungan yang signifikan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik sifat koligatif larutan elektrolit dengan koefisien korelasi sebesar 0,327. Namun, tidak terdapat hubungan antara pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik sifat koligatif larutan non elektrolit yang ditunjukkan dengan besar koefisien korelasinya -0,045

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka beberapa saran yang disampaikan peneliti adalah sebagai berikut.

- Berkaitan dengan pemahaman konseptual yang lebih rendah dari pada pemahaman algoritmik peserta didik, guru diharapkan memberikan pengajaran yang tidak hanya berpusat pada aspek hitungan saja.
- Berkaitan dengan hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai acuan perbaikan strategi pembelajaran di kelas maupun perbaikan media pembelajaran (LKPD, demonstrasi, dll)
- Instrumen diagnostik pilihan ganda beralasan terbuka dapat digunakan beriringan dengan suatu metode pembelajaran sehingga pemahaman peserta didik tentang materi dalam ilmu kimia dapat ditingkatkan serta tingkat berfikir kritis peserta didik dapat ditingkatkan
- Instrumen penelitian ini masih memiliki banyak kelemahan khususnya dalam mengidentifikasi hubungan pemahaman konseptual dan pemahaman algoritmik. Hal ini disebabkan kurang terstrukturanya butir soal. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya hendaknya lebih mematangkan instrumen sebelum diujikan kepada peserta didik.

DAFTAR RUJUKAN

- Chang, R.2011. *General Chemistry: The Essential Concept* (sixth edition). New York: McGraw-Hill Companies.
- Chiu, M.H.2000. Algorithmic Problem Solving and Conceptual Understanding of Chemistry by Students at a Local High School in Taiwan. *Proc. Natl. Sci. Coune. ROC (D)*. 11:20-38.
- Costu, B.2007. Comparison of Students' Performance on Algorithmic, Conceptual and Graphical Chemistry Gas Problems. *Journal of Science Education and Technology*.16:379-386.
- Tim Penyusun PPKI.2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Skripsi, Tesis, desrtasi, Artikel, Makalah, Laporan Penelitian, Edisi Kelima*. Malang : UM Press.
- Effendy. 2013. *A-Level chemistry For Senior High School Studies Volume 3A*. Malang: Bayu Media Publishing.
- Tüysüz, C. 2009. Development of Two-Tier instrument and Assess Students' Understanding in Chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4 (6): 626-631.
- Yilmaz, Ahyar, Tuncer, gaye dan Alp.2007. Students Performance on Algorithmic and Conceptual Question of Chemistry. *World Applies Science Journal*.2.(4):420-426.

KEMAMPUAN SISWA KELAS XI SMA NEGERI 4 PALANGKA RAYA DALAM MENGONSTRUKSI DAN MEMAHAMI PENGETAHUAN TENTANG TERMOKIMIA MELALUI PENALARAN INDUKTIF DENGAN PANDUAN LKS

Abudarin^a dan Sri Wahyutami^a

^a Prodi Pendidikan Kimia Universitas Palangka Raya
Jl. Yos Sudarso Palangka Raya 73112

* Corresponding author's email: E-mail:darin@chem.upr.ac.id

ABSTRAK

Hasil studi TIMSS tahun 2011 menempatkan Indonesia di peringkat ke-38 dari 42 negara untuk matematika dan di peringkat 40 dari 42 negara untuk ilmu pengetahuan. Fakta ini menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam menalar masih rendah karena pemahaman matematika dan sains merupakan cerminan dari kemampuan menalar. Paradigma baru pembelajaran menghendaki siswa dapat mengonstruksi pengetahuan sendiri melalui proses berpikir baik induktif maupun deduktif. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kemampuan siswa SMAN 4 Palangkaraya dalam mengonstruksi dan memahami pengetahuan termokimia melalui penalaran induktif dengan panduan LKS. Subyek penelitian adalah siswa kelas XI MIA SMA Negeri 4 Palangka Raya Tahun Pelajaran 2015/2016. Data kemampuan mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia dikumpulkan menggunakan instrumen lembar kerja siswa (LKS), sedangkan data pemahaman konsep termokimia diaring menggunakan soal tes pemahaman konsep bentuk uraian obyektif. Validitas isi LKS dan soal tes pemahaman konsep ditentukan berdasarkan *content validity coefficient* menggunakan formula Aiken's. Soal tes pemahaman konsep juga diujicoba untuk menentukan tingkat kesukaran dan daya beda. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk mendeskripsikan kemampuan siswa mengonstruksi dan memahami konsep termokimia. Hasil penelitian menunjukan bahwa melalui penalaran induktif dengan panduan LKS kemampuan siswa kelas XI MIA SMA Negeri 4 Palangka Raya Tahun Pelajaran 2015/2016 dalam mengonstruksi konsep termokimia tergolong kategori baik, yaitu rata-rata sebesar 78,71%. Proses berpikir induktif tersebut meningkatkan pemahaman siswa terhadap kosep termokimia dari rata-rata 26,44% pada pretest menjadi 80,65% pada posttest.

Kata kunci: Lembar Kerja Siswa, Penalaran Induktif, Termokimia.

ABSTRACT

It is a crucial issue that the result of TIMSS in 2011 placed Indonesia in the 38th rank of the 42 countries for mathematics and in 40th rank of the 42 countries for science. These facts indicate that the students' skills in reasoning is still poor, since the understanding of math and science is a reflection of the ability to reasoning. The new paradigm of learning requires the student to be able to construct their own knowledge by inductive and deductive reasoning. In this case, the students need some guidance, so they are able to acquire the knowledge they need to understand. This study aims to describe the ability of student of SMAN 4 Palangka Raya in constructing and understanding the knowledge of thermochemistry through inductive reasoning guided using student worksheets. The subjects of this study are second year students of SMAN 4 Palangka Raya in the academic year 2015/2016. Students' capability for constructing knowledge of thermochemistry collected using students' worksheet, while the data of thermochemistry understanding is collected by comprehension test. Validity of worksheet is determined by content validity coefficient by using a Aiken's formula.

Data were analyzed using descriptive statistics to describe the ability of students to construct and understand the concept of thermochemistry. The results showed that students' ability for constructing the knowledge of thermochemistry through inductive reasoning is good of 78.71%. The inductive thinking process has improved students' understanding of the thermochemistry concepts from 26.44% on the pretest to 80.65% at posttest.

Keywords: worksheet, inductive reasoning, thermochemistry

PENDAHULUAN

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sebagian besar konsep kimia yang dipahami siswa di Provinsi Kalimantan Tengah diperoleh dari penjelasan guru, hanya sebagian kecil yang merupakan hasil pemikiran atau penalaran yang mereka lakukan. Kondisi ini telah berdampak pada rendahnya kemampuan siswa dalam menalar. Hasil studi TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) tahun 2011 menempatkan Indonesia pada urutan 38 dari 42 negara untuk bidang matematika dan urutan 40 dari 42 negara untuk bidang sains. Fakta tersebut menunjukkan bahwa secara nasional kemampuan siswa dalam menalar masih rendah, karena pemahaman matematika dan sains merupakan cerminan dari kemampuan menalar. Kondisi ini juga dapat dimaknai bahwa pembelajaran yang dilakukan selama ini belum mampu secara optimal mengembangkan daya nalar siswa.

Pembelajaran dalam perspektif teori konstruktivistik adalah proses dimana siswa aktif secara mental mengonstruksi pengetahuan baru yang dilandasi oleh struktur kognitif yang telah dimilikinya. Menurut Wena (Daryanti *et.al.*, 2015) konstruktivistik adalah proses membangun atau menyusun pengetahuan baru dalam struktur kognitif siswa berdasarkan pengalaman. Pendekatan konstruktivistik merupakan pembelajaran yang menekankan pada peran aktif siswa dalam membangun pemahaman dan memberi makna terhadap informasi dan peristiwa yang dialami. Berdasarkan pandangan teori konstruktivistik tersebut, tugas seorang guru adalah menciptakan lingkungan belajar yang sering disebut sebagai "*scenario of problem*" yang mencerminkan adanya pengalaman belajar yang otentik atau nyata dan dapat diaplikasikan dalam sebuah situasi yang sesungguhnya.

Salah satu metode yang sangat relevan dengan pandangan konstruktivistik adalah metode pembelajaran penemuan (*discovery learning*) yang dikembangkan oleh Jerome Bruner. Dalam proses pembelajaran, kemampuan siswa mengonstruksi pengetahuan baru dapat ditumbuhkan secara optimal melalui belajar penemuan. Menurut Bruner (Trianto, 2009) dalam proses pembelajaran siswa hendaknya secara aktif menggunakan konsep-konsep atau prinsip-prinsip yang telah mereka kuasai dan melakukan penyelidikan atau eksperimen untuk menemukan konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang baru. Metode penemuan memberikan dampak positif terhadap hasil belajar karena siswa berpartisipasi aktif untuk mendapatkan pengalaman belajar menemukan konsep dan berinteraksi dengan lingkungan (Furtak, *et al.*, 2012).

Proses mengonstruksi pengetahuan baru dalam belajar penemuan dapat mengikuti kerangka pikir atau penalaran induktif maupun deduktif sesuai karakteristik substansi yang dipelajari. Namun demikian penalaran induktif umumnya lebih disukai dalam kerja ilmiah. Penalaran induktif menurut Poespoprodjo dan Gilarso (2006) adalah proses pemikiran di dalam akal kita dari pengetahuan tentang kejadian/peristiwa atau hal-hal yang konkrit dan khusus untuk menyimpulkan pengetahuan yang lebih umum. Hiebert (1986:4) menyebutkan bahwa perkembangan pengetahuan konseptual dapat dicapai melalui pengonstruksian hubungan-hubungan antara potongan-potongan informasi, proses keterhubungan ini dapat terjadi antara dua potongan informasi yang telah tersimpan di memori atau antara potongan pengetahuan yang sudah ada dengan potongan informasi lainnya yang baru dipelajari.

Hilda Taba (Joyce, *et al.*, 2000) memperkenalkan strategi pembelajaran yang didasarkan pada cara berpikir induktif. Strategi pembelajaran berpikir induktif Hilda Taba ini juga dikembangkan atas dasar konsep proses mental siswa dengan memperhatikan proses berpikir siswa untuk menangani informasi dan menyelesaikannya. Strategi induktif dalam pembelajaran merupakan strategi yang direncanakan untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kreatif melalui observasi, membandingkan, menemukan pola, dan menggeneralisasikan (Huda, 2014). Joyce

et al.(2009) menyatakan bahwa model induktif ini merupakan model pembelajaran yang bertumpu pada pemrosesan informasi (*information processing*) melalui proses berpikir secara induktif.

Model berpikir induktif ini dikembangkan atas dasar beberapa postulat sebagai berikut: (1) Kemampuan berpikir dapat diajarkan; (2) Berpikir merupakan suatu transaksi aktif antara individu dengan data; (3) Proses berpikir merupakan suatu urutan tahapan yang beraturan (*lawful*). Dalam proses pembelajaran bahan-bahan ajar merupakan sarana bagi siswa untuk mengembangkan operasi kognitif tertentu. Dalam kegiatan tersebut, siswa belajar mengorganisasikan fakta ke dalam suatu sistem konsep diantaranya yaitu: (a) Saling menghubungkan-hubungkan data yang diperoleh satu sama lain serta membuat kesimpulan berdasarkan hubungan-hubungan tersebut; (b) Menarik kesimpulan berdasarkan fakta-fakta yang telah diketahuinya dalam rangka membangun hipotesis; dan (c) Memprediksi dan menjelaskan suatu fenomena tertentu.

Pembelajaran dengan strategi induktif merupakan pembelajaran yang berorientasi pemrosesan informasi. Langkah-langkah strategi induktif meliputi: (1) Pembentukan konsep (mendata, mengklasifikasi, memberi nama) terhadap karya yang diapresiasi; (2) Analisis konsep (menafsirkan, membandingkan, menggeneralisasikan); (3) Penerapan prinsip (menganalisis masalah baru, membuat hipotesis, menjawab hipotesis, memeriksa hipotesis) dan dapat diakhiri melalui penciptaan karya baru. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa strategi, model, atau pendekatan induktif memberikan hasil belajar yang lebih baik pada berbagai jenjang pendidikan. Hasil penelitian Putri *et,al* . (2014) menyimpulkan bahwa nilai rata-rata hasil belajar IPA yang diperoleh kelompok siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran induktif berbasis integratif lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata hasil belajar IPA yang diperoleh kelompok siswa yang dibelajarkan menggunakan pembelajaran konvensional. Sulastri, dan Ginting (2014) berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan akibat pengaruh penerapan model pembelajaran induktif dengan menggunakan animasi *macromediaflash* hasil belajar pada materi kalor siswa kelas VII SMP Negeri 1Pagaran T.A. 2013/2014. Pendekatan induktif beracuan konstruktivisme pada pembelajaran berpotensi mengembangkan daya nalar, kemampuan siswa berpikir logis, kritis, dan kreatif secara optimal (Sulistiyani, 2010)

Ilmu kimia merupakan ilmu pengetahuan yang dibangun dari fakta-fakta empiris yang dikembangkan melalui kerja ilmiah. Proses ilmiah dalam pengembangan ilmu kimia sebagian besar melibatkan proses berpikir induktif, oleh karena itu strategi induktif merupakan pilihan yang tepat dalam mempelajari kimia. Dalam perspektif ini ilmu kimia selayaknya digunakan sebagai wahana untuk melatih kemampuan berpikir siswa.

Dalam aktivitas belajar dengan strategi induktif ini siswa dituntut sekaligus dilatih untuk menalar atau berpikir hingga mampu menemukan pengetahuan yang harus mereka kuasai. Sudah barang tentu ini bukan perkara mudah bagi siswa yang telah terbiasa menerima pengetahuan dari penjelasan guru. Dalam hal ini siswa perlu diberikan bantuan berupa tuntunan, bimbingan, atau arahan berpikir agar mereka mampu merangkai fakta, konsep, atau prinsip menjadi pengetahuan baru yang harus mereka kuasai. Oleh karena itu sesungguhnya keberhasilan model induktif sangat tergantung pada panduan belajar yang diberikan kepada siswa. Panduan yang memuat tuntunan, bimbingan, atau arahan berpikir dapat dikemas dalam bentuk lembar kerja siswa yang lazim disingkat LKS. LKS merupakan lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan peserta didik.

Bertolak dari fenomena di atas, dalam penelitian ini dikaji kemampuan siswa mengonstruksi dan memahami pengetahuan tentang termokimia menggunakan penalaran induktif dengan panduan LKS. Subyek penelitian adalah siswa kelas XI SMA Negeri 4 Palangka Raya tahun pelajaran 2015/2016. Penelitian ditujukan untuk mendeskripsikan kemampuan siswa megkonstruksi dan memahami konsep termokimia melalui penalaran induktif dengan bantuan LKS.

METODE

Subyek Penelitian

SMA Negeri 4 Palangka Raya merupakan SMA papan tengah di Kota Palangka Raya dengan peringkat akreditasi A. Siswa kelas XI IPA SMA Negeri 4 Palangka Raya tahun ajaran 2015/2016 terdiri dari 5 kelas yaitu XI IPA 3, XI IPA 4 dan XI IPA 5. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari guru bidang studi kimia ketiga kelas XI IPA tersebut memiliki kemampuan yang relatif homogen.

Dalam penelitian ini kelas XI IPA 4 dipilih sebagai subyek penelitian, sedangkan XI IPA 3 dipilih untuk kelas simulasi pembelajaran dan ujicoba instrumen penelitian.

Prosedur Penelitian

Secara garis besar penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu pengembangan dan validasi instrumen, pengumpulan data, dan analisis data. Instrumen yang digunakan meliputi LKS-induktif dan soal tes pemahaman konsep (pretest dan posttest). LKS-induktif dan soal tes pemahaman konsep dikembangkan dengan mengacu kepada indikator pembelajaran untuk materi termokimia. Validasi LKS-induktif dilakukan melalui penilaian ahli (*professional judgment*) untuk menentukan koefisien validitas isi (*content validity coefficient*) menggunakan formula Aiken's sebagaimana dikemukakan oleh Azwar (2015). Koefisien validitas isi LKS-induktif diperoleh sebesar 0,84 dengan kategori sangat baik. Soal tes pemahaman konsep termokimia berupa soal uraian obyektif diujicoba untuk menghitung reliabilitas dan tingkat kesukaran. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa reliabilitas soal tes pemahaman konsep sebesar 0.92 tergolong baik, sedangkan tingkat kesukaran soal tergolong sedang dan sukar.

Data kemampuan siswa mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia dikumpulkan menggunakan instrumen berupa LKS. LKS dirancang untuk memandu siswa mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia melalui penalaran induktif. Data pemahaman konsep termokimia dijamin menggunakan tes tertulis bentuk uraian obyektif yang memenuhi kriteria tingkat kesukaran dan daya beda.

Untuk menentukan kemampuan siswa mengonstruksi pengetahuan, data berupa dokumen hasil kerja siswa pada LKS diberikan nilai atau skor menggunakan pedoman penskoran yang telah disiapkan. Skor diubah menjadi nilai rentang 0 sampai 100 kemudian dihitung rata-rata dan selanjutnya dikonversi menjadi nilai kualitatif skala lima dengan sebutan sangat kurang hingga sangat baik. Data skor jawaban pretest dan posttest ditabulasi dan dikonversi menjadi nilai dengan rentang 0 – 100, dihitung rata-rata, dan dikonversi menjadi nilai kualitatif skala 5 dengan sebutan sangat kurang hingga sangat baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kemampuan Siswa Mengonstruksi Pengetahuan Tentang Termokimia

Termokimia merupakan salah satu materi pelajaran kimia yang dipelajari siswa SMA kelas XI untuk mencapai standar kompetensi memahami perubahan energi dalam reaksi kimia dan cara pengukurannya. Dari standar kompetensi ini terdapat dua kompetensi dasar yang harus dicapai, yaitu: (1) mendeskripsikan perubahan entalpi suatu reaksi, reaksi eksoterm dan reaksi endoterm; (2) menentukan ΔH reaksi berdasarkan percobaan, hukum Hess, data perubahan entalpi pembentukan standar, dan data energi ikatan. Dalam penelitian ini hanya dikaji konstruksi dan pemahaman konsep yang terkait dengan kompetensi dasar pertama. Konsep yang harus dipahami siswa untuk mencapai kompetensi dasar pertama meliputi: (a) sistem dan lingkungan; (b) perpindahan kalor antara sistem dan lingkungan; (c) jenis sistem berdasarkan perpindahan energi dan materi; (d) reaksi eksoterm dan reaksi endoterm, (e) perubahan entalpi.

Dalam pembelajaran yang mengacu pada pendekatan konstruktivistik, siswa harus mengonstruksi sendiri pengetahuan atau konsep-konsep di atas. Untuk mengonstruksi konsep-konsep tentang termokimia diperlukan data atau informasi yang relevan. Dalam penelitian ini data atau informasi yang diperlukan untuk mengonstruksi konsep-konsep termokimia telah disajikan dalam LKS, kecuali untuk konsep reaksi endoterm dan eksoterm yang datanya harus dicari sendiri oleh siswa melalui percobaan.

Data kemampuan siswa mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia diperoleh dengan cara menganalisis hasil pekerjaan siswa dalam pembelajaran yang terekam pada LKS. Kemampuan siswa mengolah data atau informasi dan menarik kesimpulan digunakan sebagai indikator kemampuan mengonstruksi pengetahuan.

Kemampuan siswa mengonstruksi pengertian sistem dan lingkungan.

Untuk dapat mengonstruksi pengertian sistem dan lingkungan siswa disajikan ilustrasi berupa gambar secangkir kopi panas dan segelas es jeruk. Pada kedua contoh tersebut ditunjukkan yang mana merupakan sistem dan yang mana merupakan lingkungan kemudian siswa diminta mendefinisikan

sistem dan lingkungan. Gambar 1 merupakan contoh proposisi tentang sistem dan lingkungan yang dihasilkan siswa dan terekam dalam LKS.

Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi pusat perhatian
Lingkungan adalah hal-hal yang diluar sistem yang dapat membatasi dan mempengaruhi sistem tersebut.

(a)

Sistem adalah segala sesuatu yang dapat dijadikan sebagai objek pengamatan dan menjadi pusat perhatian.
Lingkungan adalah segala sesuatu yang berada disekitar sistem

(b)

Gambar 1. Contoh Proposisi Tentang Sistem dan Lingkungan yang Dihasilkan Siswa

(a) contoh proposisi yang tepat; (b) contoh proposisi tidak tepat

Kemampuan Siswa Mengonstruksi Pengetahuan Tentang Perpindahan Kalor Antara Sistem dan Lingkungan

Setelah siswa mampu mengonstruksi pengertian sistem dan lingkungan mereka diminta mencermati ilustrasi tentang secangkir kopi panas dan segelas es jeruk, siswa diminta mengungkapkan perubahan suhu pada kedua contoh sistem dan lingkungan tersebut. Dengan menggunakan pengetahuannya tentang arah perpindahan kalor siswa diminta menyimpulkan terjadinya perpindahan kalor antara sistem dengan lingkungan. Contoh proposisi tentang perpindahan kalor yang dikonstruksi siswa disajikan pada Gambar 2.

Dari contoh peristiwa tersebut, berkenaan dengan perpindahan kalor antara sistem dan lingkungan, apa yang dapat anda simpulkan Berdasarkan peristiwa tsb dapat disimpulkan bahwa energi berada / sistem karena energi berpindah ke lingkungan. Sekalipun

(a)

Dari contoh peristiwa tersebut, berkenaan dengan perpindahan kalor antara sistem dan lingkungan, apa yang dapat anda simpulkan Perpindahan kalor harus ada sistem dan lingkungan sebagai perantaraanya karena sistem memluluskan perantara sebagai tempat berpindahnya zat kalor tersebut berupa lingkungan

(b)

Gambar 2. Contoh Proposisi Tentang Perpindahan Kalor Antara Sistem dan Lingkungan

(a) contoh proposisi tepat; (b) contoh proposisi tidak tepat

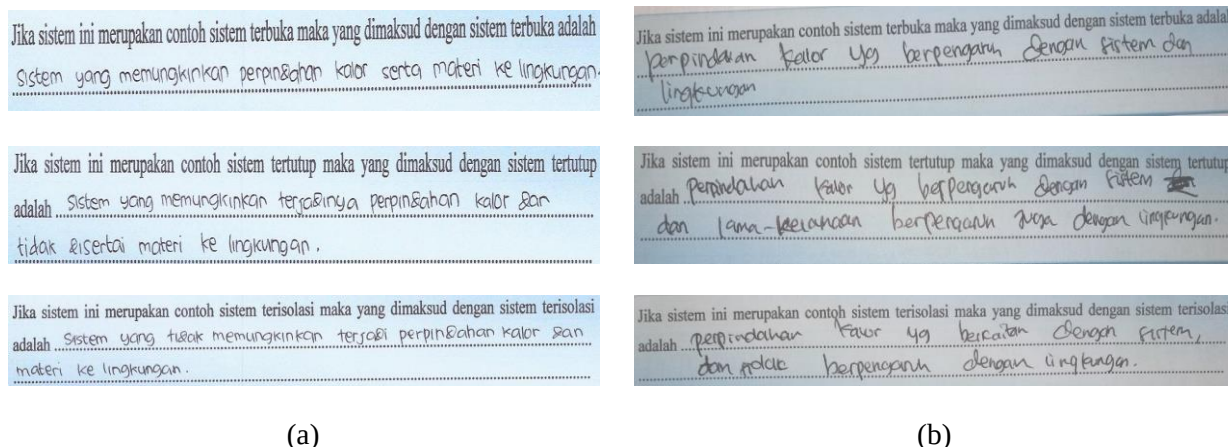
Kemampuan Siswa Mengonstruksi Pengetahuan Tentang Jenis Sistem

Konstruksi pengetahuan tentang jenis sistem berdasarkan peluang terjadinya perpindahan energi dan materi diawali dengan mencermati gambar sebagai contoh dari setiap jenis sistem, yaitu: (1) minuman kopi panas dalam gelas tanpa tutup sebagai contoh sistem terbuka; (2) minuman kopi panas dalam gelas tertutup sebagai contoh sistem tertutup; (3) air panas dalam termos yang berfungsi secara ideal sebagai contoh sistem terisolasi. Siswa diminta mencermati peluang terjadinya perpindahan materi dan energi pada setiap contoh sistem. Dipandu dengan sejumlah pertanyaan, siswa diminta menyimpulkan pengertian sistem terbuka, sistem tertutup, dan sistem terisolasi. Gambar 3 menyajikan proposisi tentang jenis sistem hasil konstruksi pengetahuan yang dilakukan siswa.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

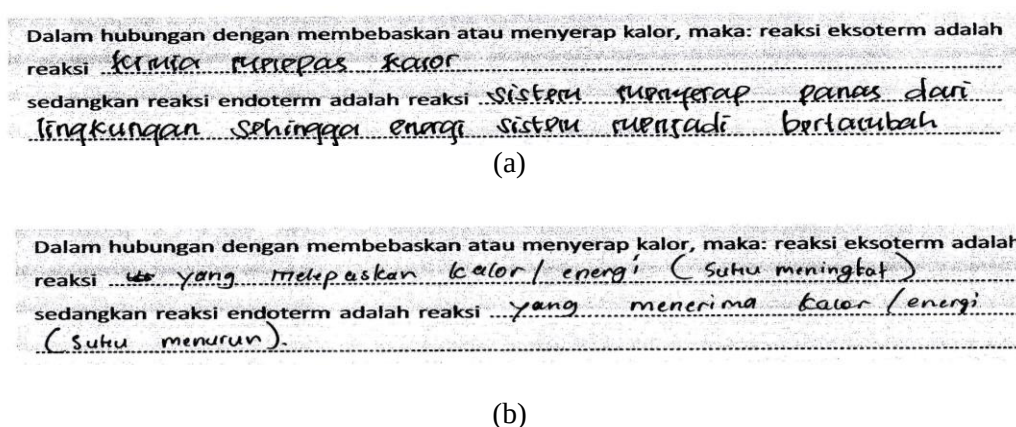
Malang, 27 November 2016



Gambar 3. Contoh Proposisi Tentang Jenis Sistem yang Dihasilkan Siswa
(a) contoh proposisi tepat; (b) contoh proposisi tidak tepat

Kemampuan Siswa Mengonstruksi Pengetahuan Tentang Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Proses konstruksi tentang reaksi eksoterm dan reaksi endoterm diawali dengan mengumpulkan data melalui kegiatan percobaan. Dengan menggunakan pengetahuan tentang perpindahan kalor, data percobaan berupa perubahan suhu yang terjadi pada dua contoh reaksi kimia yang diamati siswa diminta mengonstruksi pengertian reaksi eksoterm dan endoterm. Contoh proposisi yang dihasilkan siswa disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Contoh Proposisi Tentang Reaksi Eksoterm dan Endoterm yang Dihasilkan Siswa
(a) contoh proposisi yang tepat; (b) contoh proposisi kurang tepat

Kemampuan Siswa Mengonstruksi Pengetahuan Tentang Perubahan Entalpi Reaksi Eksoterm dan Endoterm

Pengetahuan tentang perubahan entalpi pada reaksi eksoterm dan reaksi endoterm dikonstruksi berdasarkan contoh-contoh persamaan termokimia. Dalam hal ini disajikan sejumlah contoh persamaan reaksi eksoterm dan reaksi endoterm lengkap dengan data perubahan entalpi (ΔH).

a. Pada reaksi eksoterm perubahan entalpi (ΔH)<..... dari 0, artinya entalpi sistem mengalami penurunan.....
b. Pada reaksi endoterm perubahan entalpi (ΔH)>..... dari 0, artinya entalpi sistem mengalami peningkatan.....

(a)

a. Pada reaksi eksoterm perubahan entalpi (ΔH)<..... dari 0, artinya entalpi sistem mengalami penurunan pada sistem.....
b. Pada reaksi endoterm perubahan entalpi (ΔH)>..... dari 0, artinya entalpi sistem mengalami peningkatan pada sistem.....

(a)

Gambar 5. Contoh Proposisi Tentang Perubahan Entalpi yang Dihasilkan Siswa

(a) contoh proposisi yang tepat; (b) contoh proposisi tidak tepat

Untuk mendeskripsikan secara kuantitatif kemampuan siswa mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia dilakukan penskoran terhadap hasil pekerjaan siswa dalam mengolah data/informasi dan menarik kesimpulan. Skor keampuan mengonstruksi pengetahuan dikonversi menjadi persentase yang menunjukkan perbandingan skor perolehan dengan skor maksimum. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kemampuan subyek penelitian dalam mengonstruksi konsep-konsep termokimia melalui kerja kelompok tergolong baik dengan rata-rata sebesar 78.71%. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa dengan dipandu menggunakan lembar kerja siswa mampu mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia yang harus mereka pahami.

Tabel 1. Kemampuan Siswa Kelas XI SMAN-4 Palangka Raya Mengonstruksi Pengetahuan Tentang Termokima

Pengetahuan Kimia	Rata-rata Kemampuan Siswa Mengonstruksi Pengetahuan (%)	Kategori
Sistem dan Lingkungan	76.56	Baik
Perpindahan kalor antara sistem dan lingkungan	75.26	Baik
Jenis sistem dan lingkungan berdasarkan peluang terjadinya perpindahan energi dan materi	73.44	Baik
Reaksi eksoterm dan reaksi endoterm	83.85	Sangat Baik
Perubahan entalpi	82.29	Sangat Baik
Rata-rata	78.71	Baik

b. Kemampuan Siswa Memahami Termokimia

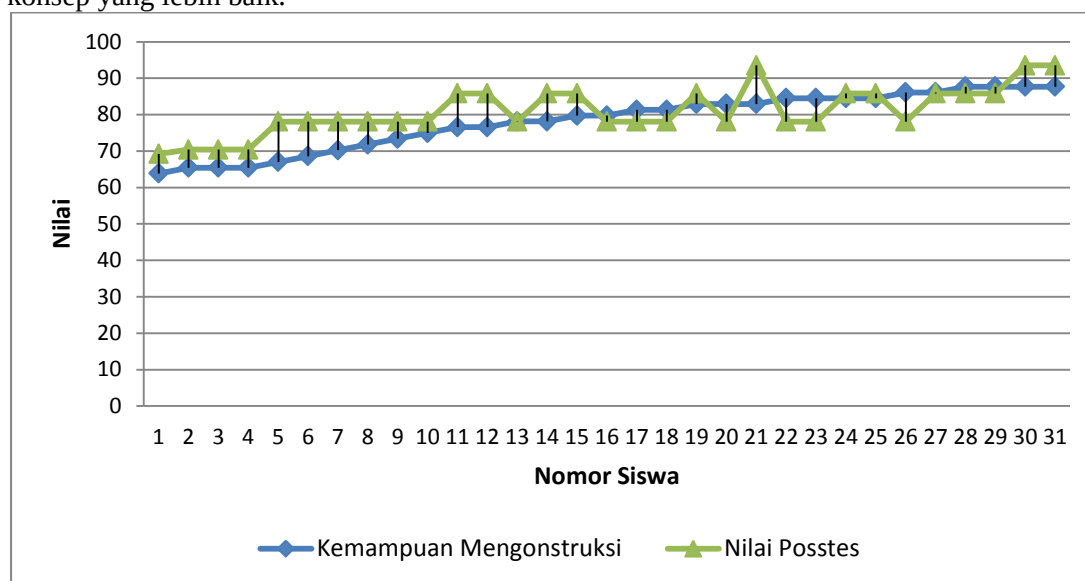
Kemampuan siswa memahami konsep-konsep tentang termokimia diukur menggunakan tes tertulis bentuk uraian obyektif yang dikembangkan berdasarkan indikator capaian belajar. Nilai pemahaman siswa pada setiap konsep yang dipelajari disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemahaman Siswa Kelas XI SMAN-4 Palangka Tentang Termokima

Konsep	Rata-rata Pemahaman Konsep (%)	Kategori
Sistem dan Lingkungan	87.10	Sangat Baik
Perpindahan kalor antara sistem dan lingkungan	83.87	Sangat Baik
Jenis sistem dan lingkungan berdasarkan peluang terjadinya perpindahan energi dan materi	64.52	Cukup
Reaksi eksoterm dan reaksi endoterm	83.06	Sangat Baik
Perubahan entalpi	82.26	Sangat Baik
Rata-rata	80.65	Sangat Baik

Hasil pengukuran pemahaman konsep tersebut menunjukkan bahwa rata-rata siswa mampu memahami hingga 84,37%. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian Bogar, et. al., (2012) yang menyatakan bahwa pembelajaran konstruktivistik lebih berhasil dibanding metode pembelajaran tradisional. Menurut Gurses, et. al. (2015) *“the successful of interactive direct teaching based on constructivist learning attributed to the students’ positive attitude associated with the conceptualization and the creation of three-dimensional mental space of the knowledge”*.

Dalam penelitian ini pemahaman konsep tentang termokimia dalam pembelajaran diperoleh siswa dari proses belajar yang dilakukan dengan cara mengonstruksi sendiri pengetahuan tersebut melalui penalaran induktif dengan panduan LKS. Dengan strategi belajar seperti ini semestinya pemahaman siswa tentang termokimia tergantung pada kemampuannya mengonstruksi konsep-konsep yang harus mereka pahami. Gambar 5 menyandingkan kemampuan mengonstruksi konsep dan pemahaman konsep yang diperoleh. Kurva tersebut menunjukkan bahwa siswa yang memiliki kemampuan lebih baik dalam mengonstruksi pengetahuan cenderung menunjukkan pemahaman konsep yang lebih baik.



Gambar 5. Kurva Kemampuan Siswa Mengonstruksi Konsep Serta Pemahaman Konsep yang Diperoleh.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan temuan-temuan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Kemampuan siswa SMA Negeri 4 Palangka Raya dalam mengonstruksi pengetahuan tentang termokimia melalui penalaran induktif dengan panduan LKS tergolong baik dengan rata-rata sebesar 78,71%.
- 2) Pemahaman siswa SMA Negeri 4 Palangka Raya tentang termokimia sebagai hasil belajar melalui penalaran induktif tergolong sangat baik dengan rata-rata sebesar 80,65%.
- 3) Siswa yang memiliki kemampuan mengonstruksi pengetahuan lebih baik cenderung menunjukkan pemahaman konsep yang lebih baik.

b. Saran

Dengan panduan LKS siswa mampu mengonstruksi pengetahuan kimia, oleh karena itu guru hendaknya mampu mengembangkan LKS yang efektif untuk memandu siswa mengonstruksi sendiri pengetahuan kimia yang mereka pelajari sekaligus mengembangkan kemampuan siswa dalam menalar.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar. S. 2015. *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar: 112-113.
- Bogar, Y., Kalender, S., Sarikaya, M. 2012. The effects of constructive learning method on students' academic achievement, retention of knowledge, gender and attitudes towards science course in "matter of structure and characteristics" unit. *Procedia –Social and Behavioral Sciences* 46: 1766 – 1770
- Daryanti, E.P., Rinato, Y., Dwiastuti, S. 2015. Peningkatan Kemampuan Penalaran Ilmiah Melalui Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Materi Sistem Pernafasan Manusia. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*. (2) 3:163-168.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., Briggs, D. 2012. Experimental and Quasi Experimental Studied of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *American Educational Research Association & SAGE: Review of Educational Research*, 82(3):300-329.
- Gurses, A., Gunes, K., Dalga, T., Dogar, C. 2015. A design practice for interactive- direct teaching based on constructivist learning (IDTBCL): boiling and evaporation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 197: 2377 – 2383
- Gurses, A., Demiray, S., Dogar, C. 2015. A Design Practice For Interactive- Direct Teaching Based On Constructivist Learning (IDTBCL): Dissolution And Solutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 191: 44 – 49.
- Hiebert, J. (1986). *Conceptual and Pocedural Knowledge The Case Of Mathematics*. London: Lawrence Erbaum Associates Publishers:4.
- Huda, M. 2014. *Model-Model Pengajaran dan Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar:78-79
- Joyce, B., dan Weil, M. 2009. *Models of Teaching*. Prentice Hall. USA: 104.
- Joyce, B., Weil, M. & Calhoun. 2000. *Models Of Teaching* (6 th ed). USA : A Pearson Education Company:123.
- Poespoprodjo dan Gilarso. 2009. *Logika Ilmu Menalar. Dasar-dasar Berpikir Tertib, Logis, Kritis, Analitis, Dialektis*. Bandung: Pustaka Grafika, 22.
- Putri1, I. A.A.L., Ardana, K., , Ganing, N.N. 2014. Pengaruh Model Pembelajaran Induktif Berbasis Integratif Terhadap Hasil Belajar Ipa Siswa Kelas V Semester I Sekolah Dasar Gugus R.A Kartini. *Jurnal Mimbar PGSD* (1)2:
- Sulastri, L. Dan Ginting, E.M. 2014. Pengaruh Model Pembelajaran Induktif dengan Menggunakan Animasi Macromedia Flash Terhadap Hasil Belajar pada Materi Kalor Siswa Kelas VII SMP Negeri 1 Pagaran T.A. 2013/2014. *Jurnal Jurnal Inpafi* 3(2):172–181
- Sulistiyani. 2010. Pendekatan Induktif dalam Pembelajaran Kimia Beracuan Konstruktivisme untuk Membentuk Pemikiran Kritis, Kreatif, dan Berkarakter. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Trianto. 2009. *Mendesain Pembelajaran Inovatif Progresif. Konsep Landasan dan Implementasinya pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Kencana, 186.

PENGEMBANGAN DESAIN PEMBELAJARAN DENGAN MODEL *POGIL* DAN *MORE* PADA POKOK BAHASAN SENYAWA TURUNAN ALKANA

Okky Krisdiantoro^{*a}, Suhadi Ibnu^a, Sutrisno^a

^a Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur

*Corresponding author's Email: okkykrisdiantoro@gmail.com

ABSTRAK

Pendekatan saintifik merupakan suatu pendekatan yang tidak bisa dinafikan lagi penggunaannya dalam pembelajaran kimia. Hal ini selaras dengan paradigma pembelajaran modern yang mengutamakan siswa terlibat aktif baik secara fisik maupun mental sehingga siswa mampu membangun pemahamannya sendiri. Kurikulum 2013 telah mengamanahkan pendekatan ini dalam proses pembelajarannya. Ragam pendekatan saintifik telah dikembangkan oleh berbagai ahli pembelajaran. Dua diantaranya adalah model pembelajaran *POGIL* dan *MORE*. Kedua model pembelajaran ini merupakan pembelajaran berbasis inkuiri, di mana sebuah konsep dibangun melalui penyelidikan/penyingkapan. *POGIL* memiliki sintaks *orientation*, *exploration*, *concept formation*, *application*, dan *closure*. Sedangkan *MORE* memiliki sintaks *model*, *observe*, *reflect*, dan *explain*. Kajian ini bertujuan mengembangkan desain pembelajaran model *POGIL* dan *MORE* pada topik alkana dan turunannya. Desain pembelajaran ini diharapkan bisa menjadi bahan diskusi di forum ini.

Kata kunci: *POGIL*, *MORE*, senyawa turunan alkana

ABSTRACT

The use of scientific approach is indispensable in chemistry learning. It is suitable with modern education paradigm which suggests active involvement of students both physically and mentally so they can build their own concept. The national curriculum of 2013 recommends the use of this approach in learning process. Many kinds of learning models have been developed by educational researchers. Two of them are *POGIL* and *MORE thinking frame*. Both of this learning models include inquiry based learning, where a concept is built through discovery/inquiry. The syntax of *POGIL* consists of orientation, exploration, concept formation, application, and closure. And the syntax of *MORE* consists of modelling, observe, reflect, and explain. The goal of this study is to develop *POGIL* and *MORE*'s learning designs for alkanes and their derivatives. A discussion is invited in this seminar.

Keywords: *POGIL*, *MORE*, alkanes derivat compounds

PENDAHULUAN

Pendidikan di abad 21 menyiapkan siswa dengan kompetensi 1) keterampilan belajar dan berinovasi yang meliputi berpikir kritis dan mampu menyelesaikan masalah, kreatif dan inovatif, serta mampu berkomunikasi dan berkolaborasi; 2) terampil untuk menggunakan media, teknologi, informasi dan komunikasi (TIK); 3) kemampuan untuk menjalani kehidupan dan karir, meliputi kemampuan beradaptasi, luwes, berinisiatif, mampu mengembangkan diri, memiliki kemampuan sosial dan budaya, produktif, dapat dipercaya, memiliki jiwa kepemimpinan, dan tanggungjawab.

Dalam rangka penguasaan kemampuan tersebut maka pembelajaran Kimia di SMA/MA seharusnya tidak hanya mentransfer pengetahuan dan keterampilan kepada siswa tetapi perlu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui pengalaman kerja ilmiah (Kemendikbud,

2016). Hal ini senada dengan pendapat Özgelen (2012) bahwa dalam mempelajari sains, salah satunya adalah ilmu kimia, terdapat dua aspek di dalamnya yaitu pengetahuan konseptual dan cara memperoleh pengetahuan tersebut.

Kurikulum 2013 mengamanahkan penggunaan pendekatan saintifik atau pendekatan berbasis proses keilmuan dalam pembelajaran sebagai upaya untuk mengintegrasikan kedua kemampuan dalam mempelajari sains (Kemendikbud, 2015). Untuk memperkuat pendekatan ilmiah (*scientific*), tematik terpadu, dan tematik perlu diterapkan pembelajaran berbasis penyingkapan/penelitian (*discovery/inquiry learning*) (Kemendikbud, 2015).

Pembelajaran inkuiri adalah sebuah pendekatan dimana siswa menemukan dan menggunakan sumber informasi dan gagasan yang bermacam-macam untuk menambah pemahaman mereka pada sebuah masalah, topik, atau isu (Kuhlthau *et al.*, 2007: 2). *National Science Education Standards* (NSES) (ACS, 2008: 32) juga menyarankan penggunaan pembelajaran inkuiri karena pembelajaran inkuiri dapat memfasilitasi tiga tujuan dalam mempelajari sains, yaitu 1) belajar hakikat sains dan cara kerja ilmuwan; 2) belajar melakukan penelitian ilmiah; dan 3) memahami prinsip dan konsep sains.

Pembelajaran di sekolah memerlukan model pembelajaran yang berparadigma konstruktivistik dan mampu mengembangkan ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik secara seimbang. Dari sekian banyak model pembelajaran berparadigma konstruktivistik yang berbasis penyingkapan/penelitian (*discovery/inquiry learning*), dua model pembelajaran yang berpotensi untuk meningkatkan prestasi belajar siswa yaitu *Process Oriented Guided Inquiry Learning* (POGIL) dan *Model Observe Reflect Explain* (MORE) *Thinking Frame*.

POGIL adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berorientasi pada proses belajar (Moog, Creagan, Hanson, Spencer, & Straumanis, 2006.). Prinsip utama POGIL adalah belajar dapat ditingkatkan ketika siswa 1) terlibat aktif, 2) berpikir, 3) menganalisis data, berdiskusi, menarik kesimpulan, dan membangun pengetahuannya sendiri, dan 4) berinteraksi sosial (Simonson, Shadle, Simonson, & Shadle, 2013). Dengan prinsip belajar tersebut, model POGIL sesuai diterapkan dalam pembelajaran kimia karena melibatkan siswa secara aktif dalam menemukan suatu konsep dan mempelajari konsep.

Model pembelajaran lain yang sesuai dengan standar proses kurikulum 2013 dan disarankan oleh NSES adalah MORE. Tien, *et al.* (ACS, 2008: 35), menyatakan bahwa MORE merupakan model pembelajaran yang memfasilitasi siswa menyempurnakan pemahamannya tentang fenomena kimia. MORE juga dapat digunakan untuk mengubah demonstrasi dan praktikum kimia biasa menjadi pengalaman penyelidikan yang mengembangkan aspek kognitif secara efektif (ACS, 2008: 35). Hal ini menjadikan model pembelajaran MORE sesuai diterapkan dalam pembelajaran kimia di SMA, salah satunya dalam mempelajari pokok bahasan senyawa turunan alkana.

Pokok bahasan senyawa turunan alkana merupakan pokok bahasan yang perlu dipelajari secara teoritis dan diintegrasikan dengan proses penemuan konsep melalui metode praktikum. Penerapan model pembelajaran POGIL atau MORE menjadikan pokok bahasan tersebut dapat dipelajari dengan seutuhnya dan sesuai dengan prinsip pembelajaran dalam kurikulum 2013, yaitu dari pendekatan tekstual menuju proses sebagai penguatan penggunaan pendekatan ilmiah dan dari siswa diberi tahu menuju siswa mencari tahu (Permendikbud, 2016).

Beberapa penelitian di tingkat perguruan tinggi menunjukkan bahwa POGIL mampu meningkatkan hasil belajar, prestasi akademik, kemampuan berpikir tingkat tinggi, dan keterampilan proses sains (George *et al.*, 2013; Simonson *et al.*, 2013; Villagonzalo, 2014; Gale & Boisselle, 2015; Ningsih & Astra, 2015). Penelitian lain menunjukkan *MORE Thinking Frame* mampu meningkatkan kemampuan kognitif siswa (Matteo, 2015; Rickey & Tien, 2013; Tien, Teichert, & Rickey, 2007).

Dari paparan di atas, penulis merasa perlu adanya kajian tentang penerapan model pembelajaran POGIL dan MORE di tingkat SMA pada pokok bahasan senyawa turunan alkana. Tujuan penulisan makalah ini adalah mengembangkan desain pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran POGIL dan MORE pada pokok bahasan senyawa turunan alkana.

PEMBAHASAN

1. Desain Pembelajaran dengan Model Pembelajaran POGIL

POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*) adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berorientasi pada proses belajar (Moog *et al.*, 2006). Tujuan utama dalam POGIL tidak hanya untuk membangun penguasaan konseptual (*mastery content*) melalui aktivitas yang dapat merangsang siswa untuk membangun pemahaman sendiri tetapi juga meningkatkan keterampilan belajar yang penting, seperti memproses informasi, mengkomunikasikan secara lisan dan tertulis, berpikir kritis, pemecahan masalah, dan metakognitif serta penilaian (Moog *et al.*, 2006).

Menurut Moog, *et al.* (2006), komponen kunci dalam POGIL meliputi 1) keterlibatan aktif siswa dalam kelompok belajar; 2) inkuiri terbimbing yang didasari oleh model daur belajar tiga fase (*learning cycle 3E*); dan 3) berfokus pada pengembangan keterampilan proses. Keterampilan proses yang menjadi sasaran dalam POGIL adalah pemrosesan informasi, berpikir kritis, pemecahan masalah, komunikasi, kerjasama, manajemen, dan penilaian diri (Straumanis, 2010).

Sintaks dalam POGIL meliputi 1) orientasi (*orientation*); 2) eksplorasi (*exploration*); 3) pembentukan konsep (*conceptual formation*); 4) penerapan konsep (*application*); dan penutup (*closure*) (Hanson, 2005). Aktivitas pembelajaran dalam sintaks POGIL disajikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Aktivitas Belajar dalam Sintaks POGIL

Langkah	Deskripsi	Kegiatan Belajar
Orientasi (<i>Orientation</i>)	Pada tahap ini, siswa dipersiapkan untuk belajar dengan kegiatan yang memotivasi siswa, menumbuhkan minat belajar, membangkitkan rasa ingin tahu, dan menggali pengetahuan awal siswa.	Tahap ini dilakukan dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang bersifat menggali, memfokuskan dan menuntun siswa pada pokok persoalan yang akan dikaji.
Eksplorasi (<i>Exploration</i>)	Pada tahap ini siswa memiliki kesempatan untuk melakukan pengamatan, mendesain eksperimen, meneliti dan menganalisis data atau informasi, menyelidiki hubungan, mengusulkan pendapat dan pertanyaan, serta menguji hipotesis.	Tahap ini dilakukan dengan kegiatan mengkaji literatur atau dengan metode praktikum yang dirancang oleh siswa dengan bimbingan guru.
Pembentukan konsep (<i>Concept formation</i>)	Pada tahap ini konsep ditemukan, diperkenalkan dan dibentuk sebagai hasil dari eksplorasi.	Tahap ini dilakukan dengan memberikan pertanyaan-pertanyaan yang mendorong siswa untuk berfikir kritis dan analitis berkaitan dengan hasil eksplorasi
Penerapan Konsep (<i>Application</i>)	Pada tahap ini siswa menerapkan konsep/pengetahuan yang telah dibangun pada kondisi lain.	Tahap ini melibatkan penggunaan pengetahuan baru yang didapatkan siswa dalam bentuk latihan maupun pemecahan masalah.
Penutup (<i>Closure</i>)	Pada tahap ini siswa memvalidasi hasil belajar mereka, merenungkan apa yang telah mereka pelajari, dan menilai kinerja mereka.	Tahap ini dilakukan dengan melakukan penilaian diri, teman sejawat, dan kinerja selama pembelajaran.

(Hanson, 2005)

Peran siswa dalam kelompok kecil meliputi 1) *manager*, bertugas mengatur kelompok dan bertanggungjawab atas ketuntasan penyelesaian tugas kelompok, serta mengajukan pertanyaan kepada guru; 2) *presenter*, bertugas mempresentasikan hasil kerja kelompok pada diskusi kelas; 3) *recorder*, bertugas untuk merekam semua kegiatan kelompok baik saat diskusi kelompok maupun saat diskusi kelas; dan 4) *reflector*, bertugas mengamati dan memberi masukan terhadap kinerja kelompok (Straumanis & Simons, 2008).

Peran utama guru pada POGIL adalah sebagai fasilitator. Fasilitator memiliki peran yang penting dalam pembelajaran POGIL, yaitu membuat keputusan tentang 1) kapan melakukan intervensi; 2) apa yang harus dikatakan untuk membimbing siswa; 3) kapan harus meninggalkan siswa untuk belajar mandiri dalam kelompok; 4) kapan memberikan ceramah singkat; 5) kapan mengadakan diskusi antar kelompok, dan lain-lain (Moog *et al.*, 2006). Peran ini dijalankan berdasarkan observasi

guru terhadap perkembangan dan dinamika dalam kelas dan guru harus selalu mengingat bahwa tujuan kegiatan belajar meliputi konsep (*mastery concept*) dan prosesnya.

Peran guru dan siswa dalam setiap tahap dalam POGIL adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Peran Guru dan Siswa dalam Sintaks POGIL

Sintaks	Peran	
	Guru	Siswa
Orientasi (<i>orientation</i>)	- Menyiapkan siswa untuk belajar, meliputi: motivasi, menarik perhatian, menimbulkan keingintahuan, dan menghubungkan dengan pengetahuan awal. - Membentuk kelompok.	- Mengamati gambar dan mengajukan pertanyaan yang akan menjadi rumusan masalah dalam pembelajaran. - Berkumpul dalam kelompok dan membagi peran,
Eksplorasi (<i>exploration</i>)	- Memberikan lembar kerja yang akan menuntun siswa untuk belajar. - Berperan sebagai fasilitator.	- Mengkaji literatur untuk mengumpulkan informasi. - Merancang dan melakukan percobaan untuk mengumpulkan data. - Berdiskusi dalam mengerjakan lembar kerja.
Pembentukan konsep (<i>conceptual formation</i>)	- Mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang merangsang siswa untuk berpikir kritis, dan analitis. - Berperan sebagai fasilitator.	- Menjawab pertanyaan guru. - Mengolah informasi. - Menganalisis data. - Menemukan pola. - Membentuk konsep.
Penerapan konsep (<i>application</i>)	Memberikan lembar kerja yang mengajak siswa untuk menerapkan konsep.	Menerapkan konsep ke dalam situasi baru.
Penutup (<i>closure</i>)	- Mengajak siswa untuk menyusun kesimpulan. - Mengajak siswa untuk melakukan refleksi. - Melakukan evaluasi dan penilaian.	- Melakukan validasi hasil belajar. - Melakukan refleksi diri. - Melakukan penilaian diri.

Desain kegiatan belajar dalam POGIL disesuaikan dengan pokok bahasan yang akan dipelajari oleh siswa. Model pembelajaran POGIL bisa digunakan untuk pokok bahasan yang memiliki tiga karakter kunci, yaitu 1) Didesain untuk digunakan dengan tim mandiri dan guru berperan sebagai fasilitator; 2) Membimbing siswa untuk melakukan eksplorasi untuk membangun pemahamannya; 3) Menggunakan pokok bahasan untuk memfasilitasi pengembangan kemampuan proses termasuk kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kemampuan untuk belajar serta menerapkan pengetahuan dalam konteks yang baru (Moog *et al.*, 2006).

Pokok bahasan kimia organik, misalnya senyawa turunan alkana, sesuai dengan karakter kunci pada pembelajaran POGIL tersebut. Penelitian tentang keefektifan POGIL dalam pokok bahasan kimia organik telah dilakukan dalam jangka waktu yang lama, yaitu dari tahun 1993 sampai dengan 2003 di Amerika Serikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peserta ujian *ACS General Chemistry Exam* yang selama setahun dibelajarkan dengan model pembelajaran POGIL memiliki nilai yang lebih tinggi dan siswa merasa terbantu dalam belajar dan keberhasilan mereka (Moog *et al.*, 2006). Selain itu, keefektifan POGIL dalam berbagai pembelajaran kimia di kelas telah dinilai secara luas oleh banyak institusi pendidikan (Farrell, Moog, & Spencer, 1999; Hanson & Wolfskill, 2000).

Penerapan sintaks model pembelajaran POGIL dalam pokok bahasan senyawa turunan alkana adalah sebagai berikut:

a. Tahap Orientasi (*Orientation*)

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa mengamati benda, gambar, atau video sebagai contoh bahan yang mengandung senyawa turunan alkana dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3. Contoh Senyawa Turunan Alkana dalam Kehidupan Sehari-hari pada Model POGIL

No	Golongan	Contoh
1	Alkanol (Alkohol)	Larutan alkohol 70% dan spiritus
2	Alkoksialkana (Eter)	MTBE (<i>methyl tertier buthyl ether</i>) sebagai bahan campuran bensin
3	Alkanal (Aldehida)	Pupuk urea dan kayu manis
4	Alkanon (Keton)	Pembersih cat kuku
5	Asam Alkanoat (Asam Karboksilat)	Mentega dan cuka dapur
6	Alkil Alkanoat (Ester)	Buah pisang dan mangga
7	Haloalkana (Alkil Halida)	Bahan pada alat pendingin (AC)
8	Amina	Antibiotik

- Siswa memahami senyawa-senyawa yang terdapat pada benda, gambar, atau video yang berkaitan dengan golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina, seperti yang disajikan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Senyawa Turunan Alkana yang terdapat dalam Contoh pada Model POGIL

No	Contoh	Senyawa Turunan Alkana
1	Larutan alkohol 70%; spiritus	Etanol; metanol
2	MTBE (<i>methyl tertier buthyl ether</i>) sebagai bahan campuran bensin	Metil tersier butil eter
3	Pupuk urea; Kayu manis	Formaldehida; sinamaldehida
4	Pembersih cat kuku	Aseton
5	Mentega; Cuka dapur	Asam butanoat; Asam asetat
6	Buah pisang; Mangga	Amil asetat; Propil butirat
7	Bahan pada alat pendingin (AC)	Freon-12 (CCl_2F_2) dan Freon-13 ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$)
8	Antibiotik	Penisilin

- Siswa membuat rumusan masalah dari contoh senyawa dihubungkan dengan konsep yang akan dipelajari.
- Siswa bergabung dalam kelompok belajar yang beranggotakan 3-4 orang dan berbagi peran dalam kelompok, yaitu *manager*, *presenter*, *recorder*, dan *reflektor*.

b. Tahap Eksplorasi (*Exploration*)

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa melakukan kajian pustaka atau merancang dan melakukan percobaan untuk mengumpulkan informasi atau data tentang struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.

c. Tahap Pembentukan Konsep (*Concept Formation*)

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa menjawab pertanyaan-pertanyaan di LKS yang berkaitan dengan informasi atau data yang diperoleh untuk membentuk konsep tentang struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.
- Siswa membuat kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah tentang konsep tentang struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.

d. Tahap Penerapan Konsep (*Application*)

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa melatih diri dengan mengerjakan tugas atau soal latihan tentang konsep struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.

e. Tahap Penutup (*Closure*)

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa melakukan refleksi tentang kegiatan belajar yang telah dilakukan.
- Siswa melakukan penilaian diri dan teman sejawat.
- Siswa menerima informasi tentang pokok bahasan yang akan dipelajari pada pertemuan selanjutnya.

2. Desain Pembelajaran dengan Model Pembelajaran MORE

Tien, *et al.* (ACS, 2008: 35), menyatakan bahwa MORE *Thinking Frame* merupakan model pembelajaran yang memfasilitasi siswa menyempurnakan pemahamannya tentang fenomena kimia. MORE juga dapat digunakan untuk mengubah demonstrasi dan praktikum kimia biasa menjadi pengalaman penyelidikan yang mengembangkan aspek kognitif secara efektif (ACS, 2008: 35).

Model pembelajaran MORE bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap suatu fenomena dalam skala molekul (Tien *et al.*, 2007). Hal ini sangat sesuai untuk mempelajari kimia karena konsep-konsep kimia memiliki tiga representasi, yaitu makroskopis, mikroskopis, dan simbolik. Ketiga aspek tersebut harus dipelajari siswa secara menyeluruh melalui kegiatan belajar agar siswa memiliki penguasaan konsep yang benar. Model pembelajaran MORE memandu siswa untuk berpikir dan mendorong siswa untuk merefleksikan ide atau gagasan mereka dan menghubungkan ide mereka dengan pembuktian secara ilmiah (Tien *et al.*, 2007).

Sintaks dalam model MORE meliputi 1) penyusunan model (*model*); 2) pengamatan (*observe*); 3) refleksi (*reflect*); dan 4) penjelasan (*explain*) (Tien *et al.*, 2007). Aktivitas belajar dalam setiap tahap dalam MORE *thinking frame* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Aktivitas Belajar dalam Sintaks MORE *Thinking Frame*

Langkah	Deskripsi	Kegiatan Belajar
Penyusunan Model (<i>Model</i>)	Pada tahap ini siswa menggambarkan pemahaman awal mereka (model awal mereka) tentang konsep yang akan mereka pelajari berdasarkan pengetahuan yang sudah dimiliki.	Tahap ini dilakukan dengan menyusun hipotesis terhadap konsep/fenomena yang akan dipelajari berdasarkan pengetahuan awal mereka.
Pengamatan (<i>Observe</i>)	Pada tahap ini siswa mengumpulkan bukti-bukti, cirinya dalam bentuk praktikum dan/atau pengukuran, yang diharapkan dapat memberi informasi terhadap model awal mereka	Tahap ini dilakukan dengan melakukan kajian literatur atau percobaan/penelitian untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan hipotesis/model awal mereka.
Refleksi (<i>Reflect</i>)	Pada tahap ini siswa melakukan refleksi, yaitu menghubungkan data atau informasi yang diperoleh dengan model awal mereka (jawaban sementara dalam hipotesisnya).	Tahap ini dilakukan dengan memantau kemajuan percobaan atau kajian literatur mereka, berusaha untuk memahami apa yang terjadi, mempertimbangkan implikasi dari bukti-bukti yang dikumpulkan yang berhubungan dengan model awal mereka.
Penjelasan (<i>Explain</i>)	Pada tahap ini siswa menggunakan pembuktian mereka untuk membangun sebuah penjelasan ilmiah mengapa model mereka berubah (atau tetap) untuk dipresentasikan kepada guru mereka dan anggota kelas	Tahap ini dilakukan dengan melakukan penjelasan ilmiah tentang kesesuaian/tidak kesesuaian antara hipotesis (model awal) dengan hasil percobaan/penelitian atau kajian literatur dan mempresentasikannya.

(Tien *et al.*, 2007)

Peran guru dan siswa dalam model pembelajaran MORE *thinking frame* dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Sintaks	Peran	
	Guru	Siswa
Penyusunan Model (<i>Model</i>)	Menggali pengetahuan awal siswa baik secara makroskopis maupun mikroskopis	Menggambarkan pengetahuan awal secara makroskopis dan mikroskopis

Pengamatan (<i>Observe</i>)	Mendesain aktivitas belajar yang memungkinkan siswa untuk mengumpulkan bukti-bukti dan informasi terkait dengan 'model' yang mereka miliki.	Mengumpulkan bukti dan informasi tentang 'model' yang dimiliki
Refleksi (<i>Reflect</i>)	Membimbing siswa untuk menganalisis data yang diperoleh dan mengaitkan dengan 'model' yang dimiliki	Menganalisis data dan memahami keterkaitan data dengan 'model' yang dimiliki
Penjelasan (<i>Explain</i>)	Membimbing siswa untuk membangun penjelasan ilmiah tentang 'model' mereka	Membangun penjelasan ilmiah mengapa 'model' mereka berubah atau tetap untuk dipresentasikan kepada guru dan teman sekelas

Tabel 6. Peran Guru dan Siswa dalam Sintaks MORE *Thinking Frame*

Hasil penelitian-penelitian tentang penggunaan MORE pada pembelajaran kimia di SMA mengungkapkan bahwa keterlibatan siswa dalam praktikum kimia yang dibelajarkan dengan MORE lebih baik dibandingkan dengan yang dibelajarkan dengan metode praktikum kimia biasa (ACS, 2008:38). Keterlibatan aktif siswa dalam praktikum ini menjadikan siswa lebih mudah memahami konsep secara utuh dan memiliki keterampilan proses sains serta dapat meningkatkan motivasi belajar.

Model pembelajaran MORE sesuai dengan karakter pokok bahasan senyawa turunan alkana yang memerlukan pemahaman sampai dengan level molekuler (mikroskopis). Hal ini dikarenakan pada MORE, siswa menghubungkan pengamatan makroskopik mereka dengan pemahaman mereka tentang peristiwa yang terjadi pada tingkat molekuler (Tien *et al.*, 2007).

Penerapan sintaks model pembelajaran MORE dalam pokok bahasan senyawa turunan alkana adalah sebagai berikut:

a. Tahap Penyusunan Model (*Model*)

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa mengamati benda, gambar, atau video tentang contoh senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina sebagai berikut:

Tabel 7. Contoh Senyawa Turunan Alkana dalam Kehidupan Sehari-hari pada Model MORE

No	Golongan	Contoh
1	Alkanol (Alkohol)	Larutan alkohol 70% dan spiritus
2	Alkoksialkana (Eter)	MTBE (<i>methyl tertier buthyl ether</i>) sebagai bahan campuran bensin
3	Alkanal (Aldehida)	Pupuk urea dan kayu manis
4	Alkanon (Keton)	Pembersih cat kuku
5	Asam Alkanoat (Asam Karboksilat)	Mentega dan cuka dapur
6	Alkil Alkanoat (Ester)	Buah pisang dan mangga
7	Haloalkana (Alkil Halida)	Bahan pada alat pendingin (AC)
8	Amina	Antibiotik

- Siswa memahami senyawa-senyawa yang terdapat pada benda, gambar, atau video yang berkaitan dengan golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina, seperti yang disajikan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 8. Senyawa Turunan Alkana yang terdapat dalam Contoh pada Model MORE

No	Contoh	Senyawa Turunan Alkana
1	Larutan alkohol 70%; spiritus	Etanol; metanol
2	MTBE (<i>methyl tertier buthyl ether</i>) sebagai bahan campuran bensin	Metil tersier butil eter
3	Pupuk urea; Kayu manis	Formaldehida; sinamaldehida
4	Pembersih cat kuku	Aseton
5	Mentega; Cuka dapur	Asam butanoat; Asam asetat
6	Buah pisang; Mangga	Amil asetat; Propil butirat

7	Bahan pada alat pendingin (AC)	Freon-12 (CCl_2F_2) dan Freon-13 ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$)
8	Antibiotik	Penisilin

- Siswa menyusun hipotesis dari contoh senyawa dihubungkan dengan konsep yang akan dipelajari, yaitu struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.
- Siswa bergabung dalam kelompok belajar yang dibentuk oleh guru dengan beranggotakan 3-4 orang tiap kelompok.

b. Tahap Pengamatan (*Observe*)

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa melakukan kajian pustaka atau merancang dan melakukan percobaan untuk mengumpulkan informasi data tentang struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.

c. Tahap Refleksi (*Reflect*)

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa membandingkan kesesuaian/ketidakesesuaian informasi atau data yang diperoleh dengan hipotesis/model awal mereka tentang struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.

d. Tahap Penjelasan (*Explain*)

Langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- Siswa mempresentasikan penjelasan kesesuaian/ketidakesesuaian informasi atau data yang diperoleh dengan hipotesis/model mereka tentang struktur, tatanama, isomer, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa golongan alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, alkil alkanoat, haloalkana, dan amina.

3. Perbandingan Model POGIL dan MORE

Perbedaan sintaks pada POGIL dan MORE menyebabkan siswa mengalami pengalaman belajar yang berbeda. Pengalaman belajar yang berbeda akan mengakibatkan pengembangan aspek pengetahuan dan keterampilan kerja ilmiah dengan urutan yang berbeda. Pengembangan aspek pengetahuan dan keterampilan kerja ilmiah disajikan pada Tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Pengembangan Aspek Pengetahuan dan Keterampilan Kerja Ilmiah pada POGIL dan MORE

Sintaks	Pengetahuan (Kognitif)	Keterampilan Kerja Ilmiah
POGIL		
Orientasi	Mengingat	▪ Merumuskan masalah
Eksplorasi	Memahami	▪ Menentukan variabel, merancang, dan melakukan percobaan ▪ Mengumpulkan data
Pembentukan Konsep	Menganalisis	▪ Mengolah data ▪ Menarik kesimpulan ▪ Mengomunikasikan secara lisan dan tertulis
Penerapan Konsep	Menerapkan	
Penutup	Mengevaluasi	

MORE

Penyusunan Model	Mengingat	- Merumuskan masalah - Mengajukan hipotesis
Pengamatan	Menganalisis	- Menentukan variabel, merancang, dan melakukan percobaan - Mengumpulkan dan mengolah data
Refleksi	Mengevaluasi	- Menguji hipotesis - Menarik kesimpulan
Penjelasan	Memahami	Mengomunikasikan secara lisan dan tertulis

Dari Tabel 9 dapat diketahui adanya perbedaan cara mengembangkan aspek pengetahuan dan keterampilan kerja ilmiah pada POGIL dan MORE. Hal ini mengakibatkan adanya perbedaan proses belajar pada siswa untuk membangun pemahamannya terhadap konsep yang dipelajari. Perbedaan tahap dan cara membangun pemahaman konsep akan mempengaruhi kemampuan kognitif dan keterampilan kerja ilmiah yang dikuasai.

Contoh penerapan sintaks POGIL dan MORE pada pokok bahasan senyawa turunan alkana dengan kompetensi dasar: 3.9) Menganalisis struktur, tata nama, sifat, sintesis, dan kegunaan senyawa karbon (haloalkana, amina, alkanol, alkoksialkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat) dan 4.9) Merancang dan melakukan percobaan untuk sintesis senyawa karbon, identifikasi gugus fungsi dan/atau penafsiran data spektrum inframerah (IR), disajikan pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 10. Kegiatan Belajar pada POGIL dan MORE dalam Pokok Bahasan Senyawa Golongan Alkanol (Alkohol)

Kegiatan belajar pada POGIL	Kegiatan belajar pada MORE
Orientasi (<i>Orientation</i>)	Penyusunan Model (<i>Model</i>)
- Mengamati gambar larutan alkohol 70%, cat, parfum, dan spiritus - Memberikan informasi melalui gambar bahwa larutan alkohol 70%, pelarut pada cat, pelarut parfum, dan spiritus mengandung metanol dan etanol disertai rumus strukturnya. - Menyusun pertanyaan fokus/rumusan masalah: - Apakah yang dimaksud dengan gugus fungsi? - Bagaimana rumus umum struktur golongan alkanol (alkohol)? - Bagaimanakah tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol)? - Apakah senyawa golongan alkanol (alkohol) memiliki isomer yang sama dengan isomer pada hidrokarbon? - Apakah ada hubungan antara struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan sifat fisika (titik didih dan kelarutan dalam	- Mengamati gambar larutan alkohol 70%, cat, parfum, dan spiritus. - Memberikan informasi melalui gambar bahwa larutan alkohol 70%, pelarut pada cat, pelarut parfum, dan spiritus mengandung metanol dan etanol disertai rumus strukturnya. - Menyusun hipotesis berdasarkan pemahamannya tentang senyawa hidrokarbon: - Konsep gugus fungsi - Rumus umum struktur golongan alkanol (alkohol) - Tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol). - Isomer pada golongan alkanol (alkohol). - Hubungan antara struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan sifat fisika (titik didih dan kelarutan dalam air). - Reaksi substitusi, adisi, eliminasi, dan

Kegiatan belajar pada POGIL	Kegiatan belajar pada MORE
air) seperti pada senyawa hidrokarbon? 6) Apakah reaksi substitusi, adisi, eliminasi, dan oksidasi terjadi pada senyawa golongan alkanol (alkohol) seperti pada senyawa hidrokarbon? 7) Bagaimanakah mensintesis senyawa alkanol (alkohol)? 8) Apa saja kegunaan senyawa golongan alkanol (alkohol) dalam kehidupan sehari-hari?	oksidasi terjadi juga pada senyawa golongan alkanol (alkohol) seperti pada senyawa hidrokarbon 7) Cara mensintesis senyawa alkanol (alkohol). 8) Pemanfaatan senyawa golongan alkanol (alkohol) dalam kehidupan sehari-hari.
Eksplorasi (<i>Exploratiion</i>)	Pengamatan (<i>Observasi</i>)
- Melakukan aktivitas belajar dengan menggunakan molimod untuk mempelajari konsep gugus fungsi dan rumus struktur senyawa golongan alkanol (alkohol). - Melakukan aktivitas belajar tentang tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan panduan LKS. - Melakukan aktivitas belajar dengan menggunakan molimod untuk mempelajari konsep isomer. - Melakukan analisis data tentang hubungan struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan titik didih dan kelarutannya dalam air. - Melakukan percobaan tentang reaksi senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan logam natrium, PCl_5, asam, dan oksidasinya dengan oksigen. - Melakukan aktivitas belajar tentang sintesis senyawa golongan alkanol (alkohol). - Melakukan kajian pustaka tentang penggunaan senyawa golongan alkanol (alkohol) dalam kehidupan sehari-hari.	- Melakukan aktivitas belajar dengan menggunakan molimod untuk mempelajari konsep gugus fungsi dan rumus struktur senyawa golongan alkanol (alkohol). - Melakukan aktivitas belajar tentang tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan panduan LKS. - Melakukan aktivitas belajar dengan menggunakan molimod untuk mempelajari konsep isomer. - Melakukan analisis data tentang hubungan struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan titik didih dan kelarutannya dalam air. - Melakukan percobaan tentang reaksi senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan logam natrium, PCl_5, asam, dan oksidasinya dengan oksigen. - Melakukan aktivitas belajar tentang sintesis senyawa golongan alkanol (alkohol). - Melakukan kajian pustaka tentang penggunaan senyawa golongan alkanol (alkohol) dalam kehidupan sehari-hari.
Pembentukan Konsep (<i>Concept Formation</i>)	Refleksi (<i>Reflect</i>)
- Mempresentasikan hasil kerja kelompok. - Melakukan diskusi kelas untuk menjawab rumusan masalah.	- Membandingkan hipotesis awal/model dengan hasil kegiatan belajar pada tahap pengamatan tentang: - Konsep gugus fungsi

Kegiatan belajar pada POGIL	Kegiatan belajar pada MORE
▪ Membuat kesimpulan tentang 1) Konsep gugus fungsi 2) Rumus struktur senyawa golongan alkanol (alkohol). 3) Tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol); 4) Jenis isomer pada senyawa golongan alkanol (alkohol); 5) Hubungan struktur senyawa dengan titik didih dan kelarutannya dalam air; 6) Reaksi-reaksi pada senyawa golongan alkanol (alkohol); 7) Sintesis senyawa golongan alkanol (alkohol); 8) Kegunaan senyawa golongan alkanol (alkohol).	2) Rumus struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) 3) Tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol). 4) Isomer pada golongan alkanol (alkohol). 5) Hubungan antara struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan sifat fisika (titik didih dan kelarutan dalam air). 6) Reaksi-reaksi pada senyawa golongan alkanol (alkohol). 7) Cara mensintesis senyawa alkanol (alkohol). 8) Pemanfaatan senyawa golongan alkanol (alkohol) dalam kehidupan sehari-hari.
Penerapan Konsep (<i>Application</i>)	Penjelasan (<i>Explain</i>)
• Mengerjakan soal-soal latihan tentang: 1) Konsep gugus fungsi. 2) Rumus struktur senyawa golongan alkanol (alkohol). 3) tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol); 4) jenis isomer pada senyawa golongan alkanol (alkohol); 5) hubungan struktur senyawa dengan titik didih dan kelarutannya dalam air; 6) reaksi-reaksi pada senyawa golongan alkanol (alkohol); 7) sintesis senyawa golongan alkanol (alkohol); 8) kegunaan senyawa golongan alkanol (alkohol). • Melakukan kajian pustaka tentang proses pembuatan bioetanol berbahan tetes tebu dan pemanfaatannya sebagai bahan bakar.	• Menjelaskan kesesuaian/ketidaksesuaian hipotesis/model dengan hasil kegiatan belajar pada tahap refleksi. • Membuat kesimpulan tentang: 1) Konsep gugus fungsi. 2) Rumus struktur senyawa golongan alkanol (alkohol). 3) tatanama senyawa golongan alkanol (alkohol). 4) isomer pada golongan alkanol (alkohol). 5) hubungan antara struktur senyawa golongan alkanol (alkohol) dengan sifat fisika (titik didih dan kelarutan dalam air). 6) Reaksi-reaksi pada senyawa golongan alkanol (alkohol). 7) cara mensintesis senyawa alkanol (alkohol). 8) Pemanfaatan senyawa golongan alkanol (alkohol) dalam kehidupan sehari-hari. • Memberikan tugas untuk melakukan kajian pustaka tentang proses pembuatan bioetanol berbahan tetes tebu dan pemanfaatannya sebagai bahan bakar.
Penutup (Closure)	
▪ Melakukan refleksi tentang konsep yang	

Kegiatan belajar pada POGIL	Kegiatan belajar pada MORE
dipelajari.	
- Melakukan penilaian diri dan teman sejawat. - Menyampaikan pokok bahasan yang akan dipelajari pada pertemuan selanjutnya, yaitu golongan Alkoksialkana (eter).	

PENUTUP

Pokok bahasan senyawa turunan alkana dapat didesain dengan model POGIL dan MORE. Perbedaan sintaks pada kedua model pembelajaran menjadikan proses pembelajaran menjadi berbeda tetapi tetap menggunakan pembelajaran berbasis inkuiri. Perbedaan tahap dan cara membangun pemahaman suatu konsep akan mempengaruhi kemampuan kognitif dan keterampilan kerja ilmiah yang dikuasai. Karakter pembelajaran inkuiri dalam pembelajaran Kimia dengan model yang berbeda akan menambah pilihan bagi guru yang ingin menerapkan proses pembelajaran yang sesuai dengan standar proses kurikulum 2013.

DAFTAR RUJUKAN

- _____. 2016. *Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA): Mata Pelajaran Kimia*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- ACS. 2008. *Chemistry in the National Science Education Standards*. Washington, DC: American Chemical Society Education Division.
- Farrell, J. J., Moog, R. S., & Spencer, J. N. (1999). A Guided Inquiry General Chemistry Course. *J. Chem. Educ.*, 76(4): 570–574.
- Gale, S. D. E., & Boisselle, L. N. (2015). The Effect of POGIL on Academic Performance and Academic Confidence. *Science Education International*, 26(1): 56–61.
- George, I. et al., (2013). The Effect of Using Process Approach on Science Achievement and Scientific Attitudes among Jordanian Basic Stage Students. *Journal of Education and Practice*, 4(20): 136–151.
- Hanson, D. M. (2005). *Designing Process-Oriented Guided-Inquiry Activities. Faculty Guidebook- A Comprehensive Tool for Improving Faculty Performance*. New York: Stony Brook University.
- Hanson, D., & Wolfskill, T. (2000). Process Workshops - A New Model for Instruction. *J. Chem. Educ.*, 77(1): 120-130.
- Kuhlthau, Carol C. et al. 2007. *Guided Inquiry Learning in the 21st Century*. London: Libraries Unlimited.
- Matteo, E. B. (2015). The Effectiveness of Using Model- Thinking Frame to Improve The Performance in High School Chemistry. *International Journal of Technical Research and Applications*, (Online), 22(22), 14–18, (<http://www.ijtra.com>), diakses 20 September 2016.
- Moog, R. S., Creegan, F., Hanson, D. M., Spencer, J. N., & Straumanis, A. R. (2006). Process-Oriented Guided Inquiry Learning. *POGIL and the POGIL Project (online)*, 17(4): 41–52, (<http://www.pogil.org>), diakses 22 Juni 2016.
- Ningsih, P. E., & Astra, I. M. (2015). *Pengaruh Metode POGIL (Process Oriented Guided Inquiry Learning) Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Suhu dan Kalor Kelas X SMA*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Fisika (E-Journal), Jakarta, Oktober 2015.
- Özgelen, S. (2012). Students' Science Process Skills within a Cognitive Domain Framework. *Eurasia Journal of Mathematics Science & Technology Education*, (Online), 8(4), 283–292, (<http://www.ejmste.com>), diakses 27 Juli 2016.
- Rickey, D., & Tien, L. T. (2013). *Research on Learning in the Chemistry Laboratory to Thinking Processes*. Washington DC: ACS Symposium Series.
- Simonson, S. R., Shadle, S. E., Simonson, S. R., & Shadle, S. E. (2013). Implementing Process

- Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) in Undergraduate Biomechanics. *Journal of STEM Education*, 14(1): 56-63.
- Straumanis, A. (2010). *Classroom Implementation of Process Oriented Guided Inquiry Learning: A Practical Guide for Instructors*. Charleston: College of Charleston.
- Straumanis, A. & Simons, E. A. (2008). *A Multi-Institutional Assessment of the Use of POGIL in Organic Chemistry*, 226–239. Washington DC: ACS Symposium Series.
- Tien, L. T., Teichert, M. A., & Rickey, D. (2007). Effectiveness of a MORE Laboratory Module in Prompting Students To Revise Their Molecular-Level Ideas about Solutions W, *Journal of Chemical Education*, (Online), 84(1): 175–181, (<http://www.jCE.DivCHED.org>), diakses 20 September 2016.
- Villagonzalo, E. C. (2014). *Process Oriented Guided Inquiry Learning: An Effective Approach in Enhancing Students ' Academic Performance*, 1–6. Makalah disajikan dalam DLSU Research Congress di De La Salle University, Manila, 6-8 Maret 2014.

MEMBANGUN *CONTACT PHASE* PADA PENDEKATAN KONTEKSTUAL *CHEMIE IM KONTEKS* DALAM UPAYA MENARIK MINAT BELAJAR KIMIA

Bayu Bramasta Giri^{a,*}, Suhadi Ibnu^a, Sutrisno^a

^aProgram Studi Pendidikan Kimia Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

^aUniversitas Negeri Malang

Jl. Semarang No. 5, Malang, Jawa Timur

*Corresponding author's Email: baybramasta@gmail.com

ABSTRAK

Kimia merupakan bagian dari ilmu alam yang lahir untuk menjawab atas pertanyaan “apa” dan “mengapa” tentang sifat materi yang ada di alam. “*Chemistry is experimental science*” dimana proses penemuan konsep kimia sebagian besar dilakukan dengan cara eksperimen yang bermula dari pengamatan terhadap fenomena sehari-hari. Oleh karena itu proses pembelajaran kimia sebaiknya mengkaitkan konsep sedekat mungkin dengan kehidupan peserta didik. Pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) merupakan konsep belajar yang membantu mengaitkan antara konsep yang diajarkan dengan situasi dunia nyata. Pembelajaran akan mendorong peserta didik membuat hubungan antara pengetahuan dan penerapannya sehingga akan memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Salah satu pendekatan kontekstual yang sedang berkembang adalah *Chemie im Konteks*. Pendekatan ini dilatarbelakangi rendahnya proses mengkaitkan antara pemahaman konsep dengan fenomena kehidupan dalam kegiatan pembelajaran. Pendekatan kontekstual yang diadopsi *Chemie im Konteks* mempunyai empat fase yaitu *Contact Phase* (fase kontak), *Curiosity Phase* (fase ingin tahu), *Elaborate Phase* (fase elaborasi) dan *Nexus Phase* (fase mengkaitkan dan integrasi). *Contact Phase* (fase kontak) merupakan tahapan dimana disajikan suatu konteks dalam kehidupan sehari-hari. Fase ini bertujuan untuk mendekatkan konsep pelajaran dengan kondisi keseharian peserta didik. Pengetahuan awal yang telah dimiliki sebelumnya akan digunakan untuk mengembangkan ide memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam. Tulisan ini membahas bagaimana membangun fase kontak pada pendekatan kontekstual *Chemie im Konteks* sebagai sarana menarik minat dan membangkitkan keinginan menemukan konsep yang akan dipelajari.

Kata kunci: Pendekatan kontekstual, *Contact Phase* (fase kontak)

ABSTRACT

Chemistry is part of the science born to answer the question “what” and “why” about nature of the materials in the universe. “*Chemistry is experimental science*” where the process of the discovery of the concept of chemistry is largely done by experiment which originated from the observation of everyday phenomena. Therefore the chemistry's learning process should associate the concept as close as possible to the life of the learners.

Contextual Teaching and Learning (CTL) approach is the concept of learning that helps associate between the concept are taught with real world situation. Learning will encourage learners make connection between knowledge and its application, so that it will provide a meaningful learning experience. One of the emerging contextual approach is *chemie im konteks*. This approach based on when the process between the understanding of the concept with the phenomenon of life in learning is low.

Contextual approach adapted in *chemie im konteks* has four phase, namely the contact phase, curiosity phase, elaborate phase dan nexus phase. *Contact Phase* is the stage where presented a context in daily life. this phase aims to bring closer the concept lesson with the everyday condition of

the leaners. Initial knowledge has been owned before will be used to develop the idea of acquiring a deeper knowledge. This paper discusses how to build a contact phase on contextual approach chemistry contexts as a means of attracting interest and arouses the desire to find a concept that will be studied.

Keywords: Contextual approach, Contact phase

PENDAHULUAN

Kimia merupakan bagian dari ilmu alam yang lahir untuk menjawab atas pertanyaan “apa” dan “mengapa” tentang sifat materi yang ada di alam. “*Chemistry is experimental science*” dimana proses penemuan konsep kimia sebagian besar dilakukan dengan cara eksperimen (Crosland, 2003, Ozgelen, 2012). Eksperimen bermula dari pengamatan terhadap fenomena yang memungkinkan peserta didik untuk memahami apa yang terjadi di sekitar mereka (Sirhan, 2007). Mempelajari ilmu kimia bukan hanya menguasai pengetahuan berupa fakta, konsep, prinsip saja tetapi juga merupakan proses suatu penemuan dan penguasaan prosedur atau metode ilmiah. Oleh karena itu dalam pembelajaran ilmu kimia ada dua hal penting yang harus diperhatikan yakni kimia sebagai produk berupa fakta, konsep, prinsip, hukum dan kimia sebagai proses berupa kerja ilmiah.

Kerja ilmiah merupakan cara kerja yang dipakai para ilmuwan untuk memecahkan masalah. Metode ilmiah merupakan cara dalam melaksanakan suatu kerja ilmiah. Langkah-langkah pemikiran sistematis dengan memperhatikan keruntutan dalam menyelesaikan suatu masalah adalah dasar dari metode ilmiah. Hal ini merupakan landasan pemerintah dalam rangka mengubah pola pikir peserta didik dengan harapan menciptakan sumber daya manusia Indonesia yang lebih bermutu. Penerapan kurikulum 2013 merupakan langkah nyata pemerintah untuk mencapai harapan tersebut. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan dengan suatu pendekatan yang dapat menumbuhkan kerja ilmiah melalui kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi serta mengkomunikasikan. Pendekatan tersebut dinamakan saintifik.

Sejalan dengan pendekatan saintifik Sandra K. Enger dan Robert E. Yager (2009:3) berpendapat sains memiliki enam domain karakter yakni (1) Konsep (pengetahuan dan pemahaman) berupa informasi sains yaitu fakta, hukum, hipotesa dan teori (2) Proses (mencari dan menemukan) berupa proses sains dan bagaimana seorang ilmuwan menemukan/bekerja dan berpikir (3) Aplikasi (menggunakan) berupa pengaplikasian ilmu sains serta menghubungkan dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari (4) Sikap (perasaan dan menghargai) berupa sikap sensitifitas dan pengaruh isu sosial (5) Kreatifitas (imajinasi dan karya) pemecahan masalah dan penyampaian ide desain (6) *Nature Of Science* berupa filosofi bagaimana perkembangan, pengetahuan dan pemahaman sains terbangun.

Kimia merupakan bagian sains yang sangat dekat dengan kehidupan. Oleh karena itu suasana pembelajaran kimia sebaiknya dikondisikan sedekat mungkin dengan kehidupan peserta didik. Ketertarikan peserta didik dalam mempelajari kimia pada kegiatan pembelajaran harus ditumbuhkan. Pembelajaran hendaknya menggunakan berbagai model dan media pembelajaran untuk menciptakan rasa ketertarikan dalam belajar. Media pembelajaran merupakan salah satu sarana untuk menciptakan lingkungan belajar yang kondusif dan efektif untuk menanamkan konsep-konsep kimia pada peserta didik. Media pembelajaran memiliki fungsi untuk merangsang aktifitas kognitif dan psikomotorik peserta didik dalam menemukan dan memahami konsep kimia secara mandiri (Sutrisno, 2012).

Keaktifan peserta didik dalam mencari dan menemukan sebuah konsep merupakan salah satu keterampilan berpikir yang dapat membangun pengetahuan secara mantap dan terstruktur (Nurhadi dan Senduk, 2003). Keterampilan berpikir perlu diberdayakan dengan sengaja dan terencana dalam pembelajaran (Corebima, 2010). Chattopadhyai (2005) menyatakan pembelajaran yang memperdayakan berpikir akan melatih peserta didik mampu mengasimilasi dan mengakomodasi hubungan antara informasi yang diperoleh dari proses belajar dengan kondisi nyata kehidupan sehari-hari. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan oleh guru sesuai dengan karakteristik kurikulum 2013 adalah pendekatan kontekstual. Pendekatan tersebut menerapkan proses pembelajaran yang bertujuan untuk membantu peserta didik mengetahui makna pelajaran yang dipelajari dengan cara menghubungkan materi pelajaran tersebut dengan konteks kehidupan sehari-hari (Johnson, 2002).

Pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) merupakan konsep belajar yang membantu mengaitkan antara konsep yang diajarkan dengan situasi dunia nyata. Pembelajaran akan mendorong peserta didik membuat hubungan antara pengetahuan dan penerapannya sehingga akan memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Salah satu pendekatan kontekstual yang sedang berkembang adalah *Chemie im Kontext*. Pendekatan ini dilatarbelakangi rendahnya proses mengkaitkan antara pemahaman konsep dengan fenomena kehidupan dalam kegiatan pembelajaran. Pendekatan kontekstual yang diadopsi *Chemie im Kontexts* mempunyai empat fase (tahap) yaitu *Contact Phase* (fase kontak), *Curiosity Phase* (fase ingin tahu), *Elaborate Phase* (fase elaborasi) dan *Nexus Phase* (fase mengkaitkan dan integrasi).

Contact Phase (fase kontak) adalah tahap pendahuluan sebelum kegiatan inti. Tahapan awal kegiatan pembelajaran sangat menentukan sebelum ketahap berikutnya. Peserta didik akan mudah mengikuti model pembelajaran pada kegiatan berikutnya, jika merasa tertarik dan rasa ingin tahunya muncul. Penggunaan gambar, video, studi kasus dan sebagainya biasanya disampaikan pada tahap awal ini. Berbagai ketentuan harus diperhatikan pada tahap ini agar tidak menimbulkan miskonsepsi.

Berdasarkan diskusi dan wawancara dengan beberapa guru kimia peserta PLPG (Pendidikan dan Latihan Profesi Guru) 2016 yang berasal dari Jawa Timur menunjukkan penyampaian konteks aplikasi kimia dalam kehidupan masih sangat kurang. Penyampaian berupa gambar, video atau media lainnya pada saat awal kegiatan hanya sekilas. Keterbatasan waktu menjadi salah satu penyebabnya. Guru hanya sekedar menyampaikan dan peserta didik hanya disuruh membaca sendiri sehingga belum menggali seberapa jauh rasa keingintahuan peserta didik. Kegiatan yang dilakukan berupa diskusi tanya jawab singkat.

Contact Phase (fase kontak) yang merupakan salah satu tahapan pada *Chemie im Kontexts*. Fase ini menyajikan suatu konteks dalam kehidupan yang bertujuan untuk mendekatkan konsep pelajaran dengan kondisi keseharian peserta didik. Pemberian kesempatan yang lebih luas dalam mengembangkan dan menghubungkan antara pengetahuan awal peserta didik dengan konsep yang akan dipelajari menjadi salah satu keunggulan pada tahap ini. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam tulisan ini permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana membangun fase kontak pada kegiatan pembelajaran dalam upaya menarik minat peserta didik dalam mempelajari konsep kimia yang akan dipelajari.

PEMBAHASAN

Pendekatan kontekstual menurut *Chemie im Kontexts*

Pembelajaran *Contextual Teaching and Learning* saat ini populer diterapkan dalam proses pembelajaran di sekolah. Johnson (2010) menyatakan bahwa pembelajaran kontekstual merupakan proses pendidikan yang bertujuan untuk membantu peserta didik melihat makna pelajaran yang mereka pelajari dengan cara menghubungkannya dengan konteks kehidupan sehari-hari. Dalam pembelajaran kontekstual, proses pembelajaran peserta didik diawali dengan pemberian pengetahuan, memberikan pengalaman belajar, dan pengaitkan materi dengan kehidupan mereka sehari-hari. Pada proses ini pembelajaran akan terasa lebih bermakna dan ketika menemukan makna dari pelajarannya, peserta didik akan merasakan makna dari apa yang dia pelajari. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pendekatan kontekstual antara lain melaporkan bahwa pembelajaran kontekstual yang diterapkan dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik (Pursitasari dkk., 2008), mengaktifkan peserta didik dan menjadikan peserta didik lebih mudah memahami materi yang diajarkan (Aminah, 2011), dan memotivasi peserta didik menuntaskan hasil belajar (Sudibyo, 2008).

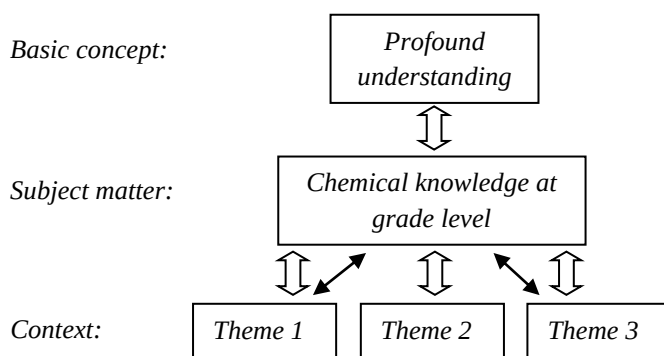
Menurut Bennet dan Holman (2002:172) peserta didik yang dibelajarkan dengan pendekatan kontekstual lebih menikmati pembelajaran sains karena kemampuan berfikir ilmiah yang dimiliki dapat bermanfaat. Depdiknas (2006) menyatakan bahwa pembelajaran kontekstual akan menambah motivasi belajar bagi peserta didik. Situasi belajar yang bermakna akan dapat menambah pengalaman belajar dan keterampilan, hasil yang akan didapatkan dapat membantu peserta didik dalam menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari sesuai dengan konsep materi yang telah dipelajari. Terdapat 7 komponen utama yang saling terintegrasi pada penerapan pembelajaran kontekstual yaitu: konstruktivisme sebagai landasan berfikir, inkuri dalam proses penemuan konsep, pertanyaan bermakna sebagai pengganti instruksi langsung, masyarakat belajar sebagai sarana diskusi,

pemodelan sebagai jembatan pemahaman, penilaian autentik untuk mengukur kompetensi, refleksi sebagai penguat pengetahuan yang baru (Nurhadi dan Senduk, 2003).

Pembelajaran kontekstual yang dikembangkan di Jerman dengan istilah *Chemie im Kontext* membuktikan bahwa pembelajaran aktif yang kontekstual dapat meningkatkan kualitas proses dan hasil kegiatan pembelajaran kimia. Kualitas proses sangat penting dalam pembelajaran kimia agar peserta didik dapat mengkonstruksi pemahaman konsep dengan baik dan benar. Pemahaman konsep yang mendalam akan menumbuhkan pola pemikiran yang kuat dalam mengaplikasikan konsep tersebut dalam kehidupan nyata. Jika peserta didik menemukan alasan dan motivasi untuk belajar aktif pada proses kegiatan pembelajaran kimia maka akan dapat mengolah informasi secara mendalam (Hermes, 2008).

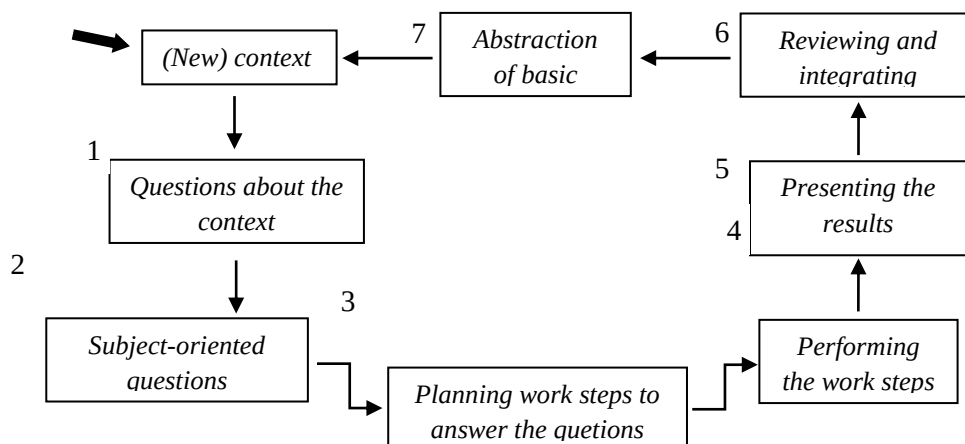
Pengembangan *Chemie im Kontext* (Chik) dipengaruhi oleh tiga komponen teoritis yang mendukung filosofinya yakni: (1) konsep literasi sains (apa yang harus dipelajari peserta didik) (2) teori motivasi (bagaimana murid termotivasi untuk belajar kimia) dan (3) pendekatan situasi pembelajaran yakni bagaimana lingkungan untuk pembelajaran dirancang, dan proses pembelajaran harus didukung?. Teori ini menganut teori belajar konstruktivisme dimana peserta didik belajar menemukan konsepnya sendiri dengan guru sebagai fasilitator.

Pemahaman suatu konsep dasar kimia dapat dibangun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pembangunan konsep dimulai dari sebuah konteks (masalah) yang menimbulkan pertanyaan dimana untuk menjawabnya membutuhkan pengetahuan kimia. Peserta didik berusaha menemukan jawaban dengan menggunakan pengetahuan awal yang dimiliki serta mencari berbagai sumber sampai menemukan jawaban sendiri dengan fasilitator guru.



Gambar 1: Sistematika Penemuan Konsep Dasar

Secara rinci pengembangan penemuan konsep dasar Gambar 1 dijelaskan melalui siklus belajar dalam *Chemie im Kontexts* ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2: Siklus Proses Belajar *Chemie im Kontexts*

Menurut Nentwig *et al.*, (2007) tujuh komponen diatas terintegrasi dalam empat tahap pembelajaran kontekstual sebagai berikut :

1. Tahap kontak (*Contact Phase*), pada tahapan ini materi pembelajaran disampaikan dalam bentuk masalah atau peristiwa yang terjadi disekitar peserta didik. Peserta didik dapat mengekspresikan pengetahuan awalnya dan mengembangkan ide tentang topik pembelajaran kemudian mempresentasikannya.
2. Tahap ingin tahu (*curiosity phase*), pada tahapan ini di kemukakan pertanyaan yang sifatnya menggali rasa ingin tahu peserta didik. Pertanyaan yang dimaksud membutuhkan pengetahuan awal (pengetahuan kimia) sehingga peserta didik mulai menyusun prakonsepsi dan menyusun pembuktiannya.
3. Tahapan elaborasi (*elaboration phase*), pada tahapan ini peserta didik melakukan eksplorasi pengetahuan melalui kegiatan belajar individu maupun kelompok yang terstruktur sampai diperoleh pengetahuan konsep yang benar. Peserta didik juga bisa membuktikan kebenaran prakonsepsi yang telah dibuat sebelumnya.
4. Tahapan penyimpulan dan mengkaitkan (*nexus phase*), pada tahapan ini pengetahuan yang telah di peroleh peserta didik diintegrasikan dengan pengetahuan yang lebih luas sehingga dapat diaplikasikan pada bidang lain sesuai dengan konsep dasar.

Pengembangan Tahap Kontak

Kegiatan pembelajaran dimulai dari tahap kontak yaitu peserta didik diberi deskripsi singkat tentang contoh-contoh atau fakta dalam kehidupan sehari-hari yang berhubungan dengan materi yang dipelajari. Deskripsi yang dimaksud sebagai informasi pada gambar, video dan studi kasus. Tahap ini bertujuan agar peserta didik mempunyai gambaran tentang materi yang akan dipelajari dan menyadari pentingnya memahami materi tersebut sehingga dapat memotivasi peserta didik untuk mempelajarinya. Setelah peserta didik mengamati media yang disampaikan kemudian berdiskusi dan menuangkan ide untuk menyelesaikan permasalahan yang ditampilkan dan dipresentasikan.

Sebelum menyajikan gambar, video maupun studi kasus maka ada beberapa hal yang harus di perhatikan yaitu menganalisis kondisi pembelajaran, yang meliputi tujuan, karakteristik peserta didik, materi, sarana, metode dan strategi. Penyajian gambar bertujuan untuk memperkenalkan, memperkaya atau memperjelas pengertian atau konsep yang abstrak kepada peserta didik (Anas dkk., 2008). Gambar merupakan hal penting yang harus disajikan untuk membantu memperjelas informasi atau materi yang disajikan.

Sumber informasi dari internet dapat berupa artikel maupun video. Sekarang ini penggunaan video pembelajaran di kelas menjadi semakin umum karena kemudahan untuk mengakses video yang berkaitan dengan materi pembelajaran di internet misalnya dari situs *youtube*, *discovery channel*, dan sebagainya. Dengan menggunakan video dalam pembelajaran dapat memperkaya dan memberikan pengalaman konkret kepada peserta didik sehingga dapat mengatasi batasan ruang pembelajaran di kelas (Anas dkk., 2008). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Harwood dan McMahon (1997) serta Pace dan Jones (2009) yang menyatakan video dapat memberikan informasi lebih jelas sesuatu yang abstrak atau jauh dari pengamatan peserta didik sehingga informasi modul semakin kontekstual.

Penyajian gambar seharusnya sesuai dengan pembelajaran kontekstual dengan tujuh prinsip pokok yang harus diterapkan (Mills, dalam Prayitno, 2004: 34), yaitu:

- Tujuan (*purpose*)

Sesuai dengan tujuan pembelajaran sains/kimia, bukan hanya apa yang harus mereka pelajari, tetapi juga mengapa mereka harus mempelajari suatu topik pelajaran. Dengan demikian peserta didik akan mempunyai gambaran tentang materi yang akan dipelajari dan mempunyai motivasi untuk belajar.

- Membangun/mengkonstruksi (*building*)

Pengetahuan atau materi pelajaran yang baru secara sengaja dikaitkan dengan pengetahuan awal atau pengalaman yang dilalui oleh peserta didik. Pengalaman-pengalaman yang didapat oleh peserta didik setelah pembelajaran selalu didasari oleh pengalaman-pengalaman sebelumnya.

- Penerapan (*application*)

Pengetahuan baru secara tegas dikaitkan dengan penerapannya secara praktis dalam kehidupan nyata (*real life*), khususnya bagaimana mengaitkan pengetahuan baru tersebut pada peran serta peserta didik sebagai anggota masyarakat. Dengan penerapan pengetahuan ini akan menarik peserta didik untuk belajar lebih mendalam karena peserta didik mengetahui manfaat dari apa yang mereka pelajari.

- Pemecahan Masalah (*problem solving*)

Peserta didik selalu didorong untuk menjadi pebelajar yang aktif menyelesaikan masalah dengan menggunakan pengetahuan dan ketrampilan yang baru. Dengan demikian peserta didik akan terbiasa untuk dapat menyelesaikan masalah.

- Kerja Kelompok (*team work*)

Peserta didik dituntut untuk dapat menyelesaikan masalah dengan berkelompok. Hal ini juga akan mendorong peserta didik untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih banyak dan lebih baik.

- Penemuan (*discovery*)

Peserta didik dibantu untuk menemukan pengetahuan baru dan bukan diberikan suatu jawaban/pemecahan. Guru membantu peserta didik untuk mengeksplorasi, menguji, dan mencari jawaban sendiri, bersama-sama dengan kelompoknya.

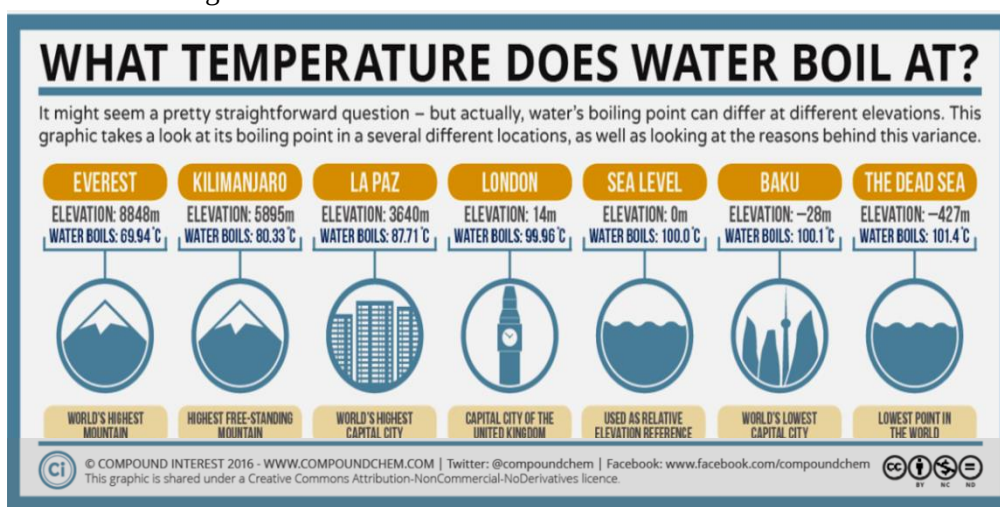
2. Hubungan (*connection*)

Guru membantu peserta didik melihat hubungan antara konteks dan materi pelajaran, pengetahuan dan aplikasi, dan antara satu disiplin ilmu dengan ilmu yang lain. Dengan demikian peserta didik mengetahui langsung apa yang mereka pelajari

Contoh Fase Kontak pada *Chemie im Kontext*

Berikut disajikan beberapa contoh pada fase kontak pada pendekatan kontekstual *Chemie im Kontext* :

a. Sifat Koligatif Larutan



Ide penuntun : Air mendidih di setiap lokasi yang memiliki ketinggian berbeda

Konsep kimia: Penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih

Konsep dasar: Larutan, gaya antar molekul

Aktivitas peserta didik:

- Mengamati data ketinggian lokasi dan titik didih air
- Berdiskusi tentang apa yang mempengaruhi air sehingga memiliki titik didih air kemudian mempresentasikan sesuai dengan pengetahuan awal yang dimiliki

b. Asam-Basa

EVERYDAY CHEMICALS: ACETIC ACID

Acetic acid, also referred to as 'ethanoic acid', is well known as the acidic component of vinegar. However, it also has a range of applications, particularly as a precursor to a number of other important substances, outside of its normal household use. Here, we take a look at some of these common applications.

Acar

ACETIC ACID
Colourless liquid
 CH_3COOH

the following chemical structures show various uses of acetic acid. It's found in some descalers for removing limescale, as it reacts with the calcium carbonate that limescale is primarily composed of. Studies have also shown acetic acid to have a good antibacterial effect.

a common household science experiment. It can be reacted with baking powder (sodium bicarbonate) to produce a volcano-like effect. The acid reacts with the bicarbonate in a neutralisation reaction, which also produces carbon dioxide, causing a frothing effect.

© COMPOUND INTEREST 2015 - WWW.COMPOUNDINTEREST.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
Shared under a CC Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence. Vinegar volcano photo: Kate Ter Haar, CC-BY, https://goo.gl/U17j7b

Ide penuntun : Kegunaan asam dalam kehidupan, lingkungan dan teknologi

Konsep kimia: Karakteristik asam-basa, pH, reaksi asam-basa

Konsep dasar: Asam-basa Arrhenius, donor-akseptor proton Bronsted-Lowry

Aktivitas peserta didik:

- Mengamati Gambar kegunaan asam asetat dalam kehidupan sehari-hari
- Berdiskusi tentang karakteristik asam asetat kemudian mempresentasikan sesuai dengan pengetahuan awal yang dimiliki

c. Polimer



Ide penuntun : Kegunaan polimer dan arti simbol angka pada kemasan plastik

Konsep kimia: Struktur molekul pada macam-macam polimer

Konsep dasar: Struktur molekul karbon

Aktivitas peserta didik:

- Mengamati Gambar kegunaan macam-macam polimer dan simbol angka pada kemasan plastik
- Berdiskusi tentang perbedaan dan arti dari masing-masing simbol angka kemudian mempresentasikan sesuai dengan pengetahuan awal yang dimiliki

d. Elektrokimia



Ide penuntun : Baterai *rechargeable* dan *nonrechargeable*

Konsep kimia: Sel elektrokimia

Konsep dasar: Reaksi reduksi-oksidasi

Aktivitas peserta didik:

- Mengamati Gambar berbagai macam baterai
- Berdiskusi tentang kegunaan dan perbedaan masing-masing baterai kemudian mempresentasikan sesuai dengan pengetahuan awal yang dimiliki

PENUTUP

Berdasarkan uraian pada pembahasan, maka kegiatan pembelajaran pada fase kontak yang dilakukan pada awal pembelajaran dengan memperhatikan rambu-rambu pembelajaran kontekstual diharapkan mampu meningkatkan minat belajar kimia.

DAFTAR RUJUKAN

- Aminah, S. 2011. *Pembelajaran Luas Permukaan dan Volume Bola dengan Pendekatan Kontekstual untuk Membangun Pemahaman Peserta didik Kelas IX di SMP Islam Pasuruan*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: PPS Universitas Negeri Malang.
- Anas, M., Mursidin, T., Firdaus. 2008. Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam Pembelajaran di Provinsi Sulawesi Tenggara: Studi tentang Persepsi terhadap TIK bagi Guru SMPN se-Kota Kendari dan se-Kabupaten Kolaka. *Simposium Pendidikan*.
- Bennett, J., & Holman, J. (2002). Context-based approaches to the teaching of chemistry: What are they and what are their effects?. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 165-184). Springer Netherlands.
- Chattopadhyay, A. 2005. Understanding of genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implication for Genetic education. *Cell Biology Education*. 4(1):97-104.
- Corebima, A.D.2010. *Berdayakan keterampilan berpikir selama pembelajaran sains demi masa depan kita*. Proseeding Seminar Nasional Sains 2010. Program studi pendidikan Sains Pascasarjana Unesa. Surabaya 16 Januari 2010.
- Crosland, M. 2003. Difficult beginnings in experimental science at Oxford the Gothic chemistry laboratory. *Annals of science*, 60(4), 399-421.

- Enger, Sandra K., & Yager, Robert E. 2009. *Assessing Student Understanding in Science: a standards-based K-12 Hand book*. California: Corwin Press, Inc
- Harwood, W. S., McMahon, M. M. 1997. Effects of Integrated Video Media on Student Achievement and Attitudes in High School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*. 34 (6): 617 – 631.
- Johnson, E.B.2001. *Contextual Teaching and Learning. Systemics, Cybernetics and Informatics*, 12(4), California: Corwin Press, Inc
- Johnson, E.B. 2002. *Contextual Teaching and Learning: Menjadikan Kegiatan Belajar Mengajar Mengasyikkan dan bermakna*. Terjemahan Ibnu Setiawan. 2010. Bandung: Kaifa.
- Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Grasel, C., Ralle, B. 2007. Chemie im Kontext: Situating Learning in Relevant Context while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*. 84 (9): 1439 – 1444.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish science education*, 4(2), 2.
- Nurhadi & Senduk, A. G . 2003. *Kontekstual dan Penerapannya Dalam KBK*. Malang: Universitas Negeri Malang (UM Press).
- Ozgelen, S. (2012). Exploring the Relationships among Epistemological Beliefs, Metacognitive Awareness and Nature of Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(3), 409-431.
- Permendiknas RI Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah. (Online), (<http://www.kemendiknas.co.id>), diakses 20 Oktober 2016.
- Prayitno. 2004. Pendekatan Kontekstual dalam Pembelajaran Kimia. Dalam Dasna, I.W & Sutrisno (Eds.), *Model-Model Pembelajaran Konstruktivistik dalam Pembelajaran Sais-Kimia* (hlm.30-44). Malang: Penerbit Universitas Negeri Malang.
- Pursitasari, I.D., Nurida. & Fatmawati. 2008. Penerapan Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Hasil Belajar Termokimia Peserta didik Kelas XI IPA 2 MA Alkhaerat Palu. *Jurnal Derap Pendidikan LPMP Sulawesi*, 2 (3): 61 – 68.
- Sudibyo, E. 2008. Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Fisika Peserta didik SMPN 3 Porong. *Jurnal TEP*. 9 (1): 8 – 14.
- Sutrisno. 2012. *Modul Pengembangan Materi Umum Kimia PLPG* . Malang: Universitas Negeri Malang PSG Rayon 115.

CREATIVE PROBLEM SOLVING UNTUK PEMBELAJARAN STOIKIOMETRI DI SMK

Dyah Wijayanti^{*a}, Suhadi Ibnu^a, Yudhi Utomo^a

^aPascasarjana Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No 5 Malang 65145

* Corresponding author's email: dyahwijayantismiler@gmail.com

ABSTRAK

Data hasil ulangan harian stoikiometri dari tahun 2012 - 2014 di SMKN I Bakung, menunjukkan rata-rata ketuntasan hasil belajar yang masih 65,7 %. Hal itu terjadi karena siswa cenderung menghafal rumus daripada memahami konsep. Sehingga siswa mengalami kesulitan apabila diberikan soal yang berbeda dengan yang dibahas dikelas, meskipun konsepnya sama. Hal tersebut disebabkan karena pembelajaran kimia di SMK saat ini lebih menekankan aspek teoritis dan kurang dikaitkan dengan kompetensi keahlian (produktif) sehingga kurang menarik. Tujuan penelitian ini melihat efektifitas penggunaan *Creative Problem Solving* (CPS) pada pembelajaran stoikiometri di SMK. CPS merupakan model pembelajaran yang terpusat pada latihan dan keterampilan pemecahan masalah. Materi stoikiometri memuat definisi konsep, perhitungan, praktikum dan latihan soal sesuai dengan mata pelajaran produktif yaitu Bahan Tambahan Makanan. Untuk meningkatkan kualitas pembelajaran stoikiometri dilakukan penelitian penggunaan model pembelajaran CPS yang terkait dengan materi produktif. Instrumen penelitian meliputi RPP, Silabus, LKS, Handout, pre test dan post test. Hasil yang diharapkan dari penggunaan model CPS meningkatkan kemampuan berfikir kritis kreatif dan hasil belajar siswa.

Kata Kunci: *Creative Problem Solving*, Stoikiometri, SMK

ABSTRACT

Data from daily tests on stoichiometry along the year of 2012 - 2014 in SMKN I Bakung, showed the average score of learning outcomes as low as 65.7%. It happened because the students tended to memorize formulas rather than to understand the concepts. So they showed difficulties when given different questions from those already been discussed in class, even though the concepts were the same. Chemistry in vocational classes put more emphasis on the theoretical aspects and is less associated with productive skills. It makes chemistry not attractive to vocational students. The purpose of this study is to see the effectiveness of Creative Problem Solving (CPS) on stoichiometry in vocational learning. CPS is a learning model that focuses on exercises and problem solving skills. Stoichiometric material includes concept definition, calculation, laboratory work and exercises in accordance to productive subject, Food Additives. To improve the quality of teaching-learning activities in stoichiometry, this research uses CPS learning model associated with the materials from productive subjects. Instruments of research include lesson plan, syllabus, worksheets, handouts, pretests and posttests. The expected result from the use of CPS models is to increase the ability of creative critical thinking and student learning outcomes.

Keywords : Creative Problem Solving, Stoichiometry, Vocational Highschool Class

PENDAHULUAN

Mata pelajaran kimia pada kurikulum 2013 adalah kelompok mata pelajaran Dasar Bidang Kejuruan (wajib) yang satu kelompok dengan mata pelajaran produktif. Sehingga mata pelajaran kimia diperlukan untuk memperkuat mata pelajaran produktif (kompetensi kejuruan) SMK. Tetapi pada kenyataannya kimia di SMK selama ini tidak mengacu pada mata pelajaran produktif. Hal ini menyebabkan siswa beranggapan bahwa mata pelajaran produktif lebih penting daripada mata pelajaran kimia. Selain beranggapan bahwa mata pelajaran kimia tidak penting, menurut Dasna (2012) siswa SMK pada umumnya lebih menyukai mata pelajaran produktif karena banyak menekankan kerja praktik dibandingkan mata pelajaran non produktif.

Berdasarkan hasil diskusi dengan kepala program studi dan guru produktif TPHP di SMKN 1 Bakung, banyak permasalahan yang terjadi dilapangan berkaitan dengan motivasi belajar siswa. Permasalahan yang terjadi misalnya pada sumber belajar, terutama yang berkaitan dengan materi pelajaran kompetensi kejuruan. Sebenarnya dengan memahami mata pelajaran kimia peserta didik akan lebih meningkatkan kemampuannya dalam memahami dan menjelaskan pengetahuan yang mendasari pelajaran kompetensi kejuruan yang sedang dipelajari.

Permasalahan yang dihadapi berikutnya dalam pembelajaran kimia di SMK adalah alokasi waktu pembelajaran. Pembelajaran kimia di SMK, berbeda dengan pembelajaran di SMA/MA, dimana di SMK disampaikan dalam waktu 2 jam pelajaran tiap minggu pada kelas X dan XI, sedangkan di SMA/MA 3 sampai 5 jam pelajaran perminggunya pada kelas X, XI, XII. Adanya kegiatan praktik kerja industri (prakerin) di SMK yang dilaksanakan di semester 3 atau 4 selama 2 bulan, juga menyebabkan waktu belajar kimia di sekolah menjadi semakin terbatas. Hal ini membuat pembelajaran kimia di SMK menjadi semakin padat untuk menuntaskan seluruh materi sesuai dengan standar kompetensi yang ingin dicapai.

Pelajaran kimia sebagai mata pelajaran bidang Dasar Bidang Kejuruan akan semakin menarik jika dikaitkan dengan pelajaran kompetensi kejuruan. Hal ini dapat dianalisis sebagai berikut salah satu materi kimia yang dapat dikaitkan adalah materi stoikiometri diaplikasikan pada mata pelajaran dasar pengolahan hasil pertanian kelas X. Berdasarkan silabus Pada KD 3.6 Menerapkan prinsip penggunaan BTM (Bahan Tambahan pada Makanan) dan 4.6 Melakukan prinsip penggunaan BTM (Bahan Tambahan pada Makanan), Pada KD tersebut terdapat materi pokok yaitu Definisi BTM, tujuan penggunaan BTM, jenis BTM, Fungsi masing-masing jenis BTM, mekanisme kerja masing-masing BTM, keuntungan dan kerugian masing-masing BTM, penghitungan dosis penggunaan masing-masing BTM, penggunaan BTM. Pada materi penghitungan dosis penggunaan masing-masing BTM sudah merupakan aplikasi dari stoikiometri pada pelajaran kimia. Materi stoikiometri memuat definisi konsep, perhitungan, praktikum, dan latihan soal stoikiometri.

Hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan di SMKN 1 Bakung menunjukkan hasil belajar kimia siswa kelas X SMKN 1 Bakung. Observasi ini memberikan hasil bahwa nilai rata-rata hasil belajar siswa pada materi stoikiometri masih dibawah nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM), yaitu sebesar 75. Hal ini dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Ketuntasan Belajar Stoikiometri di SMKN I Bakung

No	Tahun	Persentase Ketuntasan Belajar (%)	Target Ketuntasan (%)
1	2012	67	85
2	2013	64	85
3	2014	66	85

Berdasarkan data diatas bahwa rata-rata ketuntasan hasil belajar stoikiometri hanya 65,7 % sehingga belum mencapai ketuntasan yang ditargetkan yaitu 85 %. Hasil belajar yang belum mencapai KKM ini disebabkan oleh pemahaman siswa pada materi stoikiometri yang kurang, dengan materi yang lebih cenderung ke perhitungan-perhitungan dan membutuhkan pemahaman lebih, hal ini dirasa sulit oleh masing-masing siswa. Serta kurangnya pemahaman konsep, karena siswa kurang termotivasi karena menganggap bahwa materi stoikiometri ini tidak ada hubungannya dengan kehidupan sehari-hari.

Pemahaman konsep dan kemampuan matematika sangat berperan dalam kemampuan menyelesaikan masalah. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Baujaoude dan Barakat (2003), bahwa keberhasilan siswa dalam memecahkan masalah kimia hanya mungkin jika siswa memiliki pemahaman konseptual dan kemampuan matematika yang cukup. Namun banyak siswa yang memiliki pemahaman konseptual lebih rendah daripada kemampuan perhitungan matematikanya. Selain itu, soal-soal aspek konseptual sering tidak disertakan dalam ujian. Akibatnya, siswa dapat mengerjakan soal-soal dengan baik apabila diberikan soal yang mirip dengan yang dibahas dikelas. Namun kesulitan menyelesaikan tipe soal berbeda, meskipun konsepnya sama.

Ketercapaian kompetensi tidak lepas dari proses pembelajaran dikelas. Berbagai metode pembelajaran akan dapat menambah motivasi belajar siswa. Dari hasil wawancara dengan guru SMKN 1 Bakung didapatkan beberapa metode dan model yang biasa diterapkan dalam pembelajaran kimia yaitu metode ceramah, belajar kelompok, dan pemberian soal-soal. Model pembelajaran yang diberikan berpengaruh besar pada proses berfikir siswa. Model pembelajaran yang dipilih harus mampu meningkatkan proses berfikir kritis siswa sehingga hasil belajar siswa dapat meningkat, dengan begitu tujuan dari proses belajar mengajar akan tercapai dengan baik. Sebuah model pembelajaran yang dapat membuat aktif bukan hanya untuk beberapa orang saja tetapi dapat menyeluruh pada semua tingkatan siswa sangat diperlukan. Pemakaian model pembelajaran yang tepat akan dapat membantu siswa dalam memahami dan menjelaskan apa saja yg dipelajari serta meningkatkan kemampuan skill untuk menjadi tenaga yang ahli di bidangnya.

Semua pendapat tersebut mendukung pendapat John Dewey (1916, dalam Johnson, 2002) yang sejak awal mengharapkan agar siswa diajarkan kecakapan berpikir. Namun, sampai saat ini, kecakapan berpikir ini belum ditangani secara sungguh-sungguh oleh para guru di sekolah. Rofi'udin (2000) menyatakan bahwa terjadi keluhan tentang rendahnya kemampuan berpikir kritis-kreatif yang dimiliki oleh lulusan pendidikan dasar sampai perguruan tinggi karena pendidikan berpikir kritis-kreatif belum ditangani dengan baik. Oleh karena itu, penanganan kecakapan berpikir kritis-kreatif sangat penting diintegrasikan dalam setiap proses belajar mengajar.

Berpikir kreatif dapat dikatakan berusaha untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan melibatkan segala perwujudan dan fakta pengolahan data di otak (Hamzah & Mohamad, 2011). Salah satu model pembelajaran inovatif yang dapat mengasah berpikir kreatif siswa yang nantinya diharapkan dapat meningkatkan kualitas siswa menurut Marzano, *et al* (1988) adalah model pembelajaran *Creative Problem Solving* (CPS). Rindell (1999); Wheeler (2002); Arnyana (2005) menemukan, bahwa *Creative Problem Solving* (CPS) dapat melatih kecakapan berpikir tingkat tinggi siswa. Proses pembelajarannya diawali dengan identifikasi masalah, selanjutnya identifikasi alternatif solusi, lalu memilih solusi yang terbaik untuk memecahkan masalah, selanjutnya realisasi solusi dan evaluasi (Supardi & Putri, 2010).

Kecenderungan baru dalam pengajaran kimia saat ini adalah pada penguasaan konsep yang dicapai dengan pendekatan proses, artinya dalam pengajaran lebih ditekankan pada bagaimana proses yang dialami siswa atau mahasiswa untuk menguasai konsep, bukan dengan cara menghafal fakta-fakta yang saling terlepas (Arifin, 1995). Kecenderungan tersebut cukup beralasan sebab sebagian besar materi kimia merupakan kumpulan konsep yang abstrak, sehingga perlu diaplikasikan secara konkrit dalam kehidupan nyata. Sistem pembelajaran perlu melibatkan siswa secara langsung sebagai upaya pembentukan konsep. Mengingat bahwa materi pada pokok bahasan stoikiometri banyak melibatkan konsep, prinsip, aturan serta perhitungan secara matematis, maka perlu diupayakan suatu metode pengajaran yang dapat memudahkan siswa memahami materi tersebut.

Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu metode yang baik untuk menemukan solusi yaitu model pembelajaran CPS (*Creative Problem Solving*). Menurut Kasmadi & Putri (2010) pendekatan ini dapat dilakukan secara verbal maupun figural. Secara verbal dapat dilakukan dengan *brain storming* dan *concept mapping* atau kombinasi antara verbal dan figural. Prosesnya diawali dengan identifikasi masalah, selanjutnya identifikasi alternatif solusi, lalu memilih solusi yang terbaik. Selanjutnya realisasi solusi dan evaluasi. Pendekatan ini sangat dapat diterapkan di setiap sektor kehidupan, apalagi dalam mempelajari kimia. Hal yang paling penting adalah bagaimana menerapkannya dalam dunia pendidikan agar siswa dapat merespon secara kreatif masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Supardi dan Putri (2010) yang dilakukan pada siswa SMA untuk meningkatkan hasil belajar siswa menggunakan *Creative Problem Solving* (CPS) data yang diperoleh dari nilai post-test untuk kelas eksperimen sebesar 82,3 dan kelas kontrol sebesar 75,5. Hal ini berarti CPS dapat meningkatkan pemahaman siswa. Menurut Djamarah dan Aswan (2010) model pembelajaran *creative problem solving* mempunyai kelebihan merangsang pengembangan kemampuan berpikir siswa secara kreatif. Hal ini didukung dari hasil penelitian Nurmaulana (2011) yang dilakukan pada siswa kelas X disalah satu SMA Negeri di Kabupaten Bandung, yang menyimpulkan bahwa model *creative problem solving* terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa pada materi pencemaran tanah. Salah satu aspek berpikir kreatif sebagai dasar untuk mengukur kreativitas siswa yaitu keterampilan berpikir lancar (Munandar, 2008).

Terdapat dua hal yang membedakan antara model problem solving dan model creative problem solving. Pertama, perbedaan model pembelajaran creative problem solving dengan problem solving terletak pada permasalahan yang akan diselesaikan oleh siswa. Kedua, dalam kegiatan diskusi siswa yang pandai akan mendominasi. Model Problem solving menggunakan permasalahan yang telah disiapkan oleh guru. Model Creative Problem Solving menggunakan permasalahan yang dipilih sendiri oleh siswa. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap proses diskusi pada model problem solving akan terlihat dominasi siswa yang pandai. Sedangkan siswa yang pandai akan menjadi pendengar yang pasif saja (Polya dalam Hudoyo, 1988).

Kelemahan model problem solving tersebut dilengkapi oleh model Creative Problem Solving. Pemilihan permasalahan oleh siswa pada kegiatan awal memberikan kesempatan semua siswa untuk mengutarakan idenya. Sehingga proses tersebut memberikan gambaran secara tidak langsung tentang penyelesaian masalahnya. Ketika kegiatan diskusi semua siswa memiliki ide untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Inti dari Creative Problem Solving adalah bagaimana siswa memanfaatkan ilmu pengetahuan yang dimilikinya untuk memecahkan masalah. Hal itu yang menjadi dasar ketertarikan peneliti untuk mengaitkan antara materi stoikiometri dengan pelajaran produktif Bahan Tambahan Makanan di kelas X TPHP SMKN 1 Bakung.

BAHASAN UTAMA

Pokok Bahasan Stoikiometri dalam Kurikulum 2013 di SMK

Pokok bahasan stoikiometri merupakan salah satu topik dalam mata pelajaran kimia yang erat hubungannya dengan fenomena alam dan memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Juga banyak diterapkan pada pelajaran produktif kompetensi keahlian Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian. Pokok bahasan ini meliputi massa molar zat, massa atom relatif (A_r) dan massa molekul relatif (M_r), konsep mol, persamaan reaksi, hitungan kimia dan pereaksi pembatas. Selain banyak berhubungan dengan fenomena yang konkrit, pokok bahasan stoikiometri juga berkaitan dengan konsep-konsep yang bersifat abstrak.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisa ulangan harian pada setiap sub pokok bahasan stoikiometri siswa kelas X SMKN I Bakung adalah sebagai berikut: konsep mol tergolong tinggi (77,2%), massa atom relatif dan massa molekul relatif tergolong rendah (50,9%), volume molar zat tergolong sangat rendah (31,2%), rumus empiris dan rumus molekul tergolong sangat rendah (29,1%), kadar unsur penyusun senyawa tergolong rendah (44,9%), pereaksi pembatas tergolong sangat rendah (12,5%), dan kuantitas pereaksi dan hasil reaksi tergolong sangat rendah (8,9%). Pokok bahasan stoikiometri merupakan pokok bahasan yang penting dan esensial karena menjadi dasar pada pelajaran produktif. Dalam kurikulum 2013 pokok bahasan stoikiometri diajarkan di kelas X semester 2 jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian.

Proses pemerolehan konsep dalam pembelajaran stoikiometri dengan melibatkan siswa secara aktif sehingga diharapkan siswa akan memiliki pemahaman konsep yang lebih baik. Sesuai dengan fakta tersebut maka pendekatan yang paling sesuai digunakan dalam pembelajaran stoikiometri adalah pendekatan berbasis kooperatif.

Pembelajaran Creative Problem Solving

Model Creative Problem Solving menurut Muslich (2007) meliputi klarifikasi masalah, pengungkapan pendapat, evaluasi dan pemilihan serta implementasinya. Pertama, klarifikasi masalah

meliputi pemberian penjelasan kepada siswa tentang masalah yang diajukan, tujuannya agar siswa dapat memahami penyelesaian seperti apa yang diharapkan. Kedua, pengungkapan pendapat. Pada tahap ini siswa dibebaskan untuk mengungkapkan pendapat tentang berbagai macam model penyelesaian masalah. Ketiga, evaluasi dan pemilihan, pada tahap ini setiap kelompok mendiskusikan pendapat atau model mana yang cocok untuk menyelesaikan masalah. Keempat, implementasi, siswa menentukan model mana yang dapat diambil untuk menyelesaikan masalah, kemudian menerapkannya sampai menemukan penyelesaian dari masalah tersebut. Keseluruhan ciri utama ini mendorong siswa untuk melatih proses berfikir kritis kreatif sehingga hasil belajar siswa juga akan meningkat.

Tahap-tahap CPS digambarkan sesuai tabel berikut

Tabel 1.2 Langkah-langkah Creative Problem Solving

Tahapan	Deskripsi
Understanding The Problem	
Mess Finding	• Mencari kesempatan untuk menyelesaikan masalah • Membangun tujuan umum yang ingin diperoleh setelah menyelesaikan masalah
Data Finding	• Melihat dengan banyak sudut pandang • Menentukan data yang penting untuk membantu penyelesaian masalah • Memikirkan pernyataan masalah yang beragam
Problem Finding	• Memilih satu pernyataan masalah
Generating Ideas	
Idea Finding	• Memproduksi banyak ide, bervariasi dan tidak biasa • Mengidentifikasi kemungkinan, alternatif atau pilihan ide yang menarik dan memiliki kemungkinan besar untuk berhasil
Planning for Action	
Solution Finding	• Mengembangkan kriteria untuk menganalisis menyaring peluang yang mungkin • Memilih kriteria berdasarkan kekuatan dan dukungan
Acceptance Finding	• Memikirkan pihak yang mungkin menghalangi atau mendukung dalam implementasinya • Menyusun langkah aksi yang spesifik

Sumber : Treffinger, Isaksen & Dorval (2003)

Menurut Kusumah (2011), kelebihan Creative Problem Solving adalah melatih siswa untuk mendesain suatu penemuan, berfikir dan bertindak kreatif, memecahkan masalah yang dihadapi secara realistis, dan merangsang perkembangan berfikir siswa untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi dengan tepat. Sedangkan kekurangannya adalah sangat sulit untuk menerapkan metode ini pada beberapa pokok bahasan.

Integrasi Model Pembelajaran *Creative Problem Solving* Pada Materi Stoikiometri Dengan Mata Pelajaran Produktif Bahan Tambahan Makanan di SMK

Kompetensi dasar konsep stoikiometri pada kelas X mencakup materi pokok tentang massa atom relatif (A_r) dan massa molekul relatif (M_r), persamaan reaksi, hukum dasar kimia, konsep mol dan kadar zat dalam perhitungan kimia (Permendiknas, 2016). Materi konsep stoikiometri ini diaplikasikan pada mata pelajaran produktif yaitu mata pelajaran Bahan Tambahan Makanan (BTM) kelas X meliputi definisi BTM, tujuan penggunaan BTM, jenis BTM, Fungsi masing-masing jenis BTM, mekanisme kerja masing-masing BTM, keuntungan dan kerugian masing-masing BTM, penghitungan dosis penggunaan masing-masing BTM, penggunaan BTM.

Penggunaan pendekatan creative problem solving dalam materi stoikiometri terintegrasi mata pelajaran produktif Bahan Tambahan Makanan dapat diuraikan sebagai berikut:

Tahapan CPS

Kegiatan

Kegiatan Awal

- Guru menanyakan kesiapan siswa untuk mengikuti pelajaran, guru mengulas kembali materi konsep mol sebelumnya sebagai prasyarat pada materi perhitungan kimia saat ini
- Guru menjelaskan aturan main dalam pelaksanaan metode pembelajaran CPS serta memberi motivasi kepada siswa akan pentingnya pembahasan materi perhitungan kimia melalui pembelajaran CPS untuk menghitung dosis penggunaan zat aditif pada pelajaran Bahan Tambahan Makanan

Kegiatan Inti

- Siswa membentuk kelompok kecil untuk melakukan small discussion. Tiap kelompok terdiri dari 4-5 orang. Secara berkelompok, siswa mencari langkah-langkah perhitungan kimia yang disajikan sesuai dengan petunjuk yang tersedia.
- Siswa mendapat bimbingan dan arahan dari guru dalam menyelesaikan perhitungan kimia (peranan guru dalam hal ini menciptakan situasi yang dapat memudahkan munculnya pertanyaan dan mengarahkan kegiatan diskusi serta menumbuhkan situasi dan kondisi lingkungan yang dihasilkan atas dasar interest siswa).

Klarifikasi masalah (*Mess finding, data finding dan problem finding*) Klarifikasi masalah meliputi pemberian penjelasan kepada siswa tentang masalah yang diajukan agar siswa dapat memahami tentang penyelesaian apa yang diharapkan

Pengungkapan pendapat (*idea finding*) Siswa dibebaskan untuk mengungkapkan pendapat tentang berbagai macam strategi penyelesaian masalah, tidak ada sanggahan dalam mengungkapkan ide satu sama lain

Evaluasi dan seleksi (*solution finding*) Setiap kelompok mendiskusikan pendapat-pendapat atau strategi-strategi mana yang cocok untuk menyelesaikan masalah.

Implementasi (*Acceptance finding*) Siswa menentukan strategi mana yang dapat diambil untuk menyelesaikan masalah kemudian menerapkannya sampai menemukan penyelesaian dari masalah tersebut

Kegiatan Akhir

Lebih lanjut, perwakilan dari masing-masing kelompok mempresentasikan hasil yang telah didiskusikan ke didepan kelas dan peserta lain menanggapi. Kemudian guru bersama siswa menyimpulkan hasil diskusi

Selain itu untuk mengukur nilai perkembangan siswa selama mempelajari stoikiometri dengan *creative problem solving* dibutuhkan instrumen pembelajaran yang bermutu untuk memperoleh hasil yang diharapkan.

Pengembangan Instrumen Pembelajaran Materi Stoikiometri

Dalam menilai keberhasilan dari suatu program pembelajaran diperlukan suatu alat evaluasi. Evaluasi merupakan suatu proses atau kegiatan yang sistematis, berkelanjutan dan menyeluruh dalam rangka pengendalian, penjaminan, dan penetapan kualitas terhadap berbagai komponen pembelajaran, berdasarkan pertimbangan tertentu, sebagai bentuk pertanggungjawaban guru dalam melaksanakan pembelajaran (Akbar, 2013). Pada penelitian ini dikembangkan instrumen pembelajaran untuk mencapai tujuan yang diinginkan yaitu peningkatan motivasi dan hasil belajar kognitif pada materi stoikiometri.

Adapun instrumen pembelajaran yang dikembangkan meliputi silabus, RPP, angket, *handout* dan LKS. Penelitian ini dibagi menjadi dua kelas yakni kelas kontrol dan eksperimen. Pengembangan silabus didasarkan pada sintak *creative problem solving* begitu juga RPP dan LKS. Tuntutan untuk mencari ide akan pemecahan masalah sekaligus menindak lanjuti berdasarkan konsep stoikiometri dan kemampuan algoritmik terlihat pada setiap rumusan indikatornya. Hal yang sama dikembangkan pada kelas eksperimen.

Langkah pembelajaran dipadu pada pengembangan instrumen untuk kelas eksperimen, yang dilaksanakan pada pembelajaran di kelas. Instrumen lain seperti *handout* disusun dan dikembangkan dari beberapa referensi sehingga menambah koleksi pengetahuan siswa akan materi stoikiometri, selain itu angket berfikir kritis kreatif dikembangkan sesuai dengan kondisi siswa SMK kelas X sehingga diharapkan mampu menggambarkan pemikiran dalam mempelajari stoikiometri. Pertanggungjawaban akan pengembangan instrumen ini dengan cara divalidasi oleh validator ahli sebelum di uji cobakan. Hasil uji coba akan diuji menggunakan statistik uji-t untuk menentukan normalitas dan homogenitas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembelajaran menggunakan model CPS (*Creative Problem Solving*) pada pokok materi stoikiometri diharapkan dapat efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis kreatif siswa kelas X SMKN I Bakung pada materi stoikiometri
2. Pembelajaran menggunakan model CPS (*Creative Problem Solving*) pada pokok materi stoikiometri diharapkan dapat efektif meningkatkan hasil belajar siswa kelas X SMKN I Bakung pada materi stoikiometri

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Sa'dun. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- Baujaoude, S. & Barakat, H. 2003. *Secondary School Students Difficulties With Stoichiometry*. School science Review
- Dasna, I.W.2012. *Penggunaan Model Belajar Kooperatif dalam Pembelajaran MIPA di SMK*. Makalah disajikan pada Diklat Pembelajaran, SMKN 1 Blitar, Blitar, 12 Pebruari 2012.
- Devi, Karmalia. Poppy. 2015. *Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Kemendikbud

- Depdiknas. 2010. *Juknis Pengembangan Bahan Ajar SMA*. Jakarta: Depdiknas
- Ennis, R. H. 1985. *Goal critical thinking curriculum*. Dalam : Costa, A. L . (Ed.): *Developing Minds: a resource book for teaching thinking*. Alexandria. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Developing (ASCD). 54-57
- Hasim, N. I., Ibnu, S., & Suryadharma, I. B. (2013). Analisis Langkah-langkah Penyelesaian Soal Stoikiometri Siswa SMA Kelas X SMAN 5 Malang. *SKRIPSI Jurusan Kimia-Fakultas MIPA UM*.
- Hudoyo, Herman. 1988. *Pengembangan Kurikulum Matematika dan Pelaksanaannya di dalam Kelas*. Surabaya: Usaha Nasional
- Isaksen, S. G & Treffinger, D.J. 2004. *Celebrating 50 Years of Reflective Practice : Versions of Creative Problem Solving*. New York-CPSB
- Johnshon, Elaine B. 2002. *Contextual Teaching and Learning : What it is and why it's here to stay*. Thousand Oaks, California : Corwin Press, Inc
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. *Kompetensi Dasar SMK/MK 2013*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kemendikbud. 2015. Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2015 untuk SMA/SMK Mata Pelajaran Kimia. Jakarta: Kemendikbud.
- Kusumah, Wijaya & Dwitagama, Dedi. 2011. *Mengenal Penelitian Tindakan Kelas Edisi 2*. Jakarta : Indeks
- Munandar, S. C. Utami. 2002. *Kreativitas dan keberbakatan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Muslich, Masnur. 2007. *KTSP Pembelajaran Berbasis Kompetensi dan Kontekstual: Panduan Bagi Guru, Kepala Sekolah dan Pengurus Sekolah*. Jakarta: Bumi Aksara
- Ozgelen, S., 2012, "Student's science process skills within a cognitive domain framework". *Eur. Jo. of Math., Sci. dan Tech. Edu.* 8 (4), 283-292.
- Permendikbud, 2016. Permendikud no.24 tahun 2016 tentang KI dan KD pendidikan dasar dan Menengah, [http:// public.co.id](http://public.co.id), diakses 1 oktober 2016 : 19.31
- Ruggiero, Vincent R. 1998. *The Art of Thinking. A Guide to Critical and Creative Thought*. New York : Longman, An Imprint Of Addison Wesley Longman, Inc.

PENGEMBANGAN STRATEGI PEMBELAJARAN METAKOGNITIF

Parlan^a, Suhadi Ibnu^a, Sri Rahayu^a, Suharti^a

^aProgam Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No.5, Malang, Kode Pos 65145

*Corresponding author's Email: detrispoba@gmail.com.

ABSTRAK

Telah dilakukan pengembangan strategi pembelajaran metakognitif. Pengembangan strategi pembelajaran metakognitif ini bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar yang bermakna kepada peserta didik dengan cara: 1) mengaitkan materi baru yang dipelajari dengan pengetahuan prasyarat (*prior knowledge*), 2) pembelajaran terarah pada tujuan (*goal directed*), 3) pembelajaran berpusat pada mahasiswa (*active learning*), 4) mendorong mahasiswa untuk mengkonstruksi sendiri pemahamannya sesuai dengan pandangan konstruktivisme, 5) terjadinya interaksi dan kerjasama (*collaborative*) antar mahasiswa, dan 6) assessment yang mengukur kemampuan kompleks mahasiswa untuk mengetahui penguasaan dan pemahaman mahasiswa (*mastery learning, deep learning*). Pengembangan strategi pembelajaran metakognitif ini bertujuan untuk: 1) meningkatkan prestasi belajar mahasiswa, 2) meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa, dan 3) meningkatkan kemampuan mengkonstruksi penjelasan ilmiah mahasiswa. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan Thiagarajan (1974), yang terdiri dari empat langkah yaitu: define, design, develop, dan disseminate. Strategi pembelajaran metakognitif yang telah dikembangkan selanjutnya dilakukan validasi (isi dan konstruk) oleh pakar pembelajaran. Strategi pembelajaran yang telah dikembangkan terdiri dari empat langkah, yaitu *Preparing* (persiapan/perencanaan), *Doing* (belajar), *Checking* (pengecekan/monitoring), dan *Assessing and Following-up* (penilaian dan tindak lanjut) disingkat PDCA.

Kata Kunci: *strategi, metakognitif*

ABSTRACT

The development of metacognitive learning strategies has been done. The development of learning strategy aims to provide meaningful learning experiences to learners through: 1) linking new material to be learned with the prerequisite knowledge (*prior knowledge*), 2) learning focused on the goal (*goal-directed*), 3) student's centered learning (*active learning*), 4) encourage students to construct their own understanding in accordance with the views of constructivism theory, 5) the interaction and cooperation (*collaborative*) among students, and 6) assessment which measures the complex skills of students to determine mastery and understanding of the student (*mastery learning, deep learning*). Development of metacognitive learning strategy aims to: 1) improve student achievement, 2) improve the higher order thinking skills (HOTS) of students, and 3) improve the ability of students construct scientific explanations.

The development model used in this research is the development model Thiagarajan (1974), which consists of four steps: define, design, develop, and disseminate. Metacognitive learning strategies that have been developed further validated (content and construct) by learning experts. Learning strategies that have been developed consisting of four steps, namely *Preparing* (planning), *Doing* (learning), *Checking*, and *Assessing and following-up* shortened PDCA.

Keywords: *strategy, metacognitive*

PENDAHULUAN

Guru kimia masa depan adalah guru yang menguasai tiga pilar pengetahuan, yaitu pengetahuan konten (*content knowledge*), pengetahuan pedagogik (*pedagogical knowledge*), dan pengetahuan konten pedagogik (*pedagogical content knowledge*) (Bucat, 2004). Di samping ketiga pilar tersebut, di era teknologi guru harus menguasai kemampuan teknologi (*technological knowledge*) (Koehler & Mishra, 2009). Pengetahuan konten menyatakan pengetahuan tentang materi kimia yang akan diajarkan. Pengetahuan pedagogik menyatakan pengetahuan umum tentang bagaimana siswa belajar atau dalam arti sempit menyatakan kemampuan tentang metode/cara mengajarkan materi kimia kepada siswa. Pengetahuan konten pedagogik merupakan pengetahuan khusus untuk mengajarkan topik tertentu kepada siswa tertentu pada kondisi tertentu (dikenal dengan *PCK = pedagogical content knowledge*).

Pengetahuan konten (CK) merupakan aspek penting dalam pembelajaran, karena tanpa pengetahuan konten yang memadai guru tidak akan bisa mengajar dengan baik. Pengetahuan konten adalah pengetahuan guru tentang materi yang harus dipelajari atau diajarkan kepada siswa. Pengetahuan konten mencakup pengetahuan tentang konsep, teori, ide, kerangka organisasi (*organizational framework*), bukti dan cara membuktikan, serta pendekatan untuk mengembangkan pengetahuan tersebut. Aspek konten dalam sains mencakup pengetahuan tentang fakta-fakta ilmiah dan teori-teori, metode ilmiah, dan penalaran berbasis bukti (Koehler & Mishra, 2009). Seorang guru dapat membelajarkan siswanya dengan baik apabila menguasai konten pembelajaran yang akan diajarkan. Guru yang memahami konten pembelajaran dengan baik dapat menjelaskan konsep-konsep dengan baik dan menggunakan praktek pembelajaran yang terbaik yang mendukung konstruksi konsep dan pengembangan konsep-konsep abstrak oleh siswanya (NSTA, 2012).

Pemahaman terhadap konten pembelajaran terjadi apabila pengalaman belajar yang dialami merupakan pembelajaran yang bermakna. Dalam pembelajaran bermakna sebuah pengetahuan/konsep dipahami sebagai suatu kesatuan dengan pengetahuan/konsep-konsep yang telah dipahami sebelumnya. Pengetahuan sebelumnya tersebut secara lebih spesifik merupakan pengetahuan yang telah dikuasai yang diperlukan untuk memahami pengetahuan baru yang sedang dipelajari yang disebut dengan pengetahuan prasyarat (*prior knowledge*) (Biemans & Somons, 1996). Pembelajaran bermakna terjadi apabila mahasiswa terlibat dalam pembelajaran yang terarah pada tujuan yang telah dipahami/disepakati bersama, mahasiswa terlibat aktif dalam pembelajaran, adanya interaksi multi arah (mahasiswa dengan mahasiswa, mahasiswa dengan dosen, mahasiswa dengan media dan sumber belajar) sehingga terjadi konstruksi konsep dalam diri mahasiswa, dan asesmen autentik (mengukur kemampuan kompleks dan kontekstual).

Pembelajaran kimia yang dilakukan guru/dosen diarahkan untuk membantu siswa/mahasiswa membangun pengetahuan dan ketrampilan berpikir sehingga dapat menemukan hubungan antar konsep di dalam kimia dan menggunakan pemahaman konsep-konsep tersebut untuk menjelaskan fenomena-fenomena dalam kimia. Salah satu contohnya adalah menemukan hubungan antara struktur molekul dan sifat-sifat makroskopis dalam pembelajaran yang bermakna (Cooper, Corley, and Underwood, 2013). Kenyataan menunjukkan bahwa pembelajaran yang dilakukan guru/dosen di kelas masih didominasi dengan pembelajaran/pendekatan konvensional (Paulson, 1999; Schrock & Benko, 2015). Bukti-bukti empirik di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran/pendekatan konvensional tidak dapat membantu mahasiswa dalam mengembangkan pemahaman tentang hubungan antara struktur dan sifat senyawa. Pengalaman belajar yang dialami mahasiswa tidak dapat membantu mengembangkan kerangka konseptual yang memadai.

Bukti-bukti yang menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa (termasuk mahasiswa calon guru) dalam materi hubungan antara struktur molekul dengan sifat-sifatnya masih rendah, misalnya, masih banyak mahasiswa yang tidak dapat menerapkan pengetahuannya tentang ikatan hidrogen dalam menginterpretasi sifat-sifat fisika dan data spektra molekul, meskipun telah memahami konsep ikatan hidrogen. Beberapa mahasiswa mengalami salah konsep dalam menjelaskan konsep titik didih dikaitkan dengan ikatan hidrogen. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu diterapkan strategi pembelajaran yang cocok (Henderleiter et al., 2001).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memilih/menerapkan strategi pembelajaran yang tepat. Pemilihan strategi pembelajaran yang tepat merupakan aspek penting yang dilakukan guru kimia agar siswa dapat menguasai konsep-konsep yang

dipelajari secara mendalam dan penerapannya dalam konteks yang sesuai. Strategi yang dipilih dalam pembelajaran kimia harus dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, membekali siswa dengan ketrampilan dan strategi pemecahan masalah dalam konteks yang lebih luas, serta memberikan model pengetahuan tentang bagaimana seseorang belajar. Aspek-aspek tersebut termasuk dalam komponen berpikir tingkat tinggi, yang terdiri dari: 1) kemampuan memecahkan masalah, 2) berpikir kreatif, 3) berpikir kritis, dan 4) pengambilan keputusan (Lewis & Smith, 1993; Liliyasi, 2011).

Mulai akhir abad ke-20 pembelajaran sains bergeser dari pembelajaran yang menuntut siswa menghafal fakta-fakta menuju ke pembelajaran sebagai cara mencari tahu dan berpikir (Driver, Newton, & Osborne, 2000). Strategi pembelajaran metakognitif merupakan salah satu alternatif strategi yang cocok dan memenuhi tuntutan kebutuhan tersebut. Penggunaan strategi pembelajaran metakognitif memungkinkan pebelajar mengembangkan **pengetahuan** dan **ketrampilan** metakognisinya. Kedua komponen metakognisi tersebut merupakan aspek-aspek penting dalam pembelajaran sains. Dalam pembelajaran tersebut siswa diharapkan dapat mendeskripsikan objek dan kejadian, mengajukan pertanyaan, mengkonstruksi penjelasan (ilmiah), menguji penjelasan dengan pengetahuan-pengetahuan ilmiah yang sesuai dan mengkomunikasikan ide-idenya. Dengan cara ini siswa secara aktif membangun pemahaman sains dengan mengkombinasikan pengetahuan ilmiah dengan penalaran (penjelasan ilmiah), dan ketrampilan berpikir.

Pada awal abad ke-21 juga terjadi perubahan pada paradigma pembelajaran di sekolah, yaitu digunakan pendekatan baru yang mempertimbangkan aspek literasi yang lebih tinggi sebagai hal penting untuk menangani kompleksitas kehidupan kontemporer. Perkembangan sistem informasi dan pengetahuan berdampak pada bergesernya paradigma dari sekedar mengetahui informasi menjadi mampu mengingat dan mengolah informasi untuk mampu menemukan dan menggunakannya secara efektif. Proses belajar tidak hanya diterapkan pada hubungan stimulus dan respon (S-R) serta pemberian penguatan atau *reinforcement*, namun juga berkaitan dengan hubungan logis dan rasional yang melibatkan proses perolehan atau perubahan dari dalam (*insight*), pandangan (*outlook*), harapan-harapan atau pola-pola berfikir (Dahar, 2011).

Perkembangan ilmu kognitif mengakui pentingnya berpikir dan pemecahan masalah dalam belajar. Belajar berhubungan erat dengan berpikir dan bernalar. Jika seseorang memahami pengetahuan tertentu maka dia mampu menggunakan pengetahuan tersebut untuk memecahkan masalah baru. Sejalan dengan pemikiran tersebut, praktek-praktek pembelajaran saat ini menekankan pembelajaran dengan pemahaman (Bransford et. al., 2000). Menurut Perkins & Unger (1999) memahami topik berarti mampu berpikir dan bertindak secara kreatif dan kompeten dengan apa yang diketahui tentang topik tersebut.

Implikasi yang penting dari pandangan ini adalah bahwa proses mental yang berkaitan dengan berpikir tidak terbatas untuk beberapa tingkatan pembelajaran. Sebaliknya, keterampilan berpikir menentukan keberhasilan belajar bahkan pada tingkatan dasar membaca, matematika, dan semua mata pelajaran lain di sekolah. Jika pemerolehan pengetahuan didefinisikan sebagai belajar dengan pemahaman, maka belajar tidak dapat terjadi tanpa berpikir (Johar & Nori, 2003). Oleh karena itu pemahaman siswa dapat ditingkatkan dengan melatih kemampuan berpikir dan bernalar dalam pembelajaran.

Menurut Dewey (1933) berpikir tidak dapat terjadi secara spontan, tetapi harus ditimbulkan dengan masalah dan pertanyaan atau dengan memberikan beberapa konflik atau keraguan/kebingungan (konflik kognitif). Konsep berpikir Dewey sesuai dengan hasil-hasil riset tentang strategi metakognitif dan pentingnya mengajar siswa untuk berpikir tentang proses berpikirnya (Kauchak & Eggen, 1998). Menurut Marzano (1997), dimensi berpikir dinyatakan dengan dimensi belajar. Dalam dimensi belajar Marzano, metakognisi merupakan dimensi belajar yang paling tinggi. Para pendidik telah menggunakan dimensi belajar sebagai rujukan dalam menyusun strategi pembelajaran, perencanaan pembelajaran dan asesmen, membuat reformasi sistematis, dan menentukan apa yang harus dikuasai siswa untuk menyelesaikan setiap masalah dan membuat keputusan dalam berbagai situasi (McREL, 1997).

Wilson dan Bai (2010) melakukan penelitian tentang hubungan antara pengetahuan metakognitif guru dengan pemahaman pedagogik metakognisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan metakognitif guru berdampak terhadap pemahaman metakognisinya. Guru yang memiliki pemahaman metakognisi yang lebih baik mengajar siswanya menjadi metakognitif, suatu

pemahaman kompleks tentang metakognisi dan strategi berpikir metakognisi. Pembelajaran sains yang efektif tidak hanya meningkatkan pembelajaran, tetapi juga membantu siswa untuk mengembangkan ketrampilan metakognitif yang diperlukan untuk menguasai tingkatan sains yang lebih tinggi dan untuk merekonstruksi pengetahuan konseptual dan strategi proseduralnya jika diperlukan (Schraw, et al., 2006)

Berdasarkan hasil-hasil kajian teori dan hasil-hasil penelitian diketahui bahwa metakognisi merupakan aspek penting dalam pembelajaran, termasuk pembelajaran kimia. Penggunaan **strategi metakognitif memfasilitasi** siswa menguasai/meningkatkan penguasaan komponen-komponen metakognisi, yaitu pengetahuan dan ketrampilan metakognisi. Penguasaan pengetahuan metakognisi melalui pembelajaran yang bermakna dalam strategi metakognitif meningkatkan kemampuan bernalar siswa, karena tiga komponen pengetahuan kognisi yaitu apa (deklaratif), mengapa (kondisional), dan bagaimana (prosedural) memicu berkembangnya kemampuan berpikir siswa. Jika ketiga komponen pengetahuan metakognisi dapat berkembang dengan baik maka siswa dapat mengkonstruksi penjelasan ilmiah dengan baik pula.

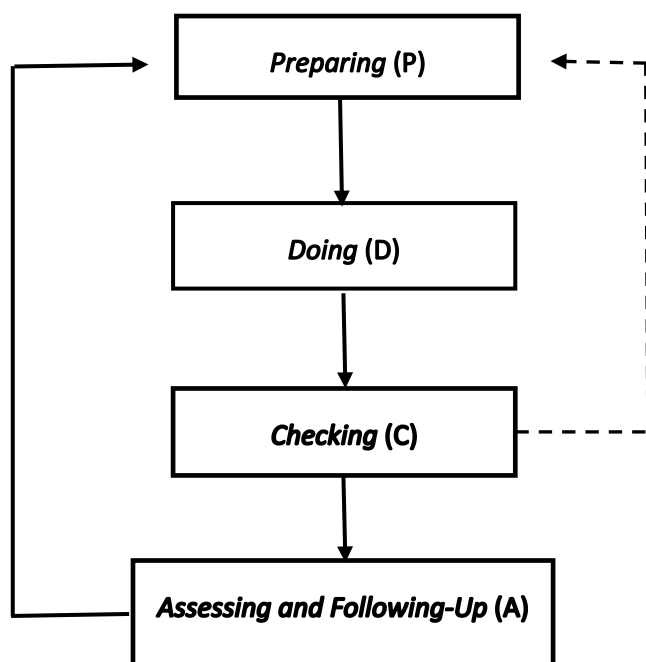
Pembelajaran dengan strategi metakognitif memfasilitasi terjadinya pembelajaran bermakna dengan cara; 1) mengaitkan materi baru yang dipelajari dengan pengetahuan prasyarat (*prior knowledge*), 2) pembelajaran terarah pada tujuan (*goal directed*), 3) pembelajaran berpusat pada siswa (*active learning*), 4) mendorong siswa untuk mengkonstruksi sendiri pemahamannya sesuai dengan pandangan konstruktivisme, 5) terjadinya interaksi dan kerjasama (*collaborative*) antar siswa, dan 6) assessment yang mengukur kemampuan kompleks siswa untuk mengetahui penguasaan dan pemahaman siswa (*mastery learning, deep learning*). Pembelajaran demikian memungkinkan terjadinya pemahaman yang mendalam terhadap materi yang dipelajari sehingga hasil belajar dan kemampuan berpikirnya menjadi lebih baik.

MODEL PENGEMBANGAN

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka desain penelitian adalah penelitian pengembangan yaitu pengembangan strategi pembelajaran metakognitif (penelitian dan pengembangan. Model penelitian dan pengembangan (*research dan development, R & D*) yang digunakan untuk mengembangkan strategi pembelajaran metakognitif mengadaptasi model 4-D oleh Thiagarajan, et al. (1974), yang terdiri dari empat langkah yaitu penedefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*).

HASIL PENGEMBANGAN

Strategi yang dikembangkan terdiri dari empat langkah, yaitu *Preparing* (persiapan/perencanaan), *Doing* (belajar), *Checking* (pengecekan/monitoring), dan *Assessing and Foolowing-up* (penilaian dan tindak lanjut) disingkat PDCA. Langkah-langkah yang dikembangkan mengadopsi strategi metakognitif yang dikembangkan oleh Cook, et al. (2013) dengan memasukkan/menambahkan komponen perencanaan di awal pembelajaran dan komponen tindak lanjut di akhir pembelajaran. Hasil pengembangan strategi pembelajaran metakognitif diperoleh tahap-tahap seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Strategi Pembelajaran Metakognitif PDCA

Keterangan:

- ▶ Artinya alur langkah
- - - ▶ Artinya terjadi di dalam proses

Langkah-langkah pembelajaran strategi pembelajaran metakognitif disusun berdasarkan teori metakognitif dan langkah-langkah dalam proses penjaminan mutu (*quality assurance*), sehingga alur kegiatan belajar yang dialami mahasiswa merupakan sebuah pengalaman belajar yang terencana, terorganisir, dan termonitor untuk memberikan kesempatan kepada siswa/mahasiswa mengkonstruksi pemahamannya secara mendalam.

Langkah-langkah pembelajaran yang telah disusun digunakan sebagai acuan untuk menyusun perangkat pembelajaran. Berdasarkan hasil pengembangan yang telah dilakukan diperoleh tahap-tahap strategi seperti pada Gambar 1. Penjelasan tiap langkah dalam strategi pembelajaran metakognitif PDCA diuraikan sebagai berikut.

a. *Preparing* (Persiapan).

Tahap ini merupakan tahap sebelum dilakukan pembelajaran di kelas. Dosen memberikan bahan ajar/hand-out kepada mahasiswa dan mahasiswa diminta melakukan preview terhadap materi yang akan dipelajari dengan cara membaca materi sambil menandai bagian-bagian penting, menggaris bawahi, meringkas, membaca, dan memaknai gambar/tabel/grafik yang bermanfaat bagi mahasiswa ketika mengikuti pembelajaran di kelas. Melalui preview mahasiswa dapat mengenal pola, meningkatkan minat, dan keberanian untuk mengajukan pertanyaan.

Menurut model Winne & Hadwin (1997) pada tahap ini mahasiswa mengecek lingkungan belajarnya untuk mengkonstruksi profil tugas yang diberikan. Profil tersebut secara intrinsik memadukan persepsi tujuan dan sikap tentang tugas (Pintrich, 2003) dan informasi motivasional lain seperti keputusan tentang efikasi diri. Hasil dari tahap ini adalah deskripsi indiosinkratik tugas menurut mahasiswa (pebelajar). Setelah membongkai tugas, pebelajar menetapkan tujuan dan rencana kerja untuk menyelesaikan tugasnya. Selanjutnya siswa memilih strategi dan cara untuk menyelesaikan tugas. Tahap *preparing* bertujuan mempersiapkan mental siswa untuk menerima materi baru yang dipelajari.

b. *Doing* (Belajar)

Pada tahap ini mahasiswa terlibat dalam kegiatan pembelajaran yang telah dirancang dan disepakai pada tahap sebelumnya. Dosen memfasilitasi mahasiswa untuk terlibat dalam

pebelajaran secara aktif melalui diskusi, tanya jawab, menyelesaikan tugas, presentasi, dan atau membuat peta konsep/*mind-map*. Melalui kegiatan-kegiatan tersebut mahasiswa mengkonstruksi pemahamannya dengan bimbingan dosen. Menurut pembelajaran bermakna pengenalan konsep lebih mudah dipahami mahasiswa jika dielaborasi dan dikembangkan dari konsep umum (global) menuju ke konsep yang lebih kecil/ sederhana.

Agar pembelajaran terarah dosen memberikan lembar diskusi atau memberikan masalah untuk didiskusikan/diselesaikan mahasiswa secara berkelompok. Menurut teori Vygotsky pebelajar belajar melalui interaksi dengan orang lain atau teman sebaya yang lebih mampu (Slavin, 2012). Melalui pembelajaran kelompok diharapkan bisa terjadi saling belajar antar teman dalam kelompok atau antar kelompok. Dosen memantau aktivitas belajar mahasiswa, mengarahkan pembelajaran, dan membantu mahasiswa apabila mengalami kesulitan.

c. *Checking (Pengecekan/monitoring)*

Pada langkah ini mahasiswa difasilitasi untuk mengecek/mereview pembelajarannya. Review dilakukan segera setelah pembelajaran atau bahkan ketika pembelajaran berlangsung untuk membantu mahasiswa mengenali materi-materi yang *overlap* (tumpang tindih) antara yang diperoleh di kelas dan yang dibaca dalam buku, memperbaiki adanya salah konsep yang dibahas di kelas, dan menentukan apakah diperlukan bantuan dan perencanaan yang sesuai. Pada langkah ini mahasiswa juga mengecek apakah metode atau cara belajar yang dipilih sesuai/cocok. Langkah ini bisa overlap dengan langkah sebelumnya, artinya dapat dilakukan bersama-sama dengan langkah sebelumnya.

d. *Assesing and Following-Up (Penilaian dan Tindak Lanjut)*

Pada tahap ini dilakukan penilaian kinerja/hasil belajar terhadap tugas-tugas pembelajaran. Di samping itu juga dilakukan penataan respon-respon emosional yang berhubungan dengan hasil dan pengalaman belajar. Dosen perlu mengantisipasi pertentangan kognitif dengan menyusun keterkaitan konsep melalui hierarki konseptual.

Penilaian membantu mahasiswa mengetahui capaian pembelajarannya (*outcome*) yang dinyatakan dalam bentuk tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan di awal pembelajaran. Hasil penilaian dapat digunakan dosen dan mahasiswa untuk memperoleh informasi tentang kekuatan dan kelemahan pembelajaran yang telah dilakukan, sehingga diketahui arah yang jelas mengenai apa yang harus diperbaiki dan dapat melakukan refleksi terhadap apa yang dilakukan dalam pembelajaran.

Akhir dari langkah ini adalah tindak lanjut yang dilakukan oleh dosen bersama mahasiswa, misalnya apakah diperlukan tugas-tugas tambahan, apakah diperlukan pembelajaran remedial, atau bisa dilanjutkan untuk materi berikutnya. Jika kesimpulan terakhir yang dipilih maka dilakukan perencanaan pembelajaran mulai langkah awal seperti sebelumnya, sehingga keempat langkah tersebut berulang sebagai sebuah siklus.

Keempat langkah dalam strategi pembelajaran metakognitif PDCA memfasilitasi mahasiswa untuk mengorganisasikan pembelajarannya dengan baik mulai dari perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*doing*) dan pengecekan (*monitoring*), dan evaluasi (*evaluating*). Jika keempat tahapan tersebut dapat dilakukan dengan baik maka pembelajaran mahasiswa menjadi kegiatan belajar yang utuh dengan mengaktifkan semua komponen metakognisi yang dimilikinya. Ketiga komponen ketrampilan metakognisi tersebut memungkinkan mahasiswa memfasilitasi pembelajaran dan kemampuannya (Schraw & Moshman, 1995). Studi empirik menunjukkan bahwa mahasiswa yang belajar secara metakognitif (*metacognitively*) menunjukkan hasil yang lebih baik daripada yang tidak/kurang menggunakan metakognitifnya. Mahasiswa yang semakin mengetahui keefektifan strategi belajarnya makan semakin tinggi hasil belajarnya (Tali dan Dar, 2014). Individu yang memiliki tingkat pengetahuan metakognitif yang tinggi dan memiliki ketrampilan metakognitif mampu mengenali bagian-bagian pembelajarannya sesegera mungkin dan merubah alat atau strateginya untuk mencapai tujuan (Akkar, et al., 2011).

Kegiatan guru/dosen dan siswa/mahasiswa dalam pembelajaran dengan strategi pembelajaran metakognitif PDCA disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegiatan dosen dan mahasiswa dalam pembelajaran dengan strategi pembelajaran metakognitif PDCA

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Langkah	Kegiatan Guru/Dosen	Kegiatan Siswa/Mahasiswa
Fase 1: <i>Preparing</i> (Persiapan)	1. Menyampaikan rencana kegiatan pembelajaran 2. Memberikan bahan ajar/hand-out kepada mahasiswa. 3. Meminta mahasiswa untuk menyusun jadwal dan cara belajar 4. Meminta mahasiswa untuk mempelajari bahan ajar dan menentukan tujuan mempelajari materi tersebut, mengidentifikasi konsep-konsep penting yang akan dipelajari, mengidentifikasi pengetahuan prasyarat yang relevan, mengidentifikasi konsep-konsep yang telah dipahami, membuat ringkasan, membuat daftar pertanyaan yang akan diajukan pada kegiatan tatap muka di kelas.	1. Mereview materi ajar 2. Menetapkan tujuan belajar 3. Menentukan cara belajar 4. Menyusun jadwal belajar 5. Mengidentifikasi konsep-konsep penting yang akan dipelajari 6. Mengidentifikasi pengetahuan prasyarat (<i>prior knowledge</i>) yang relevan 7. Mengidentifikasi konsep-konsep penting yang telah dipahami 8. Membuat ringkasan 9. Membuat daftar pertanyaan yang akan diajukan pada kegiatan tatap muka di kelas.
Fase 2: <i>Doing</i> (Belajar)	Memfasilitasi mahasiswa untuk belajar aktif di kelas (presentasi, diskusi, tanya jawab, dan membuat catatan/ringkasan materi)	Mahasiswa terlibat dalam kegiatan belajar di kelas (presentasi, diskusi, tanya jawab, mengajukan pertanyaan (mengapa, bagaimana, apa rasionalnya, apa kriterianya, bagaimana jika, apa hubungannya dengan...., bagaimana jika dibandingkan dengan....), membuat catatan penting.
Fase 3: <i>Checking</i> (Pengecekan)	1. Membantu mahasiswa untuk mengecek atau memonitor kemajuan belajarnya 2. Membantu mahasiswa untuk merefleksi diri mengenai pemahaman materi yang telah dipelajari 3. Membantu mahasiswa menemukan hambatan-hambatan yang dijumpai selama belajar dan menemukan alternatif pemecahannya	Mahasiswa mengecek/ memonitor apakah perencanaan yang dibuat telah terlaksana, menilai pebelajaran, mengecek apakah sudah digunakan metode belajar secara efektif?, apakah saya memahami cukup materi untuk mengajarkan kepada teman lain?, hambatan/kendala apa yang saya temui dalam belajar, apa yang perlu saya lakukan agar tidak terjadi pada pembelajaran berikutnya?
Fase 4: <i>Assesing and Following-up</i> (Penilaian dan Tindak lanjut)	1. Menilai kemajuan belajar mahasiswa 2. Mengevaluasi apakah tujuan belajar yang direncanakan tercapai (jika belum apa yang perlu dilakukan) 3. Bersama mahasiswa merencanakan kegiatan belajar berikutnya	Mahasiswa bersama dosen menguji pemahaman terhadap materi yang telah dipelajari. Apakah tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan dan disepakati bersama telah tercapai? Apakah perlu diberikan tugas tambahan untuk meningkatkan pemahaman? Apa yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya?

DAFTAR RUJUKAN

- Alexander, P.A., Schallert, D.L., & Hare, V.C. 1991. Coming to Terms: How Researcher in Learning and Literacy Talk About Knowledge. *Review of Educational Research*, 61 (3): 315-343.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D.R. 2001. *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Anderson, R. C., & Pichert, J. W. 1978. Recall of previously unrecalable information following a shift in perspective. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17, 1-12.
- Arends, R.I. 1997. *Classroom Instruction and Management*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Ausubel, D. P., J. D. Novak, & H. Hanesian, (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. 2nd edition. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Biemans, H.J.A. & Simons, P.R.J. 1996. Computer-Assisted Instruction and Conceptual Change. *Educational Research and Evaluation*. Vol. 2. No. 1. pp. 81-108.
- Blakey, E. & Spence, S. 1990 *Developing metacognition*. *ERIC Digests*. Available online at: <http://www.ericfacility.net/ericdigests/ed327218.html> (diak ses 30 November 2014).
- Bloom B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- Borich, G.D. 1996. *Effective Teaching Methods*. 3rd Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. 2000. *How People Learn: Brain, Mind, and Experience & School*. Washington, DC: National Academy Press.
- Bucat, R. 2004. Pedagogical Content Knowledge as A Way Forward: Applied Research in Chemistry Education. *Chemistry Education: Research And Practice*. Vol. 5, No. 3, pp. 215-228.
- Cook, E., Kennedy, E., & McGuire, S.Y. 2013. Effect of Teaching Metacognitive Learning Strategies on Performance in General Chemistry Courses. *J. Chem. Educ.*, 90 (8), pp 961–967.
- Cooper, M.M. & Urena, S.S. 2009. Design and Validation of an Instrument To Assess Metacognitive Skillfulness in Chemistry Problem Solving. *J. Chem. Educ.*, 86 (2), p 240.
- Cooper, M.M., Corley, L.M., & Underwood, S.M. 2013. An Investigation of College Chemistry Students' Understanding of Structure–Property Relationships *Journal of Research In Science Teaching*. Vol. 50, No. 6, Pp. 699–721.
- Cooper, M.M., Underwood, S.M., & Hilley, C.Z. 2012. Development and validation of the implicit information from Lewis structures instrument (IILSI): do students connect structures with properties? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13, 195–200.
- Dahar, R.W. 2011. *Teori-teori Belajar dan Pembelajarannya*. Jakarta: Erlangga.
- Darling-Hammond, L., Austin, K., Cheung, M., & Martin, D. 2014. *Thinking about thinking: Metacognition*. Diakses 8 November 2014 <http://www.learner.org/courses/learningclassroom/support/09_metacog.pdf>.
- Detterman, D.K., Koenig, K.A., Meredith, C.F. 2008. ACT and General Cognitive Ability. *Intelligence*. Vol. 36. No. 2. Pp: 153-160.
- Dochy, F., Segers, M., & Buehl, M. 1999. The Relation Between Assessment Practices and Outcomes of Studies: The Case of Research on Prior Knowledge. *Review of Educational Research*, 69 (2): 147-188.
- Driver, R., Newton, P., and Osborne, J. F. 2000. 'Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms'. *Science Education*, 83 (4), 287-312.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. 1994. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23 (7): 5-12.
- Fogarty, R. 1994. How to teach for metacognition. *Palatine, IL: IRI/Skylight Publishing*.
- Furtak, E.M., Hardy, I., Beinbrech, C., Shavelson, R.J., & Shemwell, J.T. 2010. A Framework for Analyzing Evidence-Based Reasoning in Science Classroom Discourse. *Educational Assessment*, 15:175–196.
- Hammond, L. & Falk, B. 2014. *Supporting Teacher Learning through Performance Assessment*. Publisher: Jossey Bass

- Hartmann, S. *Effective Field Theories, Reductionism and Scientific Explanation*. Studies in History and Philosophy of Modern Physics
- Henderleiter, J., Smart, R., Anderson, J., and Elian, O. 2001. How Do Organic Chemistry Students Understand and Apply Hydrogen Bonding? *J. Chem. Educ.*, 78 (8), p 1126.
- Kauchak, D. P., & Eggen, P. D. (1998). *Learning and Teaching: Research-based methods* (3rd ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. 2009. What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Liliasari. 2011. *Membangun Masyarakat Melek Sains Berkarakter Bangsa melalui Pembelajaran*. Disajikan dalam Seminar Nasional Kimia. Universitas Negeri Semarang.
- Lewis, A. and Smith, D. 1993. *Definining Higher Order Thinking*. Theory in to Practice. Vol. 32. No.3. Ohio State University.
- Lewis, A., & Smith, D. 1993. Defining higher order thinking. *Theory into Practice*, 32 (3), 131–137.
- Marzano, R.J. & Pickering, D.J. 1997. *Dimensions of Learning*. Colorado: McREL (Mid-continent Regional Educational Laboratory).
- Metcalf, J. (2002). Is study time allocated selectively to a region of proximal learning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 349–363.
- McNeill, K.L. & Krajcik, J. 2006. *Supporting Students' Construction of Scientific Explanation through Generic versus Context-Specific Written Scaffolds*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, April, 2006, San Francisco.
- McNeill, K.L., Krajcik, J. 2008. *Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning*.
- McREL. 1997. *Putnam educational standards and curriculum standards for reasoning the thinking* [On-line]. Available: <http://putwest.boces.org/StSu/ReasThink.html>.
- Novak, J. D. 1998. *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative tools in Schools and Corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum & Associates.
- NSTA. 2012. *Standards for Science Teacher Preparation*. Available: <http://www.nsta.org/preservice/docs/NSTASTandards2003.pdf> [30 June 2014].
- Osborne, J. F., Patterson, A. 2011. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*. Published online 23 May 2011 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com).
- 2014. Permendikbud No. 104 tentang *Penilaian Hasil Belajar Oleh Pendidik pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Depdikbud.
- Perkins, D. and Unger, C. 1999. *Teaching and Learning for Understanding*. In C. Reigeluth (Ed.) *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. 1990. Motivation and self –regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82: 33 – 40.
- Rahman, S., Yasin, R.M., Jussof, K., Ariffin, S.R., Hayati, N., & Yusof, S. 2011. The Promotion of Metacognitive Development in the Classroom. *World Applied Science Journal*. 13 (1): 95-99.
- Sandoval, W.A. & Millwood, K.A. 2005. The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition And Instruction*, 23(1), 23–55.
- Schneider, M., & Stern, E. (2010). The cognitive perspective on learning: Ten cornerstone findings. In Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) (Ed.), *The nature of learning: Using research to inspire practice* (pp. 69-90).
- Schraw, G., Crippen, K.J., and Hartley, K. 2006. Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education* 36: 111–139.
- Schraw, G. & Dennison, R.S. 1994. Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460-475.
- Schulman, L. (1987), "Knowledge and teaching: Foundations of a new reform", *Harvard Educational Review*, Vol. 57, No. 1.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Slavin, R. E. (2012). *Educational Psychology: Theory and Practice* (10th ed.). Boston: Pearson Education, Inc.
- Stern, E. (2001), "Intelligence, prior knowledge, and learning", in N. J. Smelser & P. B. Baltes (eds.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*, Elsevier Science, Oxford, Vol. 11, pp. 7670-7674.
- Sugrue, B. 1994. *Specifications for the Design of Problem Solving Assessments in Science* (CSE Technical Report 387). Los Angeles: CRESST/University of California.
- Vickery, A. 2014. *Developing Active Learning in The Primary Classroom*. London: SAGE Publications Ltd.
- Wilson, N.S & Bai, H. 2010. The relationships and impact of teachers' metacognitive knowledge and pedagogical understandings of metacognition. *Metacognition Learning*. Online: <http://www4.ncsu.edu/>.
- Winne, P. H. 1997. Experimenting to bootstrap self-regulated learning. *Journal of Educational Psychology*. 89. pp. 397–410.
- Zhou, M. & Brown, D. 2014. *Educational Learning Theories*. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Zulkply, N. *Metacognition and its Relationship with Students' Academic Performace*. Serawak Malaysia: Faculty of Cognitif Science and Human Development.

**PENGARUH PEMBELAJARAN KIMIA KELARUTAN DENGAN
LC-5E BERKONTEKS SSI TERHADAP PEMAHAMAN
HAKIKAT SAINS SISWA SMA**

Halimah Mustika Nurhayati^{*a}, Sri Rahayu^a, dan Yahmin^a

^a Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No. 5 Malang

*Corresponding author's email: halimahmustikanurhayati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan pengaruh pembelajaran kimia dengan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI terhadap pemahaman hakikat sains siswa SMA pada materi kelarutan. Desain penelitian yang digunakan adalah desain eksperimental semu *pretest-posttest control group design*. Data penelitian dari hasil tes dengan instrumen berupa angket pemahaman hakikat sains yang telah dikembangkan ($R=0,745$). Hasil tes dianalisis dengan uji-t dua kelompok bebas. Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan signifikan pemahaman hakikat sains siswa kelas XI yang dibelajarkan dengan LC-5E berkonteks SSI dan yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional. Kebermaknaan perbedaan dapat dilihat dari *effect size* masing-masing kelompok aspek hakikat sains yang bernilai lemah, sedang dan kuat.

Kata kunci: LC-5E, SSI, hakikat sains

ABSTRACT

The aims of this study were to determine the effect of differences in chemistry learning with Learning Cycle-5E (LC-5E) using Socio-scientific Issues (SSI) context toward understanding in the nature of science to high school students on solubility material. The design was a quasi-experimental design pretest-posttest control group design. The research data was from test results with questionnaire instrument of understanding the nature of science that has been developed ($R = 0,745$). The test results were analyzed using independent sample t-test. The results showed that there was significant difference in understanding the nature of science between students that learned with LC-5E-context SSI and that learned with conventional learning. Significance of differences can be seen from the effect size of each group aspects in nature of science that is worth a weak, moderate and strong.

Keywords: LC-5E, SSI, nature of science

PENDAHULUAN

Sains selalu berkembang dan berusaha memenuhi kebutuhan masyarakat, sehingga tujuan pendidikan sains juga akan terus berkembang (Osborne, 2007: 173). Tujuan pendidikan sains yang awalnya hanya untuk memahami alam dan perubahannya berkembang ke arah pemanfaatan pengetahuan sains di masyarakat, sehingga sains pun sangat mempengaruhi perkembangan teknologi sampai saat ini (Hurd, 1997: 407). Berasal dari perkembangan tujuan pendidikan sains inilah muncul konsep literasi sains (DeBoer, 2000:585). Perkembangan sains sendiri sebenarnya juga merupakan salah satu aspek literasi sains (Holbrook & Rannikmae, 2009:280). Perkembangan sains dan teknologi yang pesat dewasa ini, ternyata membawa sisi positif dan negatif yang mana untuk mempelajari dan mencari solusi untuk menangani hal tersebut juga diperlukan literasi sains (Rahayu, 2013: 2). Masalah yang berhubungan dengan sains serta melibatkan komponen moral dan etika ini disebut *Socio Scientific Issues* atau SSI (Sadler, 2004: 39). Pada dokumen PISA (2013: 7) juga disebutkan bahwa salah satu kemampuan literasi sains adalah kemampuan untuk menghubungkan pengetahuan dengan masalah sosial terkait sains (*Socio Scientific Issues*).

Kimia sebagai salah satu cabang sains juga memiliki tujuan pendidikan yang searah dengan sains yaitu masyarakat berliterasi kimia yang nantinya akan membentuk masyarakat berliterasi sains (Shwartz et al, 2006: 203). Siswa yang mempelajari ilmu kimia dituntut berpikir secara abstrak atau dapat memahami sesuatu yang tidak terlihat dan tidak tersentuh untuk dapat memahami aspek submikroskopik dan simbolik tersebut (Kozma&Russel, 1997: 949). Hal ini yang kemudian menyebabkan banyaknya siswa yang merasa kesulitan dalam mempelajari kimia (Sirhan, 2007: 2; Svajanovska et al, 2012: 619). Selain itu, kurangnya pemahaman siswa terhadap relevansi kimia dalam kehidupan sehari-hari juga menjadi masalah. Siswa menganggap kimia tidak penting untuk dipelajari karena tidak ada gunanya untuk kehidupan sehari-hari mereka (Aikenhead, 2003). Masalah ini muncul karena umumnya pembelajaran kimia hanya ditekankan pada penguasaan konsep tanpa menunjukkan hubungan antara konsep yang dipelajari dengan penerapan konsep yang ada di kehidupan sehari-hari siswa (Hoolbrok, 2005: 1). Namun, kurang adanya pembahasan yang memadai inilah yang menyebabkan siswa kurang termotivasi untuk mempelajari kimia sehingga pemahaman mereka terhadap ilmu kimia juga sangat kurang. Oleh karena itu, masyarakat berliterasi sains sangat dibutuhkan di tengah perkembangan global saat ini, sehingga dalam pembelajaran kimia pun perlu ditekankan serta ditujukan untuk meningkatkan literasi sains siswa.

Komponen utama dalam literasi sains adalah pemahaman tentang hakikat sains (*Nature of Science*, NOS) dan kemampuan berpikir kritis (Ledermen, Ledermen & Antink, 2013:142). Shoulders (2012: 28) yang mengungkapkan bahwa literasi sains memiliki tujuh aspek yaitu: (1) memahami hakikat sains (NOS); (2) menerapkan konsep sains, hukum, prinsip dan teori; (3) penggunaan proses sains untuk memecahkan masalah, membuat keputusan dan pemahaman lebih lanjut; (4) menerapkan nilai ilmiah dalam berinteraksi dengan alam; (5) memahami dan menghargai hubungan antara sains, teknologi dan kehidupan sosial; (6) terus mengembangkan pengetahuan melalui pendidikan sains formal dan pendidikan sepanjang hayat; dan (7) mengembangkan keterampilan yang berhubungan dengan sains dan teknologi. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan literasi sains pada siswa aspek-aspek literasi sains dapat dimasukkan dalam pembelajaran yang dilakukan.

Upaya untuk meningkatkan literasi sains salah satunya dapat dilakukan dengan meningkatkan pemahaman terhadap hakikat sains. Hakikat sains merupakan filsafat pengetahuan yang mengkaji cara memperoleh pengetahuan dengan metode ilmiah serta produk pengetahuan berupa teori dan hukum yang tidak bisa dipisahkan dari perkembangan pengetahuan ilmiah (Ledermen, Ledermen & Antink, 2013:140). Dalam mengajarkan NOS diperlukan penjelasan secara eksplisit (*be explicit*), dihubungkan dengan konteks seperti aktivitas inkuiri atau SSI (*connect to context*), dan dihubungkan dengan keterampilan proses (*linking to process skill*). Berdasarkan beberapa penelitian, yaitu Lai (2012), McDonald (2010), Shoulders (2012), Khishfe (2013) menunjukkan bahwa mengeksplisitkan NOS dengan menghubungkan dengan aktivitas inkuiri atau SSI dapat meningkatkan pemahaman NOS siswa.

Pembelajaran berkonteks SSI adalah suatu pendekatan pembelajaran yang mengkaji fakta, fenomena, atau peristiwa sains berdasarkan isu-isu sosial berkaitan dengan sains yang terjadi di masyarakat (Ratcliffe & Grace, 2003). Pembelajaran berkonteks SSI ini dapat menjadi sarana untuk mengeksplorasi NOS, serta menjembatani siswa dengan literasi sains (Nuangchalerm, 2009:239).

Melalui diskusi tentang isu-isu sosial sains ini, siswa akan terdorong untuk membuat keputusan dengan berargumentasi berdasarkan situasi konflik sosial menyangkut sains yang ada pada SSI. Argumentasi dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisa dan mengevaluasi bukti sehingga juga akan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains (Sadler & Donnelly, 2006:1464). Dengan demikian melakukan pembelajaran berkonteks SSI akan dapat memenuhi kebutuhan siswa untuk memahami hakikat sains dan cara mengaplikasikan pengetahuan terhadap isu-isu sosial dapat diwujudkan.

Salah satu materi kimia yang erat hubungannya dengan masalah kontroversial di kehidupan sehari-hari adalah materi kelarutan. Beberapa isu-isu yang termasuk dalam SSI, diantaranya penggunaan senyawaan fluorin dalam pasta gigi, senyawaan fluorin dalam air mineral, bahaya konsumsi minuman berkarbonasi serta penggunaan glukosamin untuk menurunkan asam urat. Dengan menguasai konsep, siswa diharapkan dapat mengaitkan pengetahuannya dengan konteks SSI yang disajikan. Adanya konteks SSI ini digunakan sebagai salah satu untuk mengeksplisitkan hakikat sains sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman hakikat sains mereka.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental semu *pretest-posttest control group design*. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *convenience sampling* di SMA Tulungagung sehingga diperoleh dua kelas yang terdiri satu kelas eksperimen yang akan dibelajarkan dengan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dan satu kelas kontrol yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional (ceramah dan latihan soal). Kedua kelas akan diberikan soal pretes sebelum perlakuan dan pascates setelah perlakuan. Adapun skema desain penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 1. Rancangan Penelitian

	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelas Eksperimen	O ₁	X	O ₁
Kelas Kontrol	O ₂	-	O ₂

Keterangan:

- X : pembelajaran dengan model *learning cycle 5E* berkonteks SSI pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan
 O₁ : *posttest* kelas eksperimen
 O₂ : *posttest* kelas kontrol

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi dua kategori, yaitu instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan adalah instrumen yang digunakan saat kegiatan pemberian perlakuan selama proses pembelajaran yang terdiri dari silabus pembelajaran, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), dan Lembar Kerja Siswa (LKS). Sedangkan instrumen pengukuran adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur hasil perlakuan yaitu angket yang digunakan untuk mengukur pemahaman hakikat sains siswa yang dikembangkan peneliti berdasarkan aspek hakikat sains dari Khalick, Waters, dan Le (2008). Aspek tersebut antara lain: (1) pengetahuan bersifat tentatif; (2) pengetahuan berdasarkan data empiris; (3) pengetahuan merupakan produk dari inferensi manusia; (4) pengembangan pengetahuan memerlukan kreativitas manusia; (5) pengetahuan tidak lepas dari teori/pemahaman ilmuwan (*theory-driven*); (6) metode ilmiah bukan sebuah prosedur bertahap seperti resep; (7) teori ilmiah berisi penjelasan dari fenomena alam; (8) hukum ilmiah berisi generalisasi dari hubungan atau pola yang didasarkan pada observasi; (9) pengetahuan memiliki dimensi sosial sains; dan (10) penanaman sains dalam bidang sosial budaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pemahaman hakikat sains siswa diperoleh dari nilai pretes dan pascates. Tes pemahaman hakikat sains ini dilakukan kelas eksperimen (LC-5E berkonteks SSI) dan kelas kontrol (konvensional). Pretes dilakukan sebelum pemberian materi dan perlakuan sedangkan pascates dilakukan setelah pemberian materi dan perlakuan. Pelaksanaan pretes dan pascates pemahaman hakikat sains menggunakan angket pemahaman hakikat sains yang terdiri dari 20 butir pernyataan yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya ($R = 0,745$).

Sebelum dilakukan uji hipotesis, nilai pemahaman hakikat sains terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitas datanya. Kedua uji tersebut merupakan uji prasyarat untuk menentukan jenis statistik yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis.

Uji Prasyarat

Uji normalitas dilakukan terhadap nilai pemahaman hakikat sains siswa pada ketiga kelas menggunakan *one sample Kolmogorov-Smirnov test* pada taraf signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$). Tabel 2 di bawah ini menunjukkan hasil uji normalitas pada data pretes untuk ketiga kelas.

Tabel 2. Hasil *one sample Kolmogorov-Smirnov test* terhadap Hasil Pretes Angket Pemahaman NOS

		XI MIA 2 (Kelas Eksperimen, LC-5E, SSI)	XI MIA 8 (Kelas Kontrol, Konvensional)
N		35	35
Normal Parameters ^a	Mean	41,32	44,79
	Std. Deviation	4,754	4,692
	n		
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,218	0,200

Berdasarkan data pada Tabel 2 tersebut dapat diketahui bahwa taraf signifikansi ketiga data lebih besar dari 0,05 sehingga ketiga data memiliki distribusi normal.

Selanjutnya data hasil angket pascates pemahaman hakikat sains untuk ketiga kelas dituliskan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil *one sample Kolmogorov-Smirnov test* terhadap Hasil Pascates Angket Pemahaman NOS

		XI MIA 2 (Kelas Eksperimen, LC-5E, SSI)	XI MIA 8 (Kelas Kontrol, Konvensional)
N		35	35
Normal Parameters ^a	Mean	56,39	45,04
	Std. Deviation	9,705	8,338
	n		
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,200	0,141

Data taraf signifikansi pada Tabel 3 menunjukkan ketiga data memiliki signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga ketiga data memiliki distribusi normal.

Uji prasyarat selanjutnya yaitu uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah data pada ketiga kelas mempunyai varian yang sama (homogen) atau tidak. Pengujian homogenitas menggunakan *Levene's test* pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hasil uji homogenitas angket pemahaman hakikat sains disajikan pada Tabel 4. di bawah ini

Tabel 4 Hasil *Levene's test* terhadap Data Angket Pemahaman Hakikat Sains

	Sig. Pretes	Sig. Pascates
Pemahaman Hakikat Sains	0,113	0,141

Nilai signifikansi hasil uji homogenitas menunjukkan nilai 0,113 untuk pretes dan 0,141 untuk pascates (*sig.* > 0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam/varian data tes pemahaman hakikat sains antara siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol identik (homogen).

Uji Hipotesis

Berdasarkan uji prasyarat diketahui bahwa data berdistribusi normal dan homogen, sehingga uji hipotesis dapat dilakukan dengan analisis parametrik. Uji hipotesis digunakan untuk mengetahui apakah hipotesis diterima atau ditolak menggunakan uji-t dua kelompok bebas (*independent-samples t-test*). Analisis dilakukan pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) dengan bantuan program *IBM SPSS Statistic 22*. Uji hipotesis ini untuk menguji apakah ada perbedaan pemahaman hakikat sains antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* berkonteks SSI di kelas eksperimen dan model pembelajaran konvensional di kelas kontrol pada materi kelarutan siswa kelas XI IPA SMA Negeri 1 Boyolangu. Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan pemahaman hakikat sains antara siswa kelas XI yang dibelajarkan dengan LC-5E berkonteks SSI, dan model pembelajaran konvensional

Hasil uji-t dua kelompok bebas (*independent-samples t-test*) terhadap pemahaman hakikat sains ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil *independent sample t-test* terhadap pemahaman hakikat sains siswa

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Equal variances assumed	5,327	68	0,00	11,714	2,199
Equal variances not assumed	5,327	65,901	0,00	11,714	2,199

Berdasarkan data pada Tabel 4 diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,00 (*sig* < 0,05) sehingga pernyataan H_0 ditolak, H_1 diterima dan dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan pemahaman hakikat sains antara siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dapat digunakan untuk meningkatkan ketrampilan berpikir kritis siswa.

Analisa Effect Size

Adanya perbedaan signifikan pemahaman hakikat sains siswa yang dibelajarkan dengan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dan yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional ini dapat dianalisis lebih lanjut dengan uji *effect size*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kebermaknaan perbedaan keterampilan yang diperoleh dari uji hipotesis. Uji *effect size* pemahaman hakikat sains dilakukan terhadap masing-masing indikator berpikir kritis. *Effect size* dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$ES = \frac{M_1 - M_2}{SD_{weighted}}$$

Keterangan :

M_1 = rata-rata skor pascates kelas eksperimen

M_2 = rata-rata skor pascates kelas kontrol

$SD_{weighted}$ = rata-rata standar deviasi kelas eksperimen dan kelas kontrol

(Sumber: Creswell, 2012:195)

Effect size dihitung dengan menggunakan *eta coefficient* dan nilai *r* diinterpretasikan sebagai berikut : *small* (kecil) = 0,10 – 0,23; *medium* (sedang) = 0,24 – 0,36; *large* (besar) = 0,37 – 0,71 (Cohen dalam Creswell, 2012 : 413). Interpretasi nilai *effect size* (η^2) pada tiap kelompok konsep dalam materi kelarutan juga dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Kriteria Penentuan Standar Cohen *Effect Size*

<i>Cohen's Standard</i>	<i>d</i> (η^2)	<i>R</i>
<i>Large</i>	2,0	0,707
	1,9	0,689
	1,8	0,669
	1,7	0,648
	1,6	0,625
	1,5	0,600
	1,4	0,537
	1,3	0,545
	1,2	0,514
	1,1	0,482
	1,0	0,447
<i>Medium</i>	0,9	0,410
	0,8	0,371
	0,7	0,330
	0,6	0,287
<i>Small</i>	0,5	0,243
	0,4	0,196
	0,3	0,148
	0,2	0,100
	0,1	0,050
	0,0	0,000

(Sumber: Bekker, 2000)

Berdasarkan data angket hasil *pascates* diketahui bahwa nilai rata-rata kelas eksperimen berbeda dengan kelas kontrol. Untuk mengetahui kebermaknaan perbedaan tersebut, maka dilakukan uji *effect size*. Jawaban siswa pada masing-masing kelas diklasifikasikan berdasarkan aspek hakikat sains, yaitu (1) tentatif; (2) empiris; (3) metode ilmiah; (4) teori; (5) hukum; (6) inferensi; (7) kreatif; (8) *theory driven*; (9) dimensi sosial sains; serta (10) penerapan sains dalam bidang sosial budaya. Nilai rata-rata dari masing-masing kelompok aspek tersebut kemudian dihitung nilai *effect size*-nya untuk mengetahui kebermaknaan perbedaan dari tiap kelompok aspek. Nilai *effect size* untuk masing-masing kelompok aspek disajikan pada Tabel 7 berikut

Tabel 7. Nilai *Effect Size* pada Masing-masing Kelompok Indikator Hakikat Sains

No.	Indikator Sains	Hakikat	Kelas Eksperimen (LC-5, SSI) dan Kelas Kontrol	
			Nilai <i>Effect Size</i>	Kriteria
1.	Tentatif		1,023	Besar/kuat
2.	Empiris		1,049	Besar/kuat
3.	Metode ilmiah		0,519	Sedang
4.	Teori		0,483	Sedang
5.	Hukum		0,360	Kecil/lemah
6.	Inferensi		0,721	Sedang
7.	Kreativitas		0,619	Sedang
8.	<i>Theory driven</i>		0,255	Kecil/lemah
9.	Dimensi sosial sains		0,361	Kecil/lemah
10.	Penerapan sains dalam bidang sosbud		0,805	Besar/kuat

Berdasarkan nilai *effect size* di setiap indikator hakikat sains pada Tabel 7 di atas dapat diketahui bahwa indikator hakikat sains yang memiliki *effect size* besar adalah indikator tentatif, empiris, dan penerapan sains dalam bidang sosial budaya. Hal ini dikarenakan pada pembelajaran yang berkonteks SSI, siswa akan lebih menyadari apa saja manfaat maupun dampak yang ditimbulkan oleh perkembangan sains. Indikator metode ilmiah, teori, inferensi, kreativitas memiliki *effect size* sedang. Pembelajaran LC berkonteks SSI mengajak siswa untuk selalu berlatih membuat sendiri langkah percobaan pada eksperimen yang akan dilakukan sehingga siswa lebih memahami bagaimana metode ilmiah, teori inferensi, dan peran kreativitas dalam sains, yang mana hal ini tidak didapat oleh siswa dengan pembelajaran konvensional sehingga pengaruhnya cukup besar. Indikator hukum, *theory driven* dan dimensi sosial sains memiliki *effect size* yang kecil. Hal ini terjadi karena pada materi ini penyampaian indikator-indikator ini kurang dapat tereksplorasi. Dimungkinkan jika dibelajarkan lagi di materi-materi lain yang lebih memungkinkan adanya eksplorasi lebih jauh mengenai hal ini akan dapat memberikan efek yang lebih besar.

KESIMPULAN

Hasil penelitian pada siswa SMAN Tulungagung menunjukkan bahwa model pembelajaran *Learning Cycle 5E* berkonteks SSI dapat meningkatkan pemahaman hakikat sains siswa SMA pada materi kelarutan dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Ditinjau dari *effect size*, terdapat tiga kriteria yaitu besar, sedang dan kecil. Indikator berpikir kritis yang memiliki *effect size* besar adalah indikator tentative, empiris, dan penerapan sains dalam bidang sosial budaya, yang ber kriteria sedang adalah indikator metode ilmiah, teori, inferensi dan kreativitas, sedangkan yang ber kriteria kecil adalah indikator hukum, *theory driven*, dan dimensi sosial sains.

DAFTAR PUSTAKA

- Aikenhead, G.S. 2003. Chemistry and Physics Instruction: Integration, Ideologies, and Choices. *Chemical Education: Research and Practice*, 4 (2): 115-130.
- Becker, L.A. 2000. *Effect Size (ES)*. Colorado: University of Colorado Colorado Springs.
- Creswell, J.C. (2012). *Education Research, Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. 4th edition. Boston: Pearson
- DeBoer, G.E. 2000. Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6): 582-601
- Fajaroh, F. & Dasna, I.W. 2007. *Pembelajaran dengan Model Siklus Belajar (Learning Cycle)*, (Online), (<https://lubisgrafura.wordpress.com/2007/09/20/pembelajaran-dengan-model-siklus-belajar-learning-cycle/>), diakses tanggal 5 Agustus 2015.
- Holbrook, J. 2005. Making Chemistry Teaching Relevant. *Chemical Education International*, 6 (1): 1-12.

-
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. 2007. The Nature of Science Education for enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11): 1-30.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. 2009. The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3): 275-288.
- Hurd, P.D. 1997. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *John Wiley & Sons, Sci-Ed*, 82: 407-416.
- Khishfe, R. 2013. Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*. 36 (6): 1-43.
- Kozma, R.B. & Russel, J. 1997. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9): 949-968.
- Lai, E.R. 2011. *Critical Thinking: A Literature Review*. Laporan Penelitian dalam Pearson Assessments, (Online), (<http://images.pearsonassessments.com/-images/tmrs/CriticalThinkingReviewFINAL.pdf>), diakses tanggal 30 September 2014.
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. 2013. Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1 (3): 138-147.
- McDonald, C.V. 2010. Exploring The Influence of A Science Content Course Incorporating Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction on Preservice Primary Teachers' Views of Nature of Science. Tesis, (Online).(http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/35142/63431_1.pdf?sequence=1), diakses tanggal 18 Juni 2015.
- Nuangchalerm, P. 2009. Development of Socioscientific Issues-Based Teaching for Preservice Science Teachers. *Journal of Social Sciences*, 5(3): 239 – 243.
- OECD. 2013. *PISA 2015: Draft Science Framework*. OECD Publishing.
- Osborne, J. 2007. Science Education for the Twenty First Century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3): 173-184.
- Pezaro, C. 2007. *Pre-service primary teachers' argumentation in socioscientific issues*. Proceedings of the Frontiers in Mathematics and Science Education Research Conference 1-3 May 2014, Famagusta, North Cyprus
- Rahayu, S. 2014. Menuju Masyarakat Berliterasi Sains: Harapan dan Tantangan Kurikulum 2013. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2014, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang, 6 September 2014.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. 2003. *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*. Philadelphia: Open University Press.
- Sadler, T.D. 2004. Moral and Ethical Dimensions of Socioscientific Decision-Making as Integral Components of Scientific Literacy. *Science Educator*, 13(1): 39 – 48.
- Sadler, T.D. & Donnelly, L.A. 2006. Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, 28 (12): 1463–1488.
- Shoulders, C.W. 2012. *The Effects of A Socioscientific Issues Instructional Model in Secondary Agricultural Education on Students' Content Knowledge, Scientific Reasoning Ability, Argumentation Skills, and Views of The Nature of Science*. Disertasi, (Online), (http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/04/40/27/00001/-SHOULDERS_.pdf), diakses tanggal 1 April 2014.
- Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. & Hofstein, A. 2006. The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (4), 203-225.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2): 2 – 20.
- Stojanovska, M.I., Soptrajanov, B.T., & Tetrusevski, V.M. 2012. Addressing Misconceptions about the Particulate Nature of Matter among Secondary School and High School Students in Republic of Macedonia. *Creative Education*. 3 (5): 619 – 631.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Turkmen, H. 2006. What Technology Plays Supporting Role in Learning Cycle Approach for Science Education. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*. 5 (2): 71 – 76.

Zeidler, D.L., Nicols, B.H. 2009. Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*. 21 (2): 49-58.

Zo'bi, A.S. 2014. The Effect of Using Socio-Scientific Issues Approach in Teaching Environmental Issues on Improving the Students' Ability of Making Appropriate Decisions Towards These Issues. *International Education Studies*. 7 (8): 113-123.

\

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN KIMIA DENGAN MODEL PEMBELAJARAN LEARNING CYCLE 5E-TPS PADA MATERI POKOK REAKSI REDOKS UNTUK PESERTA DIDIK SMA/MA

Niken Yustika^{*a}, Endang Budiasih^a, Oktavia Sulistina^a

^a Program Studi Pendidikan Kimia, FMIPA
Universitas Negeri Malang, Indonesia

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan perangkat pembelajaran pada materi reaksi redoks yang terdiri dari silabus, RPP, LKPD, instrumen penilaian, dan *handout* yang memenuhi kelayakan isi, bahasa, dan tampilan. Pengembangan perangkat pembelajaran ini menggunakan langkah-langkah dalam model pengembangan 4-D menurut Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974) yaitu 1) tahap *define*, 2) tahap *design*, 3) tahap *develop*, 4) tahap *disseminate*. Penelitian dan pengembangan ini hanya dilakukan sampai tahap ketiga. Produk perangkat pembelajaran divalidasi oleh satu dosen Kimia, dan dua guru Kimia. Uji keterbacaan dilakukan kepada 10 peserta didik. Instrumen pengumpul data yang digunakan berupa angket, lembar komentar, dan saran. Teknik analisis menggunakan analisis deskriptif. Produk hasil pengembangan perangkat pembelajaran ini berupa silabus, RPP, LKPD, instrumen penilaian meliputi sikap, pengetahuan, dan keterampilan dan *handout* dalam bentuk cetak. Hasil persentase rata-rata kelayakan validasi isi sebagai berikut: silabus (96,79%) dengan kriteria sangat layak, RPP dan instrumen penilaian (94,96%) dengan kriteria sangat layak, LKPD (96,54%) dengan kriteria sangat layak, *handout* (94,87%) dengan kriteria sangat layak. Hasil persentase rata-rata kelayakan uji keterbacaan sebagai berikut: LKPD (97,14%) dengan kriteria sangat layak, *handout* (96,78%) dengan kriteria sangat layak. Berdasarkan hasil validasi isi dan uji keterbacaan menunjukkan bahwa secara umum perangkat pembelajaran telah valid dan layak digunakan.

Kata Kunci: *perangkat pembelajaran, learning cycle 5E-TPS (LC 5E-TPS), reaksi redoks.*

ABSTRACT

The aim of this research was developed instructional materials on redox reaction topics that consists of a syllabus, lesson plans, worksheets, assessment instruments, and handouts that fill eligibility content, language, and appearance. The development of this instructional materials was used steps in the development of the 4-D models by Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974), namely 1) define stage, 2) design stage, 3) develop stage, 4) disseminate stage. Research and development in this research was only done until the third stage. Instructional materials product was validated by a chemistry lecturer, and two chemistry teacher. Readability test carried out by 10 students. Data collection instruments were used questionnaires, comments sheets, and suggestions. Data analyze techniques is using descriptive analysis techniques. The instructional materials developments products were syllabus, lesson plans, worksheets, assessment instruments of attitudes, knowledge, skills, and handouts. The average percentage results of content validation as follows: syllabus (96.79%) with very good criteria, lesson plan and assessment instruments (94.96%) with very good criteria, worksheets (96.54%) with very good criteria, handouts (94.87%) with very good criteria. Test average percentage results of readability by studennts as follows: worksheets (97.14%) with with very good criteria, handouts (96.78%) with very good criteria. Based on content validation and readability test results showed that the instructional materials had a valid and fit to use generally.

Key words: *instructional materials, learning cycle 5E-TPS (LC 5E-TPS), redox reaction*

PENDAHULUAN

Kurikulum 2013 menuntut proses pembelajaran yang diselenggarakan berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, dan memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif (Permendikbud Nomor 65 Tahun 2013). Dalam implementasinya guru merupakan komponen yang sangat penting dalam menyiapkan proses pembelajaran. Menurut Triharyanti (2012: 2) dalam proses pembelajaran ada empat komponen penting yang berpengaruh bagi keberhasilan belajar peserta didik, yaitu bahan belajar, suasana belajar, media dan sumber belajar, serta guru sebagai subyek pembelajaran. Dalam pengaturan proses pembelajaran, pemilihan model, metode, dan strategi pembelajaran harus dipertimbangkan dengan baik.

Hasil wawancara dengan dua guru Kimia di Trenggalek diperoleh informasi bahwa dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar masih dominan dengan metode ceramah, walaupun juga disertai diskusi dan tanya jawab. Pembelajaran yang demikian cenderung membuat peserta didik kurang berpartisipasi, cenderung pasif, diam dan kurang termotivasi, sehingga membuat proses pembelajaran menjadi kurang kondusif. Kondisi tersebut bertentangan dengan tuntutan Kurikulum 2013, sehingga perlu diperbaiki.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan di antaranya adalah dengan mempersiapkan pembelajaran dengan sebaik-baiknya. Salah satu cara mempersiapkan pembelajaran yang baik adalah dengan menyediakan perangkat pembelajaran yang disesuaikan dengan kondisi peserta didik. Hasil wawancara dengan salah satu guru Kimia SMA di Malang dan dua guru Kimia SMA di Trenggalek diperoleh informasi bahwa mereka masih memerlukan suatu rancangan pembelajaran lengkap yang berisi skenario, LKPD, *handout* dan instrumen penilaian yang sesuai dengan tuntutan Kurikulum 2013 serta model-model pembelajaran berbasis konstruktivis.

Beberapa model pembelajaran yang dipandang sejalan dan cocok dengan pembelajaran berbasis konstruktivis serta sesuai tuntutan Kurikulum 2013 adalah model *learning cycle*, dan model pembelajaran kooperatif (Kurniasih & Sani, 2014: 64). Model pembelajaran *learning cycle 5E (LC 5E)* adalah model pembelajaran yang berbasis konstruktivis yang dikembangkan dari teori perkembangan kognitif Piaget, dan memiliki 5 fase selama proses pembelajarannya yaitu *engagement*, *exploration*, *explanation*, *elaboration*, *evaluation*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Opara dan Waswa (2013: 1277) model pembelajaran LC 5E merupakan model pembelajaran yang efektif dalam pembelajaran kimia serta mampu meningkatkan pemahaman peserta didik lebih mendalam. Keunggulan model pembelajaran ini adalah dapat mengevaluasi setiap fase pada kegiatan pembelajaran sebelumnya, sehingga diharapkan kegiatan pembelajaran selanjutnya menjadi lebih baik, memotivasi peserta didik untuk mengikuti kegiatan pembelajaran dan meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar (Dasna, 2006: 72).

Model pembelajaran TPS (*Think-pair-share*) adalah salah model pembelajaran kooperatif yang memfasilitasi peserta didik untuk berfikir secara mandiri kemudian berpasangan dalam menguasai suatu konsep materi (Iskandar, 2011: 180). Keunggulan model pembelajaran ini diantaranya adalah setiap peserta didik aktif berfikir/memikirkan jawaban dari suatu permasalahan yang diberikan guru, meningkatkan interaksi peserta didik dengan pasangannya dalam berdiskusi, sehingga lebih fokus bertukar ide dengan pasangannya, dan meningkatkan tingkat komunikasi lisan (Azlina, 2010: 23)

Pada penelitian ini, kedua model pembelajaran tersebut dipadukan menjadi model pembelajaran *learning cycle 5E-TPS (LC 5E-TPS)* dengan tujuan untuk meningkatkan interaksi antar peserta didik maupun dengan guru, sehingga diharapkan terjadi konstruksi konsep secara aktif oleh peserta didik, meningkatkan hasil belajarnya, serta mampu memenuhi tuntutan Kurikulum 2013. Tiga tahapan pada model pembelajaran TPS diintegrasikan dalam fase-fase pada model pembelajaran LC 5E, yaitu (a) tahap *think* pada TPS diintegrasikan dalam tahap *exploration*, dan tahap *elaboration* pada LC 5E secara mandiri, dengan tujuan agar setiap peserta didik berpartisipasi aktif dalam mengkonstruksi pemahaman konsepnya dan mengaplikasikan pemahaman konsep yang telah dimilikinya melalui pengerjaan masalah/soal yang diberikan oleh guru, (b) tahap *pair* pada TPS diintegrasikan dalam tahap *exploration*, dan tahap *elaboration* secara berpasangan, dengan tujuan meningkatkan interaksi antar peserta didik dalam berdiskusi dengan pasangannya, sehingga lebih fokus dalam bertukar ide, (c) tahap *share* pada TPS diintegrasikan dalam tahap *explanation*, dan tahap

elaboration pada *LC 5E* dengan tujuan meningkatkan tingkat komunikasi lisan serta menyamakan persepsi dari masing-masing pasangan ke kelas klasikal.

Model pembelajaran tersebut digunakan pada materi reaksi redoks, karena materi ini memiliki karakteristik konsep yang sebagian besar bersifat abstrak, diantaranya konsep transfer elektron, oksidator dan reduktor (Jong, dkk: 1995). Namun, materi ini juga bersifat konkret/nyata karena banyak fakta-fakta dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan reaksi redoks. Oleh karena itu dalam membelajarkan materi ini, sebaiknya guru membimbing peserta didik untuk mengaitkan fakta dari berbagai fenomena yang ada di kehidupan sehari-hari dengan konsep yang sedang dipelajari, sehingga peserta didik dapat membangun konsep melalui pengalamannya sendiri. Hal ini sesuai dengan hakekat pembelajaran konstruktivis yang diantaranya dimiliki oleh model pembelajaran *LC 5E-TPS*. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka perlu dilakukan penelitian dan pengembangan perangkat pembelajaran dengan model pembelajaran *LC 5E-TPS* pada materi pokok reaksi redoks.

METODE

A. Model Pengembangan

Penelitian dan pengembangan ini mengadaptasi dari model penelitian dan pengembangan pembelajaran menurut Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974) dengan modifikasi. Langkah-langkah penelitian dan pengembangan menurut Thiagarajan adalah (1) tahap pendefinisian (*Define*), (2) tahap perancangan (*Design*), (3) tahap pengembangan (*Develop*), (4) tahap pendiseminasian (*Disseminate*). Namun, pada penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap ketiga yaitu tahap pengembangan (*Develop*) sampai uji keterbacaan terbatas kemudian dianalisis dan dilakukan revisi. Berikut merupakan paparan dari langkah-langkah prosedur pada pengembangan perangkat ini.

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Langkah-langkah dalam penyusunan tahap ini adalah analisis pendahuluan, analisis peserta didik, analisis materi pembelajaran, dan perumusan tujuan pembelajaran. Tahap analisis pendahuluan dilakukan pengkajian Kurikulum 2013 dan masalah yang dihadapi dalam proses belajar mengajar kimia di sekolah. Tahap analisis peserta didik dilakukan pengkajian terhadap pengetahuan awal peserta didik, tingkat perkembangan kognitifnya, serta pengkajian literatur dari berbagai jurnal dan hasil penelitian tentang kesulitan peserta didik dalam memahami materi reaksi redoks. Tahap analisis materi pembelajaran dilakukan dengan mencermati KI, KD 3.9 dan 4.9 Kurikulum 2013, dan pengkajian karakteristik materi redoks serta penyajiannya dalam produk pengembangan. Tahap perumusan tujuan pembelajaran dilakukan dengan menjabarkan KD materi redoks menjadi beberapa indikator yang harus dicapai peserta didik setelah mempelajari materi reaksi redoks.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Pada tahap ini dilakukan prototipe (bentuk dasar) perangkat pembelajaran. Langkah-langkah dalam menyusun tahap ini yaitu pemilihan media, pemilihan format, rancangan awal. Media yang dipilih pada penelitian dan pengembangan ini adalah media cetak. Pemilihan format disesuaikan dengan media yang telah dipilih yaitu berkaitan dengan pemilihan model pembelajaran. Model pembelajaran yang digunakan adalah *LC 5E-TPS*, sebelum memilih model pembelajaran ini dilakukan pengkajian literatur melalui beberapa jurnal dan penelitian terdahulu tentang keunggulan dan kelemahan model pembelajaran *LC 5E* dan model pembelajaran *TPS*. Selanjutnya, tahapan dalam penyusunan perumusan rancangan awal produk yang dikembangkan dimulai dengan menyusun silabus kemudian menyusun LKPD, menyusun *handout*, menyusun instrumen penelitian, dan menyusun RPP. Berdasarkan langkah-langkah penyusunan perumusan rancangan awal tersebut, kemudian dihasilkan spesifikasi produk perangkat pembelajaran.

3. Tahap pengembangan (*Develop*)

Pada tahap ini dilakukan revisi terhadap prototipe perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan sebelumnya atas masukan para ahli (validator) untuk menghasilkan perangkat pembelajaran yang lebih baik. Langkah-langkah dalam penyusunan tahap ini adalah penelaahan dosen pembimbing, validasi oleh validator, uji coba, analisis dan revisi. Penelaahan oleh dosen pembimbing bertujuan untuk memperbaiki dan menyempurnakan produk perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan agar menghasilkan produk perangkat pembelajaran yang lebih layak. Proses validasi bertujuan untuk

mengumpulkan data dan informasi (penilaian) dari validator (satu dosen dan dua guru kimia) mengenai perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan. Uji coba dalam penelitian dan pengembangan yaitu uji coba keterbacaan terbatas pada 10 peserta didik. Analisis dan revisi dilakukan apabila hasil validasi dan uji coba menunjukkan bahwa produk belum memenuhi kriteria yang diharapkan. Setelah dilakukan revisi, diharapkan produk pengembangan menjadi lebih baik dan layak untuk di uji cobakan dalam kegiatan pembelajaran.

B. Validasi Perangkat Pembelajaran

1. Desain Validasi

Desain validasi pada penelitian dan pengembangan ini meliputi validasi isi dan uji keterbacaan. Validasi isi merupakan proses validasi produk (silabus, RPP, LKPD, instrumen penilaian, dan *handout*) kepada seseorang yang ahli dalam konteks pengembangan produk. Uji keterbacaan merupakan uji coba terbatas pada peserta didik untuk mengetahui keterbacaan produk perangkat pembelajaran yaitu LKPD dan *handout*.

2. Subjek Validasi

Subjek validasi (validator) untuk validasi isi terdiri dari satu dosen Kimia dan dua orang guru Kimia SMA, sedangkan uji keterbacaan adalah 10 peserta didik yang telah menempuh materi reaksi redoks.

3. Jenis Data

Jenis data yang diperoleh yaitu data kuantitatif berupa persentase yang diperoleh dari hasil penskoran angket validasi, sedangkan data kualitatif berupa komentar dan saran.

4. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah angket, lembar komentar dan saran. Angket penelitian berisi pernyataan dan hal-hal yang ingin diketahui mengenai perangkat pembelajaran yang dikembangkan dan ditanggapi oleh validator untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan serta kepada peserta didik untuk mengetahui keterbacaan produk yang dikembangkan. Jawaban angket disusun dengan skala bertingkat (skala likert) 1-4. Lembar komentar dan saran berisi komentar, saran, dan kritik produk perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu teknik perhitungan persentase rata-rata untuk data kuantitatif dan deskripsi dalam narasi secara singkat untuk data kualitatif. Kriteria kevalidan/kelayakan dan keterbacaan perangkat pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Kriteria Validitas Perangkat Pembelajaran

Kriteria Validitas (Persentase)	Kriteria Validitas
85,01% -100%	sangat layak (dapat digunakan tanpa revisi)
70,01% - 85,00%	layak (dapat digunakan namun perlu revisi kecil)
50,01% - 70,00%	kurang layak (boleh digunakan namun revisi besar)
01,00% - 50,00%	tidak layak (tidak boleh digunakan)

(Sumber: Modifikasi Akbar S, 2013: 155)

Tabel 2 Kriteria keterbacaan Lembar Kerja Peserta Didik dan *Handout*

Kriteria Validitas (Presentase)	Kriteria Keterbacaan

85,01 % -100%	sangat sesuai/sangat tepat digunakan dan sangat mudah dipahami bahasanya.
70,01% - 85,00%	sesuai/tepat dan mudah dipahami bahasanya
50,01% - 70,00%	kurang sesuai, kurang tepat dan kurang mudah dipahami bahasanya
01,00% - 50,00%	tidak sesuai, tidak tepat dan tidak mudah dipahami bahasanya.

(Sumber: Modifikasi Akbar S, 2013: 155)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan ini dilakukan masih sampai untuk mengetahui kelayakan isi, bahasa, dan tampilan perangkat pembelajaran. Berikut paparan hasil kelayakan validasi isi dan uji keterbacaan perangkat pembelajaran hasil pengembangan.

A. Hasil Validasi Isi

Hasil validasi isi oleh tiga validator pada silabus, RPP, LKPD, *handout*, instrumen penilaian, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Validasi Isi Pada Silabus, RPP, LKPD, *Handout*, dan Instrumen Penilaian.

No	Perangkat Pembelajaran	Persentase rata-rata (%)		
		Aspek kelayakan isi	Aspek kebahasaan	Aspek tampilan
1	Silabus	95,00	97,22	100
2	RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) dan instrumen penilaian	94,00	94,45	100
3	LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik)	96,20	97,22	97,22
4	<i>Handout</i>	96,35	100	97,91

1. Silabus

Penilaian aspek kelayakan isi pada silabus berkaitan dengan identitas dan kompetensi, materi pokok, pembelajaran, penilaian dan sumber belajar. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 95,00%, sehingga disimpulkan bahwa silabus yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kelayakan isi sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek kebahasaan berkaitan dengan penggunaan bahasa yang komunikatif, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar, dan kemudahan dalam memahami informasi. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 97,22%, sehingga disimpulkan bahwa silabus yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kebahasaan sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek tampilan berkaitan dengan pemilihan format yang meliputi kesesuaian warna, huruf, simbol pada silabus yang dikembangkan. Berdasarkan hasil

perhitungan persentase didapatkan angka 100%, sehingga disimpulkan bahwa silabus yang dikembangkan jika dilihat dari aspek tampilan sangat layak digunakan.

2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Instrumen Penilaian

Penilaian aspek kelayakan isi pada RPP berkaitan dengan kesesuaian komponen-komponen yang terdapat dalam RPP diantaranya identitas dan kompetensi, materi pembelajaran, model, metode, sumber belajar, langkah-langkah pembelajaran, penilaian yang meliputi kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan, serta kesesuaian dengan model pembelajaran *LC 5E-TPS*. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 95,00%, sehingga disimpulkan bahwa RPP yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kelayakan isi sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek kebahasaan berkaitan dengan penggunaan bahasa yang komunikatif, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar, dan kemudahan dalam memahami informasi. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 94,45%, sehingga disimpulkan bahwa RPP yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kebahasaan sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek tampilan berkaitan dengan pemilihan format yang meliputi kesesuaian warna, huruf, simbol pada RPP yang dikembangkan. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 100%, sehingga disimpulkan bahwa RPP yang dikembangkan jika dilihat dari aspek tampilan sangat layak digunakan.

3. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD yang dikembangkan terdiri dari LKPD untuk peserta didik dan guru sejumlah 6. Penilaian aspek kelayakan isi pada LKPD berkaitan dengan kesesuaian isi LKPD, keakuratan konsep, dan kesesuaian dengan *LC 5E-TPS*. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 96,20%, sehingga disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kelayakan isi sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek kebahasaan berkaitan dengan penggunaan bahasa yang komunikatif, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar, dan kemudahan dalam memahami informasi, perintah dan pertanyaan. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 97,22%, sehingga disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kebahasaan sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek tampilan berkaitan dengan pemilihan format yang meliputi kesesuaian warna, huruf, simbol, gambar dan kemenarikan tampilan pada LKPD yang dikembangkan. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 97,22%, sehingga disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan jika dilihat dari aspek tampilan sangat layak digunakan.

4. Handout

Penilaian aspek kelayakan isi pada *handout* berkaitan dengan kelengkapan, kesesuaian, dan kedalaman materi serta latihan soal. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 96,35%, sehingga disimpulkan bahwa *handout* yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kelayakan isi sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek kebahasaan berkaitan dengan penggunaan bahasa yang komunikatif, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar, dan kemudahan dalam memahami informasi, perintah dan pertanyaan. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 100%, sehingga disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan jika dilihat dari aspek kebahasaan sangat layak untuk digunakan. Penilaian aspek tampilan berkaitan dengan pemilihan format yang meliputi kesesuaian warna, huruf, simbol, gambar dan kemenarikan tampilan pada *handout* yang dikembangkan. Berdasarkan hasil perhitungan persentase didapatkan angka 97,91%, sehingga disimpulkan bahwa *handout* yang dikembangkan jika dilihat dari aspek tampilan sangat layak digunakan.

B. Hasil Uji Keterbacaan

Penilaian uji keterbacaan perlu dilakukan karena keefektifan bahasa yang digunakan merupakan faktor utama untuk menentukan pemahaman subyek menggunakan LKPD dan *handout*. Uji keterbacaan oleh peserta didik pada LKPD yang dikembangkan berkaitan dengan kemudahan dan kejelasan bahasa, kalimat, gambar, warna, kemudahan dalam mengikuti langkah pembelajaran, kemenarikan fakta, serta tampilan dan tata letak pada LKPD. Hasil uji keterbacaan pada LKPD didapatkan persentase 97,14%, sehingga disimpulkan bahwa LKPD yang dikembangkan sangat sesuai dan sangat mudah dipahami bahasanya. Uji keterbacaan oleh peserta didik pada *handout* yang dikembangkan berkaitan dengan

kemudahan dan kejelasan bahasa, kalimat, gambar, warna, dapat menambah wawasan dan pengetahuan pada materi redoks, serta kemenarikan tampilan dan tata letak pada *handout*. Hasil uji keterbacaan pada *handout* didapatkan persentase 96,78%, sehingga disimpulkan bahwa *handout* yang dikembangkan sangat sesuai dan sangat mudah dipahami bahasanya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran yang terdiri dari silabus, RPP, LKPD, *handout* dan instrumen penelitian telah memenuhi kelayakan isi, bahasa, tampilan dan sangat layak digunakan.

Saran

Saran dari hasil pengembangan perangkat pembelajaran sebagai berikut.

1. Penelitian dan pengembangan ini mengadaptasi dari model pengembangan menurut Thiagarajan, Semmel, & Semmel (1974) dengan modifikasi. Namun, hanya sampai tahap *develop* (tahap pengembangan) sampai uji keterbacaan terbatas kemudian dianalisis dan dilakukan revisi, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menguji keefektifan dan kepraktisan perangkat pembelajaran dalam hal meningkatkan prestasi/hasil belajar peserta didik di kelas sebenarnya.
2. Penggunaan perangkat pembelajaran ini dikatakan efektif jika peserta didik telah mencapai nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang telah ditetapkan di masing-masing sekolah yang menggunakan Kurikulum 2013.
3. Perangkat pembelajaran ini dikembangkan dengan menggunakan model pembelajaran *LC 5E-TPS*. Oleh karena itu, sebelum menggunakan perangkat pembelajaran ini guru diharapkan memahami terlebih dahulu petunjuk penggunaan perangkat, dan pedoman penskoran.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2013. *Intrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Azlina, N.A.N. 2010. CETLS. Supporting Collaborative Activities Among A Students and Teachers Through the Use Of Think-Pair-Share Techniques. *UCSI International Journal of Computer Science Issues*, 7(5): 18-29.
- Dasna, I.W. 2006. *Model Siklus Belajar (Learning Cycle) Kajian Teoritis dan Implementasinya dalam Pembelajaran Kimia*. Malang: Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Iskandar, S.M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran sains Berbasis Konstruktivistik*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Jong, O.D., Acampo, J. & Verdonk, A. 1995. Problem in Teaching the Topic of Redox Reaction: Action and Conceptions of Chemistry Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10): 1097-1110.
- Opara, F. & Waswa, P. 2013. Enhancing Student Achievement in Chemistry Through The Piagetian Model The Learning Cycle. *International Journal For Cross-Discliplinary Subject In Education (IJCDSE)*, 4 (4): 1270-1278
- Kurniasih & Sani. 2014. *Sukses Mengimplementasikan Kurikulum 2013: Kata Pena*. Permendikbud Nomor 66 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah. 2013. Jakarta: BSNP.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.G. & Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development For Training Teachers Of Exceptional Children*. Minnesota: The Council For Exceptional Children.
- Triharyanti. 2012. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Kuantum-Think Pair Share (TPS) Pada Materi Reaksi Redoks*. Skripsi, (online), (<http://lib.unnes.ac.id>), dikases tanggal 23 Mei 2016.

**KAJIAN IMPLEMENTASI PENDEKATAN SAINTIFIK
DALAM MODUL PEMBELAJARAN KIMIA-BAHAN BAKAR&PELUMAS
UNTUK SMK KOMPETENSI KEAHLIAN TEKNIK SEPEDA MOTOR (TSM)**

Hanie Vidya Christie*^a, Endang Budiasih, Siti Marfu'ah^a

^a Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang 65145

* Corresponding author's email: haniechristie@gmail.com

ABSTRAK

Penulisan kajian ini bertujuan mengkaji implementasi pendekatan saintifik (*scientific approach*) ke dalam modul pembelajaran kimia bahan bakar & pelumas untuk SMK. Materi kimia bahan bakar & pelumas merupakan pengembangan dari materi minyak bumi dan kegunaannya. Materi ini dapat diintegrasikan dengan materi pelajaran kompetensi kejuruan Paket Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM), khususnya pada materi Sistem bahan bakar dan Sistem Pelumasan dan pendinginan. Penggunaan pendekatan saintifik ke dalam modul ini diharapkan menghasilkan pembelajaran kimia yang lebih bermakna, sehingga motivasi dan hasil belajar kimia siswa meningkat. Pembelajaran kimia yang bermakna terwujud karena implementasi pendekatan saintifik sesuai dengan prinsip pembelajaran konstruktivis yang dilakukan melalui kegiatan mengamati, menanya, mengeksplorasi, menalar dan mengomunikasikan

Kata kunci: pendekatan saintifik (*scientific approach*), modul pembelajaran kimia, bahan bakar dan pelumas

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the implementation of scientific approach in chemistry learning modules on fuels and lubricants for vocational high school. The Chemistry of fuels and lubricants topic is the development of the former petroleum and its uses topic. This topic can be integrated into vocational subject of Motorcycle Engineering (TSM) Package, especially on the subjects of fuel system and Lubrication-Cooling System. The use of scientific approach in this module is expected to generate more meaningful chemistry learning, so the motivation and the outcome of students' learning in chemistry can be improved. The meaningful learning of chemistry can be realized because the scientific approach is compatible with the principles of constructivist learning through observing, questioning, exploring, reasoning and communicating activities.

Keywords: scientific approach, chemistry learning modules, fuels and lubricants

PENDAHULUAN

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan salah satu jenjang pendidikan menengah yang mempersiapkan peserta didik terutama untuk siap bekerja dalam bidang pekerjaan tertentu sesuai paket keahlian yang diambilnya (UU Sisdiknas, 2003). Setiap mata pelajaran yang diberikan di SMK harus berkontribusi dalam pembentukan kompetensi (sikap, keterampilan dan pengetahuan) siswa dalam bidang Kejuruan (Kemendikbud, 2015; Rasto, 2012; Jama & Wagino, 2009a).

Mata pelajaran kimia dalam struktur kurikulum 2013 SMK termasuk kelompok mata pelajaran dasar bidang keahlian (wajib) yang merupakan mata pelajaran substantif pengikat untuk dasar bidang kejuruan SMK Kelompok Teknologi dan rekayasa (Permendikbud, 2014). kimia sebagai mata pelajaran substantif pengikat dasar bidang kejuruan artinya pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dalam mata pelajaran kimia diperlukan untuk menguatkan penguasaan pada materi kompetensi dasar kompetensi kejuruan siswa (Kemendikbud, 2015; Permendikbud, 2014; Ditjen Dikmen, 2014; Jama & Wagino, 2009a). Oleh sebab itu mata pelajaran kimia seharusnya menghubungkan langsung konsep-konsep yang dibahas dengan dunia nyata dan aplikasinya dalam materi bidang kejuruan siswa.

Selain itu proses pembelajaran kimia di SMK juga harus relevan dengan Kurikulum yang sedang berlaku saat ini, yaitu Kurikulum 2013. Kurikulum 2013 menyarankan penggunaan pendekatan saintifik atau pendekatan berbasis proses keilmuan untuk mengembangkan sikap, pengetahuan dan keterampilan siswa secara seimbang melalui lima komponen kegiatan (pengalaman belajar), yaitu kegiatan mengamati, menanya, mengeksplorasi, menalar, dan mengomunikasikan. Dalam pendekatan proses keilmuan, proses pembelajaran mengedepankan penalaran induktif daripada penalaran deduktif karena penalaran induktif lebih sesuai dengan cara mempelajari sains dengan metode ilmiah (Kemendikbud, 2015; Sulistyani, 2010; Lawson, 2005). Penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik. Sebaliknya, penalaran induktif memandang fenomena atau situasi khusus untuk kemudian menarik simpulan secara keseluruhan (yang bersifat umum) (Kemendikbud, 2015).

Pada kenyataannya, materi kimia yang diajarkan di SMK selama ini belum sesuai harapan dalam Kurikulum 2013. Materi kimia yang disajikan masih bersifat teoritis dan tidak menunjukkan keterkaitan langsung dengan aplikasi konsepnya dalam materi kejuruan siswa. Selain itu, penyajian materi kimia kurang melatih kemampuan siswa dalam bernalar dan aktif mengkonstruksi pengetahuannya sendiri karena konten materinya yang masih bersifat informatif dan tidak menekankan pada pengembangan kompetensi melalui pendekatan saintifik. Akibatnya, siswa menjadi kurang termotivasi belajar kimia yang cenderung teoritis dan lebih menyukai pelajaran produktif yang lebih menekankan pada kerja praktek (Dasna, 2012). Pernyataan ini didukung hasil penelitian Eswindro (2012) bahwa masih banyak siswa beranggapan bahwa kimia sebagai mata pelajaran yang kurang menarik dibanding mata pelajaran kompetensi kejuruan karena bahan ajar yang digunakan kurang kontekstual dan tidak menunjukkan hubungan dan aplikasi konsep dasar kimia dalam bidang kejuruan siswa. Materi dalam bahan ajar yang disajikan secara informatif, tidak kontekstual dengan kompetensi kejuruan siswa, serta tidak melatih keterampilan proses ilmiah siswa dalam belajar kimia dapat berpengaruh pada motivasi dan hasil belajar kognitif siswa.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan melalui kegiatan wawancara dengan guru kimia dan guru produktif, alumni, serta hasil analisis bahan ajar di SMKN 9 Malang diperoleh gambaran bahwa 1) materi kimia yang diajarkan masih bersifat informatif dan kurang aplikatif dengan bidang kejuruan siswa SMK Paket keahlian TSM, 2) bahan ajar yang ada belum sesuai dengan standar Kurikulum 2013, 3) materi dalam bahan ajar belum mengeksplisitkan komponen-komponen pendekatan saintifik, dan 4) alokasi waktu pembelajaran kimia dalam kurikulum yang terbatas karena terpotong waktu prakerin dan hari belajar fakultatif.

Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Proses pembelajaran dengan pendekatan saintifik selalu berbasis fakta atau fenomena yang dijelaskan dengan logika atau penalaran tertentu yang mampu memberi kesempatan pada siswa membangun pengetahuannya sendiri melalui serangkaian kegiatan 5M, yaitu mengamati, menanya, mengeksplor/mencoba, menalar dan mengomunikasikan (Kemendikbud, 2015). Salah satu materi kimia yang kontekstual dan ada keterkaitan langsung dengan

materi kompetensi kejuruan siswa SMK khususnya pada Paket Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM) adalah materi Minyak Bumi dan Kegunaannya.

Materi kimia minyak bumi sangat sesuai diajarkan di SMK paket keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM) terkait kegunaan salah satu fraksi minyak bumi sebagai bahan bakar kendaraan Sepeda Motor. Dalam silabus mata pelajaran kimia Kurikulum 2013 Kelompok Teknologi dan Rekayasa, materi minyak bumi dan kegunaannya dibahas pada KD 3.2 dan KD 4.2 mencakup subtopik proses pembentukan minyak bumi, fraksi-fraksi minyak bumi dan kegunaan fraksi-fraksi minyak bumi. Subtopik-subtopik ini berkaitan dengan materi kejuruan siswa terutama pada materi dasar-dasar perawatan mesin sepeda motor KD 3.5 (dasar-dasar perawatan sistem bahan bakar) dan KD 4.5 (perawatan berkala sistem bahan bakar). Dengan memahami sifat kimia dan sifat fisika bahan bakar sepeda motor khususnya bensin, siswa diharapkan mampu memahami proses-proses kimiawi yang terjadi dalam sistem bahan bakar mesin sepeda motor, sehingga pemahaman ilmu kimia dalam materi minyak bumi dan kegunaannya sebagai bahan bakar dapat difungsikan dalam memilih bahan bakar yang sesuai kebutuhan mesin sepeda motor, merawat sistem mesin sepeda motor dan sebagai bekal siswa dalam melakukan pengembangan di bidang otomotif sepeda motor nantinya.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, diketahui jelas bahwa materi kimia dapat mengakomodasi dan menguatkan penguasaan pengetahuan dan keterampilan siswa pada materi dasar kompetensi kejuruan siswa SMK, khususnya Paket Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM). Namun diperlukan bahan ajar yang dapat mengintegrasikan konsep-konsep dalam ilmu kimia dengan materi kejuruan siswa. Penggunaan pendekatan saintifik dalam bahan ajar akan membantu meningkatkan keterampilan berfikir tingkat tinggi siswa melalui kegiatan bernalar sesuai komponen-komponen dalam pendekatan saintifik. Pada akhirnya, diharapkan pembelajaran kimia menjadi lebih menarik dan bermakna bagi siswa sehingga dapat mendukung penguasaan kompetensi kejuruan siswa. Sebagai batasan masalah dalam pembahasan kali ini, dalam artikel ini difokuskan pada masalah: 1) apa itu pendekatan saintifik, 2) bagaimana aplikasi pendekatan saintifik dalam bahan ajar kimia Minyak Bumi dan Kegunaannya sebagai Bahan Bakar Kendaraan Sepeda Motor untuk siswa SMK Paket Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM)?

BAHASAN UTAMA

Pendekatan saintifik dalam Kurikulum 2013

Pembelajaran pada kurikulum 2013 menggunakan pendekatan saintifik atau pendekatan berbasis proses keilmuan. Menurut Rahayu (2014:11) kurikulum 2013 secara umum memiliki harapan yang mengarah pada mewujudkan literasi sains diantaranya agar siswa memiliki

(a) kemampuan berkomunikasi ; (b) kemampuan berpikir kritis dan kreatif; (c) kemampuan dalam mempertimbangkan masalah dalam sisi moral; (d) kemampuan hidup dalam masyarakat yang global; dan (e) memiliki minat luas dalam kehidupan dan kesiapan untuk bekerja, kecerdasan sesuai dengan bakat/minatnya, dan peduli terhadap lingkungan.

Pembelajaran saintifik merupakan pembelajaran yang mengadopsi langkah-langkah saintis dalam membangun pengetahuan melalui metode ilmiah. Melalui metode ilmiah, siswa akan terbiasa berfikir sistematis dalam bersikap dan mengolah pengetahuan serta keterampilannya. Pendekatan saintifik merupakan cara mengembangkan sikap, pengetahuan, dan keterampilan peserta didik, dimana guru lebih mengedepankan penalaran induktif. Penalaran induktif memandang fenomena atau situasi spesifik untuk kemudian menarik kesimpulan secara keseluruhan, sedangkan penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik.

Dalam mengimplementasikan pendekatan saintifik, materi pembelajaran berbasis pada fakta atau fenomena yang dapat dijelaskan dengan logika atau penalaran tertentu; bukan sebatas kira-kira, khayalan, legenda, atau dongeng semata. Pendekatan saintifik mendorong dan menginspirasi siswa berpikir secara kritis, analitis, dan tepat dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran dalam kehidupan nyata (kemendikbud, 2015). Pelaksanaan pendekatan saintifik/pendekatan berbasis proses keilmuan merupakan pengorganisasian pengalaman belajar dengan urutan logis dan sistematis melalui proses kegiatan: (a) mengamati, (b) menanya, (c) mengumpulkan informasi/mencoba, (d) menalar/mengasosiasi, dan (e) mengomunikasikan. Pendekatan saintifik model 5M ini memberikan pengalaman langsung dan sangat bermakna bagi peserta didik terutama dalam mengembangkan kompetensi agar dapat lebih mampu menjelajahi dan

memahami alam sekitar secara ilmiah. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik (Kemendikbud, 2015).

Aplikasi Pendekatan Saintifik Dalam Bahan Ajar Kimia Minyak Bumi dan Kegunaannya sebagai Bahan Bakar yang terintegrasi dengan Mata Pelajaran Kompetensi Kejuruan SMK Paket Keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM).

Kompetensi dasar materi minyak bumi dan kegunaannya dalam silabus mata pelajaran kimia SMK Kurikulum 2013 Kelompok Bidang Teknologi dan Rekayasa dibahas pada KD 3.2 dan KD 4.2 dan diajarkan pada kelas XI semester genap. Materi ini mencakup subtopik-subtopik antara lain, proses pembentukan minyak bumi, fraksi-fraksi minyak bumi dan kegunaan fraksi-fraksi minyak bumi. Subtopik-subtopik ini berkaitan dengan materi kejuruan siswa terutama pada materi dasar-dasar perawatan mesin sepeda motor KD 3.5 tentang dasar-dasar perawatan sistem bahan bakar, dan KD 4.5 tentang perawatan berkala sistem bahan bakar yang diajarkan di kelas XI semester genap. Dengan memahami sifat kimia dan sifat fisika bahan bakar sepeda motor khususnya bensin, siswa diharapkan mampu memahami proses-proses kimiawi yang terjadi dalam sistem bahan bakar mesin sepeda motor, sehingga pemahaman ilmu kimia dalam materi minyak bumi dan kegunaannya sebagai bahan bakar dapat difungsikan dalam memilih bahan bakar yang sesuai kebutuhan mesin sepeda motor, merawat sistem mesin sepeda motor dan sebagai bekal siswa dalam melakukan pengembangan di bidang otomotif sepeda motor nantinya.

Penggunaan pendekatan saintifik dalam bahan ajar dapat dicontohkan sebagai berikut,

1. Siswa diberi kesempatan **mengamati** hal yang penting dari suatu obyek
Pada bahan ajar disajikan gambar berbagai jenis bahan bakar bensin yang beredar dipasaran beserta perbedaan nilai oktannya.



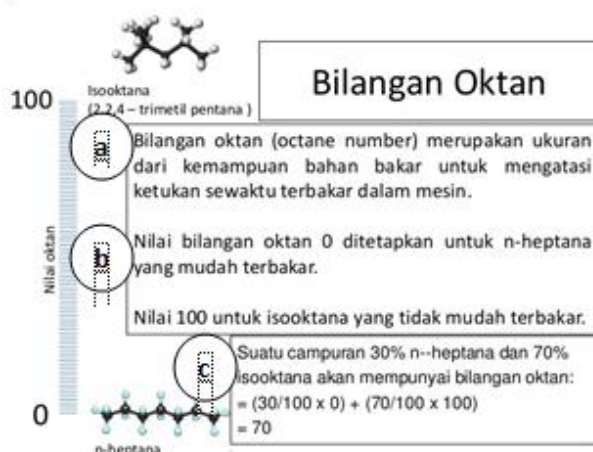
Gambar 1.1 Beberapa jenis bensin yang beredar di Indonesia beserta nilai oktan, jarak tempuh, rasio kompresi mesin dan kandungan sulfurnya (sumber: Pertamina, 2015)

Selain dengan mengamati gambar 1.1, dalam bahan ajar disediakan video tentang nilai oktan bensin yang diputar melalui LCD. Saat mengamati, siswa tidak sekedar menyimak, tetapi juga melakukan identifikasi, mengelompokkan dan menyimpulkan isi dari gambar, bacaan, data atau video yang disimak.

2. Siswa dibimbing untuk mengajukan pertanyaan pada kegiatan **menanya** dari hasil pengamatan obyek.

Dari kegiatan mengamati siswa dapat melakukan hipotesa dan membuat pertanyaan, mengenai, (a) apa yang membedakan kualitas ketiga bahan bakar yang ditampilkan dalam gambar, (b) apa yang dimaksud besar/nilai oktan, (c) apa hubungan nilai oktan dengan kualitas bensin, (d) apa hubungan nilai oktan bensin dengan kompresi mesin, (e) bagaimana perbedaan energi hasil proses pembakaran masing-masing bensin dalam mesin dan (f) pengaruh penambahan zat additive seperti sulfur dalam bensin. Untuk memperlancar pada kegiatan menanya digunakan kata bantu untuk memudahkan siswa membuat pertanyaan.

- Misalkan siswa bertanya tentang “apa yang dimaksud dengan besar oktan bensin? Dan senyawa yang menyebabkan perbedaan nilai oktan bensin?”
3. Siswa menggali dan mengumpulkan informasi tentang “apa yang dimaksud dengan besar oktan bensin? Dan senyawa yang menyebabkan perbedaan nilai oktan bensin?” melalui kegiatan **eksplorasi** terkait dengan topik yang dipelajari, baik melalui kajian literature maupun melalui eksperimen.



Tabel 1 Nilai oktan berbagai senyawa hidrokarbon alkana

Senyawa	Jumlah atom C	Angka Oktan
n-butana	4	94
n-pentana	5	62
n-Heksana	6	25
2,2-dimetilbutana	6	94
n-heptana	7	0
2-metilheksana	7	41
2,2-dimetilpentana	7	89
2,2,3-trimetilbutana	7	113
Metilsikloheksana	7	104
Oktana	8	-19
2,2,4-trimetilpentana (isooktana)	8	100

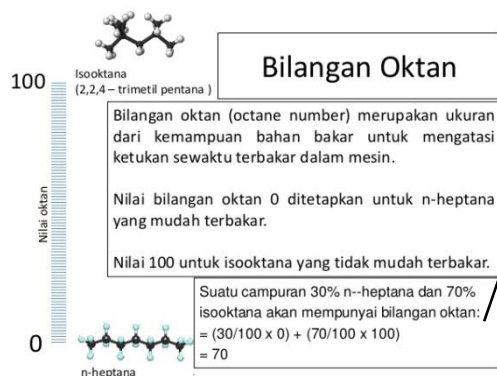
Effendi, 2012

Untuk menjawab pertanyaan “apa yang dimaksud dengan besar oktan bensin? Dan senyawa yang menyebabkan perbedaan nilai oktan bensin?”, pada kegiatan eksplorasi dikaji tentang (a) konsep nilai oktan bensin, (b) senyawa penyusun bensin yang menjadi standar nilai oktan (kualitas) bensin, (c) cara menentukan nilai oktan campuran senyawa hidrokarbon, serta (d) hal yang mempengaruhi nilai oktan bahan bakar fosil dilihat dari struktur senyawa hidrokarbon di dalamnya.

Dari proses eksplorasi ini siswa dapat memahami yang dimaksud dengan nilai/harga oktan bensin, penyebab perbedaan nilai oktan beberapa jenis bensin, hubungan nilai oktan bensin dengan kualitas bensin, cara menentukan nilai oktan bensin, serta mampu menalar faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai oktan beberapa senyawa hidrokarbon dalam bahan bakar fosil hingga memahami alasan mengapa isooktana menjadi standar/ukuran kualitas bensin.

4. Siswa **menalar** dengan menentukan keterkaitan antara informasi dan membuat kesimpulan. Pada kegiatan menalar siswa diberikan data-data yang harus diselesaikan berdasarkan hasil informasi yang telah diperoleh dari kegiatan eksplorasi, melengkapi, menghubungkan dan menyimpulkan hasil eksplorasinya untuk menjawab pertanyaan yang muncul saat menanya. Contoh kegiatan menalar:

- Cara menentukan nilai oktan bensin berdasarkan komposisi senyawanya



1. Jika bensin premium memiliki angka oktan 88, artinya bensin tersebut mengandung jumlah setara isooktana sebesar% dan n-heptana sebesar%
2. Jika ada 10 liter premium yang diisi dalam tangki motor, berapa liter jumlah isooktana dan n-heptana?

- Menghubungkan dan memahami kenapa isooktana menjadi standar/ukuran kualitas bensin dengan mengamati keteraturan perubahan nilai oktan dan struktur senyawa (panjang rantai karbon, jenis ikatan, dan jumlah substituen) beberapa senyawa hidrokarbon dalam bahan bakar fosil (minyak bumi).

Tabel 1 Nilai oktan berbagai senyawa hidrokarbon alkana

Senyawa	Struktur molekul	Jumlah atom C	Angka Oktan
n-butana		4	94
n-pentana		5	62
n-Heksana		6	25
2,2-dimetilbutana		6	94
n-heptana		7	0
2-metilheksana		7	41
2,2-dimetilpentana		7	89
2,2,3-trimetilbutana		7	113
Metilsikloheksana		7	104
Oktana		8	-19
2,2,4-trimetilpentana (Isooktana)		8	100

- Berdasarkan tabel 1. Angka oktan senyawa hidrokarbon dipengaruhi oleh? Jelaskan!
 - Massa molekul relatif senyawa (M_r)
 - Jumlah cabang (substituen)
 - Jenis ikatan (jenuh/tak jenuh)
- Kenapa senyawa isooktana (2,2,4-trimetilpentana) yang menjadi standar kualitas bensin (standar nilai oktan)? bagaimana kemudahan terbakar senyawa isooktana dibanding n-heptana? jelaskan!

- Siswa **mengomunikasikan** hasil pembelajaran agar mendapatkan umpan balik yang baik dari guru dan siswa lain.

Dalam bahan ajar juga melatih keterampilan untuk mengomunikasikan. Bahan ajar minyak bumi dan kegunaannya sebagai bahan bakar melatih siswa untuk menarik kesimpulan dari setiap subtopik dan mempresentasikannya di depan kelas. Dalam bahan ajar juga memuat tugas proyek membuat poster sebagai media untuk mengomunikasikan hasil belajarnya.

Banyak hal yang bisa dijelaskan dan dibelajarkan kepada siswa berkaitan materi minyak bumi dan kegunaannya sebagai bahan bakar, khususnya bensin. Penyajian materi minyak bumi dan kegunaannya sebagai bahan bakar bensin untuk kendaraan sepeda motor dengan pendekatan saintifik dapat memberikan contoh langsung aplikasi konsep kimia pada materi produktif khususnya materi sistem bahan bakar, sehingga diperkirakan mampu menjadikan pembelajaran kimia lebih bermakna dan memotivasi siswa SMK belajar kimia serta meningkatkan kompetensi kejuruannya. Siswa dapat memperoleh pengalaman belajar melalui kegiatan mengamati fakta, menanya, mengeksplorasi, menalar dan mengkomunikasikan materi yang telah dibelajarkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan pendekatan saintifik melatih siswa dalam meningkatkan keterampilan proses ilmiah melalui kegiatan 5M, yaitu mengamati, menanya, eksplorasi, menalar, dan mengomunikasi sehingga perlu diimplemetasikan dalam bahan ajar

2. Implementasi pendekatan saintifik dalam bahan ajar kimia bahan bakar motor bensin yang terintegrasi dengan materi kejuruan TSM tentang perawatan sistem bahan bakar menjadikan pembelajaran lebih bermakna, sehingga motivasi dan hasil belajar siswa meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasna, I.W. 2012. *Penggunaan Model Pembelajaran Kooperatif dalam Pembelajaran MIPA di SMK*. Makalah disajikan pada Diklat Pembelajaran, SMKN 1 Blitar, Blitar, 12 Pebruari.
- Ditjen Dikmen. 2014. *Surat Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Menengah No. 1464/D3.3/KEP/KP/2014 tentang Spektrum Pendidikan SMK*.
- Eswindro, T. 2012. *Pengembangan Modul pembelajaran Kimia "Fuel For light Vehicle System" dengan Pendekatan Kontekstual untuk Siswa RSMKBI Kompetensi Keahlian Teknik Kendaraan Ringan*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Jama, J. & Wagino. 2009a. *Teknik Sepeda Motor Jilid 1 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Kemendikbud. 2015. *Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2015*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI No. 60 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan.
- Rahayu, Sri. 2014. *Menuju masyarakat Berliterasi Sains; Harapan dan Tantangan Kurikulum 2013*. Makalah disajikan dalam seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya. Jurusan FPMIPA UM. 6 September.
- Rasto. 2012. *Tinjauan Pustaka Pendidikan Kejuruan*. Bandung: Universitas Pendidikan Indoensia.
- Sulistyani. 2010. *Pendekatan Induktif dalam Pembelajaran Kimia Beracuan Konstruktivisme untuk Membentuk Pemikiran Kritis, Kreatif, dan Berkarakter*. Prosiding disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia "Profesionalisme Peneliti dan Pendidik dalam Riset dan Pembelajaran yang Berkualitas dan Berkarakter", Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 30 Oktober.
- Lawson, A.E. 2005. What is The Role of Induction and Deduction in Reasoning and Scientific Inquiry?. *Journal of Research in Science teaching*, Vol. 42(6):716-746.
- Undang-Undang RI No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.

**PENGARUH PENGGUNAAN JURNAL BELAJAR DALAM MODEL PEMBELAJARAN
LEARNING CYCLE 6E TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF DAN KESADARAN
METAKOGNITIF SISWA PADA MATERI REDOKS**

Erma Yulianingtyas 1^{a,*}, Endang Budiasih 2^b, Siti Marfuah 3^c

^{a,b,c} Pendidikan Kimia Pascasarjana, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang Kode pos 65145

**email: ermayulianingtyas91@gmail.com*

ABSTRAK

Redoks merupakan salah satu materi kimia yang rumit dan sulit dipahami oleh sebagian besar siswa di SMAN 8 Malang. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata hasil ulangan reaksi redoks salah satu kelas di SMAN 8 Malang tahun ajaran 2015-2016 adalah 73,5; dengan hanya 14,7% siswa yang mencapai nilai KKM (78). Salah satu penyebab kesulitan ini adalah kecenderungan pembelajaran yang masih berpusat pada guru, sehingga kesempatan berpikir siswa masih kurang. Oleh karena itu kondisi ini diubah dengan mengadakan perbaikan proses pembelajaran, yaitu menerapkan model pembelajaran *Learning Cycle 6E*, dan mengubah kebiasaan belajar siswa dengan menulis jurnal belajar secara jujur, mandiri dan berkala. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya perbedaan hasil belajar kognitif dan kesadaran metakognitif antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dipadu jurnal belajar. Desain penelitian ini menggunakan *quasy experiment* dengan *pretest posttest design*. Instrumen penelitian meliputi instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Kedua instrumen penelitian akan digunakan setelah divalidasi oleh validator ahli, direvisi dan diuji cobakan. Dengan adanya perbaikan model pembelajaran, diharapkan dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam mengatur diri untuk proses belajarnya sehingga memberikan dampak yang baik dalam meningkatkan hasil belajar dan kesadaran metakognitifnya.

Kata kunci: *hasil belajar kognitif, kesadaran metakognitif, jurnal belajar, Learning Cycle 6E*

ABSTRACT

Students considered that redox is one of complicated and difficult chemistry material to understand by most students at SMAN 8 Malang. It shown by score average of test redox reactions of one class in SMAN 8 Malang at the academic year 2015-2016 were 73.5; with just 14.7% students in class were have score that reach KKM (78). One reason that caused those fact is students were taught using teacher centered method, so that students have less thinking chance. This condition will be repaired by using Learning Cycle 6E model and changing the students learning habits by writing learning journal honestly, independently and periodically. The aim of this research is to determine any difference in the students' cognitive learning outcome and metacognition awareness between students that taught by Learning Cycle 6E model and students that taught by Learning Cycle 6E model integrated with learning journal. The research will use quasy experiment with pretest posttest design. Research instrument consist of manipulation and measurement instruments. Both of them will use after being validated by master, revised and trial test. Those repairing method is expected will improve students' ability to organize their learning process, so that will give a good impact by improving their learning outcomes and metacognition awareness.

Keywords: cognitive learning outcomes, metacognition awareness, learning journal, Learning Cycle 6E

PENDAHULUAN

Kimia adalah salah satu ilmu pengetahuan yang sangat penting, karena berkaitan dengan fenomena alam dan apa yang terjadi di lingkungan sekitar kita (Mc Murry dan Fay (2003: 2). Lebih lanjut Kean dan Midllecamp (1985: 9) mengemukakan bahwa ilmu kimia memiliki beberapa karakteristik, diantaranya: (a) ilmu yang mencari jawaban atas pertanyaan apa, mengapa dan bagaimana gejala-gejala alam yang berkaitan dengan komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika dan energetika zat, (b) ilmu yang awalnya diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan (induktif) namun pada perkembangan selanjutnya kimia juga diperoleh dan dikembangkan berdasarkan teori (deduktif). Dalam pembelajarannya kimia melibatkan tiga tingkat representasi yaitu makroskopik, simbolik dan mikroskopik (Tuysuz *et al*, 2011: 452). Pada tingkat makroskopik kimia berkaitan dengan pengamatan secara langsung, dan tingkat simbolik kimia berkaitan dengan simbol, rumus, mekanisme reaksi, serta tingkat mikroskopik berkaitan dengan proses-proses kimia (Tuysuz *et al*, 2011: 452). Kozma dan Russel (1997: 952) mengemukakan bahwa sebagian besar konsep kimia berada pada tingkat molekuler yang tidak dapat dipahami oleh pemikiran siswa secara langsung. Lebih lanjut Kozma dan Russel (1997: 952) mengemukakan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami berbagai simbol dalam kimia. Senada dengan hal tersebut Sirhan (2007: 2) juga mengemukakan bahwa kimia terbukti menjadi mata pelajaran yang sulit bagi sebagian besar siswa. Hal inilah yang menyebabkan siswa sulit memahami pelajaran kimia, bahkan dianggap sebagai pelajaran yang membosankan dan kurang menarik oleh sebagian siswa.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan di SMAN 8 Malang tentang pembelajaran kimia kepada beberapa siswa yang dipilih secara acak, terungkap bahwa salah satu materi pembelajaran kimia yang dianggap rumit dan sulit adalah materi redoks. Beberapa konsep yang harus dipelajari siswa pada materi redoks meliputi: (1) perkembangan konsep reaksi reduksi dan oksidasi, (2) konsep bilangan oksidasi, (3) reduktor dan oksidator, (4) reaksi autoreduksi dan (5) penerapan reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari. Dari konsep-konsep yang dipelajari pada materi redoks ini terdapat beberapa karakteristik, diantaranya adalah keterkaitan antar konsep dan adanya perhitungan matematika yang sederhana. Keterkaitan antar konsep ini dapat ditunjukkan dengan adanya hubungan konsep materi redoks dengan konsep-konsep sebelumnya. Sebagai contoh pada materi perkembangan konsep reduksi dan oksidasi berdasarkan pelepasan dan penerimaan elektron dan perubahan bilangan oksidasi berkaitan dengan materi sistem periodik unsur, konfigurasi elektron, ikatan kimia.

Hubungan materi ikatan kimia dengan materi konsep reaksi redoks dapat dilihat pada konsep reaksi redoks berdasarkan penerimaan dan pelepasan elektron (Johari & Rachmawati, 2006: 256). Hubungan materi sistem periodik unsur dengan perkembangan reaksi redoks berdasarkan perubahan bilangan oksidasi, yaitu terkait dengan adanya beberapa bilangan oksidasi dari unsur yang dapat ditentukan melalui golongannya dalam sistem periodik unsur. Materi redoks juga merupakan salah satu materi dasar untuk mempelajari materi sel elektrokimia (Akram dkk, 2014: 276). Perhitungan matematika yang sederhana dapat ditunjukkan dalam menentukan bilangan oksidasi. Perhitungan bilangan oksidasi suatu unsur tidak hanya ditentukan berdasarkan letaknya dalam sistem periodik unsur, tetapi juga dengan menghitungnya menggunakan aturan-aturan bilangan oksidasi.

Karakteristik materi redoks yang disebutkan di atas diduga merupakan penyebab terjadinya kesulitan siswa SMA dalam mempelajari materi redoks, demikian juga terjadi di SMAN 8 Malang. Kesulitan siswa ini ditunjukkan dengan hasil analisis ulangan reaksi redoks salah satu kelas di SMAN 8 Malang tahun ajaran 2015-2016, menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh siswa rata-rata 73,5; dengan siswa yang melampaui nilai KKM (78) masih 14,7%, sedangkan sebagian besar siswa masih di bawah nilai KKM. Berdasarkan hasil ulangan harian siswa pada materi redoks dan wawancara terhadap beberapa siswa yang dipilih secara acak, terungkap bahwa kesulitan-kesulitan yang dihadapi ketika mempelajari materi redoks adalah: (1) siswa masih mengalami kesulitan dalam menentukan reduktor dan oksidator dalam suatu reaksi redoks, karena masih sedikitnya contoh soal yang diberikan oleh guru, (2) siswa masih kebingungan dalam menentukan bilangan oksidasi dari unsur, karena pemahaman siswa masih terbatas pada hafalan aturan penentuan bilangan oksidasi, (3) siswa masih belum bisa memahami dengan baik materi yang didapatkan pada saat itu, hal ini ditunjukkan dengan ketika peneliti menanyakan pengertian reduksi dan oksidasi ternyata beberapa siswa sudah tidak ingat,

sehingga dapat dikatakan materi pembelajaran itu belum bermakna di benak siswa. Kusumawati, dkk (2014) melakukan penelitian tentang miskonsepsi siswa pada materi redoks di SMAN 1 Sambas dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dari 27 sampel siswa penelitian terdapat 13 siswa yang mengalami kesulitan dalam menentukan bilangan oksidasi atom dalam senyawa netral. Sebanyak 8 siswa menganggap bahwa bilangan oksidasi H dalam senyawa MgH_2 adalah +1, sehingga bilangan oksidasi Mg = -2, kemudian sebanyak 5 siswa menganggap bilangan oksidasi Mg dalam senyawa $MgSO_4$ adalah -2.

Kesulitan-kesulitan yang dialami oleh siswa dalam mempelajari materi redoks ini diharapkan dapat diatasi dengan mengadakan perbaikan pada proses pembelajaran di kelas, sehingga siswa dapat menyerap dan memahami pembelajaran dengan baik. Adanya perubahan pendekatan pembelajaran yang mulanya menganut teori belajar behavioristik yang berpusat pada guru, menjadi teori belajar konstruktivistik yang berpusat pada siswa merupakan salah satu upaya perbaikan pada proses pembelajaran di kelas. Loyens dan Gijbels (2008:352) mengemukakan bahwa peran siswa dalam teori belajar konstruktivistik adalah penanggung jawab dan agen aktif dalam memperoleh pengetahuan sehingga pada penerapan pembelajaran berbasis konstruktivistik ini lebih diwarnai dengan *student centered*. Senada dengan hal tersebut, Trianto (2007:13) juga mengemukakan bahwa pembelajaran berbasis konstruktivistik merupakan suatu pembelajaran yang menekankan agar siswa dapat mengkonstruksi sendiri pemahaman dan pengetahuannya, sehingga diharapkan pemahaman siswa terhadap materi lebih mendalam. Oleh karena itu, agar dapat melibatkan siswa secara aktif dalam pembelajaran guru sebagai fasilitator dituntut untuk mencari alternatif metode pembelajaran yang berbasis konstruktivistik.

Menurut Allard dan Barman (1994: 99) model pembelajaran *Learning Cycle* merupakan strategi mengajar yang pertama kali digunakan dalam program ilmu dasar yang disebut *Science Curriculum Improvement Study (SCIS)*. *Learning Cycle* dapat diterapkan dalam pembelajaran pada topik-topik kimia yang bersifat teori maupun praktikum Iskandar (2011: 47). Dalam penerapan *Learning Cycle* guru akan memberikan beberapa permasalahan untuk meningkatkan proses sains dan pengkonstruksian konsep secara sistematis melalui fase-fase pembelajaran. Salah satu model pembelajaran *Learning Cycle* adalah *Learning Cycle* 6 fase yang selanjutnya disebut LC-6E, yang didalamnya terdapat 6 fase pembelajaran yaitu 1) Fase *Identification* berupa pengkomunikasian tentang tujuan pembelajaran oleh guru; 2) Fase *Engagement* berupa usaha guru untuk memunculkan minat dan keingintahuan siswa pada materi pembelajaran yang akan dipelajari; 3) Fase *Exploration* berupa pemberian kesempatan kepada siswa untuk bekerja menyelesaikan beberapa permasalahan tanpa mendapatkan pengarahan secara langsung dari guru; 4) Fase *Explanation* berupa penjelasan konsep yang ditemukan oleh siswa dengan kalimat sendiri, dan memberikan contoh-contoh yang berhubungan dengan konsep yang baru dipelajari untuk melengkapi penjelasannya; 5) Fase *Elaboration* berupa pengarahan siswa dalam menerapkan konsep-konsep yang telah dipahami dan keterampilan yang dimiliki pada situasi baru atau konteks yang berbeda; 6) Fase *Evaluation* berupa pemberian evaluasi kepada siswa melalui pemberian kuis yang dikerjakan secara individual oleh siswa.

Lorsbach (tanpa tahun) mengemukakan bahwa dengan fase-fase dalam model pembelajaran LC, siswa diharapkan mampu mengungkapkan gagasan-gagasan mereka, mengemukakan sebab terjadinya suatu peristiwa, melakukan analisis, mengumpulkan bukti nyata dan menyelesaikan masalah-masalah lainnya dengan konsep yang telah dipahaminya. Adanya fase-fase dalam pembelajaran LC akan menjadikan pola berpikir siswa menjadi sistematis dan terstruktur, serta juga akan menjadikan siswa mudah memahami dan mengingat pelajaran melalui perkembangan pengetahuan yang dialami selama proses pembelajaran. Pembelajaran LC ini juga menuntut adanya kegiatan diskusi kelompok sehingga melalui penitkberatan fase-fase yang terdapat dalam LC dapat menjadikan interaksi antar siswa dalam kelompok lebih terstruktur dan dapat menjadikan pengetahuan yang diperoleh menjadi pengetahuan yang utuh.

Beberapa penelitian yang menerapkan materi redoks dengan menggunakan model pembelajaran LC, diantaranya hasil penelitian yang dilakukan oleh Meiliyana (2007) di MAN 1 Malang menunjukkan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa yang menggunakan *learning cycle* lebih tinggi (61,63 dan 73,64) dibandingkan dengan menggunakan pembelajaran konvensional (43,05 dan 68,76). Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Riani

(2009) di SMA Laboratorium Malang juga menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar siswa yang diajar dengan *learning cycle* lebih tinggi (70,06) dibandingkan dengan menggunakan pembelajaran ceramah bermakna (60,11). Kedua hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran *LC* sesuai untuk diterapkan dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi redoks, selain itu terdapatnya fase *engagement* yang menuntut adanya ketertarikan siswa untuk mempelajari materi dengan memunculkan minat dan keingintahuan siswa selaras dengan salah satu karakteristik materi redoks yaitu berkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari. Effendy (2012: 113) menyatakan bahwa materi redoks sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari karena banyak peristiwa terjadi di sekitar kita yang termasuk reaksi redoks, antara lain: respirasi, fotosintesis, pembakaran bahan bakar, fotografi, serta pemurnian logam.

Perbaikan lain yang juga diharapkan dapat mengatasi kesulitan-kesulitan yang dialami oleh siswa adalah mengubah kebiasaan belajar siswa. Kebiasaan siswa ini dapat diubah dengan membiasakan siswa untuk menulis jurnal belajar setiap kali pembelajaran, sehingga siswa akan terbiasa untuk mengontrol belajar mereka (Morrison, 1996). Jika jurnal belajar ini ditulis dengan jujur, mandiri dan berkala maka siswa akan dapat memahami perkembangan belajarnya. Jurnal belajar (*Learning Journal*) sering disebut pula jurnal reflektif, yang merupakan sebuah dokumen yang secara terus menerus bertambah dan berkembang, biasanya ditulis oleh seorang pembelajar untuk mencatat setiap kemajuan belajarnya (Sudrajat, 2010). Melalui jurnal belajar, siswa dapat menggunakannya untuk merekam atau meringkas aspek-aspek yang berhubungan dengan topik-topik yang dipahami, dan berbagai perasaan yang dialami oleh siswa terhadap pembelajaran, keberhasilan dalam memecahkan suatu masalah pada saat materi pembelajaran, bahkan kesulitan-kesulitan yang dialami oleh siswa selama proses pembelajaran.

Menurut Choy (2000) menulis jurnal berguna untuk meningkatkan kemahiran pembelajaran dan kemahiran berpikir secara kritis dan kreatif bagi siswa yang lemah. Selain itu jurnal belajar juga dapat digunakan untuk membantu siswa yang kurang percaya diri kurang dalam mengungkapkan kesulitan yang dialami selama proses pembelajaran berlangsung, sehingga nantinya guru dapat memanfaatkan jurnal belajar untuk mengetahui kesulitan yang dialami setiap siswa selama pembelajaran, yang nantinya dapat digunakan untuk memperbaiki proses pembelajaran. Melalui kegiatan pembelajaran, siswa akan memperoleh pengetahuan yang akan berguna bagi dirinya, sehingga pengetahuan tersebut akan bermakna dalam benak siswa. Jika pengetahuan yang diperoleh oleh siswa itu sudah mengendap dalam benak siswa, maka siswa dapat dengan mudah mencatat apa yang sudah dipelajari, dan bagaimana cara mempelajarinya dalam jurnal belajar. Jurnal belajar yang digunakan dalam penelitian ini berupa lembar yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang memandu siswa dalam merencanakan apa yang dipelajari, menuliskan langkah-langkah yang dilakukan selama proses pembelajaran, dan kesulitan serta tindakan yang diambil siswa dalam mengatasi kesulitan tersebut. Secara garis besar jurnal belajar membantu siswa untuk jujur dan mandiri dalam menuliskan pengalaman belajar sehingga dapat digunakan landasan untuk memperbaiki pada pembelajaran selanjutnya. Oleh karena itu, kegiatan menulis jurnal belajar sangat perlu untuk dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung.

Moon (2010) mengemukakan bahwa penulisan jurnal belajar bertujuan untuk : (1) mencatat pengalaman belajar, (2) mengembangkan kemampuan berpikir kritis, (3) mendorong kesadaran metakognitif siswa, (4) meningkatkan keterlibatan aktif dalam pembelajaran, (5) meningkatkan kemampuan merefleksi dan berfikir, (6) meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*), (7) sebagai sarana penilaian informal, (8) meningkatkan kreatifitas, dan (9) meningkatkan kemampuan menulis. Jurnal belajar merupakan salah satu strategi metakognitif sehingga kesadaran metakognitif dapat dibangun dengan menulis jurnal belajar dalam setiap pembelajaran. Flavell (1979) mengemukakan metakognitif sebagai kesadaran bagaimana seseorang belajar, pengetahuan bagaimana menggunakan informasi untuk mencapai tujuan, dan kemampuan untuk memilih strategi dalam menyelesaikan tugas tertentu. Kemampuan-kemampuan tersebut meliputi kemampuan memantau, memonitor, maupun mengevaluasi semua hal yang berkaitan dengan proses kognitif. Lebih lanjut, Peter (2000) dalam Corebima (2006) mengemukakan bahwa dengan adanya kesadaran metakognitif maka akan memungkinkan para siswa untuk berkembang sebagai siswa yang mandiri, dan akan mendorong mereka untuk menjadi manager atas dirinya sendiri, serta menjadi penilai atas pemikiran dan pembelajarannya sendiri. Melalui kesadaran metakognitif, diharapkan siswa mampu menjadi

pebelajar yang kompeten, dan dapat menumbuhkan sikap jujur dan berani mengakui kesalahan yang akhirnya akan membawa ke arah peningkatan hasil belajar mereka secara nyata, Nur (1998). Dengan adanya jurnal belajar ini maka siswa akan memiliki kesadaran terhadap bagaimana dia belajar sehingga ketika siswa ini sadar terhadap apa yang sedang dia pelajari dan menemukan kesulitan, siswa ini akan jujur untuk mengakui kekurangannya dan akan memunculkan cara untuk mengatasi kesulitan-kesulitan tersebut, sehingga bukan hanya kesadaran metakognitifnya yang meningkat, tetapi juga hasil belajarnya.

Berdasarkan paparan diatas, maka penerapan model pembelajaran LC-6E dan penggunaan jurnal belajar diharapkan dapat membuat siswa melakukan penyelidikan dan pemecahan masalah secara mandiri tanpa bantuan langsung dari guru. Dengan adanya pembelajaran *Learning Cycle 6E* yang dipadu jurnal belajar diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar kognitif dan kesadaran metakognitif siswa yang selama ini belum pernah dilakukan di SMAN 8 Malang.

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan penelitian eksperimen semu (*Quasy Experimenial Design*) dengan *pretest posttest design*.

Rancangan penelitian eksperimen semu ini digunakan untuk mengetahui hasil belajar kognitif siswa dengan 25 butir soal hasil belajar kognitif siswa dan kesadaran metakognitif siswa dengan 52 butir pernyataan dalam bentuk kuesioner. Penelitian ini akan dilaksanakan di SMAN 8 Malang di kelas X MIPA 1 dan X MIPA 2.

Tabel 1 Rancangan Penelitian (*Quasy Eksperimen Design*)

Subjek	Pretes	Perlakuan	Pascates
Kelas Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kelas Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

(Sumber : Cresswell, J.W., 2009:150)

Keterangan:

X₁ = Model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dipadu jurnal belajar

X₂ = Model pembelajaran *Learning Cycle 6E* tanpa jurnal belajar

O₁ = Hasil Pretes kelas eksperimen sebelum diberi perlakuan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dipadu jurnal belajar

O₂ = Hasil Pascates kelas eksperimen setelah diberi perlakuan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dipadu jurnal belajar

O₃ = Hasil Pretes kelas kontrol sebelum diberi perlakuan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* tanpa jurnal belajar

O₄ = Hasil Pascates kelas kontrol setelah diberi perlakuan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* tanpa jurnal belajar.

Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, tahap analisis data, dan tahap penulisan laporan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Tahapan – tahapan Penelitian

Tahap Persiapan	Tahap Pelaksanaan	Tahap Analisis Data	Tahap Penulisan Laporan
Melakukan observasi ke Sekolah yang akan dijadikan tempat penelitian.	Melaksanakan pretes hasil belajar kognitif dan kesadaran metakognitif sebelum pembelajaran materi redoks pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan	Tabulasi data pretes dan pascates siswa di kelas eksperimen dan kelas kontrol.	Menyusun laporan dan mengkonsultasikan dengan dosen pembimbing
Menyusun proposal penelitian.			
Mengurus surat ijin			

penelitian	menggunakan soal yang sama dengan soal pascates.	
Menyerahkan surat ijin penelitian ke SMAN 8 Malang.		
Menghubungi guru kimia SMAN 8 Malang dan mengatur jadwal pengumpulan data.	Pelaksanaan pembelajaran materi redoks pada kelas eksperimen dengan menggunakan model pembelajaran <i>Learning Cycle</i> 6E dipadu jurnal belajar dan kelas kontrol dengan menggunakan model pembelajaran <i>Learning Cycle</i> 6E tanpa jurnal belajar. Pada masing-masing kelas dilaksanakan pembelajaran sebanyak enam kali pertemuan.	Merekap data (lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, tes hasil belajar kognitif, dan lembar kuesioner kesadaran metakognitif siswa yang diperoleh.
Menyusun semua instrumen baik instrumen perlakuan maupun instrumen pengukuran.		
Melakukan konsultasi dengan Dosen Pembimbing.		
Menvalidasi instrumen		
Melakukan revisi instrumen	Menggunakan lembar observasi berisi rubrik penilaian keterlaksanaan pembelajaran untuk mengamati keterlaksanaan proses pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol	Pengolahan dan pengorganisasian data yang diperoleh.
Menentukan dua kelas yang akan digunakan untuk penelitian		
Melakukan pembagian kelompok	Melaksanakan pascates hasil belajar kognitif dan kesadaran metakognitif setelah pembelajaran materi redoks pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.	Menganalisis data yang diperoleh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan penelitian yang telah dilakukan adalah tahap persiapan, sedangkan tahap pelaksanaannya masih menunggu jadwal yang sudah dikoordinasikan dengan guru kimia di SMAN 8 Malang. Pada tahap persiapan ini dilakukan validasi instrumen yang akan digunakan selama penelitian, baik instrumen perlakuan maupun instrumen pengukuran. Adapun hasil validasi instrumen yang didapat dalam tahap persiapan adalah sebagai berikut.

A. Instrumen Perlakuan

Instrumen perlakuan dalam penelitian ini meliputi silabus, rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) kelas eksperimen dan kelas kontrol, lembar kerja peserta didik (LKPD), *handout*, jurnal belajar. Pada instrumen perlakuan ini dilakukan validasi isi oleh 2 orang ahli yaitu 2 orang dosen kimia Universitas Negeri Malang.

Tabel 3. Hasil uji Validasi Isi

No	Instrumen yang Dinilai	Skor Penilaian (%)		Rata-rata	Keterangan
		Validator I	Validator II		
1.	Silabus	83,33	100	91,66	Sangat tinggi
2.	RPP Kelas	85,25	100	92,62	Sangat tinggi

3.	Eksperimen RPP Kelas Kontrol	85,25	100	92,62	Sangat tinggi
4.	Handout	85,71	100	92,85	Sangat tinggi
5.	LKPD		100	100	Sangat tinggi
6.	Jurnal Belajar	87,50	100	93,75	Sangat tinggi

B. Instrumen Pengukuran

Instrumen pengukuran dalam penelitian ini meliputi lembar observasi berisi rubrik penilaian keterlaksanaan pembelajaran, butir soal hasil belajar kognitif, dan lembar kuesioner kesadaran metakognitif. Lembar observasi rubrik penilaian keterlaksanaan pembelajaran diisi oleh 3 observer yaitu 1 orang guru kimia di SMAN 8 Malang dan 2 orang teman sejawat selama proses pembelajaran. Sedangkan sebelum pembelajaran akan dilakukan validasi isi dan validasi butir soal untuk butir soal hasil belajar kognitif dan lembar kuesioner kesadaran metakognitif. Adapun hasil validasinya adalah sebagai berikut.

1. Validasi Isi

Tabel 4. Hasil uji Validasi Isi

No	Instrumen yang Dinilai	Skor Penilaian (%)		Rata-rata	Keterangan
		Validator I	Validator II		
1.	Butir soal hasil belajar kognitif	87,76	100	93,88	Sangat tinggi
2.	Lembar kuesioner kesadaran metakognitif	88,70	99,15	93,92	Sangat tinggi

2. Validasi Butir Soal

Setelah butir soal hasil belajar kognitif dan lembar kuesioner kesadaran metakognitif divalidasi isi oleh ahli, selanjutnya diuji cobakan pada 36 siswa yang sudah pernah dibelajarkan materi redoks. Setelah didapatkan hasilnya, dilakukan perhitungan validitas, reliabilitas, uji tingkat kesukaran dan daya beda soal. Validitas tes dan reliabilitas tes dihitung dengan bantuan program *SPSS 16.0 for windows*.

Berdasarkan hasil uji coba terhadap hasil belajar kognitif diperoleh hasil bahwa dari 36 soal yang diuji cobakan didapat 25 soal yang valid dengan reliabilitas sebesar 0,849. Sedangkan hasil uji coba terhadap lembar kuesioner kesadaran metakognitif diperoleh hasil bahwa dari 52 pernyataan yang diuji cobakan didapat 50 pernyataan yang valid dengan reliabilitas sebesar 0,943. Uji tingkat kesukaran dan daya beda soal dilakukan pada butir soal hasil belajar kognitif. Adapun tabel sebaran butir soal berdasarkan tingkat kesukaran dan daya beda soal sebagai berikut.

Tabel 5. Tabel Sebaran Butir Soal berdasarkan Tingkat Kesukaran

No.	Tingkat Kesukaran	Frekuensi	Persentase
1	Mudah	7	28,00 %
2	Sedang	13	52,00 %
3	Sukar	5	20,00 %
Jumlah		25 butir	100 %

Tabel 6. Tabel Sebaran Butir Soal berdasarkan Daya Beda

No.	Daya beda	Frekuensi	Persentase
1	Jelek	2 butir	8,00 %
2	Cukup	13 butir	52,00 %
3	Baik	10 butir	40,00 %
Jumlah		25 butir	100%

Penelitian terkait penggunaan jurnal belajar terhadap hasil belajar kognitif dan kemampuan metakognitif juga telah diteliti oleh beberapa peneliti dengan memadukannya dalam model pembelajaran tertentu. Beberapa penelitian tersebut diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh

Sabilu (2008) dengan memadukan jurnal belajar dalam pembelajaran multistrategi meliputi strategi *inquiry, think pair share, problem posing, problem solving, kooperatif script*, dan analisis kritis artikel pada pelajaran biologi. Jurnal belajar yang dituliskan siswa pada penelitian ini meliputi pengalaman belajar, materi yang telah dipahami, dan materi yang belum dipahami dengan menyebutkan alasan dan kendalanya serta mengemukakan cara atau usaha yang dilakukan untuk mengatasinya. Pengujian hipotesis terhadap kemampuan kognitif siswa dengan menggunakan *anacova* dihasilkan nilai F hitung sebesar 2,258 dengan angka signifikansi 0,142. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jurnal belajar dalam pembelajaran multistrategi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan kognitif siswa dengan nilai reratanya sebesar 5,37 % lebih tinggi dibandingkan dengan kelas dalam pembelajaran multistrategi tanpa menggunakan jurnal belajar. Sedangkan pengujian hipotesis kemampuan metakognitif siswa dengan menggunakan *anacova* dihasilkan nilai F hitung sebesar 15,781 dengan angka signifikansi 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jurnal belajar dalam pembelajaran multistrategi juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan metakognitif siswa dengan nilai reratanya sebesar 7,98 % lebih tinggi dibandingkan dengan kelas dalam pembelajaran multistrategi tanpa menggunakan jurnal belajar.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Atfiyah (2013) terkait penggunaan jurnal belajar dalam pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar dan kemampuan metakognitif siswa pada materi sifat koligatif larutan. Materi sifat koligatif larutan meliputi penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik. Selama ini pembelajaran sifat koligatif larutan lebih sering ditekankan pada aspek matematis. Hal ini ditunjukkan dengan penyampaian rumus-rumus yang ada tanpa penjelasan yang mendasarinya, sehingga siswa lebih sering menghafalkan rumus-rumus tersebut kemudian menerapkannya dalam penyelesaian suatu soal. Pembelajaran sifat koligatif larutan pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Pada model pembelajaran ini siswa akan lebih banyak melakukan praktikum yang bertujuan agar siswa dapat memahami konsep yang ada dengan baik dan tidak sekedar menghafal rumus. Selain itu siswa akan dibiasakan untuk menulis jurnal belajar yang dilakukan saat sebelum pembelajaran berlangsung untuk merencanakan pembelajaran yang akan dilakukan, saat pembelajaran berlangsung untuk mengontrol/memantau perkembangan belajarnya, dan saat pembelajaran selesai untuk mengevaluasi ketercapaian tujuan pembelajaran yang dilakukan. Pengujian hipotesis terhadap hasil belajar menggunakan uji t satu ekor dihasilkan angka signifikansi 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa hasil belajar siswa yang dibelajarkan menggunakan inkuiri terbimbing dipadu dengan jurnal belajar lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan menggunakan inkuiri terbimbing tanpa jurnal belajar. Sedangkan pengujian hipotesis terhadap kemampuan metakognitif menggunakan uji t satu ekor dihasilkan angka signifikansi 0,000. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan metakognitif siswa yang dibelajarkan menggunakan inkuiri terbimbing dipadu dengan jurnal belajar lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan menggunakan inkuiri terbimbing tanpa jurnal belajar.

Isroin (2014) juga melakukan penelitian dengan menerapkan inkuiri terbimbing disertai penulisan jurnal belajar untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar IPA siswa kelas VIII I. Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas (PTK) yang pelaksanaannya juga diimplementasikan dengan *Lesson Study*. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kualitatif dengan melihat rata-rata peningkatan hasil belajar kognitif, hasil belajar psikomotor, dan keterlaksanaan penulisan jurnal belajar siswa dari siklus I hingga siklus III. Rata-rata hasil belajar kognitif siswa mengalami peningkatan dari siklus I ke II sebesar 8,87 dan peningkatan dari siklus II ke III sebesar 0,8. Sedangkan rata-rata hasil belajar psikomotor siswa mengalami peningkatan dari siklus I ke II sebesar 2 dan peningkatan dari siklus II ke III sebesar 3. Selain itu juga dihasilkan peningkatan keterlaksanaan penulisan jurnal belajar siswa dari siklus I ke II sebesar 12,4 dan peningkatan dari siklus II ke III sebesar 5,8.

Beberapa hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa penggunaan jurnal belajar berpengaruh positif dalam meningkatkan hasil belajar dan kemampuan metakognitif siswa. Peningkatan hasil belajar ini dipengaruhi oleh proses berpikir siswa dan kebiasaan siswa. Menurut Nurhadi, dkk (2004) kegiatan menulis jurnal atau melakukan kegiatan refleksi dapat membantu siswa untuk mengendapkan setiap kegiatan atau pengetahuan yang baru saja diterima, lalu siswa membuat hubungan-hubungan antara pengetahuan yang dimiliki sebelumnya dengan pengetahuan baru. Dengan begitu, siswa merasa memperoleh sesuatu yang berguna bagi dirinya tentang apa yang baru dipelajarinya dan akan memiliki

daya ingat yang tinggi terhadap materi tersebut. Hal ini diperkuat dengan pendapat Nasution (2000) yang menyatakan bahwa hasil belajar ada bila ada sesuatu yang diingat, dimana pelajaran ada yang perlu diingat dalam jangka waktu pendek dan dalam jangka waktu panjang. Pelajaran yang hanya diingat dalam jangka waktu pendek dapat dilupakan kembali setelah dimanfaatkan, namun pelajaran yang diingat dalam jangka waktu panjang selalu tetap diingat. Selain itu, kemampuan siswa dalam memantau perkembangan belajarnya dan umpan balik yang diberikan oleh guru kepada siswa melalui jurnal belajar yang ditulisnya akan memudahkan siswa untuk memahami materi pembelajaran yang dihadapinya sehingga akan meningkatkan hasil belajarnya.

Kemampuan metakognitif juga dapat ditingkatkan melalui kebiasaan siswa menuliskan jurnal belajar. Menurut Moon (2010) menulis jurnal belajar di setiap pembelajarannya merupakan salah satu strategi metakognitif yang dapat dibangun siswa. Melalui jurnal belajar siswa dapat mengetahui kelemahan dan kelebihan dirinya, yang merupakan suatu modal dasar untuk belajar. Jika kebiasaan menulis jurnal belajar ini dilakukan terus menerus maka semakin lama akan menjadikan siswa mampu menyiapkan pembelajaran yang akan dilakukan, memonitor kemajuan belajarnya, serta mengevaluasi hasil belajarnya yang telah dilakukan yang akan berdampak pada kemampuan metakognitifnya. Peter (2000) dalam Corebima, (2006) menyatakan bahwa ketrampilan metakognisi memungkinkan para siswa berkembang sebagai pembelajar mandiri, karena akan mendorong mereka menjadi manager atas dirinya sendiri serta menjadi penilai atas pemikiran dan pembelajarannya sendiri. Kemampuan metakognitif yang lebih tinggi juga akan berdampak pada prestasi belajar yang tinggi pula. Sesuai dengan yang diungkapkan oleh Coutinho (2008) bahwa siswa yang mempunyai kemampuan metakognisi yang baik akan memiliki kemampuan akademik lebih baik dibandingkan dengan siswa yang memiliki kemampuan metakognitif kurang baik.

Dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan instrumen yang telah divalidasi diharapkan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dipadu jurnal belajar dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa dan kesadaran metakognitif siswa pada materi redoks.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil peneliian terdahulu diketahui bahwa jurnal belajar yang dipadu model pembelajaran tertentu dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa dan kesadaran metakognitif siswa pada beberapa materi. Namun belum diketahui apakah perpaduan model pembelajaran *Learning Cycle 6E* dengan jurnal belajar dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa dan kesadaran metakognitif siswa pada materi redoks.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, M., Surif, J. B.& Ali, M. 2014. Conceptual Difficulties of Secondary School Students in Electrochemistry. *Asian Social Science*, 10(19) : 276-281).
- Allard, D. W. & Barman, C. R. 1994. The Learning Cycle as an Alternative Method for college science teaching. *Bioscience*, 40 (2) : 99 – 101.
- Atfiah, L. 2013. *Penggunaan Penggunaan Jurnal Belajar dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Hasil Belajar dan Kemampuan Metakognitif Siswa pada Materi Sifat Koligatif Larutan*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana UM.
- Choy, N. 2000. *Jenis-jenis Jurnal untuk Meningkatkan Kesan Pembelajaran dan Pemikiran*. Sabah: Maktab Perguruan Sandakan, (Online), (http://www.teachersrock.net/Jenis_Jurnal.htm), diakses pada tanggal 20 Mei 2015.
- Corebima, A.D. 2006. *Metakognisi: Suatu Ringkasan Kajian*. Makalah disajikan dalam Pelatihan Strategi Metakognitif pada Pembelajaran Biologi untuk Guru-guru Biologi SMA, Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat (LPKM) UNPAR, Palangkaraya, 23 Agustus.
- Cresswell, J.W. 2009. *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches Third Edition*. USA : SAGE Publications, Inc.
- Coutinho, S. 2008. Self-Efficacy, Metacognition, and Performance. *North American Journal Of Psichology* 10(1).
- Effendy. 2012. *A- Level Chemistry: for Senior High School Student Volume 1B*. Malang : Bayumedia Publishing.

-
- Flavell, J.H. 1979. Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive Developmental Inquiry. *American Psychologist*, (Online), 34(10): 906-911, (http://myschoolnet.ppk.kpm.my/bhn_pnp/modul/bcb.pdf), diakses pada tanggal 11 Mei 2015.
- Iskandar, S.M. 2011. *Strategi Pembelajaran Konstruktivistik dalam Kimia*. Malang: Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Isroin, S. 2014. *Penerapan Inkuiri Terbimbing disertai Penulisan Jurnal Belajar untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar IPA Siswa kelas VII I SMP Negeri 1 Srengat Blitar*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana UM.
- Johari, J.M.C & Rachmawati.M. 2006. *Kimia 1 SMA & MA untuk Kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Kean, B., & Middlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Terjemahan oleh Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: PT. Gramedia.
- Kozma, R., & Russel, J. 1997. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9) : 949-968.
- Kusumawati, I., Enawaty, E., & Lestari, I. 2014. *Miskonsepsi Siswa Kelas XII SMA Negeri 1 Sambas Pada Materi Reaksi Reduksi Oksidasi*, (Online), (<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/article/download/6002/6089>), diakses pada tanggal 01 September 2015.
- Lorsbach, W.A. tanpa tahun. *The Learning Cycle as a Tool Planning Science Instruction*, (Online), (http://web.sjsd.k12.mo.us/CurriculumManager/AttachmentsCourses/5E_Learning_Cycle_Science.pdf), diakses pada tanggal 15 Mei 2015.
- Loyen, S.M. & Gijbels, D. 2008. Understanding the Effects of Constructivist Learning Environments: Introducing Multi-Directional Approach. *Instructional Science*, (Online), 36(5) : 351-357, (http://www.researchgate.net/profile/David_Gijbels/publication/225687248_Understanding_the_effects_of_constructivist_learning_environments_introducing_a_multidirectional_approach/links/0912f50af46703dcf8000000.pdf), diakses pada tanggal 12 Mei 2015.
- Mc. Murry & Fay. 2003. *Chemistry : Fourth Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies.
- Meiliyana, V.S. 2007. *Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle (LC) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X Semester 2 MAN I Malang pada Materi Pokok Reaksi Redoks*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Kimia UM.
- Moon, J. 2010. *Learning Journals and Logs*, (Online), (<http://www.ucd.ie/t4cms/ucdtla0035.pdf>), diakses pada tanggal 10 Mei 2015.
- Morrison, K. 1996. Developing Practice in Higher Degree Students Through a Learning Journal. *Studies in Higher Education* 21(3).
- Nasution, 2000. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Nur, M., Wikandari, P.R. & Sugiarto, B. 1998. *Teori Pembelajaran Kognitif*. Surabaya: IKIP Surabaya.
- Nurhadi, Yasin B. dan Senduk, A.G. 2004. *Pembelajaran Kontekstual dan Penerapannya dalam KBK*. Malang: UM Press.
- Riani, I. 2009. *Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle terhadap Prestasi Belajar Siswa pada Materi Pokok Konsep Reaksi Redoks di SMA Laboratorium Universitas Negeri Malang tahun ajaran 2009/2010*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Kimia UM.
- Sabilu, M. 2008. *Penggunaan Jurnal Belajar dalam Pembelajaran Multistrategi terhadap Kemampuan Kognitif dan Metakognitif Siswa SMA Negeri 9 Malang*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana UM.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2) : 2-20.
- Sudrajat, A. 2010. *Jurnal Pembelajaran (Learning Journal)*, (Online), (<http://akhmadsudrajat.wordpress.com/2010/01/04/jurnal-pembelajaran-learning-journal/>), diakses pada tanggal 01 April 2015.
- Trianto. 2007. *Model-model Pembelajaran Inovatif berorientasi Konstruktivistik*. Jakarta : Prestasi Pustaka.
- Tuysuz, M., Ekiz, B., Bektas, O., Uzuntiryaki, E., & Tarkin, A. 2011. Pre-Service Chemistry Teachers' Understanding of Phase Changes and Dissolution at Macroscopic, Symbolic, and Microscopic levels. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15 : 452-455.
-

MODIFIKASI STRATEGI PREDIKSI-OBSERVASI-PENJELASAN (*PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN* ATAU *POE*) UNTUK PEMBELAJARAN IKATAN KIMIA

Ayu E. Kusumaningtyas^{a,*}, Suhadi Ibnu^b, dan Fariati^b

^aProgram Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang No. 5 65145

^b Prodi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang No.5 65145

*Correspondence author's email: ayutyaz30@email.com

ABSTRAK

Strategi POE terdiri dari tiga tahap yaitu prediksi (*predict*) yang mengharuskan peserta didik memberikan jawaban prediksi masalah; observasi (*observe*) berupa tahap pengumpulan data untuk mendukung kebenaran jawaban prediksi; dan tahap penjelasan (*explain*) untuk mencocokkan antara jawaban prediksi dengan data observasi. Strategi POE telah dilaporkan untuk pembelajaran berbasis praktikum pada materi asam-basa, elektrokimia, dan reaksi redoks baik di tingkat sekolah menengah dan kuliah kimia dasar mahasiswa tahun I. Penelitian terdahulu menggunakan percobaan di laboratorium untuk memperoleh data pada tahap observasi. Hasil penelitian menunjukkan strategi POE berdampak positif terhadap pemahaman konsep dan aktivitas siswa dalam pembelajaran karena peserta didik dapat mengemukakan konsep yang dimiliki sebelumnya (tahap prediksi), mencari dan mengolah data (tahap observasi), dan memberikan penjelasan terkait jawaban prediksi dengan data hasil observasi (tahap penjelasan). Pembelajaran materi ikatan kimia merupakan salah satu materi yang tidak dilakukan dengan kegiatan praktikum. Modifikasi strategi POE diperlukan agar strategi POE dapat diterapkan baik dalam materi berbasis praktikum maupun non-praktikum. Modifikasi strategi POE untuk pembelajaran materi ikatan kimia berupa data energi ionisasi, afinitas elektron, keelektronegatifan, daya hantar listrik, jari-jari atom dan ion dari tabel IUPAC sebagai pengganti data praktikum.

Kata kunci: Strategi POE, ikatan kimia, materi non-praktikum.

ABSTRACT

[illegible]

Keywords: POE Strategy, chemical bonds, non-laboratory concept

PENDAHULUAN

Strategi POE dikembangkan oleh White dan Gunstone (1992) dalam buku *“Probing Understanding”* pada materi kekekalan massa. Tujuan dari strategi POE adalah untuk mengetahui ide atau pemahaman awal peserta didik tentang peristiwa dan memunculkan kegiatan diskusi tentang ide tersebut. Strategi POE terdiri dari tiga tahapan yaitu prediksi, observasi dan penjelasan.

Penelitian sebelumnya yang terkait strategi POE adalah materi reaksi redoks (Treagust, Mthmbu, & Chandrasegaran, 2014); asam-basa (Kala, Yaman, & Ayas, 2012; Ozdemir, Bag & Bilen, 2011) dan elektrokimia (Karamustafaoglu dan Mamlok-Naaman, 2015). Materi tersebut merupakan pembelajaran berbasis pratikum. Data untuk tahapan observasi menggunakan data praktikum di laboratorium.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan efek positif penggunaan strategi POE dalam pembelajaran kimia baik dari segi kognitif maupun afektif. Hasil positif ini diharapkan juga tampak dalam pembelajaran kimia yang bukan berbasis praktikum. Salah satu materi kimia yang bukan berbasis praktikum adalah ikatan kimia. Oleh karena itu diperlukan modifikasi strategi POE agar dapat diterapkan baik dalam pembelajaran kimia berbasis praktikum maupun non-praktikum.

METODE PEMBELAJARAN

Metode pembelajaran yang digunakan adalah strategi POE yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram strategi POE

Tahap prediksi mengharuskan peserta didik untuk memberikan prediksi terkait permasalahan dari konsep yang akan dipelajari. Prediksi yang diberikan sebaiknya disertai dengan alasan atau penjelasan ilmiah yang mendukung. Pada tahap prediksi akan diketahui pemahaman awal peserta didik terkait konsep yang akan dipelajari. Kegiatan ini akan membantu pengajar untuk mengelola pembelajaran karena mengetahui kemampuan peserta didiknya.

Tahap observasi berupa pengumpulan data untuk mengetahui kebenaran jawaban prediksi. Kegiatan observasi dapat dilakukan dengan praktikum di laboratorium, demonstrasi oleh pengajar maupun pengamatan langsung. Pada tahap ini akan terjadi proses konstruksi konsep peserta didik. Hal ini disebabkan data observasi yang diperoleh dimungkinkan berbeda dengan prediksi yang diberikan. Bila hal ini terjadi maka peserta didik harus merekonstruksi konsep yang dimiliki. Oleh karena itu kegiatan observasi adalah tahapan yang penting.

Tahap penjelasan memberikan kesempatan untuk berdiskusi mengenai konsep yang telah dipelajari. Peserta didik terlibat dalam kegiatan berdiskusi untuk memberikan penjelasan secara ilmiah terkait jawaban prediksi dengan data observasi. Baik kesesuaian maupun ketidaksesuaian antara data observasi dengan jawaban prediksi peserta didik harus mampu memberi penjelasan ilmiah. Kegiatan penjelasan dapat dilakukan dalam diskusi skala kecil (kelompok) atau diskusi skala besar (kelas). Peran pengajar dalam tahap penjelasan adalah memberikan penekanan (*justify*) mengenai konsep yang benar dan konsep yang salah. Pengajar sebaiknya berperan sebagai fasilitator sehingga peserta didik dapat mengungkapkan konsep yang telah dipelajari tanpa merasa ragu atau takut. Pada tahap ini peserta didik akan memperoleh konsep yang benar secara utuh dan ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembelajaran dengan strategi POE dilakukan modifikasi pada tahap observasi.

Modifikasi strategi POE pada pembelajaran non-praktikum

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, strategi POE masih terbatas pada lingkup pembelajaran laboratorium. Tahap observasi selalu berbentuk percobaan di laboratorium sehingga diperoleh data berupa hasil percobaan. Dari data hasil percobaan akan dicocokkan dengan jawaban prediksi yang telah dibuat sebelumnya. Kegiatan pembelajaran tersebut sesuai untuk materi yang dapat diamati dengan kegiatan laboratorium. Adanya hasil positif dari penerapan strategi POE dalam pembelajaran praktikum diharapkan juga dapat diterapkan pada materi ikatan kimia yang tidak berbasis praktikum.

Penyajian materi ikatan kimia dengan strategi POE berbeda dengan penerapan strategi POE dalam pembelajaran dengan praktikum. Pada tahap observasi diberikan data berupa grafik, tabel, dan atau gambar yang bukan dari data praktikum. Data yang digunakan sebagai pengganti data laboratorium adalah data dari tabel IUPAC berupa data energi ionisasi, afinitas electron, keelektronegatifan, daya hantar listrik, titik didih, titik lebur, dan jari-jari atom serta jari-jari ion.

Pelaksanaan pembelajaran di kelas dilakukan sebagai berikut:

Pada tahap prediksi, peserta didik sebaiknya diberikan pertanyaan yang berkaitan dengan materi sebelumnya yaitu sistem periodik unsur. Hal ini dimaksudkan agar peserta didik memahami penjelasan ilmiah tentang proses pembentukan ion. Konsep pembentukan ion mempengaruhi pemahaman pada konsep ikatan ionik. Hal ini juga mempengaruhi pada konsep struktur Lewis senyawa ionik. Kesalahan konsep yang banyak ditemukan adalah penulisan struktur Lewis kovalen untuk senyawa ionik. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik pada materi sebelumnya mempengaruhi pemahaman peserta didik pada konsep selanjutnya.

Tahap observasi merupakan tahap penting karena terjadi proses konstruksi konsep pada peserta didik. Pada tahap ini peserta didik diberikan data tabel IUPAC untuk mengidentifikasi jenis ikatan dan senyawa yang terbentuk. Pemahaman data tersebut diharapkan peserta didik dapat menjelaskan secara ilmiah yaitu mengaitkan prediksi dengan data observasi.

Tahap penjelasan terjadi lebih efektif bila peserta didik dan pengajar berdiskusi mengenai kesesuaian jawaban prediksi dengan data observasi sehingga dapat disimpulkan konsep ikatan kimia yang benar.

KESIMPULAN

- Modifikasi strategi POE dapat bermanfaat bagi pembelajaran kimia yang tidak berbasis praktikum.
- Penggunaan strategi POE dapat membantu meningkatkan pemahaman ikatan kimia dengan menerapkan langkah prediksi, observasi dan penjelasan.
- Pada pembelajaran ikatan kimia dapat menggunakan data tabel IUPAC, dan pada tahap penjelasan peserta didik dapat mengaitkan jawaban prediksi dan data observasi serta disimpulkan konsep ikatan kimia yang benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Kala, N., Yaman, F., & Ayas, A. 2013. The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Technique in Probing Students Understanding About Acid-Base Chemistry: A Case For The Concepts of pH, pOH, and Strength. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11: 555-574
- Karamustafaoglu, S., & Mamlok-Naaman, R. 2015. Understanding Electrochemistry Concepts Using The Predict-Observe-Explain Strategy. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5): 923-936.
- Özdemir, H., Bağ, H., & Bilen, K. 2011. Effect of Laboratory Activities Designed Based on Prediction-Observe-Explanation (POE) Strategy On Pre-Service Science Teachers

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Understanding of Acid Base Subject. *Journal of Educational Science*. (Online), (http://webb.deu.edu.tr/baed/giris/baed/ozel_sayi/169-174.pdf), diakses pada 10 Juni 2016
- Treagust, D.F., Mthmbu, Z., & Chandrasegaran, A.L. 2015. Evaluation of the Predict-Observe-Explain Instructional Strategy to Enhance Students' Understanding of Redox Reactions. *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom*, 265-286.
- White, R. & Gunstone, R. 1992. *Probing Understanding*. USA: Routledge.

IDENTIFIKASI KESULITAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL-SOAL STOIKIOMETRI MENGGUNAKAN ANALISIS LANGKAH PENYELESAIAN SOAL

Nur Mu'izzah*^a, Endang Budiasih^a, Siti Marfu'ah^a

^a Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5, Malang 65145

*Corresponding author's Email: marchza91@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar dan keterampilan proses sains siswa. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimen semu. Kelas eksperimen dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dan kelas kontrol dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori. Instrumen pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini tes hasil belajar kognitif, lembar observasi afektif, psikomotor, dan keterampilan proses sains. Hasil uji coba tes menghasilkan 24 soal valid dan memiliki reliabilitas sebesar 0,833. Data dianalisis menggunakan analisis statistik dan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap hasil belajar dan keterampilan proses sains siswa daripada model pembelajaran ekspositori.

Kata Kunci: *inkuiri terbimbing, hasil belajar, keterampilan proses sains, asam-basa*

ABSTRACT

This research is designed to know the effect of guided inquiry models on student's learning outcomes and process of their science skills. This research used quasi experimental research designs. Class XI MIA 1 was selected as experimental class which was taught by guided inquiry learning model and class XI MIA 2 as a control class which was taught by expository learning model. The research's instruments were student's cognitive learning outcomes test, observation sheet of affective, psychomotor, and process of science skill. Trial results of tests showed 24 valid problem and had reliability that reached 0.833. Data was analyzed by using quantitative statistic and descriptive. The result of this research showed that the application of guided inquiry learning model influences the better against the results of the student's learning outcomes and process of their science skills than expository learning model.

Keywords: *guided inquiry, learning outcomes, science process skill, acid-base*

PENDAHULUAN

Ilmu kimia adalah salah satu cabang dalam Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Bahasan dalam ilmu kimia bersifat abstrak, seperti atom, molekul, elektron, dan ikatan kimia. Hal tersebut merupakan ciri khas dunia kimia yang tak nampak, hanya bisa dihayalkan, dan tidak dapat dialami langsung (Kean dan Middlecamp, 1985: 7). Keabstrakan ilmu kimia ini membuat orang khususnya siswa yang mempelajarinya merasa kesulitan, serta membutuhkan tingkat berpikir tinggi untuk memahaminya.

Salah satu materi dalam ilmu kimia adalah asam basa, yang disajikan di SMA untuk siswa kelas XI semester genap. Materi tersebut merupakan materi yang sulit dipahami oleh siswa SMA Negeri 1 Situbondo, yang dibuktikan dengan rata-rata nilai ulangan harian asam-basa di SMA Negeri 1 Situbondo pada Tahun Pelajaran 2013/2014 adalah 72,35 dengan persen ketuntasan 60,95% dan Tahun Pelajaran 2014/2015 adalah 70,00 dengan persen ketuntasan 44,3%. Rata-rata nilai tersebut masuk dalam kategori rendah, karena berada dibawah nilai KKM yaitu 75. Kesulitan materi asam basa ini juga dilaporkan oleh Burns dalam Damanhuri (2016: 9), bahwa dalam beberapa dekade terakhir, materi asam basa telah dilaporkan sebagai materi yang sulit untuk siswa sekolah menengah atas. Kesulitan belajar yang dialami siswa tersebut kemungkinan disebabkan karena materi asam basa pada umumnya memiliki sifat yang abstrak (tidak dapat dilihat secara kasat mata) dan hanya disimbolkan saja.

Menurut Gagne dalam Supriadi (2012: 62), hasil belajar (*achievement/ performance*) yang optimal sangat ditentukan oleh kompeten serta profesionalitas guru Guru sebagai pengajar, dituntut memiliki seperangkat pengetahuan dan keterampilan teknis mengajar, disamping menguasai ilmu dan bahan yang akan disampaikan. Jika dilihat dari ilmu dan bahan yang disampaikan, Guru SMA Negeri 1 Situbondo telah memiliki hal tersebut. Teknis mengajar dalam hal ini diantaranya adalah menerapkan model pembelajaran yang sesuai. Penggunaan model pembelajaran yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran di kelas (Suyanti, 2010: 42).

Terdapat beberapa model pembelajaran, diantaranya yaitu ekspositori dan inkuiri terbimbing. Ekspositori merupakan model yang sering digunakan di sekolah-sekolah pada umumnya, prosesnya terdiri dari penjelasan guru dengan metode ceramah, tanya-jawab dan latihan soal atau tugas. Berdasarkan hasil wawancara kepada salah satu guru kimia SMAN 1 Situbondo, pada umumnya masih menggunakan model ekspositori. Model pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan model pembelajaran konstruktivistik yang terdiri dari beberapa tahapan yang melatih keterampilan proses sains siswa yang berbeda pada setiap tahapannya sehingga siswa bisa menemukan sendiri pengetahuannya dan membuat siswa memiliki daya ingat yang lebih tinggi.

Menurut Kuhlthau (2007: 2), inkuiri terbimbing merupakan salah satu inkuiri yang dibimbing oleh seorang guru yang memungkinkan bagi siswa untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentang suatu materi melalui berbagai sumber informasi. Menurut Jauhar (2011: 7) kegiatan pembelajaran inkuiri terbimbing ditujukan untuk menambah kemampuan siswa dalam menggunakan keterampilan proses dengan merumuskan pertanyaan yang mengarah pada kegiatan investigasi, merumuskan hipotesis, mengumpulkan, menganalisis data, dan membuat kesimpulan.

Hal ini menunjukkan bahwa model inkuiri terbimbing memiliki kelebihan diantara model-model lain dalam melatih keterampilan proses sains dan meningkatkan pemahaman siswa (hasil belajar kognitif siswa). Oleh sebab itu, pembelajaran dengan inkuiri terbimbing sangat cocok untuk materi asam basa, yang mana selain menuntut kemampuan algoritmik yang baik, materinya juga bersifat prosedural, dan pembelajarannya tidak hanya ditekankan pada produk, tetapi juga pada proses. Menurut Hofstein (2004: 249), kegiatan praktikum efektif dalam mengembangkan logika berpikir, kemampuan-inkuiri, menyelesaikan masalah, meningkatkan psikomotor dan minat belajar siswa. Selain itu, adanya kegiatan praktikum dapat mengatasi adanya keabstrakan materi asam-basa, dikarenakan siswa dapat mengamati secara langsung.

Penelitian-penelitian tentang pengaruh pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar dan keterampilan proses sains telah dilakukan. Penelitian oleh Zuliana (2015:9) menghasilkan bahwa penguasaan konsep siswa setelah penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing lebih baik dari pada sebelum penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing. Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Utami (2013). Hasilnya menunjukkan bahwa hasil belajar kognitif siswa dan keterampilan proses sains siswa

yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing lebih baik daripada siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran ekspositori.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti ingin mengetahui pengaruh (adanya perbedaan) model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar yang mencakup hasil belajar kognitif, afektif, dan psikomotor dan keterampilan proses sains siswa pada materi asam basa di SMA Negeri 1 Situbondo dibandingkan dengan model ekspositori.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen semu (*Quasi-Experimental Design*) dengan *post-test* saja (*post test only control group design*) Rancangan penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rancangan Penelitian *Post-Test Only Control Group Design*

Subjek ^{*)}	Perlakuan	Post-Test
Kelas eksperimen	X ₁	O ₁
Kelas kontrol	-	O ₂

(Ibnu, Mukhadis, & Dasna, 2003:53)

Keterangan:

X₁ = model inkuiri terbimbing

- = model ekspositori

O₁ = hasil pengukuran post-test kelompok eksperimen

O₂ = hasil pengukuran post-test kelompok kontrol

*) kesetaraan subjek sudah dibuktikan dengan hasil belajar pada materi sebelumnya

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MIA SMA Negeri 1 Situbondo Tahun Pelajaran 2015/2016 dan sampel yang diambil adalah kelas XI MIA 1 dan XI MIA 2.

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian meliputi instrumen perlakuan (silabus, RPP, dan LKS) dan instrumen pengukuran (tes dan lembar observasi).

Pengumpulan data dilaksanakan di SMA Negeri 1 Situbondo pada semester genap Tahun Pelajaran 2015/2016 pada bulan Januari sampai bulan Februari. Tahap pengumpulan data terdiri dari tahap persiapan (observasi tempat sampai dengan uji coba soal), tahap pelaksanaan (pemilihan sampel sampai dengan tes akhir), dan tahap akhir (rekapitulasi data sampai dengan analisis data).

Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis statistik (hasil belajar kognitif, uji prasyarat analisis, uji kesamaan dua rata-rata dan uji hipotesis) dan analisis deskriptif (hasil belajar afektif, psikomotor dan keterampilan proses sains siswa).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterlaksanaan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dan Ekspositori

Pembelajaran inkuiri terbimbing dilaksanakan pada kelas eksperimen, yaitu XI MIA 1 dan ekspositori pada kelas kontrol, yaitu XI MIA 2. Data keterlaksanaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata persentase keterlaksanaan pembelajaran kelas eksperimen adalah sebesar 96,31% dan kelas kontrol sebesar 96,10 %. Dapat disimpulkan bahwa kedua proses pembelajaran terlaksana dengan sangat baik.

Tabel 2 Data Rata-Rata Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	Rata-rata Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran (%)	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Pertemuan pertama	100,0	97,20
Pertemuan kedua	100,0	88,90
Pertemuan ketiga	86,85	100,0
Pertemuan keempat	94,70	94,40
Pertemuan kelima	100,0	100,0
Rata-rata	96,31	96,10

keterlaksanaan proses pembelajaran pada kelas eksperimen dan kontrol berturut-turut adalah 96,31% dan 96,10%, maka terdapat 3,69% dan 3,9% proses pembelajaran yang tidak terlaksana. Proses pembelajaran yang tidak terlaksana ini bukanlah tahapan utama dalam pembelajaran inkuiri terbimbing dan ekspositori, diantaranya adalah penyiapan peserta didik, penyampaian tujuan pembelajaran, penyampaian garis besar cakupan materi dan teknik penilaian, dan kegiatan refleksi pembelajaran.

Ketidaksesuaian keterlaksanaan proses pembelajaran kelas eksperimen dengan rencana yang dibuat disebabkan karena adanya kegiatan awal pembelajaran yang menyita waktu 15 menit pembelajaran untuk berdoa dan menyanyikan lagu Indonesia Raya bersama yang disampaikan dari pusat sekolah. Selain itu, siswa belum terbiasa belajar dengan pembelajaran inkuiri terbimbing, sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam tahap merumuskan masalah dan merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, dan menganalisis data. Pada kelas kontrol, ketidaksesuaian keterlaksanaan proses pembelajaran dengan rencana yang dibuat dikarenakan waktu pembelajaran yang dimulai setelah waktu istirahat dan sholat, sehingga banyak siswa yang terlambat dan pembelajaran tidak dimulai tepat waktu.

Data Hasil Belajar Siswa

Data hasil belajar siswa terdiri dari hasil belajar kognitif yang diperoleh dari nilai tes, hasil belajar afektif dan psikomotor yang diperoleh dari lembar observasi afektif dan psikomotor.

Data Hasil Belajar Kognitif Siswa

Data hasil belajar kognitif siswa dalam penelitian ini meliputi data nilai kemampuan awal siswa pada materi sebelumnya, yaitu hidrokarbon dan data nilai hasil belajar kognitif siswa pada materi asam-basa.

Data Nilai Kemampuan Awal Siswa

Uraian data kemampuan awal siswa dari kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Kemampuan Awal Siswa dari Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uraian	Kelas	
	Eksperimen	Kontrol
Rata-rata	65,77	63,58
Median	68,00	63,00
Standart Deviasi	9,004	9,750
Nilai Tertinggi	80,00	83,00
Nilai Terendah	48,00	48,00

Analisis data kemampuan awal siswa yang dilakukan adalah uji kesamaan dua rata-rata melalui uji-t dua pihak, yang sebelumnya dilakukan uji prasyarat analisis, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji normalitas kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji Normalitas Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Uji Normalitas	Kolmogorov-	Kesimpulan
		Smirnov Standar Deviasi	Nilai Signifikansi	
Eksperimen	65,77	9,00427	0,726	Normal
Kontrol	63,58	9,75044	0,645	Normal

Tabel 4 menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa dari kelas eksperimen memiliki nilai signifikansi sebesar 0,726, yang lebih besar dari 0,05. Kemampuan awal siswa dari kelas kontrol sebesar 0,645, yang lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan kedua data terdistribusi normal.

Hasil uji homogenitas kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Homogenitas Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Nilai Signifikansi	Kesimpulan
Eksperimen	65,77	0,671	Homogen
Kontrol	63,58		

Tabel 5 menunjukkan bahwa kemampuan awal dari kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,671, yang lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan kedua data memiliki varian yang sama (homogen).

Hasil uji kesamaan dua rata-rata kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Jumlah Siswa	Nilai Rata-rata	Standar Deviasi	Nilai Signifikan si	Kesimpulan
Eksperimen	39	65,77	9,004	0,302	tidak terdapat perbedaan kemampuan awal siswa
Kontrol	40	63,58	9,754		

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil uji kesamaan dua rata-rata kemampuan awal siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,302, yang lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan kedua kelas tidak memiliki perbedaan kemampuan awal siswa.

Hasil analisis data kemampuan awal siswa pada materi hidrkarbon menunjukkan bahwa kedua kelas memiliki kemampuan yang sama, dibuktikan dengan nilai signifikansi 0,302, yang lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, kedua kelas layak digunakan sebagai sampel penelitian.

Data Nilai Hasil Belajar Kognitif

Data nilai hasil belajar kognitif siswa ini diperoleh dari hasil tes pada materi asam-basa, yang terdiri dari 25 butir soal obyektif. Data nilai hasil belajar kognitif siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Data Nilai Hasil Belajar Kognitif Siswa

Uraian	Kelas	
	Eksperimen	Kontrol
Rata-rata	81,85	73,90
Median	84,00	76,00
Standart Deviasi	11,42	11,24
Nilai Tertinggi	100,0	96,00
Nilai Terendah	52,00	40,00

Untuk melihat perbedaan hasil belajar kognitif antara kedua kelas, maka dilakukan uji hipotesis dengan menggunakan uji-t dua pihak, yang sebelumnya dilakukan uji prasyarat analisis, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji normalitas data hasil belajar kognitif siswa dari kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil Uji Normalitas Data Hasil Belajar Kognitif Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov		Kesimpulan
		Standar Deviasi	Nilai Signifikansi	
Eksperimen	81,85	11,42	0,315	Normal
Kontrol	73,90	11,24	0,084	Normal

Tabel 8 menunjukkan bahwa hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing memiliki nilai signifikansi sebesar 0,315, yang lebih besar dari 0,05. Hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori memiliki nilai signifikansi sebesar 0,084, lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan bahwa kedua data terdistribusi normal.

Hasil uji homogenitas hasil belajar kognitif siswa disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil Uji Homogenitas Data Hasil Belajar Kognitif Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Nilai Signifikansi	Kesimpulan
Eksperimen	81,85	0,974	Homogen
Kontrol	73,90		

Tabel 9 menunjukkan bahwa hasil belajar kognitif siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki nilai signifikansi sebesar 0,974, yang lebih besar dari 0,05. Dapat disimpulkan bahwa kedua data memiliki varian yang sama (homogen).

Hasil uji hipotesis menggunakan uji-*t* dua pihak data hasil belajar kognitif siswa dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Uji-*t* Dua Pihak Data Hasil Belajar Kognitif

Variabel	Nilai Rata-rata		Uji- <i>t</i>	Kesimpulan
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol	Nilai Signifikansi	
Hasil Belajar	81,85	73,90	0,003	terdapat perbedaan hasil belajar kognitif

Tabel 10 menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima diakrenakan memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05. Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar kognitif antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori pada materi asam basa. Model pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan hasil belajar kognitif lebih baik daripada model pembelajaran ekspositori.

Hasil analisis data hasil belajar kognitif siswa pada pokok bahasan asam-basa dengan menggunakan uji-*t* dua pihak menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing dan siswa yang dibelajarkan dengan model ekspositori. Hal ini dibuktikan dengan diperolehnya nilai signifikansi 0,003, yang lebih besar dari 0,05, yang berarti H_0 ditolak, dan H_1 diterima. Perbedaan ini dapat dilihat dari hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing memiliki rata-rata yang lebih tinggi, yaitu 81,80 dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan model ekspositori yaitu 73,90.

Hal ini dikarenakan rangkaian kegiatan pembelajaran pada model inkuiri terbimbing menekankan siswa untuk menemukan sendiri pengetahuannya, sehingga siswa berperan aktif dan mendapatkan proses belajar lebih baik yang memudahkan siswa memahami konsep yang dipelajari dan dapat mengingatnya dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, didalam pembelajaran inkuiri terbimbing dilatihkan keterampilan proses sains. Ausubel dalam Ango, (2002) berpendapat bahwa keterampilan proses dalam pembelajaran adalah sangat penting untuk mengembangkan pemahaman konsep dan proporsi ilmiah dalam memecahkan masalah. Hal yang demikian tidak terjadi pada pembelajaran dengan model ekspositori, siswa tidak menemukan sendiri pengetahuannya, dengan kata lain hanya sebagai penerima informasi yang bersifat pasif. Hasil penelitian ini sesuai dengan yang dikatakan oleh Gaddis dan Schoffstall (dalam Barron, 2010) bahwa keuntungan dari model pembelajaran inkuiri terbimbing adalah memberikan kemampuan kognitif yang lebih tinggi.

Data Hasil Belajar Afektif Siswa

Hasil belajar afektif siswa diperoleh dari skor pada lembar observasi afektif yang mengacu pada rubrik penilaian yang berlangsung selama 5 kali pertemuan. Nilai hasil belajar afektif rata-rata pada setiap pertemuan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Data Nilai Rata-rata Hasil Belajar Afektif Siswa

Pertemuan	Nilai Rata-rata Afektif	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1	91,0	88,6
2	86,9	85,3
3	90,2	87,6
4	91,0	87,3
5	91,0	87,6
Rata-rata	90,0	87,3

Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai rata-rata hasil belajar afektif siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing (90,0 dengan kriteria sangat baik) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model ekspositori (87,3 dengan kriteria baik).

Hasil belajar afektif diperoleh dari hasil observasi selama pembelajaran berlangsung. Rata-rata nilai hasil belajar afektif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori.

Hal tersebut disebabkan pada setiap tahapan inkuiri terbimbing dilatihkan keaktifan siswa selama pembelajaran, sehingga siswa tidak bersifat pasif. Menurut Bilgin (2009: 1039), aktifitas dalam inkuiri terbimbing membantu siswa untuk mengembangkan respon suatu individu. Menurut Kuhlthau (2007: 6), pembelajaran inkuiri dapat mengembangkan keterampilan sosial dengan adanya kelompok belajar, sehingga siswa dapat berinteraksi dan berkolaborasi.

Data Hasil Belajar Psikomotor Siswa

Hasil belajar psikomotor siswa diperoleh dari skor lembar observasi psikomotor pertemuan pertama, ke empat, dan ke lima. Nilai rata-rata hasil belajar psikomotor pada pertemuan pertama, ke empat, dan ke lima dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Data Nilai Rata-rata Hasil Belajar Psikomotor Siswa

Pertemuan	Nilai Rata-rata Psikomotor	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1	95,3	94,7
4	97,4	88,5
5	98,7	89,0
Rata-rata	97,1	90,7

Tabel 12 menunjukkan bahwa nilai rata-rata hasil belajar psikomotor siswa yang dibelajarkan dengan model inkuiri terbimbing (97,1 dengan kriteria sangat baik) lebih tinggi dari pada siswa yang dibelajarkan dengan model ekspositori (90,7 dengan kriteria sangat baik).

Hasil belajar psikomotor siswa diperoleh dari hasil observasi selama pembelajaran dengan percobaan berlangsung. Rata-rata nilai hasil belajar psikomotor siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori.

Hasil belajar psikomotor yang lebih tinggi ini dikarenakan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing terlibat langsung dalam masalah yang sesungguhnya dengan cara mengajak siswa dalam satu eksperimen, membantu mengidentifikasi suatu masalah secara konseptual dan metodologis serta mengundang siswa untuk merancang cara penyelesaian masalah tersebut (Rahayu, H.S, 2012). Hasil yang diperoleh sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pulungan dan Sihombing (2014), bahwa siswa yang dibelajarkan dengan model

pembelajaran inkuiri terbimbing memiliki hasil belajar psikomotor lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model konvensional.

Data Keterampilan Proses Sains Siswa

Data keterampilan proses sains siswa diperoleh dari skor pada lembar observasi keterampilan proses sains selama 5 kali pertemuan pada kedua kelas. Data rata-rata nilai keterampilan proses sains siswa dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 menunjukkan bahwa rata-rata nilai setiap keterampilan proses sains siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing lebih baik daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori. Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata secara keseluruhan, kelas eksperimen memiliki rata-rata 90,39 (kriteria sangat baik) dan kelas kontrol memiliki rata-rata 83,28 (kriteria baik).

Hasil keterampilan proses sains yang dimiliki oleh siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing secara keseluruhan adalah lebih baik daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori. Hal tersebut dikarenakan pada model pembelajaran ekspositori tidak dilatihkan keterampilan proses sains. Menurut Ango (2002) kurangnya pelatihan keterampilan proses sains pada suatu pembelajaran akan menyebabkan rendahnya pencapaian keterampilan proses sains siswa. Hal tersebut juga dikatakan oleh Zeidan & Jayosi (2015: 19) bahwa pembelajaran yang menggunakan metode tradisional (ekspositori) tidak dapat mengembangkan integrasi keterampilan proses sains.

Tabel 13 Data Rata-Rata Nilai Setiap Keterampilan Proses Sains Siswa

Keterampilan Proses Sains	Pertemuan	Rata-Rata Nilai Keterampilan Proses Sains			
		Kelas Eksperimen	Rata-rata	Kelas Kontrol	Rata-rata
Mengajukan Pertanyaan	1	100,0	91,10	85,8	78,0
	2	81,2		65,8	
	3	91,5		71,7	
	4	88,9		81,7	
	5	94,0		85,0	
Memprediksi	1	100,0	90,10	87,0	78,20
	2	78,6		65,8	
	3	87,2		71,7	
	4	92,3		81,7	
	5	92,3		85,0	
Melaksanakan percobaan	1	98,3	97,70	99,2	96,90
	4	98,3		96,7	
	5	96,6		95,0	
Menganalisis	1	100	97,90	100,0	94,70
	2	98,3		88,3	
	3	94,9		91,7	
	4	97,4		98,3	
	5	99,1		95,0	
Menerapkan konsep	1	96,6	89,40	86,7	78,20
	2	82,9		65,8	
	3	86,3		71,7	
	4	88,9		81,7	
	5	92,3		85,0	
Menyimpulkan	1	100	93,20	95,0	90,00
	2	93,2		84,2	
	3	88,0		90,0	
	4	93,2		86,7	

	5	91,5		94,2	
	1	74,4		64,2	
	2	75,2		71,7	
Mengkomunikasikan	3	76,9	73,30	68,3	67,00
	4	78,6		66,7	
	5	61,5		64,2	
Rata-rata			90,39		83,28

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang berkaitan dengan rumusan masalah, dapat ditarik beberapa kesimpulan penelitian sebagai berikut: (1) Terdapat perbedaan hasil belajar kognitif antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing dan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori. Rata-rata nilai hasil belajar kognitif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing (81,85) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori (73,90); (2) Hasil belajar afektif siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing (90,00; kriteria sangat baik) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori (87,30; kriteria baik); (3) Hasil belajar psikomotor siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing (97,10; kriteria sangat baik) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori (90,70; kriteria sangat baik); (4) Keterampilan proses sains siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing (90,39; kriteria sangat baik) lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran ekspositori (83,28; kriteria baik). Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap hasil belajar dan keterampilan proses sains siswa daripada model pembelajaran ekspositori.

DAFTAR PUSTAKA

- Ango, M.L. 2002. Mastery of Science Process Skills and Their Effective Use in The Teaching of Science: An Educology of Science Education in the Nigerian Context. *International Journal of Educology*, (Online), Vol. 16, No. 1, Hal. 11-30, (<http://eric.ed.gov>), diakses 21 Mei 2016.
- Barron, L. 2010. Using Scaffolding and Guided-Inquiry to Improve Learning in a Postgraduate Forensic Science Laboratory Class. *School of Biomedical Health Sciences, King's College London*. (<https://www.kcl.ac.uk/study/learningteaching/kli/research/hern/hern-j4/Leon-Barron-hernjvol4.pdf>), diakses 23 Mei 2016.
- Bilgin, I. 2009. The Effect of Guided Inquiry Instruction Incorporating a Cooperative Learning Approach on University Students' Achievement of Acid and Bases Concepts and Attitude Toward Guided Inquiry Instruction. *Scientific Research and Essay*, (Online), Vol. 4, No. 10, Hal. 1038-1046, (<http://www.academicjournals.org/sre>), diakses 10 Mei 2016.
- Damanhuri, M.I.M., Treagust, D.F., Won, M. & Chandrasegaran, A.L. 2016. High School Students' Understanding of Acid-Base Concept: An Ongoing Challenge for Teachers. *International Journal of Environmental & Science Education*. (Online), Vol. 11, No. 1, Hal. 9-27, (<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1082847.pdf>), diakses 14 Juni 2016.
- Hofstein, A. 2004. The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research. *Chemistry Education: Research and Practice*. (Online), Vol. 5, No. 3, Hal. 247-264, (http://www.uoi.gr/cerp/2004_October/pdf/06_HofsteinInvited.pdf), diakses 14 Juni 2016.
- Ibnu, S., Mukhadis, A. & Dasna, I.W. 2003. *Dasar-dasar Metodologi Penelitian*. Malang: Penerbit Universitas Negeri Malang dan Lembaga Penelitian Universitas Negeri Malang.
- Jauhar, M. 2011. *Implementasi PAIKEM dari Behavioristik sampai Konstruktivis*. Jakarta: PT. Prestasi Pustakaraya.
- Kean, E. & Middlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta: PT. Gramedia.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Kuhlthau, C.C. 2007. *Guided Inquiry: Learning in the 21st Century*. (Online) (<http://www.kzneducation.gov.za/Portals/0/ELITS%20website%20Homepage/IASL%202009/KN-Kuhlthau%5B1%5D.pdf>), diakses 24 Mei 2016.
- Pulungan, N.A & Sihombing, E. 2014. The Implementation of Guided Inquiry Learning Model to Improve Student's Learning Outcomes at Class XI SMA Cerdas Murni. *Jurnal Inpafi*, (Online), Vol. 2, No. 3, Hal. 134-140, (<http://jurnal.unimed.ac.id/>), diakses 26 Mei 2016.
- Rahayu, H. S. 2013. *Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar Siswa Materi Larutan Elektrolit dan Larutan Non Elektrolit Kelas X SMA Negeri 2 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang.
- Supriadie, D. & Dermawan, D. 2012. *Komunikasi Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Suyanti, R.D. 2010. *Strategi Pembelajaran Kimia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Utami, W.D. 2013. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMA Kelas XI SMA Negeri 8 Malang Pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang.
- Zeidan, A.H & Jayosi, M.R. 2015. Science Process Skills and Attitudes Toward Science Among Palestinian Secondary School Students. *World Journal of Education*. (Online), Vol. 5 No. 1, Hal. 3-24, (<http://www.sciedu.ca/wje>), diakses 21 Mei 2016.
- Zuliana, E.Y. 2015. Efektivitas Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dalam Meningkatkan Penguasaan Konsep Hukum-hukum Dasar Kimia Siswa. *Jurnal Pendidikan Kimia*, (Online), Vol. 3, No. 1, Hal. 9, (<http://jurnal.fkip.unila.ac.id>), diakses 28 Agustus 2015.

**PERBEDAAN HASIL BELAJAR KOGNITIF MATERI SISTEM KOLOID YANG
DIBELAJARKAN DENGAN MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING-PETA
KONSEP DAN INKUIRI TERBIMBING PADA
SISWA KELAS XI SMA NEGERI 1 KEPANJEN**

Desy Eka Ratnasari, Dedek Sukarianingsih, Siti Marfu'ah

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

E-mail: desyekaratnasari@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterlaksanaan proses pembelajaran Sistem Koloid dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing–Peta Konsep dan Inkuiri Terbimbing pada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kepanjen, serta untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan hasil belajar materi Sistem Koloid antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing–Peta Konsep pada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kepanjen. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan penelitian eksperimental semu (*quasy experimental design*) dengan model *posttest only control group design*. Kelas eksperimen dibelajarkan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep dan kelas kontrol dibelajarkan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing. Instrumen yang digunakan berupa instrumen perlakuan (silabus, RPP, LKS) dan instrumen pengukuran (tes hasil belajar dan lembar observasi). Data keterlaksanaan proses pembelajaran dan nilai kuis dianalisis dengan analisis deskriptif, sedangkan data nilai ulangan harian dianalisis dengan analisis statistika dengan menggunakan bantuan program SPSS 20.0 *for windows*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) keterlaksanaan proses pembelajaran pada siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol termasuk dalam kategori terlaksana dengan sangat baik. Hal ini dapat dilihat dari persentase rata-rata keterlaksanaan proses pembelajaran pada siswa kelas eksperimen sebesar 94,85% dan siswa kelas kontrol sebesar 93,28%, (2) Ada perbedaan hasil belajar materi Sistem Koloid antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep dan Inkuiri Terbimbing pada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kepanjen. Rata-rata nilai hasil belajar kognitif materi Sistem Koloid siswa kelas eksperimen lebih tinggi ($\bar{x} = 92,51$) daripada siswa kelas kontrol ($\bar{x} = 88,00$).

Kata kunci: Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing, Peta Konsep, Hasil Belajar Kognitif, Sistem Koloid

ABSTRACT

This study aims to determine the enforceability of the learning process System Colloidal learning model Guided Inquiry-Concept maps and Guided Inquiry in class XI student of SMAN 1 Kepanjen, as well as to determine whether there is difference in the results of learning materials Systems Colloid between students that learned learning model Guided Inquiry -Peta concept in class XI student of SMAN 1 Kepanjen. The design of the study is a quasi-experimental research design (*quasy experimental design*) models only *posttest control group design*. Dibelajarkan experimental class using Guided Inquiry learning model - Concept Map and the control class dibelajarkan using Guided Inquiry learning model. The instrument used form of treatment instrument (syllabus, RPP, LKS) and measuring instruments (achievement test and observation sheet). Data keterlaksanaan learning and quiz grades were analyzed with descriptive analysis, while data on the value of daily tests were analyzed by statistical analysis using SPSS 20.0 *for windows*. The results showed that: (1) adherence to the learning process in class experimental and control classes included in the category of very successfully. It can be seen from the average percentage of adherence to the learning process in the experimental class students and students of 94.85% control class is 93.28%, (2) There are differences in learning outcomes between students colloidal material system that learned with Guided Inquiry learning model - Map Concepts and Guided Inquiry in class XI student of SMAN 1 Kepanjen.

The average value of the cognitive learning materials Colloidal Systems experimental class students is higher ($\bar{x} = 92.51$) than the control class ($\bar{x} = 88.00$).

Keywords: Guided Inquiry Learning Model, Concept Map, Cognitive Learning Outcomes, Colloidal Systems

PENDAGULUAN

Kimia merupakan salah satu cabang dari ilmu pengetahuan alam di jenjang Sekolah Menengah Atas, materi yang yang dipelajari cukup banyak. Hal ini menyebabkan sebagian siswa menganggap mata pelajaran kimia merupakan mata pelajaran yang sulit. Pembelajaran kimia sebaiknya diajarkan dengan menggunakan model pembelajaran yang tepat agar siswa dapat menerima pelajaran kimia dengan baik. Salah satu model pembelajaran yang sesuai untuk diterapkan adalah model pembelajaran inkuiri. Model pembelajaran inkuiri merupakan bentuk dari model pembelajaran yang berorientasi kepada siswa (*Student Centered Learning*) (Setiawan, 2013: 302). Pembelajaran inkuiri dapat diterapkan pada siswa SMA, sehingga diharapkan dapat mendorong peningkatan hasil belajar dan retensi pemahaman siswa. Pavelich & Abraham (dalam Rahayu, 2013: 2) menyebutkan bahwa model pembelajaran inkuiri terdiri dari inkuiri terbuka atau bebas (*open ended*) dan inkuiri terbimbing (*guided inquiry*). Penelitian ini menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) karena berdasarkan tahap pelaksanaannya model pembelajaran ini cocok diterapkan pada siswa SMA. Tahap-tahap yang digunakan adalah pemberian masalah, perumusan hipotesis, eksperimen, analisis data, dan penarikan kesimpulan. Pembelajaran inkuiri terbimbing mengajak siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya melalui pengalaman belajar yang dilakukan secara mandiri. Selama proses pembelajaran guru sebagai fasilitator yaitu memantau diskusi kelompok untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang dibutuhkan siswa. Menurut Bettencourt (dalam Suparno, 1978: 11) belajar tidak hanya meniru atau mencerminkan apa yang diajarkan atau yang dia baca, melainkan menciptakan pengertian. Model pembelajaran yang berpusat pada siswa dapat membantu siswa mengkonstruksi pengetahuannya sendiri, sehingga pengetahuan atau konsep yang diperoleh akan lebih bermakna dan lebih melekat dalam pemahaman siswa. Kesalahan-kesalahan konsep yang sering dihadapi siswa terjadi karena siswa harus belajar dengan membangun pengetahuannya sendiri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kesalahan konsep tersebut dengan memberikan tugas berupa pembuatan peta konsep. Iskandar, (2011: 77) menyebutkan bahwa peta konsep merupakan diagram yang disusun untuk menunjukkan pemahaman seseorang tentang suatu konsep atau gagasan. Pembuatan peta konsep ini dapat diterapkan pada model pembelajaran inkuiri terbimbing karena keduanya sama-sama bertujuan untuk membantu siswa lebih mengkonstruksi pemahamannya sendiri. Pemberian tugas pembuatan peta konsep diharapkan dapat membantu siswa untuk lebih memahami materi serta menjadikan hasil belajar lebih baik. Model pembelajaran Inkuiri Terbimbing–Peta Konsep dan Inkuiri Terbimbing pada penelitian ini diterapkan pada materi Sistem Koloid.

METODE

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan penelitian eksperimental semu (*Quasy Experimental Design*) dengan model *post-test only control group design* karena pada prosesnya tidak dilakukan randomisasi sampel secara sesungguhnya dan hanya memberikan *post-test* saja pada akhir pembelajaran. Kelas eksperimen dibelajarkan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing–Peta Konsep. Kelas kontrol dibelajarkan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing. Rancangan penelitian eksperimental semu dengan model *post-test only control group design* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rancangan Penelitian

Subjek	Perlakuan	Posttest
Kelas eksperimen	X ₁	O ₁

Kelas kontrol	X_2	O_2

Keterangan:

X_1 : Perlakuan yang diberikan pada kelas eksperimen, yaitu berupa model pembelajaran inkuiri terbimbing – peta konsep

X_2 : Perlakuan yang diberikan pada kelas kontrol, yaitu berupa model pembelajaran inkuiri terbimbing

O_1 : Hasil belajar kelas eksperimen

O_2 : Hasil belajar kelas kontrol

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah semua siswa kelas XI MIA di SMA Negeri 1 Kepanjen. yang terdiri dari 7 kelas, yaitu kelas XI MIA 1, XI MIA 2, XI MIA 3, XI MIA 4, XI MIA 5, XI MIA 6, dan XI MIA 7. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *random sampling* melalui dua kali undian. Undian pertama, yang terpilih sebagai sampel penelitian adalah kelas XI MIA 5 dan kelas XI MIA 6. Pada undian kedua, kelas XI MIA 5 terpilih sebagai kelas eksperimen dan kelas XI MIA 6 terpilih sebagai kelas kontrol. Jumlah siswa pada masing-masing kelas sebanyak 35 siswa.

Instrumen Penelitian

Instrumen Pembelajaran

Perangkat pembelajaran dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing-peta konsep maupun model pembelajaran inkuiri terbimbing yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas silabus, RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran), dan LKS (Lembar Kerja Siswa) beserta kunci jawaban

Instrumen Pengukuran

Instrumen pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (a) lembar observasi yang digunakan untuk mengetahui keterlaksanaan proses pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, (b) ulangan harian materi sistem koloid yang digunakan untuk mengetahui hasil belajar kognitif siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, dan (c) kuis untuk mengetahui sejauh mana pemahaman siswa terhadap materi yang diberikan oleh guru yang dilaksanakan setiap akhir pertemuan.

Pengumpulan Data

Nilai hasil belajar kognitif siswa diperoleh dari hasil tes yang dilakukan setelah semua materi sistem koloid selesai diajarkan. Keterlaksanaan proses pembelajaran diperoleh dari hasil observasi selama proses pembelajaran berlangsung.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, dianalisis menggunakan analisis statistik dan analisis deskriptif. Nilai hasil belajar kognitif siswa dianalisis menggunakan analisis statistik dengan uji-t. Keterlaksanaan pembelajaran dan nilai kuis siswa dianalisis menggunakan analisis deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

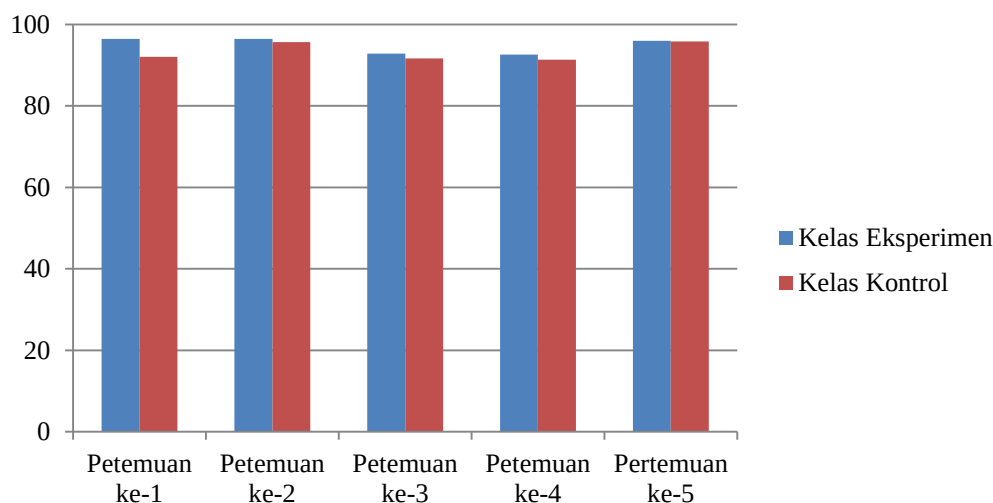
Keterlaksanaan Proses Pembelajaran

Persentase dan grafik rata-rata nilai keterlaksanaan proses pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2 Persentase Nilai Keterlaksanaan Proses Pembelajaran

Rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP)	Keterlaksanaan Proses Pembelajaran	
	Kelas Eksperimen (%)	Kelas Kontrol (%)

Pertama	96,42	92,00
Kedua	96,42	95,65
Ketiga	92,85	91,66
Keempat	92,59	91,30
Kelima	96,00	95,83
Rata-rata	94,85	93,28



Gambar 1 Grafik Rata-rata Nilai Keterlaksanaan Proses Pembelajaran

Tabel 2 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata nilai keterlaksanaan proses pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol termasuk dalam kategori terlaksana dengan sangat baik. Hal ini dapat dilihat dari persentase rata-rata keterlaksanaan proses pembelajaran dari kelima RPP pada kelas eksperimen sebesar 94,85% dan pada kelas kontrol sebesar 93,28%.

Kemampuan Awal Siswa

Data kemampuan awal siswa diperoleh dari nilai ulangan harian materi Hidrolisis Garam. Deskripsi data kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Deskripsi Data Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Jumlah siswa	Nilai terendah	Nilai tertinggi	Rata-rata
Kelas Eksperimen	35	37,50	92,50	70,54
Kelas Kontrol	35	55,00	92,50	70,93

Uji Prasyarat Analisis

Uji prasyarat analisis dilakukan terhadap data kemampuan awal siswa yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas.

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas data kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil Uji Normalitas Data Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Uji Kolmogorov-Smirnov			Kesimpulan
		Standar Deviasi	Nilai Z uji K-S	Signifikansi	
Kelas	70,54	12,996	1,047	0,223	Normal

Eksperimen					
Kelas Kontrol	70,93	9,336	0,826	0,503	Normal

Tabel 3 menunjukkan bahwa data kemampuan awal siswa pada kelas eksperimen dan keals kontrol terdistribusi normal karena nilai signifikansinya $> 0,05$.

Uji Homogenitas

Hasil uji homogenitas data kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji Homogenitas Data Kemampuan Awal Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Nilai F uji <i>Levene</i>	Nilai Signifikansi	Kesimpulan
Kelas Eksperimen	70,54	3,409	0,069	Homogen
Kelas Kontrol	70,93			

Tabel 4 menunjukkan bahwa data nilai kemampuan awal siswa pada kelas eksperimen dan keals kontrol memiliki varian yang sama atau homogen karena nilai signifikansinya $> 0,05$.

Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Hasil uji kesamaan dua rata-rata kemampuan awal siswa dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata Kemampuan Awal Siswa

Variabel	Rata-rata Nilai		Nilai signifikansi (dua pihak)	Kesimpulan
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol		
Kemampuan Awal	70,54	70,93	0,887	Tidak ada perbedaan pada kemampuan awal siswa

Tabel 5 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kemampuan awal siswa pada kelas eksperimen dan keals kontrol karena nilai signifikansinya $> 0,05$.

Hasil Belajar Siswa (Kognitif)

Pada penelitian ini hasil belajar yang dianalisis adalah hasil belajar dalam ranah kognitif. Penilaian hasil belajar kognitif dilakukan dengan memberikan kuis dan ulangan harian dalam bentuk soal pilihan ganda.

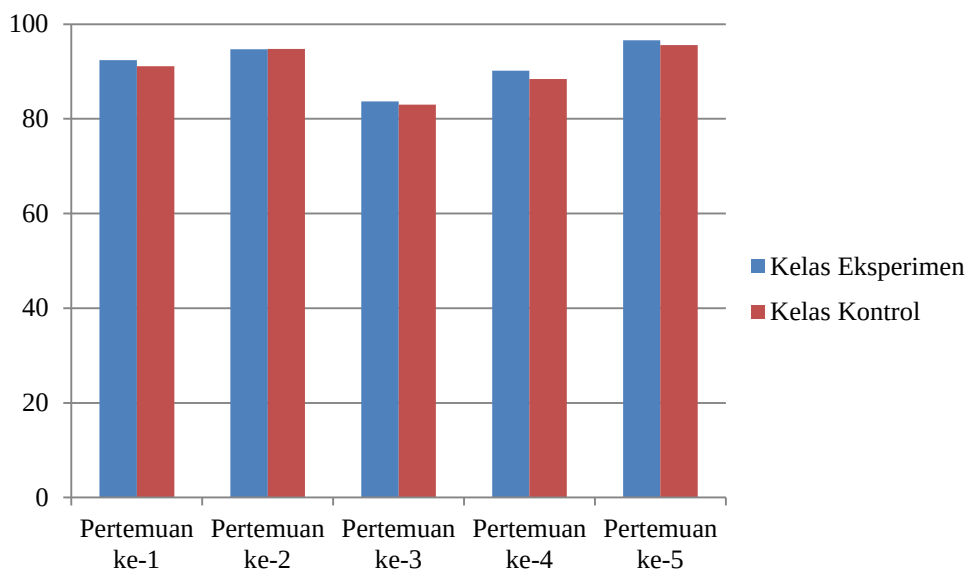
Nilai Kuis

Rata-rata nilai kuis siswa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Rata-rata Nilai Kuis Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai Kuis Pertemuan ke-					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Kelas Eksperimen	92,42	94,71	83,71	90,14	96,57	91,51
Kelas Kontrol	91,14	94,80	83,00	88,42	95,57	90,39

Grafik rata-rata nilai kuis siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Rata-rata Nilai Kuis Siswa pada Kelas Eksperimn dan Kelas Kontrol

Tabel 6 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai kuis siswa pada kelas eksperimen ($\bar{x} = 91,51$) lebih tinggi daripada rata-rata nilai kuis siswa pada kelas kontrol ($\bar{x} = 90,39$). Siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep memiliki pemahaman yang lebih terkonstruksi. Pemberian tugas peta konsep dapat meningkatkan aktifitas belajar siswa, karena terjadi pengulangan dan penguatan terhadap materi yang dipelajari. Peta konsep yang bersifat terstruktur dan sistematis menuntut siswa harus mengerti konsep-konsep yang ada dalam materi dan menghubungkannya dengan konsep yang paling inklusif hingga paling tidak inklusif dengan kata hubung yang tepat.

Nilai Ulangan Harian

Ulangan harian berupa 25 soal pilihan ganda yang telah diuji validitas, tingkat kesukaran, daya beda, dan reliabilitasnya. Hasil ulangan harian materi Sistem Koloid untuk siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol merupakan hasil belajar kognitif siswa. Deskripsi nilai ulangan harian siswa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Deskripsi Nilai Ulangan Harian Siswa

Kelas	Jumlah siswa	Nilai terendah	Nilai tertinggi	Rata-rata
Kelas Eksperimen	32	76,00	100,00	92,51
Kelas Kontrol	32	76,00	100,00	88,00

Tabel 7 menunjukkan bahwa rata-rata nilai ulangan harian siswa pada kelas eksperimen ($\bar{x} = 92,51$) lebih tinggi daripada rata-rata nilai ulangan harian siswa pada kelas kontrol ($\bar{x} = 88,00$).

Uji Prasyarat Analisis

Uji prasyarat analisis dilakukan terhadap data ulangan harian siswa yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Setelah uji prasyarat analisis, dilakukan uji hipotesis untuk mengetahui apakah kedua sampel memiliki perbedaan hasil belajar atau tidak.

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas data ulangan harian siswa dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil Uji Normalitas Data Ulangan Harian Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Uji Kolmogorov-Smirnov			Kesimpulan
		Standar Deviasi	Nilai Z K-S	uji Signifikansi	
Kelas Eksperimen	92,51	6,256	1,335	0,057	Normal
Kelas Kontrol	88,00	5,820	0,779	0,578	Normal

Tabel 8 menunjukkan bahwa data nilai ulangan harian siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol terdistribusi normal karena nilai signifikansinya $> 0,05$.

Uji Homogenitas

Hasil uji homogenitas data ulangan harian siswa dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9 Hasil Uji Homogenitas Data Ulangan Harian Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai	Nilai <i>F</i> uji <i>Levene</i>	Nilai signifikansi	Kesimpulan
Kelas Eksperimen	92,51	0,623	0,433	Homogen
Kelas Kontrol	88,00			

Tabel 9 menunjukkan bahwa data nilai ulangan harian siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki varian yang sama atau homogen karena nilai signifikansinya $> 0,05$.

Uji Hipotesis

Hasil uji hipotesis ulangan harian siswa dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Uji Hipotesis Ulangan Harian Siswa

Kelas	Rata-rata Nilai Ulangan Harian	Nilai signifikansi (dua pihak)	Kesimpulan
Kelas Eksperimen	92,51	0,003	Ada perbedaan hasil belajar siswa
Kelas Kontrol	88,00		

Tabel 10 menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil belajar antara siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol karena nilai signifikansinya $< 0,05$ yaitu sebesar 0,044.

Perpaduan model pembelajaran peta konsep dalam model pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada tahap rumusan masalah (selama pengajaran) dan tahap penarikan kesimpulan (selama pengajaran) dapat memberikan dampak yang positif terhadap hasil belajar kognitif siswa. Pemahaman siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep lebih terkonstruksi. Selain itu, pemberian tugas peta konsep dapat meningkatkan aktifitas kegiatan belajar siswa, karena terjadi pengulangan dan penguatan terhadap materi yang telah dipelajari. Peta konsep yang bersifat terstruktur dan sistematis menuntut siswa harus mengerti konsep-konsep yang ada dalam materi dan menghubungkannya dari konsep yang paling inklusif hingga paling tidak inklusif dengan kata hubung yang tepat. Pada saat pembuatan peta konsep ini, guru memberikan bimbingan dan memonitoring siswa agar tidak terjadi kesalahan. Perpaduan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing dan pembelajaran berbantuan peta konsep dapat meminimalisir kelemahan dan meningkatkan keefektifan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing sehingga hasil belajar kognitif siswa yang

dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing–Peta Konsep lebih tinggi ($\bar{x} = 92,83$) daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing ($\bar{x} = 88,00$). Hal tersebut sejalan dengan penelitian Supriono (2008: 93) tentang pemberian tugas membuat peta konsep dapat meningkatkan aktivitas dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran serta dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Oleh karena itu pembelajaran dengan tambahan pemberian tugas berupa pembuatan peta konsep dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Hal ini dikarenakan proses pembelajaran yang dilakukan adalah proses pembelajaran yang bermakna. Proses bermakna tersebut diperoleh dari pembuatan peta konsep yang sistematis dan struktural sehingga menuntun pemahaman dan pemikiran siswa.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (1) keterlaksanaan proses pembelajaran dari kelima pertemuan adalah untuk siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep dan siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing termasuk dalam kategori terlaksana dengan sangat baik. Hal ini dapat dilihat dari persentase rata-rata keterlaksanaan proses pembelajaran dari kelima RPP pada siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep sebesar 94,85% dan siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing sebesar 93,28%, (2) ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep dan Inkuiri Terbimbing pada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kepanjen pada materi Sistem Koloid. Rata-rata nilai hasil belajar kognitif materi Sistem Koloid siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing – Peta Konsep lebih tinggi ($\bar{x} = 92,68$) daripada siswa yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing ($\bar{x} = 88,00$).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka diharapkan guru: (1) dapat menerapkan model pembelajaran Inkuiri Terbimbing–Peta Konsep pada materi lain yang karakteristiknya sama dengan materi Sistem Koloid seperti Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga, (2) dapat melakukan pengelolaan kelas dan manajemen waktu dengan lebih baik lagi agar proses pembelajaran dapat berjalan sesuai dengan RPP yang telah direncanakan, karena pada penelitian ini memerlukan waktu yang lebih banyak dari yang telah direncanakan.

DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. 2001. *Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Asesmen*. Terjemahan Agung. 2010. Prihantoro. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Arifin, M. 1995. *Pengembangan Program Pengajaran Bidang Studi Kimia*. Surabaya. Airlangga Universitas Press.
- Arikunto, S. 2009. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi Revisi)*, Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Arikunto, S. 2013. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi 2)*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Asyidiq, H.A. 2014. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Prestasi Belajar Kimia Koloid Siswa Kelas XI SMA Negeri 10 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Budiningsih, C.A. 1994. *Intensitas Penggunaan Media IPA Kelas V di Beberapa SD Wilayah Kodya Yogyakarta*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Fakultas Pasca Sarjana IKIP Malang.
- Dahar, R.W. 1988. *Teori-Teori Belajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan.
- Dasna, I.W. & Sutrisno. 2006. *Model–Model Pembelajaran Konstruktivistik dalam Pembelajaran Sains Kimia*. Malang: FMIPA UM.
- Eggen, P. & Kauchak, D. 2012. *Strategi dan Model Pembelajaran Mengajarkan Konten dan Keterampilan Berpikir Edisi 6*. Terjemahan oleh Satrio Wahono. Jakarta: Indeks.

- Ibnu, S., Mukhadis, A., & Sukarnyana, I.W. 2003. *Dasar - Dasar Metodologi Penelitian*. Malang: UM Press.
- Iskandar, M.S. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Majid, A. 2013. *Strategi Pembelajaran* (E. Kuswandi, Ed). Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Mandey, L.K. 1988. *Peranan Buku Teks dalam Keberhasilan Pengajaran Bahasa Inggris*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Fakultas Pasca Sarjana IKIP Malang.
- Munawar, I. 2009. *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Hasil Belajar*, (Online), (<http://www.indramunawar.blogspot.com>), diakses 22 Maret 2015.
- Putri, Y.M.D. 2014. *Pengaruh Metode Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry) untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (High Order Thingkhing Skill) Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Malang pada Pokok Bahasan Hidrokarbon..* Skripsi tidak diterbitkan: Malang: FMIPA UM.
- Rahayu, H.S. 2013. *Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Larutan Elektrolit dan Larutan Non Elektrolit Kelas X SMA Negeri 2 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Roestiyah, N.K. 2008. *Strategi Belajar-Mengajar*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Rohana. 2009. *Penggunaan Peta Konsep Dalam Pembelajaran Statistika Dasar di Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas PGRI Palembang*. Jurnal Pendidikan Matematika, (Online), 3(2): 92-102, (http://eprints.unsri.ac.id/825/1/8_Rohana_92-102.pdf), diakses 27 Maret 2016.
- Rosyida, A. *Perbedaan Hasil Belajar dan Motivasi Belajar Materi Hidrolisis Garam Antara Siswa yang Dibelajarkan dengan Model Pembelajaran LC 5E dan LC 5E–Peta Konsep pada Siswa Kelas XI SMA Negeri 8 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Rusman. 2013. *Model-model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada.
- Sanjaya, W. 2011. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Setiawan, D. 2013. *Pengaruh Metode Pembelajaran Inkuiri Terhadap Ketuntasan Hasil Belajar Siswa di SMKN 3 Buduran Sidoarjo*. Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, 2 (1): 303-304.
- Suparno. 1978. *Strategi Pembelajaran: Teori & Aplikasi*. Jogjakarta: Ar-Ruzz Media.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Sund & Trowbidge. 1973. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Susanti, R.M. 2013. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 5 Fase Disertai Tugas Membuat Peta Konsep Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X Pada Materi Hidrokarbon di MAN Malang II Batu*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Trianto. 2009. *Model-model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.

PENINGKATAN PRESTASI SISWA SMA PADA MATERI HIDROKARBON MELALUI *BLENDED LEARNING* 50:50 DALAM LC 6E

Bagus Adi Hermawan ^{a,*}, Surjani Wonorahardjo ^a, dan Siti Marfuah ^a

^a Prodi Kimia Pendidikan, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang 65145

*Corresponding author's email: hermawan.bagus1987@gmail.com

ABSTRAK

Hidrokarbon merupakan salah satu materi kimia yang bersifat deskriptif, selain itu materi hidrokarbon juga mengalami perkembangan pengetahuan yang pesat. Hal tersebut dapat dilihat dari sejumlah penerapan kimia hidrokarbon dalam berbagai bidang seperti sandang, papan, kosmetik dan bahan bakar. Dalam penyampaian di tingkat SMA, hidrokarbon memiliki waktu yang sangat terbatas, sehingga mendorong ditemukan cara agar lebih mudah dalam penyampaian. Dengan bantuan Blended Learning 50% : 50% dalam LC 6E diharapkan siswa dapat lebih mudah mengeksplorasi pemahaman sehingga meningkatkan hasil belajar siswa. Data hasil eksperimen menunjukkan perbedaan yang signifikan antara prestasi siswa kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hal tersebut dapat terjadi karena kelas eksperimen memiliki sejumlah kesempatan mendapatkan pengetahuan yang lebih banyak dibanding kelas kontrol dari kemudahan yang mereka dapat seperti kemudahan berdiskusi dan mengulang materi tanpa terbatas ruang dan waktu.

Kata kunci: Prestasi siswa, *Blended Learning*, *Learning Cycle 6 E*

ABSTRACT

Hydrocarbon is one of chemical material which has descriptive features, in addition this material also becomes a great deal of useful improvement. We can find some applicable implementation of hydrocarbon chemistry in several field such as clothing, building, cosmetic and fuels. In its explanation for senior high school students, the hydrocarbon material is given in a very limited time, so that it is needed to find easier way to explain it. By the advantage of Blended Learning 50% : 50% in 6E Learning Cycle students are expected to explore their understanding easily so that their learning result can be improved. Based on the experimental data student achievement has significant differences between controlled class and experimental class. That condition caused by the opportunities of experimental class has more time to obtain more knowledge than controlled class observed from some easy ways to discuss and review the materials everytime and everywhere

Keywords: Student achievement, *Blended Learning*, *Learning Cycle 6 E*

PENDAHULUAN

Materi hidrokarbon merupakan salah satu materi kimia yang bersifat deskriptif selain itu materi hidrokarbon juga mengalami perkembangan pengetahuan yang pesat. Hal tersebut dapat dilihat dari sejumlah penerapan kimia hidrokarbon dalam berbagai bidang seperti sandang, papan, kosmetik dan bahan bakar. Selain itu dampak yang ditimbulkan dari pemakaian hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari, juga beragam, mulai dari pencemaran air, tanah, udara bahkan dampaknya bagi kesehatan makhluk hidup hingga dampak yang dapat menyebabkan kematian dalam sejumlah besar populasi. Karena perkembangan pengetahuan mengenai hidrokarbon sangat pesat, materinya padat dan jam pelajaran di

sekolah dengan KTSP sangat terbatas, diperlukan suatu cara agar siswa dapat dengan mudah mempelajari materi hidrokarbon.

Salah satu cara agar siswa dapat mempelajari materi hidrokarbon dengan mudah adalah dengan *Learning Cycle 6E*. Pembelajaran *Learning Cycle 6E* merupakan salah satu model pembelajaran berbasis konstruktivistik dimana siswa mampu menemukan pemahaman sendiri dengan dibuatkan tahapan – tahapan berfikir oleh guru. Tahapan LC 6E antara lain *Elicite, Engagement, Eksploration, Eksplanation, Elaboration* dan *Evaluation*. Dengan adanya tahapan – tahapan tersebut, siswa dapat meningkatkan aktivitas selain itu dalam proses eksplorasi, eksplanasi dan elaborasi, siswa dapat memanfaatkan internet sebagai sarana mencari pengetahuan.

Sperti yang telah diungkapkan (Juraman: 2014) Pembelajaran berbasis internet kini semakin mudah. Pebelajar menggunakan smartphone mereka untuk mengakses konten konten edukasi dalam memenuhi kebutuhan belajar mereka. Dengan adanya pembelajaran berbasis internet yang semakin mudah, guru dan siswa sama – sama memiliki Keuntungan. Keuntungan tersebut antara lain, guru tidak harus bertemu siswa di kelas, guru dan siswa dapat dengan mudah mencari referensi terkait materi, guru dapat memberikan evaluasi kepada siswa tanpa terbatas ruang dan waktu dan siswa dapat mengulangi topik topik pelajaran yang dirasa kurang mampu tanpa terbatas ruang dan waktu.

Pembelajaran berbasis internet tidak hanya memiliki kelebihan dari segi kepraktisan dan kemudahannya, namun juga memiliki kekurangan. Kekurangan yang terlihat jelas adalah kurangnya aspek interaksi social sehingga siswa yang memiliki motivasi belajar rendah cenderung gagal, pembelajaran berbasis internet dapat menghilangkan aspek psikomotor, selain itu akses internet di Indonesia masih dirasa sulit. Hal tersebut diungkapkan siswa dalam angket yang diberikan dalam penelitian ini. Berdasarkan angket tersebut, siswa merasa kurang dengan fasilitas internet yang disediakan sekolah, akibatnya mereka harus pergi ke tempat – tempat atau spot spot internet untuk dapat mengakses pembelajaran atau siswa dapat menggunakan fasilitas internet di *handphone* mereka masing - masing. Hal tersebut juga diungkapkan oleh (Sunardi, 2011) dimana kendala dalam menggunakan pembelajaran berbasis internet adalah biaya dan aksesnya yang sulit.

Melihat kelemahan yang dimiliki pembelajaran berbasis internet, maka *blended learning* merupakan salah satu terobosan untuk melengkapi kekurangan yang dimiliki oleh pembelajaran berbasis internet. Blended learning menggabungkan pembelajaran berbasis internet dan tatap muka dengan komposisi tertentu. Pada blended learning dikenal ada 2 fase, fase *On-line* dan fase *Off-line*. Pada fase *On-line* siswa diharapkan mampu secara individu mencari dan mengembangkan pengetahuannya secara mandiri dan pada fase *Off-line* bertujuan memberikan kesempatan siswa untuk berinteraksi secara langsung baik dengan guru maupun siswa lainnya. Menurut (Anggraini, 2016) pembelajaran dengan *blended learning* mampu meningkatkan keefektifan belajar dengan kategori sedang. Menurut (Nurin, 2012) *blended learning* dengan komposisi 60% On-Line dan 40% Off-Line memberikan nilai yang cukup bagus dalam kognitif pebelajar.

Berdasarkan kelebihan *blended learning* dan kelebihan LC dalam memudahkan siswa untuk menemukan pemahamannya, peneliti ingin mengetahui peningkatan hasil belajar siswa pada model belajar learning cycle 6E dengan membagi tahapan – tahapan belajar ke dalam dua fase yaitu On-line dan Off-Line. Sehingga Peneliti mengambil judul penelitian *Peningkatan Hasil Belajar Siswa SMA pada Materi Hidrokarbon Melalui Blended Learning 50% : 50% dalam Learning Cycle 6 Fase*.

METODE PENELITIAN

Prosedur

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan populasi SMU negeri 4 kota Kediri yang menggunakan KTSP. Sampel yang diambil adalah 2 kelas sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol pada jenjang kelas X di tahun pelajaran 2015/2016. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *cluster random sampling* dengan memilih 2 kelas yaitu sebagai kelas eksperimen dan kelas kontrol. Teknik *cluster random sampling* dipilih karena pada sekolah tersebut tidak ada kelas unggulan. Kelas yang akan dilakukan penelitian dilakukan uji prasyarat untuk menentukan kesimpulan. Adapun uji prasyarat yang

dilakukan adalah menganalisis hasil pretes siswa kelas yang akan dijadikan penelitian dengan *SPSS 20 for Windows* dengan aplikasi *Homogeneity Tes* dan *Normality Tes*.

Kelas yang dijadikan sebagai kelas eksperimen diberikan perlakuan yaitu menggunakan *blended learning* dengan komposisi 50% On-line dan 50% offline dalam *Learning Cycle 6E* dan kelas yang dijadikan sebagai kelas kontrol yang diberikan perlakuan hanya menggunakan *Learning Cycle 6E*. Sintaks perlakuan dapat disimak pada tabel 1.

Table 1 Perbedaan Sintaks Pembelajaran

KELAS	Pretes	Perlakuan	Postes
Eksperimen	O	X	O ₁
Kontrol	O	Y	O ₁

Keterangan:

X: Pembelajaran LC 6 fase dengan menggunakan *Blended Learning* 50%:50%

Y: Pembelajaran LC 6 fase hanya tatap muka.

Kegiatan pembelajaran diawasi dan diamati oleh seorang guru yang telah berpengalaman sebagai observer. Perlunya pengawasan dalam kegiatan pembelajaran adalah untuk memonitoring dan merekam keterlaksanaan aktivitas pembelajaran yang sedang berlangsung sehingga diharapkan tujuan dari penelitian dapat tercapai dengan baik. Kemudian data observasi dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui ketercapaian proses kegiatan pembelajaran.

Sampel dalam penelitian ini yang dipilih adalah kelas X – 9 dan X – 10 pada SMU negeri 4 kota kediri. Sebelum dianalisis untuk mengetahui peningkatan hasil belajarnya dari perubahan nilai pretes dan postes, maka sampel dilakukan pengujian awal. Pengujian sampel tersebut dilihat berdasarkan kehomogenan siswa, kenormalan data awal dan kemampuan rata – rata awal siswa. Berdasarkan analisis hasil uji prasyarat awal, diperoleh data uji homogenitas dan uji normalitas seperti pada tabel 2 dan tabel 3 berikut.

Table 2 Hasil Analisis Uji Homogenitas Kelas Eksperimen dan Kontrol

Kemampuan awal siswa					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.018	1	3.018	.025	.875
Within Groups	6548.411	54	121.267		
Total	6551.429	55			

Menurut data tersebut nilai taraf signifikansi hasil analisis untuk uji homogenitas $> 0,05$ sehingga kedua sampel dapat dikatakan homogen. Selanjutnya menurut data normalitas pada tabel 3 berikut.

Table 3 Hasil Analisis Uji Normalitas

Tests of Normality						
	faktor	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk	
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df
Kemampuan awal	Kelas eksperimen	.171	28	.034	.924	28
	Kelas kontrol	.168	28	.043	.940	28

Kedua kelas memiliki nilai signifikansi $< 0,05$ sehingga kedua data tersebut dikatakan tidak normal akibatnya dalam penentuan hipotesis, menggunakan analisis non parametrik. Analisis kesamaan dua rata – rata menggunakan analisis uji *Mann Whitney* dan analisis uji hipotesis menggunakan *Wilcoxon test*. Pada penelitian ini hipotesis yang diambil adalah H_0 menyatakan ada perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan eksperimen sedangkan H_1 menyatakan tidak ada perbedaan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan rata – rata kedua sampel, dilihat dari nilai pretes. Nilai pretes dianalisis dengan menggunakan uji *SPSS 20 for Windows* dengan aplikasi uji *Mann Whitney* sebagaimana tabel 4 berikut.

Table 4 Hasil Analisis Uji Kesamaan 2 Rata – Rata dengan *Mann-Whitney test*

Ranks				
	faktor	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Kemampuan awal siswa	Kelas eksperimen	28	28.11	787.00
	Kelas kontrol	28	28.89	809.00
	Total	56		

Test Statistics ^a	
	Kemampuan awal siswa
Mann-Whitney U	381.000
Wilcoxon W	787.000
Z	-.181
Asymp. Sig. (2-tailed)	.856

Berdasarkan data pada tabel 4 menunjukkan nilai signifikansi > 0,05 sehingga kedua sampel dikatakan memiliki kemampuan rata –rata awal yang sama.

Peningkatan prestasi siswa, dapat diketahui berdasarkan data yang diambil berdasarkan nilai pretes dan postes yang diperoleh kemudian dianalisis dengan melihat *Gain score* berdasarkan rumus berikut:

$$g = \frac{\text{Skor postes} - \text{pretes}}{\text{Skor maks} - \text{skor pretes}}$$

Kemudian hasil perhitungan *Gain Score* diinterpretasikan menurut (Hake, 1998) seperti pada tabel 5 berikut:

Table 5 Interpretasi *Gain Score*

Gain Score	Kriteria
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Selain data keterlaksanaan pembelajaran dan data peningkatan prestasi belajar, juga dilakukan pengambilan data berupa angket. Data angket tersebut bertujuan untuk mengetahui pemahaman materi yang telah diberikan dan pemanfaatan fasilitas yang diberikan yang berkaitan dengan peningkatan hasil belajar dengan menggunakan *blended learning* dalam *learning cycle* 6 fase kemudian dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan hasil belajar siswa pada materi hidrokarbon dengan *Learning cycle 6E* dapat diketahui berdasarkan analisis hasil pretes dan postes. Kelas Eksperimen diberikan perlakuan menggunakan LC 6E dengan komposisi 50% pada fase *On-line* dan 50% pada fasa *Off-Line*, sedangkan Kelas kontrol menggunakan LC 6E konvensional. Pada kelas eksperimen LC fase *Off-line* berisi 3 tahap yaitu *Elicit*, *Engagement* dan *Evaluation* dan fasa *On-line* berisi 3 tahap lainnya yaitu *Exploration*, *Explanation* dan *Elaboration*. Pada kelas kontrol semua fasa berada pada pertemuan tatap muka. Pada kelas eksperimen *Exploration*, *Explanation* dan *Elaboration* diletakkan dalam fasa *On-line*. *Eksploration* bertujuan untuk memberikan kesempatan siswa mencari pengetahuan lebih dengan membaca sumber sumber yang telah disediakan atau mengakses sumber belajar lain yang mereka inginkan. *Eksplanation* bertujuan untuk membagikan hasil belajar mereka dengan mengunggah hasil belajar mereka dan berdiskusi dengan teman

yang lainnya. Hasil belajar yang mereka unggah disesuaikan dengan tugas yang telah diberikan guru untuk menerapkan konsep konsep yang mereka pelajari sehingga pemahaman siswa dapat diarahkan dengan baik dan dilakukan penilaian. *Elaboration* merupakan tahapan penerapan dari hasil mempelajari siswa pada tahap *Exploration* dan *Explanation*.

Pada penelitian ini, alat bantu pembelajaran kelas *On-line* yang digunakan adalah *Edmodo*. *Edmodo* adalah situs pembelajaran *On-line* yang cukup mudah digunakan dan memiliki banyak kelebihan. Kelebihan *Edmodo* antara lain dapat digunakan dengan aplikasi khusus di *handphone* (*mobile application*) sehingga tidak perlu menggunakan computer seperti laptop ataupun desktop dalam pengoperasiannya. Dengan aplikasi *mobile* siswa dapat segera membagikan informasi yang berhasil mereka pelajari dengan mengambil foto dan membagikan pada teman yang lainnya. Menurut data angket yang diberikan kepada siswa hasilnya 60,61% siswa merasa belajar materi hidrokarbon lebih mudah meskipun akses internet masih dirasa sulit oleh 36,36% orang siswa.

Uji hipotesis menggunakan *SPSS 20 for Windows* dengan aplikasi uji *Wilcoxon test*, kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan hasil belajar cukup signifikan. Data analisis analisis tersebut ditunjukkan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6 Uji Wilcoxon Perbedaan Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Kontrol	28	63.6500	6.29647	50.00	82.10
Eksperimen	28	73.1964	6.89919	53.50	82.50
Ranks					
	N	Mean Rank	Sum of Ranks		
Eksperimen - Kontrol	Negative Ranks	4 ^a	9.50	38.00	
	Positive Ranks	23 ^b	14.78	340.00	
	Ties	1 ^c			
	Total	28			

a. Eksperimen < Kontrol

b. Eksperimen > Kontrol

c. Eksperimen = Kontrol

Test Statistics ^{a,c}				
	Z			Eksperimen - Kontrol
	Asymp. Sig. (2-tailed)			-3.631 ^b
		Sig.		.000
				.018
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	95% Confidence Interval	Lower Bound		.000
		Upper Bound		.053
			Sig.	.018
				.018
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	95% Confidence Interval	Lower Bound		.000
		Upper Bound		.053

Tabel 6 menjelaskan nilai signifikansi 0,018 dimana nilai signifikansi $< 0,05$ sehingga H_0 diterima sebagai ada perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Peningkatan nilai kognitif siswa dapat diketahui dengan menghitung *gain score*. Berikut akan disajikan nilai *gain score* untuk kelas kontrol dan kelas eksperimen pada tabel 7 berikut.

Table 7 Gain Score

		Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen
Pretes	Nilai Maksimal	64.0	64.0
	Nilai Minimal	25.0	25.0
	Nilai rata-rata	40.2	39.73
Postes	Nilai Maksimal	82.1	82.5
	Nilai Minimal	50.0	60.5
	Nilai rata-rata	63.65	73.20
Gain Score		0,39	0,55

Berdasarkan *gain score* tersebut dapat disimpulkan bahwa kelas eksperimen dan kelas kontrol sama-sama memiliki skor dengan kategori sedang, akan tetapi nilai *gain* kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Kelas eksperimen mengalami peningkatan rata-rata hasil belajar lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dan *gain score* yang cukup signifikan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Hal tersebut membuktikan bahwa materi kimia hidrokarbon yang padat dan bersifat deskriptif dapat diajarkan dengan lebih mudah karena pada kelas eksperimen memiliki sejumlah kemudahan. Kemudahan yang didapat oleh kelas eksperimen antara lain dapat mengakses sumber belajar yang lebih banyak dibandingkan kelas kontrol, dapat mengulang pembelajaran kapan pun dan dimanapun mereka ingin belajar dan berdiskusi dengan rekan belajar tanpa terbatas waktu dengan menggunakan aplikasi *On-line*.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kelas eksperimen dengan menggunakan LC 6E dengan komposisi *blended learning* kelas *On-line* dan *Off-line* 50% : 50% dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada materi kimia lebih baik. Hal itu ditunjukkan dengan nilai *gain* sebesar 0,55 dibandingkan dengan LC 6E tanpa menggunakan *blended learning* yaitu sebesar 0,39. Hal tersebut dapat terjadi karena siswa memiliki sejumlah kesempatan untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih banyak dibandingkan kelas kontrol. Selain itu kelas eksperimen juga mendapatkan kemudahan dalam berdiskusi dan mengulang materi tanpa terbatas ruang dan waktu bersama rekan belajarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, Agita Dzulhajh. 2016. *Efektifitas Pembelajaran Blended Learning Berbasis Community Of Inquiry (CoI) Ditinjau Dari Hasil Belajar Kognitif Mahasiswa pada Materi Kromatografi*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional II tahun 2016 di UMM, Malang 26 Maret 2016.
- Ary, Donal. 2010. *Introduction to Research in Education*. Canada: Wadsworth, hal 199 – 258
- Fitriana, Nurin. 2012. *Penerapan Pembelajaran Kimia Dengan Model Blended Learning Mata Kuliah Pemisahan Kimia Materi Kromatografi Pada Mahasiswa Jurusan Kimia Di Universitas Negeri Malang*. Thesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Iskandar, Sрни. M. 2006. *Improving The Organic Chemistry Teaching Learning Process and The Student's English Reading Comprehension*. Jurnal Pendidikan. Jilid 13, no3, hal 203 – 208.
- Juraman, Stefanus Rodrick. 2014. *Pemanfaatan Smartphone Android Oleh Mahasiswa Ilmu Komunikasi Dalam Mengakses Informasi Edukatif*. Journal III no 1 tahun 2016.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/actadiurna/article/viewFile/4493/4022>

Kurniawati, Ivatul Laili. 2010. *Pengembangan Media Hybrid Learning Pada Mata Pelajaran Kimia SMA Kelas X Dalam Materi Hidrokarbon*. Thesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.

Sunardi, 2011. *Internet Dalam Pembelajaran Bahasa Inggris*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Teknologi dan Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011).

<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=113508&val=5187> , diakses pada 26 Oktober 2016.

**PENGARUH *LEARNING CYCLE-5E* BERKONTEKS SSI TERHADAP
KETRAMPILAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI LARUTAN PENYANGGA
DAN HIDROLISIS GARAM SISWA SMA**

Eris Ratnawati^{*a}, Sri Rahayu^a, Fauziatul Fajaroh^a

^a Pascasarjana Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145

*Corresponding author's Email: erisriris91@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan keterampilan berpikir kritis siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran learning cycle-5E berkonteks SSI dan siswa yang dibelajarkan dengan metode konvensional pada materi larutan penyangga dan hidrolisis garam. Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimental semu pretes dan postes. Data penelitian diperoleh dari hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa yang diadopsi dari Fenti Maryaningsih (2014) dan dikembangkan oleh peneliti ($R=0,7558$). Data dianalisis dengan ANCOVA satu jalur dan effect size. Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis siswa yang dibelajarkan dengan Learning Cycle-5E berkonteks SSI dan yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional. Kebermaknaan perbedaan dapat dilihat dari effect size masing-masing indikator berpikir kritis. Hasil effect size kategori sedang adalah indikator bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan; membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; dan mengidentifikasi asumsi. Hasil effect size kategori besar adalah indikator menganalisis argumen; melakukan deduksi dan menilai hasil deduksi; melakukan induksi; mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi menggunakan kriteria yang tepat; memutuskan suatu tindakan; dan berinteraksi dengan orang lain.

Kata kunci: Learning Cycle-5E, Socioscientific Issues, Ketrampilan Berpikir Kritis, Larutan Penyangga, Hidrolisis Garam.

ABSTRACT

This study aims to investigate the difference of students' critical thinking skills who taught using 5E learning cycle model with SSI learning context and conventional method on the buffer solution and salt hydrolysis. The research design were quasi-experimental with pretest and posttest. Data obtained from results of students' critical thinking skills test that adopted from instrument of Fenti Maryaningsih (2014) and developed by the researcher ($R = 0.7558$). Data analyzed by one way ANCOVA and effect size. The results showed significant difference students' critical thinking skills who taught using 5E learning cycle model with SSI learning context and conventional model. Significance of differences can be seen from the effect size of each critical thinking indicators. The medium criteria were an indicator of asking and answering questions that require an explanation; make and take into consideration the value of the decision; and identifying assumptions. The large criteria were an indicator of analyze the arguments; deduce and judge deduction; make induction; define terms and judge definitions using appropriate criteria; decide a course of action; and interact with others.

Keywords: Learning cycle-5E, Socioscientific Issues, Critical Thinking Skill, Buffer Solution, Salt Hydrolysis.

PENDAHULUAN

Sains dan teknologi berkembang makin pesat dan saling melengkapi. Menurut Holbrook dan Rannikmae (2009:280), perkembangan sains merupakan salah satu aspek literasi sains. Pesatnya perkembangan sains dan teknologi tersebut dapat memberikan dampak positif dan negatif. Dampak positif yang ditimbulkan salah satunya adalah makin mudahnya berbagi informasi antar negara. Dampak negatif yang ditimbulkan antara lain permasalahan lingkungan, sosial, dan budaya yang meliputi pemanasan global, pencemaran lingkungan, dan radiasi benda-benda elektronik.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka masyarakat perlu memiliki literasi sains, karena literasi sains juga mencakup aspek kemampuan membuat keputusan mengambil sikap dan mencari solusi untuk masalah yang berhubungan dengan sains (Rahayu, 2013: 2). Masalah yang berhubungan dengan sains serta melibatkan komponen moral dan etika ini disebut *Socio Scientific Issues* atau SSI (Sadler, 2004: 39). Pada dokumen PISA (2013: 7) juga disebutkan bahwa salah satu kemampuan literasi sains adalah kemampuan untuk menghubungkan pengetahuan dengan masalah sosial terkait sains (*Socio Scientific Issues*).

Kimia sebagai salah satu cabang sains juga memiliki tujuan pendidikan yang searah dengan sains yaitu masyarakat berliterasi kimia yang nantinya akan membentuk masyarakat berliterasi sains (Shwartz et al, 2006: 203). Siswa yang mempelajari ilmu kimia dituntut berpikir secara abstrak atau dapat memahami sesuatu yang tidak terlihat dan tidak tersentuh untuk dapat memahami aspek submikroskopik dan simbolik tersebut (Kozma&Russel, 1997: 949). Hal ini yang kemudian menyebabkan banyaknya siswa yang merasa kesulitan dalam mempelajari kimia (Sirhan, 2007: 2; Svajanovska et al, 2012: 619). Selain itu, kurangnya pemahaman siswa terhadap relevansi kimia dalam kehidupan sehari-hari juga menjadi masalah. Siswa menganggap kimia tidak penting untuk dipelajari karena tidak ada gunanya untuk kehidupan sehari-hari mereka (Aikenhead, 2003). Masalah ini muncul karena umumnya pembelajaran kimia hanya ditekankan pada penguasaan konsep tanpa menunjukkan hubungan antara konsep yang dipelajari dengan penerapan konsep yang ada di kehidupan sehari-hari siswa (Hoolbrok, 2005: 1). Namun, kurang adanya sarana dan pembahasan yang memadai inilah yang menyebabkan siswa kurang termotivasi untuk mempelajari kimia sehingga literasi sains mereka sangat kurang. Siswa sebagai bagian dari masyarakat berliterasi sains yang sangat dibutuhkan di tengah perkembangan global saat ini, sehingga dalam pembelajaran kimia pun perlu ditekankan untuk meningkatkan literasi sains siswa.

Shoulders (2012: 28) menyatakan bahwa literasi sains memiliki tujuh aspek yaitu: (1) memahami hakikat sains (NOS); (2) menerapkan konsep sains, hukum, prinsip dan teori; (3) penggunaan proses sains untuk memecahkan masalah, membuat keputusan dan pemahaman lebih lanjut; (4) menerapkan nilai ilmiah dalam berinteraksi dengan alam; (5) memahami dan menghargai hubungan antara sains, teknologi dan kehidupan sosial; (6) terus mengembangkan pengetahuan melalui pendidikan sains formal dan pendidikan sepanjang hayat; dan (7) mengembangkan keterampilan yang berhubungan dengan sains dan teknologi. Berkaitan dengan aspek literasi sains tersebut, Ledermen, Ledermen & Antink (2013:142) menyatakan bahwa komponen utama dalam literasi sains adalah pemahaman tentang hakikat sains (*Nature of Science*, NOS) dan ketrampilan berpikir kritis. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan literasi sains pada siswa aspek-aspek literasi sains dapat dimasukkan dalam pembelajaran yang dilakukan.

Upaya untuk meningkatkan literasi sains dapat dilakukan dengan meningkatkan keterampilan berpikir kritis. *Critical Thinking* merupakan salah satu jenis dari *Higher Order Thinking Skills*. Dewey dalam Fischer (2009:2) berpendapat bahwa berpikir kritis merupakan berpikir reflektif yang meliputi pertimbangan yang aktif, terus-menerus dan teliti mengenai sebuah keyakinan atau bentuk pengetahuan yang diterima dari berbagai alasan yang mendukung dan menyimpulkan sesuai kecenderungannya. Definisi lain yang dipakai secara luas adalah definisi dari Ennis 1989 (Ennis, 2011:1) yang menyatakan bahwa berpikir kritis merupakan pemikiran reflektif masuk akal yang memfokuskan pada pengambilan keputusan tentang apa yang akan dipercaya dan dilakukan. Facione (2013:5) juga menjelaskan inti dari berpikir kritis adalah untuk membuat keputusan reflektif yang mencakup *interpretation, inference, self-regulation, analysis, explanation, and evaluation*.

Keterampilan berpikir kritis ini dapat ditingkatkan dengan menggunakan model pembelajaran berbasis konstruktivistik salah satunya yaitu *Learning cycle-5E*. *Learning Cycle* merupakan salah satu pembelajaran berbasis inkuiri (Turkmen, 2006: 73). Keunggulan model pembelajaran ini adalah

memiliki rangkaian tahap-tahap (fase) yang terorganisasi sehingga memudahkan siswa untuk menguasai kompetensi-kompetensi yang harus dicapai dengan cara berperan aktif dalam pembelajaran (Fajaroh & Dasna, 2007). Tahap-tahap dalam *Learning Cycle-5E* meliputi *Engage, Explore, Explain, Elaborate, and Evaluate* (Bybee *et al.*, 2006: 5).

Ketrampilan berfikir kritis dimiliki oleh siswa jika siswa diberikan permasalahan-permasalahan yang tidak hanya dengan mudah dijawab dengan hafalan. Permasalahan tersebut dapat diberikan dengan masalah-masalah pada konteks SSI (*socioscientific issues*). Pembelajaran berkonteks SSI bertujuan untuk melibatkan siswa dalam pembuatan keputusan isu-isu sosial kemasyarakatan yang sedang hangat saat ini dengan implikasi moral yang melekat pada konteks ilmiah (Zeidler *et al.*, 2009:74). Pembelajaran berkonteks SSI juga diungkapkan oleh Sadler dalam Salvato & Testa (2012:15), merupakan suatu pembelajaran berdasarkan konteks situasi yang melibatkan siswa secara langsung baik *hands on activity* maupun *minds on activity*, serta merangsang pemikiran moral mereka sendiri untuk mempertimbangkan isu-isu yang berpengaruh di masyarakat. Hal ini didukung oleh hasil penelitian McDonald (2010) dan Pezaro (2014) yaitu masalah sosial terkait sains (SSI) yang dijadikan konteks dalam model pembelajaran *Learning cycle-5E* dapat meningkatkan kemampuan berargumentasi dan keterampilan berpikir kritis siswa.

Terdapat lima materi kimia yang dipelajari siswa SMA kelas XI meliputi larutan asam basa, larutan penyangga, hidrolisis garam, kelarutan dan hasil kali kelarutan, dan koloid. Materi kimia yang erat hubungannya dengan masalah kontroversial di kehidupan sehari-hari adalah larutan penyangga dan hidrolisis garam. Konsep-konsep tentang larutan penyangga dan hidrolisis garam yang harus dipahami siswa meliputi (1) prinsip kerja larutan penyangga, (2) perhitungan pH larutan penyangga, (3) prinsip hidrolisis garam, dan (4) perhitungan pH hidrolisis garam. Konteks SSI (*socioscientific issues*) pada materi larutan penyangga dan hidrolisis garam meliputi (1) hilangnya fungsi penyangga alami akibat hujan asam, (2) pengawet makanan asam benzoat-natrium benzoat, (3) bahaya penggunaan MSG dan (4) bahaya dan manfaat penggunaan pupuk. Dengan menguasai konsep larutan penyangga dan hidrolisis garam, siswa diharapkan dapat mengaitkan pengetahuannya dengan konteks SSI yang disajikan. Adanya konteks SSI ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental semu *pretest-posttest control group design*. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *convenience sampling* di SMAN Tulungagung sehingga diperoleh dua kelas yang terdiri satu kelas eksperimen yang akan dibelajarkan dengan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dan satu kelas kontrol yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional (ceramah dan latihan soal). Kedua kelas akan diberikan soal pretes sebelum perlakuan dan pascates setelah perlakuan. Adapun skema desain penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 1. Rancangan Penelitian

	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelas Eksperimen	O ₁	X	O ₁
Kelas Kontrol	O ₂	-	O ₂

Keterangan:

- X : pembelajaran dengan model *learning cycle-5E*
berkonteks SSI pada materi larutan penyangga dan
hidrolisis garam
- O₁ : *posttest* kelas eksperimen
- O₂ : *posttest* kelas kontrol

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi dua kategori, yaitu instrumen perlakuan dan instrumen pengukuran. Instrumen perlakuan adalah instrumen yang digunakan saat kegiatan pemberian perlakuan selama proses pembelajaran yang terdiri dari silabus pembelajaran, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), dan Lembar Kerja Siswa (LKS). Sedangkan instrumen pengukuran adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur hasil perlakuan yaitu soal tes yang digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis. Instrumen ketrampilan berfikir kritis yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan oleh peneliti berdasarkan indikator berfikir kritis Ennis dan mengadopsi instrumen berfikir kritis topik larutan penyangga yang dikembangkan oleh Fenti Maryaningsih (2014).

Data keterampilan berpikir kritis siswa diperoleh dari hasil tes sebelum (*pretes*) dan sesudah (*pascates*) perlakuan menggunakan instrumen berpikir kritis yang telah divalidasi oleh dua orang dosen kimia dan diuji validitas butir soal serta reliabilitasnya ($R=0,880$). Instrumen yang telah teruji tersebut digunakan untuk mengumpulkan data. Selanjutnya data diuji normalitas dan homogenitasnya untuk menentukan analisis yang akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data keterampilan berpikir kritis siswa diperoleh dari nilai *pretest* dan *posttest*. Soal yang digunakan untuk menguji keterampilan berpikir kritis ini terdiri dari 31 butir pernyataan yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data hasil uji keterampilan berpikir kritis terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitas datanya. Kedua uji tersebut merupakan uji prasyarat untuk menentukan jenis statistik yang akan digunakan dalam pengujian hipotesis.

Uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Sminov* untuk data *pretes* dan *pascates* keterampilan berpikir kritis siswa diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Data	Kelas	Sig.
Pretes	Eksperimen	0,200
	Kontrol	0,084
Pascates	Eksperimen	0,073
	Kontrol	0,200

Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat diketahui bahwa nilai signifikansi masing-masing data yang diperoleh lebih besar dari taraf nyata yang ditentukan sebesar 0,050, sehingga seluruh data tersebut terdistribusi normal.

Hasil uji homogenitas menggunakan *Levene's test* pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,050$) pada data *pretes* dan *pascates* ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

Data	Levene Statistic	Sig.
Pretes	0,935	0,336
Pascates	2,415	0,125

Nilai signifikansi hasil uji homogenitas menunjukkan nilai 0,336 untuk *pretest* dan 0,125 untuk *pascates* ($\text{sig.} > 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa ragam/varian data tes antara siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol identik (homogen).

Berdasarkan uji prasyarat diketahui bahwa data berdistribusi normal dan homogen, sehingga uji hipotesis dapat dilakukan dengan analisis parametrik. Uji hipotesis digunakan untuk mengetahui apakah hipotesis diterima atau ditolak menggunakan ANCOVA satu jalur dengan bantuan *IBM SPSS Statistik 23* pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Uji hipotesis ini untuk menguji apakah ada perbedaan keterampilan berpikir kritis antara siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran

Learning Cycle-5E berkonteks SSI di kelas eksperimen dan model pembelajaran konvensional di kelas kontrol pada materi larutan penyangga dan hidrolisis garam siswa kelas XI IPA SMAN Tulungagung. Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan keterampilan berpikir kritis antara siswa kelas XI yang dibelajarkan dengan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dan model pembelajaran konvensional

Hasil uji ANCOVA satu jalur terhadap keterampilan berpikir kritis ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil uji ANCOVA satu jalur

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2	181,495	11,345	,000

Berdasarkan data pada Tabel 4 diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,00 ($sig < 0,05$) sehingga pernyataan H_0 ditolak, H_1 diterima dan dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan keterampilan berpikir kritis antara siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Adanya perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis siswa yang dibelajarkan dengan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dan yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional ini dapat dianalisis lebih lanjut dengan uji *effect size*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kebermaknaan perbedaan keterampilan yang diperoleh dari uji hipotesis. Uji *effect size* keterampilan berpikir kritis dilakukan terhadap masing-masing indikator berpikir kritis. *Effect size* dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$ES = \frac{M_1 - M_2}{SD_{weighted}}$$

Keterangan :

M_1 = rata-rata skor pascates kelas eksperimen

M_2 = rata-rata skor pascates kelas kontrol

$SD_{weighted}$ = rata-rata standar deviasi kelas eksperimen dan kelas kontrol

(Sumber: Creswell, 2012:195)

Interpretasi nilai *effect size* (η^2) pada tiap kelompok konsep dalam materi kesetimbangan kimia juga dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Kriteria Penentuan Standar Cohen Effect Size

Cohen's Standard	d (η^2)	R
Large	2,0	0,707
	1,9	0,689
	1,8	0,669
	1,7	0,648
	1,6	0,625
	1,5	0,600
	1,4	0,537
	1,3	0,545
	1,2	0,514
	1,1	0,482
	1,0	0,447

<i>Cohen's Standard</i>	<i>d (eta²)</i>	<i>R</i>
	0,9	0,410
	0,8	0,371
<i>Medium</i>	0,7	0,330
	0,6	0,287
	0,5	0,243
<i>Small</i>	0,4	0,196
	0,3	0,148
	0,2	0,100
	0,1	0,050
	0,0	0,000

(Sumber: Bekker, 2000)

Untuk menghitung *effect size* pada keterampilan berpikir kritis, maka jawaban siswa pada masing-masing kelas diklasifikasikan berdasarkan indikator berpikir kritis, yaitu (1) menganalisis argumen; (2) bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan; (3) melakukan deduksi dan menilai hasil deduksi; (4) melakukan induksi; (5) membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; (6) mendefinikan istilah dan mempertimbangkan definisi menggunakan kriteria yang tepat; (7) mengidentifikasi asumsi; (8) memutuskan suatu tindakan; dan (9) berinteraksi dengan orang lain.

Nilai rata-rata dari masing-masing kelompok indikator tersebut kemudian dihitung nilai *effect size*-nya untuk mengetahui kebermaknaan perbedaan dari tiap kelompok indikator. Nilai *effect size* untuk masing-masing kelompok indikator disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Nilai *Effect Size* pada Masing-masing Kelompok Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Indikator Berpikir Kritis	Kelas Eksperimen Dan Kelas Kontrol	
		Nilai <i>Effect Size</i>	Kriteria
1.	Menganalisis Argumen	0,71	Besar/Kuat
2.	Bertanya Dan Menjawab Pertanyaan Yang Membutuhkan Penjelasan	0,61	Sedang
3.	Melakukan Deduksi Dan Menilai Hasil Deduksi	1,22	Besar/Kuat
4.	Melakukan Induksi	0,72	Besar/Kuat
5.	Membuat Dan Mempertimbangkan Nilai Keputusan	0,59	Sedang
6.	Mendefinikan Istilah Dan Mempertimbangkan Definisi Menggunakan Kriteria Yang Tepat	1,21	Besar/Kuat
7.	Mengidentifikasi Asumsi	0,66	Sedang
8.	Memutuskan Suatu Tindakan	1,59	Besar/Kuat
9.	Berinteraksi Dengan Orang Lain	0,73	Besar/Kuat

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui indikator berfikir kritis yang memiliki kriteria besar/kuat meliputi (1) menganalisis argumen; (2) melakukan deduksi dan menilai hasil deduksi; (3) melakukan induksi; (4) mendefinikan istilah dan mempertimbangkan definisi menggunakan kriteria yang tepat; (5) memutuskan suatu tindakan; dan (6) berinteraksi dengan orang lain. Sedangkan indikator berfikir kritis yang memiliki kriteria sedang meliputi (1) bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan; (2) membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; dan (2) mengidentifikasi asumsi.

Pembahasan

Berdasarkan uraian hasil uji hipotesis di atas dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI yang diterapkan pada kelas eksperimen lebih efektif dalam

meningkatkan ketrampilan berfikir kritis siswa SMA pada materi larutan penyangga dan hidrolisis garam dibandingkan model pembelajaran konvensional yang diterapkan pada kelas kontrol.

Pada kelas kontrol diterapkan model pembelajaran konvensional. Model pembelajaran konvensional merupakan kegiatan pembelajaran yang biasa dilakukan oleh guru. Guru menyampaikan materi dengan metode ceramah diselingi dengan tanya jawab, latihan soal, dan praktikum verifikasi. Praktikum dilakukan dengan mengikuti langkah kerja yang telah disediakan oleh guru. Bassham *et al* (2010: 1) menyatakan bahwa pada umumnya pembelajaran di sekolah-sekolah hanya menekankan pada ketrampilan berfikir tingkat rendah. Kegiatan pembelajaran yang dilakukan pada kelas kontrol mengakibatkan siswa tidak memiliki kesempatan untuk mengembangkan ketrampilan berfikir kritis yang merupakan berfikir tingkat tinggi. Selain itu, pada model pembelajaran konvensional, pengetahuan yang didapatkan siswa menjadi kurang bermakna dan tidak dapat dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari siswa.

Model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI yang diterapkan pada kelas eksperimen menggunakan pendekatan konstruktivistik dengan kegiatan pembelajaran berpusat pada siswa. Model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dapat melibatkan siswa secara langsung baik *hands on activity* maupun *minds on activity* (Sadler dalam Salvato dan Testa, 2012:15). Model pembelajaran ini memposisikan guru sebagai fasilitator sedangkan siswa aktif bertanya, mengumpulkan informasi, dan berdiskusi untuk memecahkan permasalahan bersama kelompoknya. Peran aktif siswa selama pembelajaran akan memudahkan siswa membangun pengetahuannya dan mengkaitkannya dengan fenomena yang terjadi dalam kehidupan. Dengan demikian, pengetahuan yang didapatkan akan lebih bermakna. Sedangkan pada model pembelajaran konvensional, guru merupakan sumber informasi utama sehingga siswa cenderung pasif. Hal ini mengakibatkan pengetahuan yang didapatkan siswa menjadi kurang bermakna dan tidak dapat dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari siswa.

Penggunaan konteks SSI pada proses pembelajaran *Learning Cycle-5E* yang bertujuan untuk melibatkan siswa dalam pembuatan keputusan isu-isu sosial kemasyarakatan yang sedang hangat saat ini dengan implikasi moral yang melekat pada konteks ilmiah (Zeidler *et.al.*, 2009:74). Melalui diskusi tentang isu-isu sosial sains ini, siswa akan terdorong untuk membuat keputusan dengan berargumentasi berdasarkan situasi konflik sosial menyangkut sains yang ada pada SSI. Argumentasi dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisa dan mengevaluasi bukti sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Sadler & Donnelly, 2006:1464). Zo'bi (2014) menegaskan bahwa memiliki pemikiran kritis sangat penting dalam menyelesaikan SSI, dan pembelajaran berkonteks SSI bertujuan melibatkan siswa dalam proses pengambilan keputusan, menunjukkan pentingnya keputusan mereka dan melatih mereka untuk belajar secara komprehensif. Dengan demikian melakukan pembelajaran berkonteks SSI akan dapat memenuhi kebutuhan siswa untuk memahami cara mengaplikasikan pengetahuan terhadap isu-isu sosial dapat diwujudkan sehingga dapat meningkatkan ketrampilan berfikir kritis siswa.

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Shoulders (2012) yaitu pembelajaran berkonteks SSI dapat meningkatkan ketrampilan berfikir kritis siswa. Hasil penelitian Zeidler dan Nicols (2009) juga menyatakan bahwa SSI dapat melatih siswa mengambil keputusan, dapat meningkatkan berpikir kritis, berkontribusi membentuk karakter dan memberikan konteks yang menarik untuk pembelajaran. Selain itu, penelitian yang dilakukan Pratiwi (2016) pada materi laju reaksi juga menunjukkan bahwa Keterampilan berpikir kritis siswa yang dibelajarkan dengan konteks SSI lebih tinggi dibandingkan siswa yang dibelajarkan tanpa konteks SSI. Penelitian yang sejenis dengan penelitian ini dilakukan oleh Cahyarini (2016) pada materi asam basa memberikan hasil bahwa ada perbedaan keterampilan berpikir kritis siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dan siswa yang dibelajarkan dengan metode konvensional.

Ditinjau dari hasil perhitungan *effect size* terdapat dua kategori yaitu besar/kuat dan sedang. Indikator berfikir kritis yang memiliki kriteria besar/kuat meliputi (1) menganalisis argumen; (2) melakukan deduksi dan menilai hasil deduksi; (3) melakukan induksi; (4) mendefinikan istilah dan mempertimbangkan definisi menggunakan kriteria yang tepat; (5) memutuskan suatu tindakan; dan (6) berinteraksi dengan orang lain. Hal ini disebabkan oleh model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI dapat melatih siswa dalam membuat dan menganalisis argumen, melakukan deduksi

dan menilai hasil deduksi, melakukan induksi, dan mendefinisikan istilah menggunakan kriteria yang tepat. Lebih lanjut, penggunaan konteks SSI membuat siswa dapat melatih siswa untuk memutuskan tindakan apa yang harus diambil untuk memecahkan masalah yang ada pada artikel SSI. Kegiatan-kegiatan belajar yang berlangsung menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI juga membuat siswa berinteraksi dengan orang lain yaitu anggota kelompok untuk memecahkan masalah.

Sedangkan indikator berfikir kritis yang memiliki kriteria sedang meliputi (1) bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan; (2) membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; dan (3) mengidentifikasi asumsi. Proses pembelajaran menggunakan *Learning Cycle-5E* berkonteks SSI mendorong siswa untuk membuat pertanyaan sekaligus menjawab pertanyaan, mengidentifikasi asumsi, dan membuat kesimpulan. Berdasarkan uraian hasil perhitungan *effect size* tersebut menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan pada kelas eksperimen yaitu model pembelajaran *learning cycle-5E* berkonteks SSI memiliki pengaruh yang besar untuk meningkatkan ketrampilan berfikir kritis siswa pada materi larutan penyangga dan hidrolisis garam.

KESIMPULAN

Hasil penelitian pada siswa SMAN Tulungagung menunjukkan bahwa model pembelajaran *Learning Cycle 5E* berkonteks SSI dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada materi kelarutan dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Ditinjau dari *effect size*, terdapat dua kriteria yaitu besar/kuat dan kecil. Indikator berfikir kritis yang memiliki kriteria besar/kuat meliputi (1) menganalisis argumen; (2) melakukan deduksi dan menilai hasil deduksi; (3) melakukan induksi; (4) mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi menggunakan kriteria yang tepat; (5) memutuskan suatu tindakan; dan (6) berinteraksi dengan orang lain. Sedangkan indikator berfikir kritis yang memiliki kriteria sedang meliputi (1) bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan; (2) membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan; dan (2) mengidentifikasi asumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aikenhead, G.S. 2003. Chemistry and Physics Instruction: Integration, Ideologies, and Choices. *Chemical Education: Research and Practice*, 4 (2): 115-130.
- Bassham, G., Irwin, W., Nrdone, H., Wallace, J.M. 2010. *Critical Thinking: A Student Introduction 4th Edition*. New York: McGraw-Hill Company, Inc.
- Becker, L.A. 2000. *Effect Size (ES)*. Colorado: University of Colorado Colorado Springs.
- Cahyarini, Amalia. 2016. *Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 5E Berkonteks Socioscientific Issues (SSI) terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Asam Basa*. Tesis tidak diterbitkan. Universitas Negeri Malang: Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana.
- Creswell, J.C. (2012). *Education Research, Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. 4th edition. Boston: Pearson
- DeBoer, G.E. 2000. Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6): 582-601.
- Ennis, Robert H. 2011. *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*. (Online), (http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking_51711_000.pdf), diakses tanggal 26 September 2013.
- Fajaro, F. & Dasna, I.W. 2007. *Pembelajaran dengan Model Siklus Belajar (Learning Cycle)*, (Online), (<https://lubisgrafura.wordpress.com/2007/09/20/pembelajaran-dengan-model-siklus-belajar-learning-cycle/>), diakses tanggal 5 Agustus 2015.
- Fisher, A. 2009. *Berpikir Kritis: Sebuah Pengantar*. Jakarta: Erlangga.
- Holbrook, J. 2005. Making Chemistry Teaching Relevant. *Chemical Education International*, 6 (1): 1-12.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. 2007. The Nature of Science Education for enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11): 1-30.

-
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. 2009. The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3): 275-288.
- Hurd, P.D. 1997. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *John Wiley & Sons, Sci-Ed*, 82: 407-416.
- Kozma, R.B. & Russel, J. 1997. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9): 949-968.
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. 2013. Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1 (3): 138-147.
- McDonald, C.V. 2010. Exploring The Influence of A Science Content Course Incorporating Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction on Preservice Primary Teachers' Views of Nature of Science. Tesis, (Online).(http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/35142/63431_1.pdf?sequence=1), diakses tanggal 18 Juni 2015.
- OECD. 2013. *PISA 2015: Draft Science Framework*. OECD Publishing.
- Osborne, J. 2007. Science Education for the Twenty First Century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3): 173-184.
- Pezaro, C. 2007. *Pre-service primary teachers' argumentation in socioscientific issues*. Proceedings of the Frontiers in Mathematics and Science Education Research Conference 1-3 May 2014, Famagusta, North Cyprus
- Pratiwi, Yunilia Nur. 2016. *Pengaruh Socioscientific Issues (SSI) sebagai Konteks Pembelajaran Kooperatif pada Materi Laju Reaksi terhadap Pemahaman Konsep, Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Berargumentasi Siswa*. Tesis tidak diterbitkan. Universitas Negeri Malang: Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana.
- Rahayu, S. 2014. *Menuju Masyarakat Berliterasi Sains: Harapan dan Tantangan Kurikulum 2013*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2014, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang, 6 September 2014.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. 2003. *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*. Philadelphia: Open University Press.
- Sadler, T.D. 2004. Moral and Ethical Dimensions of Socioscientific Decision-Making as Integral Components of Scientific Literacy. *Science Educator*, 13(1): 39 – 48.
- Shoulders, C.W. 2012. *The Effects of A Socioscientific Issues Instructional Model in Secondary Agricultural Education on Students' Content Knowledge, Scientific Reasoning Ability, Argumentation Skills, and Views of The Nature of Science*. Disertasi, (Online), (http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/04/40/27/00001/SHOULDERS_.pdf), diakses tanggal 1 April 2014.
- Shwartz, Y., Ben-Zvi, R. & Hofstein, A. 2006. The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (4), 203-225.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2): 2 – 20.
- Stojanovska, M.I., Soptrajanov, B.T., & Tetrusevski, V.M. 2012. Addressing Misconceptions about the Particulate Nature of Matter among Secondary School and High School Students in Republic of Macedonia. *Creative Education*. 3 (5): 619 – 631.
- Turkmen, H. 2006. What Technology Plays Supporting Role in Learning Cycle Approach for Science Education. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*. 5 (2): 71 – 76.
- Zeidler, D.L., Nicols, B.H. 2009. Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*. 21 (2): 49-58.
- Zo'bi, A.S. 2014. The Effect of Using Socio-Scientific Issues Approach in Teaching Environmental Issues on Improving the Students' Ability of Making Appropriate Decisions Towards These Issues. *International Education Studies*. 7 (8): 113-123.

**PENGEMBANGAN SEKOLAH BERSIH DAN SEHAT DALAM RANGKA
MENANAMKAN PERILAKU HIDUP BERSIH SEHAT (PHBS)**

**THE DEVELOPMENT OF SCHOOL CLEAN AND HEALTHY
IN ORDER OF INSTILLING THE BEHAVIOR HEALTHY LIVING**

Yudhi Utomo¹⁾, Subandi¹⁾ dan Fathur Rochman²⁾

¹⁾Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

²⁾ Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No. 5 Malang (65145), Telp. 0341-567382

email: yudhi.utomo.fmipa@um.ac.id, subandi.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Sekolah dasar merupakan tempat yang tepat untuk menanamkan karakter salah satunya adalah penanaman perilaku hidup bersih dan sehat. Tujuan dan target khusus dari kegiatan IbM ini adalah (1) membangun komitmen bersama tentang konsep SD bersih sehat (SDBS) pada guru dan tenaga kependidikan. (2) memberi stimulan sarana untuk mendukung pembiasaan hidup bersih (3) penyuluhan dan praktek pembiasaan hidup bersih sehat seperti sikat gigi cuci tangan yang benar dan pengelolaan sampah, serta pengetahuan jajanan yang baik, sehat dan aman. Sasaran dari kegiatan ini adalah guru-guru tenaga kependidikan, orang tua siswa dan siswa di 2 SD, yakni SDN 4 Gadang dan SDN Kebonsari 1 Kota Malang. Kedua SD tersebut telah dilakukan survey pendahuluan menggunakan instrumen SDBS yang menunjukkan hasil cukup dengan beberapa catatan sehingga layak sebagai mitra pengabdian program IbM. Nara sumber kegiatan tersebut berasal dari Universitas Negeri Malang yang memiliki pengalaman instruktur tentang sekolah bersih dan sehat yang dibantu oleh mahasiswa sebagai tim relawan pengumpul data. Pelaksanaan kegiatan pengabdian yang telah dilakukan berdasarkan konsultasi perbaikan yang disesuaikan kebutuhan sekolah namun tetap dalam kerangka dasar SDBS. Konsep SDBS disampaikan melalui penyuluhan kepada warga sekolah; guru, tenaga kependidikan, perwakilan wali siswa, tenaga kantin dan perwakilan siswa kelas 4-6. Perilaku hidup sehat disampaikan melalui penyuluhan dan praktek langsung pada siswa yakni cuci tangan dan sikat gigi secara benar serta pengetahuan jajanan yang sehat bergizi dan aman melalui contoh minum susu secara bersama-sama. Sarana pendukung pada program IbM adalah kelengkapan alat kebersihan (tempat sampah, sapu, dan kelengkapan lain), keperluan di kamar mandi, pembenahan tempat duduk dan pengecatan tembok kantin. Kegiatan yang terkait dengan lingkungan adalah mendukung program sekolah dalam keikutsertaan *Green School Festival* (GSF) melalui pembenahan taman halaman, taman toga, kelengkapan bunga, pembuatan biopori dan sumur resapan. Hasil evaluasi akhir bila ditunjang kinerja warga sekolah secara berkelanjutan maka akan menaikkan

Kata-kata kunci: *bersih sehat, pembiasaan, SD*

ABSTRACT

The elementary school is the right place to instill character one is planting a clean and healthy living behavior. Objectives and specific targets of IbM activities are (1) to build a shared commitment on the concept of healthy clean of elementary school (SDBS) on teachers and education personnel (2) to provide a means for supporting habituation stimulant clean living (3) to practice healthy hygiene such as toothbrushes proper hand washing and waste management, as well as the knowledge of good snacks, healthy and safe. The goal of this activity is teacher educators, parents and students in two elementary school at SDN 4 Gadang and at SDN Kebonsari 1 Malang. Both of The elementary school has conducted a preliminary survey using SDBS instrument that shows the results with just a few

notes so worth it as the service partner IbM program. Advisor comes from the State University of Malang who has experience of the instructors of the school clean and healthy assisted by students as a team of volunteers collecting data. Implementation of the service activities that have been done in consultation improvements to meet the needs of the school while remaining within the basic framework of SDBS. SDBS concepts delivered through outreach to the school community; teachers, staff, student trustee representatives, cafeteria workers and representatives of students grades 4-6. Healthy behavior is delivered through practical education and directly on the students wash their hands and brush teeth correctly and knowledge of healthy snacks nutritious and safe through the example of drinking milk together. Means of support on IbM program is a complete hygiene (bins, brooms, and other equipment), purpose in the bathrooms, housekeeping and painting seat cafeteria wall. Activities related to the environment is to support school programs in participation Green School Festival (GSF) through revamping of garden courtyard, garden toga, completeness flowers, making biopores and infiltration wells. Final evaluation result when supported on an ongoing basis the performance of the school community will raise.

Keywords: *clean and healthy, elementary school, habituation*

PENDAHULUAN

Pendidikan Nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk karakter serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa. Salah satu tolok ukur pengembangan pendidikan karakter adalah kebersihan dan kesehatan (UU- SPI pasal 3), oleh karena itu sekolah sebagai tempat proses pembelajaran perlu disiapkan program, sarana dan prasarana yang mendukungnya. Tujuan Budaya hidup sehat adalah untuk meningkatkan pengetahuan, kesadaran, kemauan, dan kemampuan siswa untuk hidup bersih dan sehat, serta meningkatkan peran serta aktif siswa dalam upaya mewujudkan derajat kesehatan yang optimal. Selain itu juga mempunyai tujuan untuk meningkatkan, memelihara, dan melindungi kesehatannya baik fisik, mental, spiritual, maupun sosial. Menurut Suci (2009) bahwa siswa memiliki kecenderungan membeli jajan dengan karakteristik seperti enak, murah, berwarna merah (karena lebih menarik seperti saus merah), selain itu mengakses jajan di luar sekolah dilakukan saat siswa menunggu jemputan dan memiliki waktu yang lebih bebas dibandingkan dengan jajan didalam kantin serta memiliki waktu yang terbatas. Engel et al. (1994) menambahkan bahwa perilaku membeli tidak ditentukan atau dipengaruhi oleh satu faktor tunggal, namun ada tiga faktor utama, antara lain; faktor lingkungan (budaya, kelas sosial, pengaruh pribadi, keluarga dan situasi konsumen), faktor perbedaan konsumen/siswa (sumber daya/keuangan, motivasi, pengetahuan, sikap dan gaya hidup/kebiasaan jajan), faktor proses psikologis (pemahaman dan penerimaan terhadap informasi, serta pengalaman jajan sebagai proses pembelajaran siswa). Pembinaan lingkungan sekolah sehat yang merupakan salah satu unsur penting dalam membina ketahanan sekolah harus dilakukan, karena lingkungan kehidupan yang sehat sangat diperlukan untuk meningkatkan kesehatan murid, guru, dan pegawai sekolah, serta peningkatan daya serap murid dalam proses belajar mengajar. Program IbM pengembangan sekolah bersih dan sehat bertujuan untuk membantu sekolah dalam membangun komitmen warga sekolah dan memberi stimulan perlunya sarana pendukung upaya pembiasaan perilaku hidup bersih sehat.

METODE PENELITIAN

Pengabdian kepada masyarakat IbM tentang pengembangan sekolah dasar bersih dan sehat dilakukan di dua mitra, yakni SDN Gadang 4 dan SDN Kebonsari I Kec. Sukun Kota Malang.

Sasaran kegiatan adalah lingkungan sekolah dan warga sekolah. Metode penetapan kriteria kualitas kinerja sekolah melalui survey menggunakan instrumen penilain SDBS sebelum dan sesudah program IbM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sekolah sebagai tempat proses pembelajaran perlu disiapkan program, sarana dan prasarana yang mendukungnya, sehingga faktor tersebut menjadi tolok ukur kualitas sekolah. Penilaian sekolah dasar bersih dan sehat juga didasarkan luaran instrumen yang meliputi variabel pokok perencanaan/landasan kegiatan (visi, misi dan rencana kerja sekolah), sarana dan prasarana, pembudayaan PHBS. Sekolah mitra hasil survey pendahuluan menunjukkan nilai “cukup” yang berarti masih banyak variabel nilai kurang seperti visi dan misi masih kurang sehingga porsi sekolah bersih dan sehat dalam RKS juga kurang. Beberapa sarana yang kurang menunjukkan kinerja PHBS seperti kelengkapan kamar mandi/wc siswa, perawatan dan fungsi tempat sampah serta pengelolaannya, penyediaan jajanan di kantin masih perlu pengawasan.

Kegiatan yang telah dilakukan adalah ceramah penyuluhan tentang konsep SDBS hingga implementasinya sebagai upaya membangun komitmen atau tanggungjawab bersama warga sekolah (Gambar.1 dan 2) . Secara umum tujuan dan sasaran PHBS di sekolah adalah upaya peningkatan PHBS di rumah tangga dengan meningkatkan kemandirian dan pemberdayaan keluarga. dalam masalah kesehatan. Sasaran utama kegiatan penyuluhan meningkatkan pengetahuan, sikap dan perilaku masyarakat khususnya dan rumah tangga dan mengubah perilaku individu anggota keluarga yang bermasalah. Edward Maibach (1995:41) menjelaskan bahwa terdapat dua faktor yang mempengaruhi perilaku individu tersebut yaitu faktor-faktor personal yang terdiri dari *knowledge, skills, self efficacy, outcome expectations* dan *personal goals*; sedangkan faktor-faktor lingkungan yaitu *social, institutional* dan *physical*



Gambar 1. Konsep sekolah dasar bersih dan sehat



Gambar 2. Kegiatan penyuluhan Konsep SDBS dan PHBS

Implementasi SDBS yang utama adalah pembiasaan sehingga pada akhirnya menjadi suatu perilaku yang dinyatakan PHBS, salah satu kegiatan yang dilakukan adalah penyuluhan dan praktek tentang sikat gigi dan cuci tangan secara benar. Beberapa sarana yang ditingkatkan adalah sarana praktek berupa sabun, pasata dan sikat gigi, perlengkapan kamar mandi/wc siswa, pembenahan taman dan kantin. Akhir kegiatan tersebut tentunya perlu didukung kinerja dari warga sekolah, sehingga terjadi peningkatan nilai menjadi baik atau sangat baik.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui program IbM bertema pengembangan sekolah bersih dan sehat yang dilakukan di dua mitra SD telah diupayakan dengan sebaik-baiknya melalui penyuluhan, praktek dan pemberian stimulus beberapa sarana penunjang. Upaya ini perlu ditindaklanjuti sebagai kinerja warga sekolah sebagai bentuk komitmen atau kerjasama bersama. Kegiatan ini juga memacu sekolah meningkatkan kualitas dari kriteria cukup meningkat menjadi baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada DP2M RISTEKDIKTI yang memberi dana melalui program pengabdian kepada Masyarakat IbM tahun anggaran 2016

DAFTAR PUSTAKA

- Nur Rochimah, T.H. 2009. Evaluasi Pelaksanaan Kampanye Sosial Perilaku Hidup Bersih dan Sehat untuk Menurunkan Angka Diare di Kabupaten Kulonprogo *jurnal Ilmu Komunikasi: Volume 6, Nomor 1, Juni 2009: 1-118*
- Engel, J.F. et al., 1994. Perilaku Konsumen: Jilid 1. Diterjemahkan oleh Budiyanto. Binarupa. Jakarta

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Suci, E.S.T (2009). Gambaran Perilaku Jajan Murid Sekolah Dasar di Jakarta. *Jurnal Psikobuana-Jurnal ilmiah Psikologi*, Vol.1, No 1, hal. 29-38

BPPOM-RI,. 2013. Pedoman Pangan Jajanan Anak Sekolah untuk Pencapaian Gizi Seimbang, Dir. Standariassi produk pangan, Jakarta.

IDENTIFIKASI MISKONSEPSI NERACA MASSA PADA SISWA SMK KIMIA INDUSTRI

Ragil Sugeng Dewantoro^{*a}, Subandi^a, Fauziahtul Fajarah^a

^a Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang, Jawa Timur

ABSTRAK

Neraca Massa adalah salah satu materi penting bagi siswa SMK Kimia Industri, neraca massa juga akan menjadi dasar perhitungan perhitungan lain dalam kimia industri, seperti untuk menghitung spesifikasi alat, menghitung neraca energi, dll. Ada indikasi siswa mengalami miskonsepsi dalam materi neraca massa. Jika miskonsepsi ini benar terjadi maka hal tersebut dapat mengganggu pemahaman siswa pada materi yang lain. Oleh sebab itu perlu diadakan studi bagaimana membuat instrumen diagnostik untuk mengidentifikasi miskonsepsi pada materi neraca massa.

Kata Kunci: miskonsepsi neraca massa, kimia industri

ABSTRACT

Mass balance is one of the important subject for vocational students of Chemical Industry, the mass balance calculations will also be the basis of other calculations in the chemical industry, such as to calculate tool specification, calculate the energy balance, etc. There are indications students had misconceptions in the mass balance. If these misconceptions are true then it can disrupt students' understanding on the material lain. So it will necessary to study how to make a diagnostics instrument for identification of misconceptions on mass balance subject.

Keywords: misconceptions of mass balance, the chemical industry

PENDAHULUAN

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni: massa tak dapat dijumlahkan atau dimusnahkan. (Wuriyanti, 2016). Neraca massa yang disusun juga menggambarkan komponen – komponen apa saja yang terdapat dalam aliran massa masuk dan keluar. Neraca massa juga akan menjadi dasar perhitungan perhitungan lain dalam kimia industri, seperti untuk menghitung spesifikasi alat, menghitung neraca energi, dll. (Himmelblue, 2002). Neraca massa menjadi hal penting dan wajib dikuasai oleh siswa SMK Kimia Industri, hal ini karena pada SMK Kimia Industri dipelajari proses perubahan bahan baku menjadi produk, selain itu juga dipelajari desain dan perhitungan alat alat yang digunakan dalam proses industri (Suparmi, 2010). Materi perhitungan neraca massa pada SMK Kimia Industri diajarkan di mata pelajaran Azas Teknik Kimia (ATK) dan sangat berkaitan dengan mata pelajaran lain seperti Operasi Teknik Kimia, Alat Industri Kimia dan juga mata pelajaran Azas Teknik Kimia II yang akan dipelajari di kelas selanjutnya.

Ada beberapa pokok bahasan yang dipelajari dalam materi neraca massa diantaranya adalah :

1. Besaran, satuan dan konversi satuan
2. Persamaan dan stokiometri kimia
3. Hukum kekekalan massa

Ketiga materi ini perlu dikuasai oleh siswa agar dapat menguasai materi neraca massa. Penelitian terdahulu menunjukkan siswa sering mengalami kesulitan atau miskonsepsi pada salah satu dari tiga pokok bahasan. Rusilowati (2007) yang meneliti kesulitan yang dialami siswa pada pelajaran fisika, menunjukkan bahwa siswa cenderung lemah dalam kemampuan mengkonversi satuan. Sedangkan Rufaida,*dkk* (2010) juga mengemukakan bahwa siswa sering kali lupa atau salah dalam mengkonversi satuan. Dalam bidang kimia, Nursiwin (2014) menyatakan bahwa siswa mengalami kesulitan ketika mengkonversi satuan mol menjadi satuan yang lain.

Anugrah,*dkk* (2013) melakukan penelitian mengenai miskonsepsi siswa dalam materi stokiometri, hasil yang dilaporkan menunjukkan bahwa miskonsepsi yang terjadi pada siswa adalah tertukarnya penggunaan aplikasi hukum kekekalan massa dan hukum perbandingan tetap. Hal ini ditunjukkan dengan penggunaan sebuah perbandingan dalam memprediksikan jumlah pereaksi dan hasil pereaksi pada suatu reaksi kimia berdasarkan hukum Lavoisier dan menjumlahkan massa pereaksi sebelum bereaksi untuk mengetahui jumlah hasil reaksi tanpa mempertimbangkan perbandingan massa yang sudah diberikan. Miskonsepsi lainnya adalah menentukan massa pereaksi yang bereaksi dengan cara mengalikan massa pereaksi terhadap perbandingan unsur tersebut dengan unsur lain.

Katrina;*et all* (2009) menemukan bahwa banyak terjadi miskonsepsi yang berkaitan dengan hukum kekekalan massa. Beberapa miskonsepsi yang terjadi pada siswa diantaranya :

1. Siswa menganggap bahwa gas tidak mempunyai massa
2. Siswa menganggap bahwa zat cair lebih ringan daripada zat padat
3. Dalam proses pelarutan, misal pelarutan garam dalam air, siswa menganggap bahwa garam yang larut hancur menghilang.

Katrina (2009), menyatakan bahwa miskonsepsi ini akan menghambat kemampuan siswa dalam memahami sains pada tingkatan konsep yang lebih tinggi. Jika miskonsepsi- miskonsepsi tersebut terjadi pada siswa SMK Kimia Industri, maka hal ini akan menyebabkan pemahaman siswa akan perhitungan neraca massa menjadi terganggu. Sehingga bisa menyebabkan penurunan hasil belajar ataupun ketidakpahaman pada materi yang lain. Oleh karena itu, miskonsepsi yang terjadi pada materi neraca massa harus segera diatasi agar tidak tertanam kuat dan terintegrasi dalam struktur kognitif siswa.

Penelitian tentang miskonsepsi sudah banyak dilakukan sebelumnya dari penelitian – penelitian tersebut ada beberapa macam jenis instrumen yang bisa digunakan untuk membuat instrumen tes diagnostik neraca massa, diantaranya adalah :

1. CRI (Certain Respon Index)
2. Metode interview
3. Multiple Choice
4. Two Tier test

Begitu juga dengan berbagai strategi perubahan konsep yang telah dikembangkan oleh para ahli untuk mengatasi miskonsepsi, antara lain strategi konflik kognitif (Niaz, 1995), *Conceptual Change Text Model (CCT Model)* (Calik *et al*, 2007), *Cause and Effects of Changes Model (CEC Model)* (Pauen, 1999) ,*Dual Situated Learning Model (DSLML)* (She, 2002) dan *Predict, Observe, and Explain (POE)* (White and Gunstone 1992).

Dalam artikel ini penulis ingin mengetahui potensi tes two tier dalam mengidentifikasi miskonsepsi dan model POE (*Predict, Observe and Explain*) dalam memperbaiki miskonsepsi neraca massa pada siswa SMK Kimia Industri

METODE PENELITIAN

Metode penelitian artikel ini menggunakan metode studi literatur dari buku teks, jurnal-jurnal ilmiah terakreditasi, dan hasil-hasil penelitian mahasiswa dalam berbagai bentuk misalnya skripsi, tesis, disertasi, laporan praktikum, dan sebagainya, yang sesuai dan relevan dengan topik artikel ini.

Studi literatur dalam artikel ini dilakukan dengan cara, mengupas (criticize), membandingkan (compare), meringkas (summarize), dan mengumpulkan (synthesize) sumber referensi yang ada.

PEMBAHASAN

Instrumen Diagnostik *Two-Tier* untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa

Treagust (1995) mendeskripsikan tes *two-tier* sebagai instrumen diagnostik yang dapat mengidentifikasi dan mengevaluasi konsepsi siswa pada bidang tertentu, yaitu melalui pilihan *tier* pertama untuk menentukan pengetahuan faktual atau konseptual sedangkan pilihan *tier* kedua digunakan untuk mengetahui alasan dibalik pilihan *tier* pertama. Tüysüz (2009) menyatakan bahwa pertanyaan jenis *two-tier* memiliki dua keuntungan utama dibandingkan pertanyaan *one-tier* yang konvensional. Yang pertama adalah menurunkan ukuran kesalahan. Pada pilihan ganda *one-tier* dengan lima kemungkinan opsi terdapat 20% kemungkinan siswa menjawab dengan cara menebak. Jawaban acak dan tebakan yang benar harus dihitung sebagai ukuran kesalahan. Sedangkan kemungkinan kesalahan pada pilihan ganda *two-tier* hanya sebesar 4% karena jawaban siswa akan dianggap benar hanya ketika pilihan untuk jawaban dan alasan keduanya benar. Jika jawaban benar tetapi alasan salah, maka jawaban siswa tersebut dianggap salah. Keuntungan kedua dari format pilihan ganda *two-tier* adalah dapat mengetahui dua aspek informasi dari satu fenomena yang sama, yaitu jawaban dari *tier* pertama dan *tier* kedua yang umumnya merupakan penjelasan dari pilihan pada *tier* pertama.

Hasil yang diperoleh dari penggunaan tes diagnostik *two-tier multiple choice* tidak hanya membantu guru untuk menganalisis pemikiran murid, tetapi juga membantu siswa memperoleh pemahaman yang lebih baik pada konsep tertentu (Yenilmez dalam Ardtej *et al*, 2008:106). Treagust (2006:6) menyatakan bahwa dengan menggunakan instrumen diagnostik *two-tier multiple choice* pada awal atau akhir dari pengajaran sebuah topik tertentu maka dapat membantu pengajar sains untuk memperoleh gambaran yang lebih baik tentang pemahaman siswa dan keberadaan miskonsepsi pada bagian tertentu dari topik yang dipelajari. Tüysüz (2009:629) juga melaporkan bahwa hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tes diagnostik *two-tier* efisien untuk menentukan konsep alternatif yang dimiliki siswa. Tes tersebut juga dapat membantu guru untuk mengajar dengan lebih baik. Keunggulan lain dari tes *two-tier multiple choice* dibandingkan dengan soal essay adalah mempermudah guru dalam melakukan penskoran. Hal ini disebabkan karena soal bentuk essay memiliki kekonsistenan yang kurang dalam penentuan skor.

Tes diagnostik *two-tier multiple choice* telah dikembangkan dan digunakan untuk mengetahui pemahaman konsep siswa pada beberapa ilmu sains seperti biologi, kimia dan fisika. Penelitian mengenai tes diagnostik *two-tier multiple choice* telah dikembangkan pada beberapa pokok bahasan kimia, seperti pokok bahasan ikatan kovalen dan struktur oleh Peterson dan Treagust (1988), analisis kualitatif oleh Tan, dkk (2002), reaksi kimia oleh Chandrasegaran, Treagust dan Mocerino (2005), dan energi ionisasi unsur oleh Tan, dkk (2005). Di Indonesia, penelitian mengenai pengembangan tes diagnostik *two-tier multiple choice* dikembangkan oleh Ariyanti pada materi senyawa karbon (2012).

Berdasarkan kelebihan-kelebihan dari instrumen diagnostik *two-tier* yang telah dikemukakan oleh para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa instrumen diagnostik *two-tier* merupakan alat yang efisien untuk menggali pemahaman konsep siswa terhadap sains, dan juga untuk mengidentifikasi miskonsepsi-miskonsepsi yang dimiliki siswa. Sampai dengan saat ini, instrumen diagnostik *two-tier* merupakan instrumen berbentuk tes yang paling efisien untuk mengidentifikasi miskonsepsi-miskonsepsi yang dimiliki peserta didik..

Model Pembelajaran POE untuk memperbaiki miskonsepsi pada Neraca Massa

Predict Observe and Explain merupakan strategi pembelajaran perubahan konsep yang dikembangkan oleh White and Gunstone (1992) untuk mendorong dan mendukung perubahan konsep pada siswa. Liew (2004) menyatakan bahwa soal-soal yang mengandung model POE telah terbukti efektif, dimana penggunaan soal-soal yang mengandung model ini dan disusun sebagai soal-soal essay bertipe *open-ended* akan membuat kemampuan siswa dalam memprediksi dan menjelaskan dapat diketahui.

Model pembelajaran POE dapat dilakukan dengan metode demonstrasi dimana akan terdiri dari tiga kegiatan utama, yaitu :

1. Memprediksi, siswa disajikan dengan peralatan demonstrasi yang telah disiapkan ,dan guru menggambarkan apa yang akan dilakukan. Siswa kemudian membuat prediksi tentang apa yang akan terjadi, dan penjelasan singkat tentang mengapa mereka berpikir seperti itu. Dari hasil prediksi siswa ini guru dapat mengetahui pra konsepsi apa yang dimiliki oleh siswanya
2. Mengamati, demonstrasi dilakukan, dan hasilnya diamati. Ketika tahap ini kesetimbangan kognitif siswa mulai terganggu jika apa yang diprediksi tidak sesuai dengan apa yang diamati, sehingga pra konsepsi yang mereka miliki juga mulai dipertanyakan
3. Menjelaskan, dengan secara individu atau berkelompok siswa berdiskusi mengenai penyebab terjadinya perbedaan antara apa yang mereka prediksi dengan apa yang mereka amati. Pada tahap ini diharapkan konsepsi yang baru mulai terbentuk. Kegiatan ini kemudian diakhiri dengan penguatan konsep oleh pengajar.

Penelitian yang dilakukan oleh Hakan Ozdemeir (2011) menunjukkan bahwa aktivitas di laboratorium dengan menggunakan strategi POE pada materi asam basa, dapat membantu siswa meluruskan miskonsepsi yang terjadi. Simulasi komputer dengan strategi POE juga membantu perbaikan miskonsepsi siswa dalam materi gaya dan gerak (Ping,1996). Sedangkan Khantavy (2008) juga menyimpulkan bahwa mental model dengan strategi POE juga dapat memperbaiki miskonsepsi siswa pada materi gaya dan gerak. Strategi POE merupakan strategi pembelajaran yang menuntut keaktifan siswa, strategi ini juga menantang siswa untuk berani mengungkapkan apa yang mereka pikirkan, mengembangkan kemampuan mereka berkomunikasi dan meningkatkan kemampuan mereka berpikir kritis (Haysom & Bowem, 2010) . Materi neraca massa merupakan materi yang memiliki karakteristik serupa dengan materi sains yang lain, karena itu seharusnya metode POE dapat digunakan dalam pembelajaran neraca massa

KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur disimpulkan bahwa tes two tier bisa digunakan sebagai tes diagnostik miskonsepsi pada materi neraca massa untuk siswa SMK Kimia Industri. Selain itu disimpulkan bahwa POE memiliki potensi untuk memperbaiki miskonsepsi dengan efektif

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Shuaili, A. H., & Taylor, N. 2012. Omani Twelfth Grade Students' Most Common Misconceptions in Chemistry. *Science Education International*, 23(3): 221-240.
- Asnawi, Risa. 2015. *Miskonsepsi pada Materi Elektrokimia Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Ilmia*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang PPS UM.
- Barke, H-D., Hazari, A., dan Yitbarek, S. 2009. *Misconception in Chemistry. Addressing Perception in Chemical Education*. Germany: Springer.
- Brady, J.E., Jespersen, N. D., Hyslop, A. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter* (sixth edition). USA: Courier Kendallville.
- Bucat, B., & Mocerino, M. 2009. Learning at the Sub-Micro Level: Structural Representations. Dalam John K. Gilbert & David F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (hlm. 11-30). Dordrecht: Springer.
- Chang, Raymond. 2011. *General Chemistry: The Essential Concepts* (sixth edition). New York: McGraw-Hill Companies.
- Chittleborough, G. 2014. The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry. Dalam Devetak & S. A. Glazar (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (hlm. 25-40). Dordrecht: Springer

-
- Cheung, Derek. 2008. Using Think-Aloud Protocols to Investigate Secondary School Chemistry Teachers' Misconceptions about Chemical Equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 10: 97-108.
- Chiu, Hung. 2005. A National Survey of Students' Conceptions in Chemistry in Taiwan. *Chemical Education International*, 6 (1): 1-8.
- Davidowitz, B., & Chittleborough, G. 2009. Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Level: Diagrams. Dalam John K. Gilbert & David F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (hlm. 169-190). Dordrecht: Springer.
- Devetak, I., Lorber, E. D., Jurišević, M., & Glažar, S. A. 2009. Comparing Slovenian Year 8 and Year 9 Elementary School Pupils' Knowledge of Electrolyte Chemistry and Their Intrinsic Motivation. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(4): 281-290.
- Dori, Y. J., & Hameiri, M. 2003. Multidimensional Analysis System for Quantitative Chemistry Problems: Symbol, Macro, Micro, and Process Aspects. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3): 278-302.
- Eskandar, F.A., Bayrami, M., Vahedi, S., Ansar. The Effect of Instructional Analogies in Interaction With Logical Thinking Ability on Achievement and Attitude Toward Chemistry. *Chemical Education Research and Practice*, 14: 566-575.
- Gussarsky, E., & Gorodetsky, M. 1988. On the Chemical Equilibrium Concept: Constrained Word Associations and Conception. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5): 319-333.
- Gussarsky, E., & Gorodetsky, M. 1990. On the Concept "Chemical Equilibrium": the Associative Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3): 197-204.
- Huddle, P. A., & Pillay, A. E. 1966. An In-Depth Study Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1): 65-77.
- Justi, R., Gilbert, J. K., Ferreira, P. F. M. 2009. The Application of a 'Model of Modelling' to Illustrate the Importance of Metavisualisation in Respect of the Three Types of Representation. Dalam John K. Gilbert & David F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (hlm. 285-308). Dordrecht: Springer.
- Katrina, et al. A demonstration to help students understand the law of conservation of mass, *Journal of Science Teacher*. 2009
- Khanthavy H, Yuenyong C, *The Grade Student's Mental Model Of Force And Motion Through Predict- Observe - Explain (Poe) Strategy*. National University of Lao. 2009
- Kousathana, M., Tsaparlis, G. Students' Errors in Solving Numerical Chemical Equilibrium Problems. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3 (1): 5-17.
- Nakhleh, M. B. 1992. Why Some Student Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3): 191-196.
- Lawson, A. E. 1978. The Development and Validation of A Classroom Test of Formal Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1): 11-24.
- Lawson, A. E. 1985. A review of Research on Formal Reasoning and Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7): 569-617
- Lawson, A. E. 2004. The Nature and Development of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3): 307-338.
- Lawson, A.E., & Thompson, L. D. 1988. Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (9): 733-746.
- Lawson, A. E., & Weser, J. 1990. The Rejection of Nonscientific Beliefs as A Function of Instruction and Reasoning Ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6): 589-606.
- Lawson, A. E., & Worsnop, W. A. 1992. Learning about Evolution and Rejecting A Belief in Special Creation: Effects of Reflective Reasoning Skill, Prior Knowledge, Prior Belief and Religious Commitment. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2): 143-166
- Levine, D. I., & Linn, M. C. 1977. Scientific Reasoning Ability in Adolescence: Theoretical Viewpoint and Educational Implication. *Journal of Research in Science Education*, 14(4): 371-384.
-

- Lewis, S. E. & Lewis, J. E. Predicting at-Risk Students in General Chemistry: Comparing Formal Thought to a General Achievement Measure. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (1): 32-51.
- Önder, I., Geban, Ö. 2006. The Effect of Conceptual Change Text Oriented Instruction on Students' Understanding of The Solubility Equilibrium Concept. *Journal of Education*, 30: 166-173.
- Özmen, Haluk. 2004. Some Student Misconception in Chemistry; A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2): 147-159.
- Özmen, Haluk. 2007. Determination of Students' Alternative Conception about Chemical Equilibrium: A Review of Research and the Case of Turkey.
- Piaget, J., & Inhelder, B. 1958. *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. France: Presses Universitaires de France.
- Quilez, Juan. 2004. A Historical Approach to the Development of Chemical Equilibrium through the Evolution of the Affinity Concept: Some Educational Suggestion. *Chemistry Education: Research and Practice*, (Online), 5 (1): 66-87, (<http://www.rsc.org/cepr>), diakses 19 Juni 2013.
- Quilez, J., & Pardo. 1995. Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9): 939-957.
- Renner, J. W., Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., & Marek, E. A. 1990. Understandings and Misunderstandings of Eight Graders of Four Physics Concept Found in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1): 35-54
- Şendur, G., Toprak, M. & Pekmez, E. S. *Analyzing of Students' Misconception about Chemical Equilibrium*. Makalah disajikan pada International Conference on New Trends in Education and Their Implications, Turki, 11-13 November 2010.
- Silberberg, M. S. 2009. *Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change* (fifth edition). New York: McGraw-Hill Companies
- Treagust, David F. 1988. Development and Use of Diagnostic Test to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 10(2): 159-169.
- Treagust, David F. 2006. *Diagnostic Assessment in Science as a Means to Improving Teaching, Learning and Retention*. Makalah disajikan pada UniServe Science Assessment Symposium Proceedings, 2006, (Online), (http://sydney.edu.au/science/uniserve_science/pubs/procs/2006/treagust/pdf), diakses 28 September 2011.
- Tsaparlis, Georgios. 2005. Non-Algorithmic Quantitative Problem Solving in University Physical Chemistry: a Correlation Study of the Role of Selective Cognitive Factors. *Research in Science & Technological Education*, 23(2): 125-148.
- Tyson, L., & Treagust, D. F. 1999. The Complexity of Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 76(4): 554-558.
- Voska, K. W., & Heikkinen, H. W. 2000. Identification and Analysis of Student Conceptions Used to Solve Chemical Equilibrium Problem. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2): 160-176.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S. & Soloway, E. 2001. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7): 821-842.

KAJIAN TEKS PERUBAHAN KONSEPTUAL UNTUK MENGATASI MISKONSEPSI BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL

Moh. Abd. Majid ^{*a}, Effendy^a, Yudhi Utomo^a

^a Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5, Malang, Jawa Timur

* Corresponding author's email: majid_ana@yahoo.co.id

ABSTRAK

Materi Bentuk dan Kepolaran Molekul memiliki karakteristik konsep yang abstrak, dan membutuhkan keterampilan berpikir ilmiah tinggi untuk memahaminya. Hal ini berpotensi menyebabkan materi Bentuk dan Kepolaran Molekul menjadi sulit dipahami siswa. Kesulitan tersebut memungkinkan timbulnya pemahaman yang salah, jika pemahaman yang salah ini berlangsung terus menerus akan menimbulkan miskonsepsi. Miskonsepsi yang tidak segera diatasi akan terbawa pada pembelajaran berikutnya dan berpotensi menyulitkan siswa memahami konsep-konsep selanjutnya. Salah satu model pembelajaran yang diharapkan efektif untuk mengeliminasi miskonsepsi dalam Bentuk dan Kepolaran Molekul adalah model pembelajaran perubahan konseptual menggunakan Teks Perubahan Konseptual (TPK). Perubahan konsep dilakukan dengan menggunakan teks yang dirancang secara spesifik untuk setiap konsep salah siswa. Teks Perubahan Konseptual yang digunakan mencakup empat kondisi yaitu penciptaan ketidaknyamanan terhadap konsep salah siswa (*dissatisfaction*), memberikan penjelasan dengan contoh-contoh yang mudah dimengerti (*intelligible*), dapat dipercaya dengan didukung fakta-fakta (*plausible*), dan bermanfaat untuk membangun konsep yang benar (*fruitful*). Dengan demikian pembelajaran perubahan konseptual menggunakan Teks Perubahan Konseptual diharapkan dapat dijadikan alternatif untuk mengatasi miskonsepsi siswa dalam materi Bentuk dan Kepolaran molekul.

Kata kunci: Miskonsepsi, Teks Perubahan Konseptual, Bentuk dan Kepolaran Molekul

ABSTRACT

The shape and polarity of molecules is one of chemistry topics in high school consisting of many abstract concepts and requires a high scientific thinking skills to understand it. These could potentially cause the shape and polarity of molecules becomes difficult for students to learn. Student's difficulty in learning these concepts may cause student's incorrect comprehension that leads to misconceptions if it occurs consistently. Misconceptions which not addressed will carry over to the next lesson and potentially cause difficulty for the students to understand the next concepts in the future. One model of learning that is expected to be effective to eliminate misconceptions in shape and polarity of molecules is a conceptual change learning model using Conceptual Change Text (CCT). Changes made by using the conceptual change text that are designed specifically for each student misconceptions. The Conceptual Changes Text used included four conditions, namely the creation of an inconvenience to the students concept (*dissatisfaction*), providing an explanation with examples that are easy to understand (*intelligible*), can be trusted with supported facts (*plausible*), and beneficial to establish a correct concept (*fruitful*). thus, learning conceptual change using Conceptual Change Text is expected to be an alternative to overcome the students misconceptions in the topic shape and polarity of molecules.

Keywords: Misconception, Conceptual Change Text, shape and polarity of molecules

PENDAHULUAN

Salah satu topik dalam pelajaran Kimia adalah Ikatan Kimia yang mencakup beberapa subtopik seperti Struktur Lewis, Ikatan Ion dan Ikatan Kovalen, Ikatan Kovalen Koordinasi, Senyawa Kovalen Polar dan non Polar, Ikatan Logam, Gaya Antar Molekul, Sifat Fisik Senyawa, dan Bentuk Molekul. Subtopik-subtopik tersebut saling berkaitan satu dengan yang lain dan dibutuhkan untuk menjelaskan sifat fisika dan sifat kimia dari suatu zat. Penguasaan tentang sub topik Bentuk Molekul sangat penting untuk menjelaskan dan memprediksi kepolaran serta sifat-sifat fisika dari suatu senyawa molekuler.

Bentuk molekul merupakan bentuk tiga dimensi dari suatu molekul yang ditentukan oleh jumlah ikatan dan besarnya sudut-sudut ikatan yang ada di sekitar atom pusatnya (Effendy, 2008:2). Penentuan bentuk molekul, mencakup empat langkah pokok, yaitu: menentukan atom pusat, menentukan bilangan koordinasi atom pusat, menentukan banyaknya pasangan elektron ikatan (PEI) dan pasangan elektron bebas (PEB) pada kulit valensi atom pusat, dan menentukan bentuk molekul beserta perkiraan besarnya sudut-sudut ikatan yang ada. Dalam penentuan bentuk molekul tersebut, banyak membutuhkan pemahaman tentang konsep-konsep abstrak, seperti konsep tentang atom pusat, substituen, bilangan koordinasi, dan sudut ikatan.

Pemerolehan pemahaman konsep yang bersifat abstrak sangat berkaitan dengan tingkat keterampilan berpikir yang dimiliki seseorang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Lawson & Renner (1975) yang menyatakan bahwa konsep-konsep abstrak hanya dapat dipahami oleh siswa yang telah mencapai tingkatan keterampilan berpikir formal. Hasil penelitian yang sama juga disampaikan oleh Herron (1977) *et al.* bahwa, untuk dapat memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak, dibutuhkan kemampuan berpikir formal, karena tidak adanya contoh konkrit yang dapat diamati. Siswa dengan kemampuan berpikir formal cenderung memiliki hasil belajar yang lebih tinggi dibanding siswa dengan kemampuan berpikir konkrit.

Teori Piaget menyatakan bahwa kemampuan berpikir formal merupakan tahapan terakhir dalam perkembangan intelektual seorang individu. Keterampilan berpikir formal mulai berkembang dan dimiliki oleh anak pada usia 12 – 15 tahun atau setara dengan siswa tingkat SMP - SMA. Keterampilan berpikir ilmiah dapat dikuasai dengan baik jika individu telah mencapai tahap proses berpikir formal, sehingga dapat disimpulkan bahwa seseorang yang memiliki keterampilan ilmiah baik, pasti mencapai tahap berpikir formal. Pada kenyataannya tidak semua siswa pada rentang usia 12 – 15 tahun telah sampai pada tahap kemampuan berpikir formal. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Good, *et al.* (1979) bahwa siswa sekolah lanjutan atas dan mahasiswa yang telah mencapai berpikir formal berkisar 25 – 75%, sedangkan sisanya masih berada pada tahap berpikir konkrit. Penelitian yang lain juga menunjukkan hal serupa seperti yang dilakukan oleh Pavelich & Abraham (1979) yang menemukan hanya 14% mahasiswa tingkat satu yang sudah mencapai tingkat berpikir operasi formal, 78% berada pada tingkat transisi (peralihan), dan sisanya masih berada pada tahap berpikir konkret. Di Indonesia sendiri, pernah dilakukan penelitian yang sama oleh Sadia (2007) dengan hasil hanya 13,44% siswa kelas X di Kabupaten Buleleng yang memiliki kemampuan berpikir formal tinggi, sisanya sebanyak 83,83% berada pada tahapan berpikir formal sedang (peralihan), dan sebanyak 2,74% siswa masih berada pada tahap berpikir formal tingkat rendah (konkrit). Belum tercapainya kemampuan berpikir formal berarti belum dikuasainya keterampilan berpikir ilmiah dengan baik, hal ini menyebabkan siswa mengalami banyak kesulitan ketika mempelajari topik bentuk molekul yang bersifat abstrak.

Kesulitan dalam memahami topik yang abstrak, akan menyebabkan terjadinya kesalahan konsep. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Taber (2001) bahwa konsep yang abstrak merupakan salah satu penyebab terjadinya kesalahan konsep. Jika kesalahan konsep ini terjadi secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya miskonsepsi.

Pembelajaran kimia disekolah saat ini termasuk didalamnya topik bentuk molekul, cenderung melakukan penyederhanaan konsep, seperti pernyataan bahwa setiap molekul yang memiliki pasangan elektron bebas selalu bersifat polar, molekul yang tidak memiliki pasangan elektron bebas selalu bersifat non polar, serta penggunaan trik-trik khusus dalam menentukan bentuk molekul dan sifat molekul tanpa disertai penjelasan yang mendalam tentang konsep-konsep. Keadaan semacam ini berpotensi menyebabkan siswa mengembangkan konsepsi alternatif atau disebut miskonsepsi. Hal ini

sesuai dengan hasil penelitian dari Taber dan Coll (2002) yang menyatakan bahwa penyederhanaan dalam memahami suatu topik akan mendorong siswa mengalami miskonsepsi.

Banyak strategi untuk mengatasi miskonsepsi telah dikembangkan, salah satunya adalah menggunakan teks perubahan konseptual. Teks perubahan konseptual merupakan salah satu media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran dengan pendekatan konseptual (Onder & Geban, 2006). Teks perubahan konseptual didasarkan pada teori perubahan konseptual yang dikemukakan oleh Posner.

Dalam teks perubahan konseptual siswa diminta secara eksplisit untuk membuat suatu prediksi tentang situasi tertentu sebelum guru menyajikan beberapa kesalahan konsep yang sering dialami oleh siswa (Yuruk, 2007). Menurut Roth (1986), dalam teks perubahan konseptual, kesalahan konsep umum siswa pertama kali diidentifikasi, kemudian situasi yang dipersiapkan untuk mengaktifkan kesalahan konsep umum siswa disajikan untuk memperoleh prediksi tentang fenomena. Selanjutnya, kesalahan konsep siswa ditantang dengan memperkenalkan kesalahan konsep umum diikuti oleh bukti bahwa mereka salah. Akhirnya, penjelasan ilmiah yang benar disajikan, dengan kata lain teks perubahan konseptual menyajikan beberapa kesalahan konsep umum, membantah kesalahan konsep yang ada dengan menjelaskan mengapa hal ini tidak diterima secara ilmiah dan memberikan penjelasan tentang konsepsi ilmiah untuk mengatasi kesalahan konsep.

Teks perubahan konseptual dirancang untuk menghilangkan kesalahan konsep siswa (Yuruk, 2007). Banyak penelitian yang telah menunjukkan bahwa teks perubahan konseptual merupakan salah satu media yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep dan mengurangi kesalahan konsep siswa (Onder & Geban, 2006; Ozmen, 2007; Yuruk, 2007; Taslidere, 2013; Sendur & Toprak, 2013).

BAHASAN UTAMA

Miskonsepsi dan Pentingnya Upaya untuk Mengatasinya

Penelitian yang mengungkap bahwa sebagian besar siswa datang ke kelas dengan membawa pengetahuan awal atau kepercayaan yang mereka miliki mengenai suatu fenomena dan konsep (Duit & Treagust, 2003; Tuysuz, 2009) telah banyak dilakukan. Pengetahuan awal atau kepercayaan tersebut merupakan hal penting untuk menentukan apakah dalam pembelajarannya nanti dapat memahami materi yang akan mereka pelajari. Pembelajaran kimia saat ini mulai mengarah pada pembelajaran konstruktivis yang menuntut siswa untuk membangun sendiri pengetahuannya. Dalam membangun pengetahuannya, tidak menutup kemungkinan bila terjadi kesalahan dalam pemahaman suatu konsep yang disebabkan karena keterbatasan siswa dalam mengembangkan pengetahuan yang sudah dimilikinya sehingga bisa menyebabkan miskonsepsi.

Miskonsepsi merupakan pemahaman yang berbeda dengan pemahaman ilmiah yang diterima secara umum tentang suatu konsep (Nakhleh, 1992; Özmen, 2008). Terdapat beberapa alasan yang menyebabkan terjadinya miskonsepsi. Gabel (1999) menyebutkan bahwa alasan siswa mengalami miskonsepsi adalah karena karakteristik konsep kimia yang kompleks dan cara pembelajaran konsep kimia di kelas. Menurut Kay dan Yin (2010), secara umum miskonsepsi disebabkan oleh beberapa hal, antara lain : i) pengetahuan untuk penjelasan konsep mengenai pengembangan ilmu kimia yang terbaru belum cukup, ii) penjelasan konsep agar lebih sederhana masih kurang atau bahkan berlebihan, iii) penguasaan konsep kimia yang masih kurang, dan iv) terkadang penjelasan konsep kurang tepat karena menggunakan bahasa (dialek) daerah yang tidak representatif. Selain itu, guru dan buku dapat menjadi sumber miskonsepsi di dalam sekolah. Sedangkan pengetahuan awal (prekonsepsi) siswa yang diperoleh melalui pengalaman dalam kehidupan sehari-hari dapat menjadi sumber miskonsepsi di luar sekolah.

Miskonsepsi yang dialami siswa cenderung resistan terhadap pembelajaran. Hal ini disebabkan karena konsep tersebut telah tertanam di benak siswa sebagai suatu hal yang masuk akal meskipun salah, terutama jika konsep tersebut telah tertanam kuat di dalam kehidupan sehari-hari (Chandrasegaran *et al*, 2007; Tuysuz, 2009). Akibatnya, jika siswa mendapatkan konsep baru yang menurutnya tidak masuk akal, mereka akan memilih untuk tetap menggunakan konsep salah yang dimilikinya dan menghubungkannya dengan konsep-konsep selanjutnya yang terkait. Miskonsepsi pada siswa yang tidak segera diatasi dapat menghambat siswa dalam mempelajari konsep-konsep lain yang berkaitan dan juga menghambat siswa dalam memahami suatu ilmu secara utuh dan benar. Siswa

akan kesulitan untuk mengintegrasikan informasi baru dengan informasi yang mereka miliki sehingga tidak dapat memperoleh pemahaman yang benar terhadap konsep baru tersebut (Treagust, 2006)

Miskonsepsi Bentuk dan Kepolaran Molekul

Identifikasi miskonsepsi dalam pembelajaran sangat penting dilakukan untuk memperbaiki miskonsepsi yang terjadi. Miskonsepsi-miskonsepsi yang berhasil diidentifikasi dapat digunakan sebagai sumber informasi dalam mendesain pembelajaran yang dapat membantu perubahan konsep siswa.

Miskonsepsi siswa pada topik bentuk dan kepolaran molekul sebelumnya telah diteliti oleh beberapa peneliti, hanya saja masih dalam satu rangkaian topik besar Ikatan Kimia. Berikut ini beberapa miskonsepsi dari penelitian terdahulu. Diawali oleh penelitian yang dilakukan oleh Peterson *et al.*, (1989) menunjukkan bahwa siswa mengalami cukup banyak miskonsepsi sebagai berikut: Bentuk molekul hanya dipengaruhi oleh pasangan elektron ikatan yang saling tolak menolak, bentuk huruf V dari suatu molekul hanya dipengaruhi oleh tolakan antara pasangan elektron bebas, kepolaran ikatan menentukan bentuk molekul, molekul nonpolar terbentuk ketika atom-atom dalam molekul memiliki keelektronegatifan yang sama.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Furio dan Catalayud (1996). Pada penelitian ini mereka mengungkap kesulitan-kesulitan yang dihadapi oleh siswa ketika mempelajari topik bentuk dan kepolaran molekul. Kesulitan-kesulitan tersebut sangat berpotensi menimbulkan miskonsepsi. Furio dan Catalayud menemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menggambarkan bentuk tiga dimensi dari molekul, hal ini disebabkan karena bentuk molekul merupakan topik yang abstrak sehingga sulit bagi siswa untuk memvisualisasikannya. Selain itu, mereka juga menemukan bahwa siswa mengalami kesulitan tentang penentuan atom pusat dalam suatu molekul, susunan atom-atom dan pasangan elektron dalam molekul, menganggap struktur Lewis sama dengan bentuk molekul, dan kepolaran ikatan tidak mempengaruhi bentuk molekul.

Hasil penelitian yang hampir sama juga didapatkan oleh Birk dan Kurtz (1999) yang menemukan beberapa miskonsepsi siswa seperti: bentuk suatu molekul hanya dipengaruhi oleh tolakan antar pasangan-pasangan elektron ikatan, bentuk suatu molekul hanya dipengaruhi oleh tolakan antar pasangan-pasangan elektron bebas, dan kepolaran ikatan menentukan bentuk molekul. Banyaknya miskonsepsi yang ditemukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa topik bentuk dan kepolaran molekul memang benar-benar rentan terjadi miskonsepsi karena karakteristiknya yang abstrak.

Teks Perubahan Konseptual untuk Mengatasi Miskonsepsi Bentuk dan Kepolaran Molekul

Banyak peneliti tertarik pada teori perubahan konsep untuk mengatasi miskonsepsi pada siswa. Beberapa peneliti telah menunjukkan bahwa pendekatan perubahan konseptual dapat efektif mengubah konsepsi kimia siswa (Basili & Sanford, 1991; Ebenezer & Gaskell, 1995). Namun, teori asli Posner *et al.*, (1982) telah dikritik karena mengabaikan keyakinan motivasi peserta didik termasuk tujuan, niat dan kesadaran metakognitif (Niaz *et al.*, 2002; Pintrich *et al.*, 1993; Sinatra dan Pintrich, 2003). Sinatra dan Pintrich (2003) menyatakan bahwa faktor-faktor ini juga dapat mempromosikan atau menghalangi perubahan konseptual. Kritik lain, dari perspektif sosial budaya, adalah bahwa perubahan konseptual tidak hanya satu proses internal kognitif tapi yang terjadi lebih luas dan situasional, budaya dan konteks pendidikan (mis Saljo, 1999; Vosniadou, 2008a, p.XIX; Duit *et al.* 2008; Treagust & Duit, 2008).

Selain itu, banyak peneliti mengatakan bahwa perubahan konseptual bersifat lambat dan memiliki proses bertahap dari waktu ke waktu (Vosniadou, 2007; 2008). Vosniadou (2007) juga mengkritik teori perubahan konseptual karena terlalu menekankan efek konflik kognitif. Meskipun kritik-kritik ini, metode pengajaran seperti analogi, pemetaan konsep, lembar kerja, dan teks perubahan konseptual (TPK), masih didasarkan pada model perubahan konseptual yang dikembangkan oleh Posner *et al.* (1982). Hal ini menunjukkan bahwa Model perubahan konseptual, telah terbukti dan masih efektif untuk menghilangkan miskonsepsi atau konsepsi alternatif siswa (Hynd *et al.*, 1997; Ozmen dan Yildirim, 2005; Ozmen *et al.*, 2009b).

Teks perubahan konseptual dirancang untuk membuat siswa menyadari prasangka mereka salah dan membantu mereka mengubah konsepsi non ilmiah mereka ke arah yang lebih ilmiah melalui

penggunaan penjelasan dan contoh (Hynd et al. 1994; Pabuçcu & Geban, 2006). Dalam TPK, pertanyaan menantang dipersiapkan dan pertama kali disajikan untuk mengaktifkan prasangka siswa dan untuk menyediakan ketidakpuasan dengan ide-ide mereka sendiri. Kemudian, konsepsi alternatif siswa diidentifikasi dan secara langsung disebutkan. Berikutnya, konsepsi alternatif siswa ditantang dengan memperkenalkan konsepsi alternatif umum diikuti oleh bukti bahwa mereka salah (Roth, 1985). Akhirnya, penjelasan ilmiah yang benar didukung oleh contoh-contoh disajikan (Bamer & Geban, 2007). Secara garis besar, dalam Teks Perubahan Konseptual harus mencakup empat kondisi yaitu: *dissatisfaction* (siswa merasa tidak nyaman dengan konsep yang telah mereka miliki), *Intelligible* (berisi penjelasan yang ilmiah disertai contoh-contoh yang mudah dipahami), *plausible* (dapat dipercaya dengan didukung fakta-fakta), dan *Fruitfull* (bermanfaat bagi siswa dalam membangun konsep yang benar dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi).

Beberapa penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh TPK pada pemahaman konseptual siswa misalnya, Beerenwenkel, 2006, Pinarbasi et al., 2006 pada topik Konsep Larutan, Ozmen et al., 2007; Demircioglu, 2009 pada topik Asam-Basa, Cepni & Cil, 2010 pada pengajaran NOS dalam IPA, dan Sendur & Toprak 2013 pada topik Alkana. Hasil dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan Teks Perubahan Konseptual ini efektif dalam menciptakan konflik kognitif dan memfasilitasi terjadinya perubahan konseptual serta pembelajaran bermakna bagi siswa.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa Teks Perubahan Konseptual merupakan strategi perubahan konsep yang efektif untuk mengatasi miskonsepsi siswa pada materi sains karena Teks Perubahan Konseptual menekankan perubahan konseptual pada siswa dengan cara menciptakan kondisi ketidaknyamanan (*dissatisfaction*) terhadap konsep yang telah dimiliki siswa, memberikan penjelasan ilmiah disertai dengan contoh-contoh yang mudah dimengerti (*intelligible*), dapat dipercaya dengan didukung fakta-fakta (*plausible*), dan bermanfaat untuk membangun konsep yang benar (*fruitful*). Dengan demikian pembelajaran perubahan konseptual menggunakan Teks Perubahan Konseptual diharapkan dapat dijadikan alternatif untuk mengatasi miskonsepsi siswa dalam materi Bentuk dan Kepolaran Molekul.

DAFTAR RUJUKAN

- Barke, H-D., Hazari, A., dan Yitbarek, S. 2009. *Misconception in Chemistry. Addressing Perception in Chemical Education*. Germany: Springer.
- Calik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. 2007. Enhancing Pre-Service Elementary Teachers' Conceptual Understanding of Solution Chemistry with Conceptual Change Text. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5: 1-28.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust D. F. and Mocerinob, M. 2007. The Development of a Two-tier Multiple-Choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Students' Ability to Describe and Explain Chemical Reactions Using Multiple Levels of Representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3): 293-307.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., Leeuw, N. D. 1994. From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4: 27-43.
- Chittleborough, G. 2014. The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry. Dalam Devetak & S. A. Glazar (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (hlm. 25-40). Dordrecht: Springer.
- Gabel, Dorothy. 1999. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4): 548-554.
- Justi, R., Gilbert, J. K., Ferreira, P. F. M. 2009. The Application of a 'Model of Modelling' to Illustrate the Importance of Metavisualisation in Respect of the Three Types of Representation. Dalam John K. Gilbert & David F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (hlm. 285-308). Dordrecht: Springer.
- Liao, Y., & She, H. (2009). Enhancing Eight Grade Students' Scientific Conceptual Change and Scientific Reasoning through a Web-based Learning Program, 12, 228-240.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Nakhleh, M. B. 1992. Why Some Student Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3): 191-196.
- Niaz, M. 1995. Cognitive Conflict as a Teaching Strategy in Solving Chemistry Problem: A Dialectetic-Constructivist Perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (9): 959-970.
- Özmen, Haluk., Demircioglu, Hulya., Demircioglu, Gokhan. 2008. The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers & Education* 52 (2009): 681-695. Elsevier.
- Pauen, S. 1999. The Development of Ontological Categories: Stable Dimensions (Eds.), *New Perspective on Conceptual Change* (hlm. 15-31). Oxford: Elsevier Science.
- Treagust, D. F. 1988. Development and Use of Diagnostic Test to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 10(2): 159-169.
- Treagust, D. F. 2006. *Diagnostic Assessment in Science as a Means to Improving Teaching, Learning and Retention*. Makalah disajikan pada UniServe Science Assessment Symposium Proceedings, 2006, (Online), (http://sydney.au/science/uniserve_science/pubs/procs/2006/treagust/pdf.), diakses 28 September 2011.
- Treagust, D. F. & Duit, R. 2009. Multiple Perspectives of Conceptual Change in Science and the Challenges Ahead. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32 (2): 89-104
- Tüysüz, C. 2009. Development of Two-Tier instrument and Assess Students' Understanding in Chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4 (6): 626-631.

DIAGNOSIS MISKONSEPSI SISWA KELAS XI PADA MATERI LARUTAN ASAM BASA MENGGUNAKAN TES DIAGNOSTIK PILIHAN GANDA DUA TINGKAT

Cety Anggun Widyorini^{*a}, Prayitno^b, Sumari^b

^aProgram Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang

^bJurusan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang Kode Pos 65145

*Correspondence author's email: cety.anggun@ymail.com

ABSTRAK

Salah satu permasalahan pada proses pembelajaran kimia adalah pemahaman siswa mengenai konsep-konsep kimia yang tidak sesuai dengan konsep yang benar. Hal tersebut menyebabkan terjadinya miskonsepsi siswa, salah satunya pada materi larutan asam basa. Penelitian ini bertujuan untuk mendiagnosis miskonsepsi siswa dan menentukan persentase siswa yang mengalami miskonsepsi pada materi larutan asam basa. Persentase siswa yang mengalami miskonsepsi ditentukan berdasarkan konsistensi jawaban siswa pada soal-soal dengan konsep yang sama. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan 154 siswa kelas XI di SMA Negeri se-kota Probolinggo sebagai subjek penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat yang terdiri atas 37 butir soal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan miskonsepsi siswa dengan persentase lebih dari 20% pada beberapa konsep, yaitu (1) teori asam basa Arrhenius dan teori asam basa Lewis, (2) pasangan asam-basa konjugat, (3) ionisasi asam basa, (4) pH larutan asam basa, dan (5) reaksi asam basa.

Kata kunci: *miskonsepsi, larutan asam basa, tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat.*

ABSTRACT

One of the common problems in chemistry learning is the students' conceptions about several chemistry concepts which are different from those scientific concepts. Therefore the students' misconceptions were occurred, for example in acid base solution topic. The purposes of this research were to diagnosis of students' misconceptions and to calculate the percentage of students who have misconceptions in acid base solution topic. The percentage of student who has misconception was defined by consistency of students' answer on the questions with the same concept. This research used quantitative description method with 154 eleventh grade students of all public senior high schools in Probolinggo as the research subjects. The research instrument is diagnostic test of two-tier multiple-choice that consist of 37 questions. The result of this research found the students' misconceptions which have percentage more than 20% in several concepts, i.e. (1) Arrhenius acid base theory and Lewis acid base theory, (2) acid-base conjugate pairs, (3) acid base ionizations, (4) pH of acid base solutions, and (5) acid base reaction.

Key words: *misconception, acid base solution, two-tier diagnostic test.*

PENDAHULUAN

Sebagian besar siswa menyatakan bahwa kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang sulit dipahami (Sirhan, 2007:2; Tüysüz, 2009:630). Kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep kimia dikarenakan karakteristik konsep kimia yang abstrak (Sastrawijaya, 1988:118), kompleks dan berjenjang (Kean & Middlecamp, 1985:27), serta pengetahuan awal siswa yang mungkin mengandung konsep-konsep yang tidak tepat (Çetingul & Geban, 2005:73; Chin, 2001:72). Kondisi tersebut menyebabkan siswa mempunyai pemahaman yang tidak sesuai dengan sudut pandang saintis sehingga menimbulkan suatu miskonsepsi (*misconception*) (Treagust, 2006:1).

Miskonsepsi mempunyai beberapa karakteristik, yaitu sangat sulit diubah, stabil dalam struktur kognitif siswa, dan dapat mempengaruhi pemahaman siswa mengenai konsep-konsep kimia yang akan dipelajari selanjutnya (Dindar & Geban, 2011:603). Menurut Mulford & Robinson (2002:739), siswa cenderung kesulitan atau bahkan menolak mempelajari konsep baru yang tidak sesuai dengan konsepsi yang dimilikinya karena siswa menganggap bahwa sebagian besar konsepsinya adalah benar. Oleh sebab itu, hasil penelitian Tüysüz (2009), Al-Balushi *et al* (2012), dan Mutlu & Sesen (2014) menyatakan bahwa siswa mengalami miskonsepsi dalam memahami sebagian besar konsep kimia.

Salah satu materi kimia yang sering mengalami miskonsepsi, yaitu materi larutan asam basa. Contoh miskonsepsi siswa pada materi larutan asam basa yang ditemukan pada penelitian sebelumnya, yaitu semua senyawa yang mempunyai atom H pada rumus molekulnya merupakan asam sedangkan semua senyawa yang mempunyai gugus OH pada rumus molekulnya merupakan basa (Çetingul & Geban, 2005:71; Demircioğlu, 2009:14; Özmen *et al*, 2012:15). Miskonsepsi siswa pada materi larutan asam basa dapat mempengaruhi pemahaman siswa mengenai konsep-konsep pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Hal tersebut menjadi dasar pentingnya dilakukan diagnosis miskonsepsi siswa pada materi larutan asam basa. Hasil diagnosis miskonsepsi dapat digunakan guru untuk merencanakan suatu metode pembelajaran yang dapat membantu siswa agar lebih mudah memahami konsep-konsep larutan asam basa sesuai dengan sudut pandang saintis (Chandrasegaran *et al*, 2007:294; Treagust, 1988:167).

Pada penelitian ini digunakan metode tes pilihan ganda bertingkat, yaitu tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat (*two-tier multiple choice test*). Tes pilihan ganda dua tingkat lebih efektif dalam mendiagnosis miskonsepsi siswa karena siswa memilih jawaban yang mereka anggap benar pada tingkatan pertama dan diharuskan memilih alasan atas jawaban tersebut pada tingkatan kedua (Dindar & Geban, 2011:601; Treagust, 2006:3).

Penelitian mengenai diagnosis miskonsepsi siswa pada materi larutan asam basa merupakan salah satu topik penelitian yang banyak dipilih oleh para peneliti. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya artikel jurnal penelitian yang mendiagnosis miskonsepsi siswa pada materi larutan asam basa di berbagai wilayah, antara lain Ross & Munby (1991), Schmidt & Chemie (1995), Çetingul & Geban (2005), Demircioğlu *et al* (2005), Khousathana *et al* (2005), Artdej *et al* (2010), Özmen *et al* (2012), Muchtar (2012), dan Bayrak (2013). Banyaknya penelitian tersebut dikarenakan miskonsepsi dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing siswa (Loyens, 2007:24). Karakteristik siswa pada suatu wilayah berbeda dengan karakteristik siswa pada wilayah yang lainnya, sehingga miskonsepsi siswa pada suatu wilayah dapat berbeda dengan miskonsepsi siswa pada wilayah yang lainnya. Berdasarkan hasil wawancara penulis dengan beberapa guru dan siswa kelas XI di salah satu SMA Negeri kota Probolinggo, diketahui adanya miskonsepsi siswa dalam mempelajari konsep-konsep pada materi larutan asam basa namun belum pernah dilakukan penelitian untuk mendiagnosis miskonsepsi siswa. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian diagnosis miskonsepsi siswa kelas XI pada materi larutan asam basa di SMA Negeri se-kota Probolinggo.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan, yaitu metode deskriptif kuantitatif. Populasi penelitian yaitu seluruh siswa kelas XI MIA/IPA SMA Negeri se-kota Probolinggo (459 siswa). Subjek penelitian yaitu 154 siswa kelas XI MIA/IPA SMA Negeri se-kota Probolinggo yang dipilih dengan teknik *purposive sampling*.

Instrumen pada penelitian ini berupa tes diagnostik pilihan ganda dua tingkat yang dikembangkan berdasarkan tahap pengembangan Treagust (1988:161) dan Chandrasegaran *et al* (2007:296). Kisi-kisi soal pada instrumen tes disusun berdasarkan kompetensi dasar materi larutan asam basa dalam Kurikulum 2013, hasil identifikasi konsep-konsep yang banyak terjadi miskonsepsi pada kajian penelitian sebelumnya, dan instrumen penelitian yang dikembangkan oleh Efendi, Prayitno, & Fajaroh. Tingkatan pertama terdiri atas 2-4 pilihan jawaban dari pertanyaan yang diberikan, sedangkan tingkatan kedua terdiri atas 3-6 pilihan alasan dari jawaban yang diberikan. Pilihan alasan tersebut disusun berdasarkan kajian literatur mengenai miskonsepsi siswa yang sering terjadi pada materi larutan asam basa, jawaban siswa pada tes terbuka, dan wawancara. Berdasarkan data hasil uji coba pada 107 siswa kelas XI MIA/IPA non subjek penelitian dan analisis butir soal

menggunakan SPSS 16 for windows, diperoleh koefisien reliabilitas instrumen penelitian yang sangat tinggi, yaitu 0,801.

Langkah-langkah analisis data, yaitu (1) menghitung persentase siswa yang mengalami miskonsepsi menggunakan rumus:

$$\% \text{ siswa yang miskonsepsi} = \frac{\text{Banyak siswa yang menjawab}}{\text{Jumlah seluruh siswa yang konsisten}} \times 100\%$$

dan (2) mendiagnosis miskonsepsi siswa. Diagnosis miskonsepsi siswa dilakukan dengan cara mendeskripsikan miskonsepsi siswa untuk setiap konsep pada materi larutan asam basa yang diteliti. Pada penelitian ini difokuskan pada pembahasan miskonsepsi siswa yang sering terjadi, yaitu miskonsepsi yang memiliki persentase lebih dari atau sama dengan 20% dari jumlah subjek penelitian yang menjawab konsisten pada soal-soal dengan konsep yang sama. Kriteria persentase tersebut juga diterapkan dalam beberapa penelitian miskonsepsi sebelumnya, antara lain penelitian Al-Balushi *et al* (2012:225) dan Dhindsa & Treagust (2009:37).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian miskonsepsi siswa kelas XI pada beberapa konsep dalam materi larutan asam basa diuraikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Ringkasan Hasil Penelitian Miskonsepsi Siswa pada Materi Larutan Asam Basa

Miskonsepsi	Persentase (%)
1. Teori Asam Basa	
a. Teori Asam Basa Arrhenius	
• Menurut teori asam basa Arrhenius, asam adalah semua senyawa yang mempunyai atom H pada rumus molekulnya.	22,77
• CH ₄ dan HCl merupakan asam karena menghasilkan ion H ⁺ jika dilarutkan dalam air dan CH ₄ menghasilkan ion H ⁺ yang lebih banyak daripada HCl.	31,68
• Menurut teori asam basa Arrhenius, basa adalah semua senyawa yang mempunyai gugus OH dalam rumus molekulnya dan semua senyawa yang mempunyai gugus OH dapat menghasilkan ion OH ⁻ jika dilarutkan dalam air.	23,85
b. Teori Asam Basa Lewis	
• PH ₃ dan NH ₃ merupakan asam Lewis karena mempunyai atom H pada rumus molekulnya sehingga dapat menghasilkan ion H ⁺ jika dilarutkan dalam air.	44,44
2. Pasangan asam-basa konjugat	
• Pasangan asam-basa konjugat adalah pasangan asam konjugat dengan basa konjugat yang merupakan hasil reaksi asam basa Brønsted-Lowry.	25,74
3. Ionisasi Asam Basa	
• Asam lemah terionisasi sempurna dalam pelarut air, sehingga spesi-spesi yang ada dalam larutannya adalah ion H ⁺ , anion asam, dan H ₂ O.	32,99
• Asam lemah monoprotik dan poliprotik terionisasi sebagian dalam pelarut air, tetapi spesi-spesi yang ada dalam larutannya adalah ion H ⁺ , anion asam, dan H ₂ O.	30,93

Lanjutan Tabel 1.1

Miskonsepsi	Persentase (%)
• Asam kuat terionisasi sebagian dalam pelarut air, sehingga spesi-spesi yang ada dalam larutannya adalah molekul asam, ion H ⁺ , anion asam, dan H ₂ O.	22,58
4. pH Larutan Asam Basa	

- Larutan dengan pH=0 tidak ada karena rentang nilai pH hanya berkisar 1-14. 34,31
- Larutan netral mempunyai nilai pH=7 pada suhu berapapun. 61,54
- Asam lemah poliprotik terionisasi sebagian dalam pelarut air menghasilkan ion H^+ yang sesuai dengan jumlah atom H pada rumus molekulnya, sehingga 66,67

$$pH = -\log \text{ekuivalen asam} \times \sqrt{K_{a1} \times [\text{asam}]}$$

5. Reaksi Asam Basa

- Larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat yang ekuivalen bersifat netral karena reaksi asam dengan basa selalu menghasilkan larutan netral. 27,66
- Larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat yang tidak ekuivalen bersifat netral karena reaksi asam kuat dengan basa kuat selalu menghasilkan larutan netral. 20,83
- Sifat larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat yang tidak ekuivalen ditentukan berdasarkan jumlah volume larutan asam atau basa yang lebih banyak. 36,46

1. Miskonsepsi Siswa pada Teori Asam Basa

a. Teori Asam Basa Arrhenius

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 22,77% siswa menyatakan bahwa menurut teori asam basa Arrhenius, asam adalah semua senyawa yang mempunyai atom H pada rumus molekulnya, contohnya HCl dan CH_4 . HCl memiliki 1 atom H dan CH_4 memiliki 4 atom H pada rumus molekulnya. Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Çetingül & Geban (2005:71), Demircioğlu *et al* (2005:46), Demircioğlu (2009:14), dan Özmen *et al* (2012:14). Sebanyak 31,68% siswa juga menyatakan bahwa HCl dan CH_4 merupakan asam Arrhenius, namun dengan alasan yang berbeda yaitu HCl dan CH_4 memiliki atom H pada rumus molekulnya sehingga dapat menghasilkan ion H^+ jika dilarutkan dalam air. Jumlah ion H^+ yang dihasilkan CH_4 lebih banyak daripada HCl karena CH_4 memiliki jumlah atom H yang lebih banyak pada rumus molekulnya.

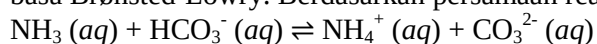
Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 23,85% siswa menyatakan bahwa menurut teori asam basa Arrhenius, basa adalah semua senyawa yang mempunyai gugus OH pada rumus molekulnya dan semua senyawa yang mempunyai gugus OH dapat menghasilkan ion OH^- jika dilarutkan dalam air, contohnya NaOH, CH_3COOH , KOH, dan $HCOOH$. Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Çetingül & Geban (2005:71), Demircioğlu *et al* (2005:46), Demircioğlu (2009:14), dan Özmen *et al* (2012:14).

b. Teori Asam Basa Lewis

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 44,44% siswa menyatakan bahwa PH_3 dan NH_3 bersifat asam Lewis karena mempunyai atom H pada rumus molekulnya sehingga dapat menghasilkan ion H^+ jika dilarutkan dalam air. Siswa cenderung menjelaskan sifat asam basa suatu senyawa hanya berdasarkan teori asam basa Arrhenius walaupun mereka sudah mempelajari teori asam basa Bronsted-Lowry dan teori asam basa Lewis. Kecenderungan tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Sumfleth & Geisler (1999 dalam Barke *et al*, 2009:176) dan Khousathana *et al* (2005:184). Pada dasarnya, penjelasan siswa mengenai sifat asam PH_3 dan NH_3 tersebut juga tidak tepat berdasarkan teori asam basa Arrhenius karena siswa juga mengalami miskonsepsi pada teori asam basa Arrhenius.

2. Miskonsepsi Siswa pada Konsep Pasangan Asam-Basa Konjugat

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 25,74% siswa menyatakan bahwa pasangan asam-basa konjugat adalah pasangan asam konjugat dengan basa konjugat yang merupakan hasil reaksi asam basa Brønsted-Lowry. Berdasarkan persamaan reaksi berikut:

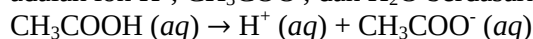


siswa menyatakan bahwa pasangan asam-basa konjugatnya adalah NH_4^+ (asam konjugat) dan CO_3^{2-} (basa konjugat). Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Schmidt & Chemie (1995:739). Siswa salah dalam mendefinisikan istilah pasangan asam-basa konjugat sehingga mereka juga salah dalam mengidentifikasi pasangan asam-basa konjugat pada persamaan reaksi asam-basa Brønsted-Lowry yang diberikan.

3. Miskonsepsi Siswa pada Konsep Ionisasi Asam

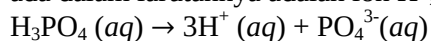
a. Ionisasi Asam Lemah

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 32,99% siswa menyatakan bahwa asam lemah monoprotik dan poliprotik terionisasi sempurna dalam pelarut air, sehingga spesi-spesi yang terdapat dalam larutannya adalah ion H^+ , anion asam, dan H_2O . Asam lemah monoprotik terionisasi sempurna menghasilkan satu ion H^+ , sedangkan asam lemah poliprotik terionisasi sempurna menghasilkan ion H^+ yang sesuai dengan jumlah atom H pada rumus molekulnya dalam satu tahap ionisasi. Siswa menyatakan bahwa asam lemah mempunyai ikatan intramolekul yang lemah sehingga mudah untuk menghasilkan ion H^+ dalam pelarut air dan terionisasi sempurna. Siswa menyatakan bahwa asam etanoat (asam lemah monoprotik) terionisasi sempurna dan spesi-spesi yang ada dalam larutannya adalah ion H^+ , CH_3COO^- , dan H_2O berdasarkan persamaan reaksi:

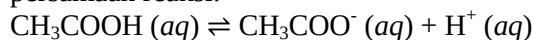


Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Artdej *et al* (2010:177).

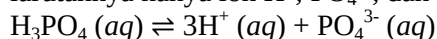
Siswa juga menyatakan asam fosfat (asam lemah poliprotik) terionisasi sempurna dan spesi-spesi yang ada dalam larutannya adalah ion H^+ , PO_4^{3-} , dan H_2O berdasarkan persamaan reaksi:



Temuan miskonsepsi kedua, yaitu 30,93% siswa menyatakan bahwa asam lemah monoprotik dan poliprotik terionisasi sebagian dalam pelarut air, tetapi spesi-spesi yang terdapat dalam larutannya hanya ion H^+ , anion asam, dan H_2O . Siswa menyatakan bahwa asam etanoat terionisasi sebagian, tetapi spesi-spesi yang ada dalam larutannya hanya ion H^+ , CH_3COO^- , dan H_2O berdasarkan persamaan reaksi:



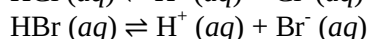
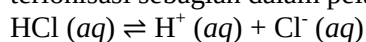
Asam fosfat juga terionisasi sebagian dan menghasilkan jumlah ion H^+ yang sesuai dengan jumlah atom H pada rumus molekulnya dalam satu tahap ionisasi, sehingga spesi-spesi yang ada dalam larutannya hanya ion H^+ , PO_4^{3-} , dan H_2O berdasarkan persamaan reaksi:



Hal tersebut menunjukkan bahwa siswa hanya sebatas menghafal bahwa asam lemah terionisasi sebagian dan persamaan ionisasinya ditandai dengan tanda panah dua arah, tetapi siswa salah konsep dalam memahami makna istilah terionisasi sebagian. Oleh karena itu, siswa salah dalam menentukan spesi-spesi yang ada pada larutan asam lemah monoprotik dan poliprotik.

b. Ionisasi Asam Kuat

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 22,58% siswa menyatakan bahwa asam kuat terionisasi sebagian dalam pelarut air, sehingga spesi-spesi yang ada dalam larutannya adalah molekul asam, ion H^+ , anion asam, dan H_2O . Siswa menyatakan bahwa HCl dan HBr merupakan asam kuat yang terionisasi sebagian dalam pelarut air berdasarkan persamaan reaksi berikut:



Spesi dalam larutan asam klorida adalah HCl, H^+ , Cl^- , dan H_2O , sedangkan spesi dalam larutan asam bromida adalah HBr, H^+ , Br^- , dan H_2O . Siswa menyatakan bahwa asam kuat mempunyai ikatan intramolekul yang kuat sehingga sulit untuk menghasilkan ion H^+ dalam pelarut air dan terionisasi sebagian. Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Demircioğlu *et al* (2005:46) dan Artdej *et al* (2010:177).

4. Miskonsepsi Siswa pada Konsep pH Larutan Asam Basa

a. Skala pH

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 34,31% siswa menyatakan bahwa larutan dengan nilai pH=0 tidak ada. Menurut siswa, rentang nilai pH suatu larutan hanya berkisar 1-14 dengan ketentuan bahwa

larutan asam mempunyai $\text{pH} < 7$, larutan netral mempunyai $\text{pH} = 7$, dan larutan basa mempunyai $\text{pH} > 7$, sehingga larutan dengan $\text{pH} = 0$ tidak ada. Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada penelitian Çetingul & Geban (2005:71) yang menyatakan bahwa siswa beranggapan larutan dengan nilai $\text{pH} = 0$ tidak dapat dikelompokkan sebagai larutan asam ataupun basa.

Berdasarkan tabel 1.1, diketahui 61,54% siswa menyatakan bahwa setiap larutan yang mempunyai $\text{pH} = 7$ selalu bersifat netral pada suhu berapapun. Siswa juga menyatakan bahwa larutan yang mempunyai nilai $\text{pH} < 7$ bersifat asam dan nilai $\text{pH} > 7$ bersifat basa pada suhu berapapun. Siswa cenderung tidak memperhatikan pengaruh suhu terhadap tetapan ionisasi (K_w) dan pH air murni. Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Pinarbasi (2007:26) yang menyatakan bahwa siswa beranggapan air murni selalu mempunyai nilai $\text{pH} = 7$ pada suhu berapapun dan larutan dinyatakan bersifat netral apabila mempunyai $\text{pH} = 7$ pada suhu berapapun.

b. Perhitungan pH

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 66,67% siswa menyatakan bahwa asam lemah poliprotik terionisasi sebagian dalam pelarut air dan menghasilkan ion H^+ yang sesuai dengan jumlah atom H pada rumus molekul asam dalam satu tahap ionisasi, sehingga penentuan pH larutan asam lemah poliprotik yaitu:

$$\text{pH} = -\log \text{ekuivalen asam} \times \sqrt{K_{a1} \times [\text{asam}]}$$

Miskonsepsi tersebut terjadi karena siswa juga mengalami miskonsepsi pada konsep ionisasi asam lemah poliprotik sehingga mereka salah dalam penentuan pH larutan asam lemah poliprotik.

5. Miskonsepsi Siswa pada Konsep Reaksi Asam Basa

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 27,66% siswa menyatakan bahwa larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat yang ekuivalen bersifat netral karena reaksi asam dengan basa (reaksi netralisasi) selalu menghasilkan larutan netral. Miskonsepsi tersebut juga ditemukan pada hasil penelitian Çetingul & Geban (2005:71), Drechsler & Schmidt (2005:44), Pinarbasi (2007:26), dan Özmen *et al* (2009:14) yang menyatakan bahwa siswa beranggapan reaksi asam basa selalu menghasilkan larutan netral dengan nilai $\text{pH} = 7$.

Temuan miskonsepsi yang kedua, yaitu 20,83% siswa menyatakan bahwa larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat yang tidak ekuivalen bersifat netral karena reaksi asam kuat dengan basa kuat selalu menghasilkan larutan netral. Siswa beranggapan bahwa sifat larutan hasil reaksi asam basa hanya ditentukan berdasarkan sifat larutan yang lebih kuat. Larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat selalu bersifat netral, larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa lemah selalu bersifat asam, dan larutan hasil reaksi asam lemah dengan basa kuat selalu bersifat basa. Siswa cenderung tidak memperhatikan pengaruh jumlah mol ion H^+ dan ion OH^- yang bereaksi terhadap sifat larutan hasil reaksi.

Berdasarkan Tabel 1.1, diketahui 36,46% siswa menyatakan bahwa sifat larutan hasil reaksi asam kuat dengan basa kuat yang tidak ekuivalen ditentukan berdasarkan volume larutan asam atau basa yang berlebih. Apabila volume larutan basa kuat lebih besar daripada volume larutan asam kuat, maka larutan hasil reaksi bersifat basa, begitu pula sebaliknya. Siswa beranggapan bahwa apabila volume larutan basa kuat lebih besar, maka jumlah ion OH^- yang dihasilkan juga lebih banyak daripada jumlah ion H^+ dari asam. Siswa cenderung tidak memperhatikan pengaruh konsentrasi larutan terhadap jumlah ion H^+ dan ion OH^- dalam larutan.

KESIMPULAN

Miskonsepsi siswa pada materi larutan asam basa di SMA Negeri se-kota Probolinggo yang tergolong sebagai miskonsepsi sering terjadi karena memiliki persentase lebih dari 20%, meliputi konsep (1) teori asam basa Arrhenius dan teori asam basa Lewis, (2) pasangan asam-basa konjugat, (3) ionisasi asam basa, (4) pH larutan asam basa, dan (5) reaksi asam basa.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Shuaili, A. H., and Taylor, N. 2012. *Science Education International*, Vol. 23, No. 3, Hal. 221-240.
- Artdej, R., Ratanaroutai, T., Coll, R. K., and Thongpanchang, T. 2010. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 28, No. 2, Hal. 167-183.
- Barke, H-D., Al-Hazari, and Yitbarek, S. 2009. *Misconceptions in Chemistry: Students' Misconceptions and How to Overcome Them*. Berlin: Springer, Hal. 1-294.
- Bayrak, B.K. 2013. *Mevlana International Journal of Education (MIJE)*, Vol. 3, No. 2, Hal. 19-26.
- Çetingul, P. I. and Geban, O. 2005. *Journal of Education*, Vol. 29, Hal. 69-74.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D.F., and Mocerino, M. 2007. *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 8, No. 3, Hal. 293-307.
- Chin, C. 2001. *Teaching and Learning*, Vol. 21, No. 2, Hal. 72-85.
- Demircioğlu, G., Ayas, A., and Demircioğlu, H. 2005. *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 6, No. 1, Hal. 36-51.
- Demircioğlu, G. 2009. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 10, No. 5, Hal. 1-29.
- Dhindsa, H.S. and Treagust, D. F. 2009. *Brunei International of Science and Mathematic Education*, Vol. 1, No. 1, Hal. 33-51.
- Dindar, A.C. and Geban, O. 2011. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol 15, Hal. 600-604.
- Drechsler, M. and Schmidt, H-J. 2005. *Science Education International*, Vol. 16, No. 1, Hal. 39-53.
- Kean, E. and Middlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Kousathana, M., Demerouti, M., and Tsaparlis, G. 2005. *Science & Education*, Vol 14, Hal. 173-193.
- Loyens, S. M. M. 2007. *Students' Conceptions of Constructivist Learning*. Rotterdam: Optima Grafische Communicatie.
- Muchtar, Z. & Harizal. 2012. *Journal of Education and Practice*, Vol. 3, No. 15, Hal. 65-74.
- Mulford, D.R and Robinson, W. R. 2002. *Chemical Education Research*, Vol. 79, No. 6, Hal. 739-744.
- Mutlu, A. and Sesen, B. A. 2015. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol 174, Hal. 629-635.
- Özmen, H., Demircioğlu, G., and Coll, R. K. 2009. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 7, Hal. 1-24.
- Özmen, H., Demircioğlu, G., Burhan, Y., Naseriazar, A., and Demircioğlu, H. 2012. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 13, No. 8, Hal. 1-29.
- Pinarbasi, T. 2007. *Journal of Baltic Science Education*, Vol. 6, No. 1, Hal. 23-34.
- Ross, B. & Munby, H. 1991. *International Journal of Science Education*, Vol. 13, No. 1, Hal. 11-23.
- Sastrawijaya, Tresna. 1988. *Proses Belajar Mengajar Kimia*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Schmidt, H.J. and Chemie, F. 1995. *International Journal of Science Education*, Vol. 17, No. 6, Hal. 733-741.
- Sirhan, G. 2007. *Journal of Turkish Science Education*, Vol. 4, No. 2, Hal. 2-20.
- Tüysüz, C. 2009. *Scientific Research and Essay*, Vol. 4, No. 6, Hal. 626-631.
- Treagust, D.F. 1988. *International Journal of Science Education*, Vol. 10, No. 2, Hal. 159-169.
- Treagust, D.F. 2006. *UniServe Science – Symposium Proceedings: Assessment in science teaching and learning, Uniserve Science, Sydney, Australia*.

PROSPEK TEKNIK PETA KONSEP DALAM MENGANALISIS KESALAHAN STRUKTUR PENGETAHUAN MAHASISWA PADA MATERI IKATAN KIMIA DAN STRATEGI KONFLIK KOGNITIF BERBASIS MULTIPLE REPRESENTASI DALAM PERBAIKANNYA

Yuski Sudana*, Subandi, dan Aman Santoso

Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No 5 Malang

*Corresponding author's email: sudanayuski@gmail.com

ABSTRAK

Kimia merupakan suatu ilmu yang didalamnya terdapat berbagai macam konsep yang bersifat abstrak, kompleks, dan berjenjang. Hal ini membuat mahasiswa beranggapan bahwa ilmu kimia adalah ilmu yang sulit dipelajari dan dipahami. Salah satu faktor penyebab kesulitan mempelajari dan memahami ilmu kimia adalah tidak dikuasainya beberapa topik atau materi yang menjadi dasar untuk memahami ilmu kimia, misalnya topik ikatan kimia. Beberapa hasil penelitian menunjukkan masih banyak terjadi kesalahan konsep pada materi ikatan kimia yang diakibatkan oleh ketidakmampuan pembelajar dalam membuat hubungan yang koheren antar konsep atau terjadi kesalahan dalam struktur pengetahuannya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji prospek teknik peta konsep dalam menganalisis kesalahan struktur pengetahuan mahasiswa pada materi ikatan kimia dan strategi konflik kognitif berbasis multipel representasi dalam memperbaikinya. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa peta konsep memiliki prospek yang ideal sebagai suatu teknik untuk menganalisis kesalahan struktur pengetahuan. Selain itu, strategi konflik kognitif berbasis multipel representasi sangat tinggi prospeknya dalam mengatasi miskonsepsi yang diakibatkan kesalahan struktur pengetahuan dengan cara membantu mahasiswa memahami kimia secara utuh. Kajian ini bersifat deskriptif dan berbasis literatur.

Kata kunci : Struktur pengetahuan, ikatan kimia, konflik kognitif berbasis multipel representasi.

ABSTRACT

Chemistry is a complex subject that contains various abstract and tiered concept. This fact cause student believe that chemistry is difficult to understand. One of the causes difficulty of chemistry is not mastered some fundamental topics in chemistry, such as chemical bonding topic. Some research indicates a lot of misconceptions on chemical bonding topic caused by the inability of learners in making coherent relationship between concepts or occur fault in knowledge structures. The purpose of this study is to assess the prospects of concept mapping technique in analyzing the fault of student knowledge structures on chemical bonding topic and cognitive conflict strategy based multiple representation to overcome them. Some research literature is clear that the concept map has an ideal prospect as a technique for analyzing fault of knowledge structures. In addition, the cognitive conflict strategy based multiple representation is a very high prospects to overcome the misconception that caused the fault of knowledge structure in ways that help students understand the chemistry as a comprehensive. This study was descriptive and literature based.

Key words: knowledge structures, chemical bonding, cognitive conflict strategy based multiple representation

PENDAHULUAN

Kimia adalah salah satu cabang ilmu sains yang di dalamnya penuh dengan konsep abstrak (Perna & Aksela, 2008). Hal ini menjadikan kimia sebagai ilmu yang bersifat kompleks karena pembelajaran kimia tidak hanya mencakup pembahasan materi secara makroskopik, melainkan juga secara submikroskopik dan simbolik yang biasa dikenal dengan tiga tingkatan representasi kimia (Johnstone, 2000:11). Konsep - konsep dalam kimia juga bersifat berjenjang artinya dalam memahami konsep yang tingkatannya lebih tinggi perlu pemahaman yang benar terhadap konsep yang lebih dasar (Effendy, 2002:8). Jika satu konsep dasar tidak dapat dipahami dengan baik dan benar, maka akan menghambat pemahaman konsep berikutnya.

Salah satu materi atau topik penting dan mendasar dalam ilmu kimia adalah ikatan kimia. Topik ikatan kimia berisi konsep - konsep dasar yang digunakan untuk memahami hampir semua topik di dalam ilmu kimia (Burrows, et al., 2014). Namun beberapa penelitian menunjukkan siswa memiliki berbagai macam kesulitan untuk memahami konsep dalam materi ikatan kimia, contohnya siswa mengalami kesulitan memahami mengapa ikatan terjadi dan terjadi miskonsepsi mengenai fenomena ikatan (Nicoll, 2001b). Banyak kesalahpahaman ini kuat dan tetap bahkan setelah pembelajaran (Nicoll, 2001b; Taber dan Coll, 2003; Ozmen, 2004). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa, siswa mengalami kebingungan menjelaskan dan menentukan perbedaan ikatan ionik dengan ikatan kovalen (Luxford dan Bretz, 2014). Selain itu, siswa juga tidak memahami tentang konsep ikatan kovalen dan mengabaikan peran elektronegativitas dalam ikatan kovalen polar (Peterson & Treagust, 1989). Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa pemahaman siswa tentang ikatan kovalen polar, polaritas ikatan dan konsep terkait seperti gaya antarmolekul dan elektronegativitas masih sangat rendah dan sering terjadi kesalahan konsep. Kesalahan konsep yang terjadi salah satunya diakibatkan ketidakmampuan pebelajar dalam membuat hubungan yang koheren satu konsep dengan konsep yang lain atau terjadi kesalahan dalam struktur pengetahuannya (Novak, et. al. 2010)

Berdasarkan beberapa hal tersebut maka, perlu dilakukan kajian literatur dari beberapa penelitian untuk menentukan suatu teknik yang tepat dan dapat digunakan untuk menganalisis kesalahan struktur pengetahuan mahasiswa, khususnya pada topik yang mengandung konsep - konsep dasar seperti topik ikatan kimia. Selain itu, perlu juga dilakukan kajian untuk menentukan strategi pembelajaran yang tepat untuk mengatasinya dengan harapan terjadi perbaikan struktur pengetahuan dan penurunan tingkat kesalahan konsep mahasiswa.

METODE

Metode yang digunakan adalah deskriptif berbasis literatur

PEMBAHASAN

Struktur Pengetahuan dan Kesalahan Konsep

Struktur pengetahuan adalah skema dimana pebelajar mengatur dan menghubungkan berbagai konsep untuk memahami topik tertentu (Novak dan Canas, 2006; Novak, 2010). Sebuah penelitian yang membandingkan pebelajar pemula dan para ahli sepakat bahwa para ahli memiliki struktur pengetahuan yang lebih kompleks dengan banyak interkoneksi yang terfokus di sekitar konsep dasar (Bransford et al., 2000). Sebaliknya, pebelajar pemula cenderung memiliki struktur pengetahuan yang terbatas yang ditandai dengan ketidakmampuan pebelajar dalam membuat hubungan antar konsep. Hal ini mengakibatkan kesenjangan pemahaman siswa karena kehilangan hubungan antar konsep yang menyebabkan pebelajar kesulitan untuk mempelajari materi baru. Kesulitan ini disebabkan pebelajar mengalami kesulitan untuk menggabungkan konsep baru ke dalam struktur pengetahuan yang tidak saling terkait yang merupakan salah satu sumber terjadinya miskonsepsi (Taber dan Coll, 2003).

Prospek Peta Konsep dalam Menganalisis Kesalahan Struktur Pengetahuan Mahasiswa

Peta konsep adalah alat yang ideal untuk menilai kedalaman dan luasnya struktur pengetahuan siswa karena peta konsep dapat menunjukkan bagaimana siswa mengatur informasi ke dalam struktur pengetahuan mereka (Novak dan Gowin, dalam Burrows, 2014). Peta konsep memungkinkan kita untuk memvisualisasikan bagaimana siswa menghubungkan satu konsep dengan konsep yang lain (Wheeldon dan Faubert, 2009). Beberapa penelitian telah menetapkan validitas dan kegunaan peta

konsep sebagai alat evaluasi (Nicoll et al. 2001; Francisco et al, 2002;.. Van Zele et al, 2004; Shavelson et al, 2005;.. Lopez et al, 2011). Peta konsep adalah alat grafis yang digunakan untuk mengatur dan mewakili pengetahuan individu dengan menciptakan hubungan antara konsep-konsep dalam bentuk proposisi (Novak dan Gowin, 1984; Novak dan Canas, 2006). Peta konsep terdiri dari tiga komponen yaitu konsep, panah dan frasa penghubung. Panah penghubung memberikan hubungan arah antara dua konsep sementara frasa penghubung (kata menghubungkan konsep) mewakili hubungan khusus antara sepasang konsep (Novak dan Canas, 2006).

Ada beberapa contoh dari penggunaan peta konsep dalam beberapa penelitian. Misalnya, Nakhleh dan Nicoll (Nakhleh dan Krajcik, 1994; Nicoll et al, 2001) telah menggunakan peta konsep, yang dihasilkan oleh para peneliti setelah wawancara terbuka, untuk mengevaluasi pemahaman siswa terhadap konsep asam basa dan ikatan kimia. Penilaian peta konsep siswa yang dihasilkan telah banyak diteliti. Misalnya, kelompok Shavelson telah menghasilkan kumpulan penelitian tentang asesmen menggunakan peta konsep dalam kimia umum dan kimia organik sebagai alat penilaian dan penelitian (Ruiz-Primo et al, 2001a, 2001b; Yin et al, 2005; Lopez et al, 2011; Szu et al, 2011). Penelitian terbaru mereka telah menunjukkan bahwa peta konsep dapat digunakan untuk mewakili struktur pengetahuan siswa dalam kimia organik. Secara khusus, pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa skor peta konsep berkorelasi dengan nilai prestasi yang dicapai mahasiswa (Lopez et al., 2011) dan struktur pengetahuan mahasiswa yang diukur dengan peta konsep adalah indikator keberhasilan dalam pembelajaran kimia (Lopez et al., 2014). Oleh karena itu peta konsep memiliki prospek yang ideal sebagai suatu teknik untuk menganalisis kesalahan struktur pengetahuan mahasiswa.

Prospek Strategi Konflik Kognitif Berbasis Multipel Representasi dalam Memperbaiki Kesalahan Struktur Pengetahuan Mahasiswa

Para peneliti telah mengembangkan berbagai macam strategi untuk mengatasi kesalahan konsep. Salah satu strategi yang terbukti mampu mengurangi dan mengatasi kesalahan konsep adalah strategi konflik kognitif. Sugiyatna (2008) menyatakan strategi konflik kognitif adalah seperangkat kegiatan pembelajaran dengan mengkomunikasikan dua atau lebih rangsangan berupa sesuatu yang berlawanan atau berbeda kepada peserta didik agar terjadi proses internal yang intensif dalam rangka mencapai keseimbangan ilmu pengetahuan yang lebih tinggi. Strategi konflik kognitif dikembangkan dari pandangan Piaget bahwa siswa secara aktif dapat melakukan reorganisasi pengetahuan yang telah tersimpan dalam struktur kognitif atau struktur pengetahuannya. Konflik kognitif dapat dipergunakan untuk mengembangkan pendekatan pengajaran kimia yang secara khusus untuk perbaikan pemahaman konsep siswa. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Khasanah, 2010 menunjukkan bahwa strategi konflik kognitif mampu mereduksi miskonsepsi yang terjadi mencapai 75 %. Penelitian yang dilakukan oleh Ma'rifah, et. al. (2012) juga menunjukkan bahwa strategi konflik kognitif efektif mereduksi miskonsepsi peserta didik mencapai 86,67% dan pereduksian miskonsepsi per item soal mencapai 70,00%. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Afriyanti (2013) menunjukkan bahwa strategi konflik kognitif dapat mereduksi miskonsepsi pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan yakni pada sub konsep kelarutan dari 44,53% menjadi 7,03%.

Ada tiga langkah yang harus ditempuh untuk menerapkan strategi konflik kognitif yaitu, mengidentifikasi pra konsepsi siswa sebelum memulai pelajaran di dalam kelas, membangkitkan situasi konflik atau pertentangan dalam struktur kognitif siswa dan menyiapkan dalam memberi latihan, pertanyaan dan soal, untuk memantapkan konsep baru yang telah dimiliki tersebut. Dari uraian ini jelas terlihat bahwa strategi konflik kognitif dalam proses belajar kimia memiliki tiga kunci utama yaitu disequilibrasi, reformulasi dan kesadaran. Untuk mendukung terjadinya tiga tahap dalam konflik kognitif tersebut maka perlu disajikan topik ikatan kimia menggunakan tiga representasi kimia (makroskopik, mikroskopik, dan simbolik) atau disebut dengan strategi konflik kognitif berbasis multipel representasi.

Penyajian konsep dengan tiga representasi secara simultan menjadi aspek penting pada pembelajaran kimia (Tasker&Dalton, 2006:141). Eilks dkk (2007) menyatakan bahwa pembelajar yang tidak memiliki pemahaman mikroskopik yang baik akan mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep kimia dengan aplikasi kehidupan sehari-hari. Beberapa penelitian tentang kesalahan konsep dan upaya perbaikan dengan menerapkan pembelajaran interkoneksi multipel representasi diantaranya

adalah penelitian yang dilakukan oleh Pikoli dan Sihaloho (2014) yang menerapkan multipel representasi pada materi hidrolisis garam untuk mereduksi miskonsepsi siswa kelas XI B-6 SMAN 1 Gorontalo. Hasil penelitian tersebut menunjukkan terjadinya penurunan miskonsepsi dengan rata-rata 13,6%. Ada pula penelitian yang dilakukan oleh Indrayani (2012) tentang analisis pemahaman makroskopik, mikroskopik, dan simbolik pada materi titrasi asam basa dengan menggunakan perbaikan pendekatan mikroskopik yang berhasil meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal-soal makroskopik, mikroskopik, dan simbolik lebih tinggi dibandingkan pendekatan verifikasi. Oleh karena itu, strategi konflik kognitif berbasis multipel representasi sangat tinggi prospeknya dalam mengatasi miskonsepsi yang diakibatkan kesalahan struktur pengetahuan dengan cara membantu mahasiswa memahami kimia secara utuh.

KESIMPULAN

Dari kajian beberapa literatur dan hasil penelitian terdahulu maka dapat disimpulkan bahwa peta konsep memiliki prospek yang ideal sebagai suatu teknik untuk menganalisis kesalahan struktur pengetahuan dan strategi konflik kognitif berbasis multipel representasi sangat tinggi prospeknya dalam mengatasi miskonsepsi yang diakibatkan kesalahan struktur pengetahuan dengan cara membantu mahasiswa memahami kimia secara utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, I.R, (2013), *Reduksi Miskonsepsi Siswa Melalui Pembelajaran Remedial Menggunakan Strategi Konflik Kognitif pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan*, Tesis Tidak Diterbitkan, Bandung, Program Pasca Sarjana Universitas Pendidikan Indonesia.
- Bransford J. D., Brown A. L. and Cocking R. R., (2000), *How People Learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- Burrows, N. L. & Mooring, S. R, 2014, Using Concept Mapping to Uncover Students' Knowledge Structures of Chemical Bonding Concepts, *Chemical Education Research And Practice*, (Online) Vol. 16, No.1, Hal 1 - 14.
- Effendy, 2002, Upaya Mengatasi Kesalahan Konsep dalam Pembelajaran Kimia dengan Menggunakan Strategi Konflik Kognitif, *Jurnal Media Komunikasi Kimia*, No. 2.
- Eilks, I., Moelering, M., & Valanides, N, 2007, Seventh-Grade Students Understanding of Chemical Reactions: Reflections from an Action Research Interview Study, *EurasiaJournal of Mathematics, Science & Technology Education*, (Online) Vol. 3, No. 4, Hal. 271-286.
- Francisco J. S., Nakhleh M. B., Nurrenbern S. C. and Miller M. L., (2002), Assessing Student Understanding of General Chemistry with Concept Mapping, *J. Chem. Educ.*, (Online) Vol. 79, No. 2, Hal 248.
- Johnstone, A.H, 2000, Teaching of Chemistry - Logical or Psychological?, *Chemistry education: Research and Practice in Europe*, (Online) Vol 1, No.1, Hal 9-15.
- Khasanah, N., 2009, *Penggunaan Konflik Kognitif untuk Remediasi Miskonsepsi Pembelajaran Usaha dan Energi. Studi Kasus di MAN 1 Madiun pada kelas XI IPA Semester I Tahun Ajaran 2008/2009*, Tesis tidak diterbitkan, Surakarta, Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret.
- Lopez E. J., Shavelson R. J., Nandagopal K., Szu E. and Penn J, (2014), Factors Contributing to Problem-Solving Performance in First-Semester Organic Chemistry, *J. Chem. Educ.*, (Online) Vol. 91, No.7, Hal 976-981.
- Lopez E., Kim J., Nandagopal K., Cardin N., Shavelson R. J. and Penn J. H., (2011), Validating the Use of Concept-Mapping as a Diagnostic Assessment Tool in Organic Chemistry: Implications for Teaching., *Chemical. Education Research and Practice.*, (Online) Vol. 12, No. 2, Hal 133-141.
- Luxford C. J. and Bretz S. L., (2014), Development of the Bonding Representations Inventory To Identify Student Misconceptions about Covalent and Ionic Bonding Representations, *J. Chem. Educ.*, (Online) Vol. 91, No. 3, Hal. 312-320.
- Ma'rifah, Woro Sumarni, Kusoro Siadi , (2012), Keefektifan Pereduksian Miskonsepsi melalui Strategi Konflik Kognitif pada Pemahaman Konseptual dan Algoritmik, *Chem in Education*, (Online) Vol. 2, No.1, Hal. 42 -48.

- Nakhleh, M.B. 1992. Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions. *Journal of Chemical Education*, (Online) Vol. 69, No.3, Hal.191-196.
- Nicoll G. (2001a), A Report of Undergraduates' Bonding Misconceptions, *Int. J. Sci. Educ.*, (Online) Vol. 23, No. 7, Hal. 707–730.
- Novak J. D. and Canas A. J., (2006), The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them, Technical Report IHMC Cmap Tools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- Novak, J.D, 2010, Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations, *Journal of E-Learning and Knowledge Society*. (Online) Vol. 6, No. 3, Hal. 21 - 30.
- Ozmen H., (2004), Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding, *J. Sci. Educ. Technology*., (Online) Vol. 13, No. 2, Hal 147–159.
- Pernaa , J. & Aksela, M, 2008, Concept Maps as Meaningful Learning Tools in A Web-Based Chemistry material, *Concept Mapping: Connecting Educators Proc. of the Third Int. Conference on Concept Mapping*.
- Peterson R. F., Treagust D. F. and Garnett P., (1989), Development and Application of a Diagnostic Instrument to Evaluate Grade-11 and -12 Students' Concepts of Covalent Bonding and Structure Following a Course of Instruction, *J. Res. Sci. Teach.*, (Online) Vol. 26, No. 4, Hal. 301–314.
- Pikoli, M. & Sihalo, M, 2014, *Implementasi Pembelajaran dengan Menginterkoneksi Multipel Representasi pada Materi Hidrolisis Garam Untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa*, Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional Kimia, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya, 20 September 2014.
- Ruiz-Primo M. A., Schultz S. E., Li M. and Shavelson R. J, (2001a), Comparison of The Reliability and Validity of Scores from Two Concept-Mapping Techniques, *J. Res. Sci. Teach*, Vol. 38, No. 2, Hal. 260–278.
- Shavelson R. J., Ruiz-Primo M. A. and Wiley E. W, (2005), Windows into the mind. *High. Educ*, (Online) Vol. 49, No. 4, Hal. 413–430.
- Shavelson R. J., Ruiz-Primo M. A. and Wiley E. W. (2005). Windows into the mind. *High. Educ*. (Online) Vol. 49, No. 4, Hal. 413–430.
- Silaho, M, 2001, *Analisis Pemahaman Konsep Larutan Elektrolit melalui Penggambaran Mikroskopik Siswa dan Guru di SMUN Kotamadya Gorontalo*, Tesis tidak diterbitkan, Malang, Fakultas Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Sugiyatna, (2008), *Pendekatan Konflik Kognitif dalam Pembelajaran Fisika*, Widya Swara LPMP DIY.
- Szu E., Nandagopal K., Shavelson R. J., Lopez E. J., Penn J. H., Scharberg M. and Hill G. W, (2011), Understanding Academic Performance in Organic Chemistry. *J. Chem. Educ*, (Online) Vol. 88, No.9, Hal.1238–1242.
- Taber K. S. and Coll R. K., (2003), Bonding, Chemical education: Towards research-based practice, (Online) Springer, Hal 213–234.
- Tasker, R., & Dalton, R, (2006), Research into Practice: Visualisation of the Molecular World Using Animations, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 7, No. 2, Hal.141 – 159.
- Wheeldon J. P. and Faubert J. (2009). Framing Experience: Concept Maps, Mind maps, and Data Collection in Qualitative Research. *Int. J. Qual. Meth*, (Online) , Vol.8, No. 3, Hal. 52–67.
- Yin Y., Vanides J., Ruiz-Primo M. A., Ayala C. C. and Shavelson R. J. (2005), Comparison of Two Concept-Mapping Techniques: Implications for Scoring, Interpretation, and use. *J. Res. Sci. Teach*. (Online) Vol. 42, No.2, Hal.166–184.

PROSPEK TEKNIK CRI DALAM MENGIDENTIFIKASI MISKONSEPSI SISWA PADA MATERI BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL SERTA MODEL PEMBELAJARAN ADI UNTUK MEMPERBAIKINYA

Billy A.Kalay*^a, Subandi^a, Endang Budiasih^a

^aProgam Studi S2 Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang 65145

ABSTRAK

Salah satu materi kimia yang diajarkan pada siswa SMA adalah bentuk dan kepolaran molekul. Materi tersebut penting untuk dikuasai siswa karena konsep-konsep yang terkandung dalamnya merupakan konsep dasar ilmu kimia. Namun, banyak siswa mengalami miskonsepsi dalam memahaminya, seperti miskonsepsi dalam menjelaskan konsep kepolaran yaitu siswa tidak mampu menghubungkan kepolaran dengan konsep keelektronegatifan. Miskonsepsi pada materi dasar dapat menyebabkan masalah dalam memahami konsep-konsep lain yang berkaitan. Miskonsepsi juga dapat disebabkan oleh faktor lain yaitu situasi belajar mengajar di kelas, strategi pembelajaran yang digunakan guru, kesiapan siswa dan konsep-konsep kimia itu sendiri. Untuk itu, diperlukan suatu teknik yang peka dalam membedakan antara siswa yang memahami konsep, salah konsep, serta tidak memahami konsep, sehingga dapat ditentukan solusi perbaikannya. Salah satu teknik yang dapat digunakan adalah teknik *Certainty of Response Index (CRI)* yang dikembangkan oleh Hakim *et al* (1999). Kesalahan konsep yang telah teridentifikasi perlu dicari upaya perbaikannya agar dapat terjadi perubahan konsep dari konsep yang salah menuju konsep yang benar. Makalah ini bertujuan untuk membahas prospek model pembelajaran *Argument Driven Inquiry (ADI)* yaitu kombinasi argumentasi sains dan inkuiri sebagai salah satu upaya memperbaiki miskonsepsi siswa. Metode yang digunakan adalah studi literature, yakni penulis mengkaji berbagai literatur yang berkaitan dengan miskonsepsi, teknik CRI (*Certainty Respon Indeks*) serta model pembelajaran ADI. Model pembelajaran ADI adalah praktikum berdasarkan model dengan memasukan inkuiri dan eksplorasi dalam proses pembelajaran sains yang menyokong pentingnya argumentasi dalam sains. Model pembelajaran ADI memberikan siswa kesempatan untuk terlibat dalam sains dengan banyak aktivitas seperti inkuiri, argumentasi dan menulis. Selama argumentasi saintifik, siswa menghasilkan klaim dan mendukung klaim mereka dengan alasan dan bukti yang mereka kumpulkan selama investigasi, sehingga siswa dapat mengembangkan argumen saintifik yang lebih baik untuk mendukung penjelasan berkaitan dengan fenomena alam. Berdasarkan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran ADI mempunyai prospek untuk dapat mengurangi miskonsepsi dan menguatkan pemahaman konsep siswa.

Kata Kunci: Teknik CRI, model pembelajaran ADI, miskonsepsi serta konsep bentuk dan kepolaran molekul

ABSTRACT

One of chemistry subject which teaching to high school students are shape and polarity of molecules. This subject is important because as a essential matter in chemistry science, but many students have a problem and had misconception. Misconception occur because students had difficult to understanding concepts of chemical are related to chemistry reactions and calculating and the other matter which they never known at junior high school. Misconception causes problem to understanding another concept with related. Misconception caused by another factor i.e teaching and learning process, learning strategic, teacher, students and chemistry subject. Techniq of Certainty of Response Index (CRI) which developed by Hakim *et al* is a Techniq to identified misconception

students and can divided student between understanding concepts, misconception and not understanding. In identified process, teacher ask students to choose the right answer and put index certainty with reason. One of effort to solve misconception was identified is a Argumen Driven Inquiry (ADI) model ia a combine science argumentation and inquiry. ADI model have seven step, are: identified task or research question, produce data by observation and experiment, produce temporary argumen, argumentation sesi, write investigation report, peer review and revision of report based peer review. ADI model give chance to students engagement in learning activity as inquiry, argumentation and writing. During scientific argumentation student make a claim and support their claim with a reason and evidence which they collect during investigation. Based on discussion above, we can conclude as ADI model had a prospect to eliminate misconception of students and increase understanding concepts of students.

Keywords: Misconception, CRI Techniq, ADI Models and Shape and Polarity of Molecules.

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan disiplin ilmu yang bersifat dasar dan mempelajari suatu materi hingga tingkat molekular (Wu & Foos, 2010). Sukarna (2000) menjelaskan bahwa ciri ilmu kimia: (1) konsep, prinsip, aturan, hukum dan teorinya dipergunakan dengan metode ilmiah melalui pendekatan eksperimental, (2) sebagian besar ilmu kimia bersifat abstrak-mikroskopis, (3) meliputi pengukuran besaran dan kajian tentang hitungan kimia, (4) merupakan penyederhaan dari yang sebenarnya, dan (5) bahan kajiannya berurutan, dan berkembang sangat cepat diantaranya adalah bentuk dan kepolaran molekul.

Uzuntiryaki & Geban (2004) menemukan adanya kesulitan siswa dalam materi bentuk dan kepolaran molekul. Siswa seringkali memiliki pemahaman konsep yang salah dalam menjelaskan konsep kepolaran dimana siswa tidak menghubungkan kepolaran dengan konsep keelektronegatifan. Mochtar & Harizal (2012) mengungkapkan empat permasalahan utama siswa dalam memahami bentuk dan kepolaran molekul, yaitu fragmentasi pemahaman siswa, kesalahan interpretasi dengan simbol, kesalahan konteks bentuk dan kepolaran molekul, fokus siswa pada gambar bentuk-bentuk molekul tanpa memahami konsep yang disampaikan oleh guru serta masalah generalisasi. Kesalahan yang terjadi secara terus menerus dan bersifat konsisten disebut salah konsep (miskonsepsi) (Berg, 1991)

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa sekaligus membedakan antara siswa yang paham konsep, salah konsep, dan tidak paham konsep adalah teknik *Certainty of Response Index (CRI)* yang dikembangkan oleh Hasan *et al* (1999). Di dalam proses identifikasi, siswa diminta memilih jawaban yang tepat dan memberikan nilai tingkat keyakinannya/CRI dalam menjawab soal. Tingkat keyakinan tersebut diukur dengan menggunakan skala Likert antara 0 sampai 5.

Model pembelajaran inovatif yang dapat memperbaiki miskonsepsi siswa yaitu *Argument Driven Inquiry (ADI)*. Model pembelajaran ADI adalah kombinasi argumentasi sains dan inkuiri (Walker, Sampson, Grooms, Zimmerman, & Anderson, 2012; Walker, Sampson, & Zimmerman, 2011). Model pembelajaran ADI adalah praktikum berdasarkan model yang memasukan inkuiri dan eksplorasi dalam proses pembelajaran sains yang menyokong pentingnya argumentasi dalam sains (Osborne, Simon, Christodoulou, Howell- Richardson, & Richardson, 2012; Walker et al., 2012). Model ini memberikan pandangan luas dengan mengombinasikan argumentasi dalam praktikum (demonstrasi) berdasarkan pembelajaran (Walker & Sampson, 2013).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka tulisan ini bertujuan untuk menjelaskan metode CRI untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa pada materi bentuk dan kepolaran molekul serta pembelajaran ADI sebagai upaya memperbaiki miskonsepsi yang terjadi. Metode yang digunakan dalam tulisan ini adalah kajian literature. Untuk memperoleh penjelasan tentang metode CRI dan pembelajaran ADI, maka penulis mengaji berbagai artikel dan tulisan yang menjelaskan metode CRI dan pembelajaran ADI

1.1 Konsep dan Miskonsepsi

Menurut Rosser dalam Purba dan Depari (2008) konsep adalah suatu abstraksi yang mewakili suatu kelas, objek-objek, kejadian-kejadian, kegiatan-kegiatan, atau hubungan-hubungan, yang mempunyai atribut-atribut yang sama. Sementara menurut Istianti dan Kartika (2007) konsep merupakan pola abstrak yang dapat digunakan untuk dapat mengungkapkan berbagai faktor, gejala dan masalah yang sedang dipelajari atau sekumpulan pengertian yang disimpulkan dari kesimpulan data yang memiliki kesamaan ciri. Tayubi (2005) menjelaskan bahwa konsep merupakan abstraksi dari ciri-ciri sesuatu yang mempermudah komunikasi antara sesama manusia dan yang memungkinkan manusia berfikir. Jadi, konsep adalah sekumpulan materi yang digunakan untuk mengemukakan atau membuktikan suatu masalah melalui kegiatan, objek dan kejadian-kejadian.

Pemahaman setiap orang terhadap suatu konsep berbeda dan tafsiran seseorang terhadap suatu konsep disebut dengan konsepsi, namun tafsiran tersebut terkadang salah dan hal inilah yang disebut miskonsepsi (Van den Berg dalam Adisendjaja dan Romlah, 2007). Menurut Yuyu (dalam Rahayu, 2011) konsepsi yang dimiliki mahasiswa terkadang tidak sesuai dengan konsepsi yang dimiliki oleh para ilmuwan. Jika konsepsi yang dimiliki mahasiswa sama dengan konsepsi yang dimiliki para ilmuwan, maka konsepsi tersebut tidak dapat dikatakan salah. Namun jika konsepsi yang dimiliki mahasiswa tidak sesuai dengan konsepsi para ilmuwan, maka mahasiswa tersebut dikatakan mengalami miskonsepsi.

Miskonsepsi dapat diartikan sebagai perbedaan pemahaman antara apa yang dipahami siswa dengan yang dimaksudkan dalam buku acuan atau masyarakat ilmiah (ibnu, 1989). Menurut Suparno (2005;4) miskonsepsi menunjuk pada suatu konsep yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah atau pengertian yang diterima para pakar dalam bidang itu. Abraham et al, (1992) menggolongkan derajat pemahaman siswa menjadi enam kategori berdasarkan soal yang diberikan padanya yaitu :

1. Tidak ada respon, dengan kriteria tidak menjawab dan atau menjawab "saya tidak tahu".
2. Tidak memahami, dengan kriteria mengulang pertanyaan, menjawab tetapi tidak berhubungan dengan pertanyaan dan atau jawaban tidak jelas.
3. Miskonsepsi, dengan kriteria menjawab tetapi penjelasannya tidak benar atau tidak logis.
4. Memahami sebagian dan terjadi miskonsepsi, dengan kriteria jawaban menunjukkan ada konsep yang dikuasai, namun ada pernyataan yang menunjukkan miskonsepsi.
5. Memahami sebagian, dengan kriteria jawaban menunjukkan hanya sebagian konsep yang dipahami tanpa miskonsepsi.
6. Memahami konsep, dengan kriteria jawaban menunjukkan konsep dikuasai dengan benar.

Selanjutnya derajat pemahaman 1 dan 2 dikategorikan tidak memahami, 3 dan 4 termasuk miskonsepsi, 5 dan 6 termasuk memahami. Hal ini sesuai dengan pendapat Feldsine dan Fowler & Jaoude, (dalam Salirawati, 2010) bahwa miskonsepsi sebagai suatu kesalahan akibat hubungan tidak benar antara konsep atau hubungan hirarkhis konsep-konsep yang tidak benar.

1.2. Miskonsepsi dalam pembelajaran bentuk dan kepolaran molekul

Bentuk molekul merupakan bentuk tiga dimensi dari suatu molekul yang dinyatakan oleh jumlah ikatan dan besar sudut-sudut ikatan disekitar atom pusat (Effendy, 2006). Secara teoritis, bentuk molekul senyawa kovalen dapat dijelaskan berdasarkan tiga teori, yaitu teori tolakan pasangan elektron kulit valensi atom pusat yang dikenal sebagai VSEPR (Valence Shell Electron Pairs Repulsion), teori orbital molekul dan teori hibridisasi.

Dalam meramalkan bentuk dan kepolaran molekul ada tahap-tahap yang melibatkan pengetahuan prasyarat sebelum yang harus dikuasai siswa. Pengetahuan prasyarat tersebut antara lain konsep-konsep tentang sistem periodik unsur, konfigurasi elektron, rumus molekul, dan struktur lewis. Selanjutnya pengetahuan tentang bentuk molekul adalah penting untuk menentukan kepolaran molekul, sedangkan kepolaran molekul adalah penting untuk meramalkan jenis gaya antar molekul yang terjadi antara molekul-molekul. Berdasarkan gaya antar molekul

Stevens 2010 (dalam Wang, 2013) mengatakan bahwa perkembangan belajar siswa dapat lebih maju apabila siswa membangun ide yang lebih kompleks, menggabungkan ide-ide dan menghubungkan dengan topik lainnya yang saling terkait. Siswa umumnya tidak memiliki pemahaman yang memadai. Unal et al, (2010) menemukan bahwa siswa memiliki kesalahpahaman tentang, atom, ikatan kimia, pembentukan ikatan kimia, struktur Lewis dan jenis ikatan kimia. Furio

dan Catalayud, (1996) menyatakan kesalahan siswa dalam memecahkan masalah geometri dan polaritas molekul disebabkan kesalahan prosedural, atau mereka menggunakan penjelasan yang masuk akal tanpa mempertimbangkan pengetahuan ilmiah.

Mochtar & Harizal (2012) mengungkapkan empat permasalahan utama siswa dalam memahami bentuk dan kepolaran molekul. Permasalahan pertama berhubungan dengan fragmentasi pemahaman siswa, yaitu suatu pemecahan yang terjadi karena siswa melupakan konsep lain yang berhubungan dengan konsep yang sedang dipelajarinya. Dalam mempelajari konsep bentuk dan kepolaran molekul, siswa yang mengalami fragmentasi pemahaman tidak mampu mengkaitkan konsep bentuk dan kepolaran molekul dengan konsep lain yang masih berhubungan, seperti ikatan kimia, teori hibridisasi, gaya antar molekul dan teori domain elektron. Sebagai contoh bentuk molekul H_2O yang berbentuk linear. Hal ini mengindikasikan bahwa siswa tidak memahami konsep teori hibridisasi.

Permasalahan kedua berkaitan dengan simbol. Siswa sering membuat kesalahan dalam interpretasi simbol (bentuk molekul) dan penarikan kesimpulan. Siswa terkadang tidak memahami simbol (bentuk molekul) CH_4 yang telah dipelajari pada materi sebelumnya seperti ikatan kimia.

Permasalahan ketiga berkaitan dengan konteks bentuk dan kepolaran molekul. Siswa sering mengabaikan konsep dari permasalahan yang disajikan guru. Siswa hanya fokus pada gambar bentuk-bentuk molekul tanpa memahami konsep yang disampaikan oleh guru. Contoh permasalahan senyawa CH_4 merupakan senyawa polar. Hal ini karena pada konsep ikatan kimia senyawa CH_4 terbentuk karena adanya ikatan kovalen polar antara atom C dan atom H. Siswa tidak melihat harga dari momen dipol dari senyawa CH_4 ($\mu = 0$). Kesalahan konsep dapat terjadi karena siswa tidak memahami konsep kepolaran molekul dengan benar.

Permasalahan keempat berhubungan dengan generalisasi masalah. Siswa cenderung terjebak pada generalisasi yang mereka ciptakan ketika belajar konsep bentuk dan kepolaran molekul. Siswa menggeneralisasi masalah tanpa memahami teori yang ada di baliknya. Contohnya siswa memahami bahwa bentuk molekul H_2O yaitu linear bukan huruf V, sedangkan senyawa CH_4 merupakan senyawa polar.

Peterson dan Treagust (1989) dalam penelitiannya tentang kesalahan konsep ikatan kovalen dan struktur Lewis menemukan bahwa 78% siswa mengalami kesulitan dalam memahami teori VSEPR. Siswa mengalami 3 kesalahan konsep dalam teori bentuk molekul, yaitu kesalahan konsep pada menentukan pasangan elektron bebas, pasangan elektron ikatan dan kepolaran ikatan. Dalam penelitian Field (1989) tentang kesulitan siswa dalam mengkonstruksi bentuk molekul 3 dimensi dari struktur lewis 2 dimensi. Siswa tidak memahami hal-hal yang mempengaruhi bentuk molekul dan pentingnya bentuk molekul tersebut. Siswa dapat mengidentifikasi pasangan elektron bebas sebagai faktor numerik yang dihitung dari atom pusat untuk menentukan bentuk molekul yang tepat.

1.3. *Certainty of Response Index (CRI)*

Certainty of Response Index (CRI) merupakan suatu teknik yang dikembangkan oleh Hasan et al (1999) untuk mengidentifikasi siswa yang salah konsep sekaligus untuk membedakannya dengan siswa yang paham konsep dan tidak paham konsep. Teknik ini mencerminkan ukuran tingkat keyakinan/kepastian siswa dalam menjawab setiap pertanyaan yang diberikan. Dalam menjawab soal, siswa diminta untuk memilih jawaban yang tepat dari pilihan yang telah disediakan dan memberikan nilai tingkat kepastian dalam memberikan jawaban tersebut. Kepastian jawaban siswa/ CRI dinyatakan dalam skala Likert yaitu 0 (semata-mata terka), 1 (hampir diterka), 2 (tidak yakin), 3 (yakin), 4 (hampir pasti) dan 5 (pasti). Pengambilan keputusan menurut Hasan et al (1999) didasarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks Pengambilan Keputusan

Jawaban	CRI Rendah (< 2,5)	CRI Tinggi (> 2,5)
Benar	Tidak paham konsep (kebenaran pemilihan jawaban dikarenakan faktor keberuntungan)	Menguasai konsep dengan baik
Salah	Tidak paham konsep	Salah konsep

Kelemahan teknik ini adalah bagi siswa yang dapat menjawab soal dengan benar namun tidak yakin dengan jawabannya akan tergolong ke dalam siswa yang tidak paham konsep. Kebenaran pilihan jawaban yang diberikan akan dianggap sebagai hasil terkaan saja. Oleh karena itu, Hakim et al (2012)

mengembangkan teknik CRI termodifikasi. Di jawaban soal, selain diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dan memberikan nilai CRI, siswa juga diminta memberikan alasan dalam memilih jawaban. Alasan yang benar meskipun tidak diyakini siswa dikategorikan sebagai paham konsep. Kategori pemahaman siswa dijelaskan Hasan et al (2012) dalam Tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan CRI untuk Masing-Masing Jawaban

Jawaban	Alasan	Nilai CRI	Kategori
Benar	Benar	> 2,5	Paham konsep dengan baik
Benar	Benar	< 2,5	Paham konsep namun tidak percaya diri dengan jawaban yang berikan
Benar	Salah	> 2,5	Salah konsep
Benar	Salah	< 2,5	Tidak paham konsep
Salah	Benar	> 2,5	Salah konsep
Salah	Benar	< 2,5	Tidak paham konsep
Salah	Salah	> 2,5	Salah konsep
Salah	Salah	< 2,5	Tidak paham konsep

1.4. Model Pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI)

Model pembelajaran ADI mulai dikembangkan terhadap mahasiswa pada tahun 2009 (Walker et al., 2012). Model ini adalah model yang didasarkan pada praktikum dengan memasukan inkuiri dan eksplorasi serta menambahkan argumentasi dalam pendidikan sains (Osborne et al., 2012; Walker et al., 2012). Model ini memberikan pandangan luas dengan mengombinasikan argumentasi dan praktikum dalam pembelajaran (Walker & Sampson, 2013). Model pembelajaran ADI bersumber dari teori konstruktivis social karena ADI meningkatkan berpikir kritis dan keterampilan penalaran melalui inkuiri berdasarkan aktivitas praktikum dengan kolaborasi kelompok (Walker & Sampson, 2013). Kolaborasi teman sebaya adalah ide model pembelajaran ADI. Ketika siswa menyelesaikan masalah secara bersama, terjadi interaksi social yang dapat menuntun belajar dan merupakan akar teori konstruksi sosial. Model pembelajaran ADI juga mendorong siswa untuk mengemukakan metode saintifik yang harus diikuti selama penyelidikan yang dengan tujuan menjawab pertanyaan penelitian melalui proses belajar konsep saintifik dengan inkuiri, argumentasi dan menulis sains dan melibatkan tinjauan teman sebaya (Sampson, Grooms, & Walker, 2010; Sampson & Gleim, 2009). Sebagai bagian dari model ini, guru dapat membantu siswa dengan menyediakan lingkungan belajar yang lebih edukatif dan bermanfaat untuk siswa karena struktur model disajikan sebagai petunjuk oleh guru (Sampson et al., 2013).

Sampson, Grooms, & Walker (2009) serta Walker, Sampson, & Zimmerman (2011) menjelaskan proses ADI yang terdiri dari tujuh langkah berikut:

Tahap I: Identifikasi tugas atau pertanyaan penelitian

Tahap ini didesain untuk memperkenalkan topik dan menarik perhatian siswa (Walker et al., 2012). Siswa diberikan lembar kerja, yang berisi informasi tentang topik dan pertanyaan penelitian untuk dijawab dengan menggunakan materi yang diberikan dalam lembar kerja selama penyelidikan praktikum. Lembar kerja juga termasuk daftar bahan yang akan digunakan selama penyelidikan dan beberapa petunjuk atau rekomendasi untuk membantu siswa memulai penyelidikan (Sampson et al., 2011). Siswa diminta untuk mengajukan metode penyelidikan yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian. Pada bagian ini, siswa diharapkan mengemukakan pendapat tentang solusi dari pertanyaan penelitian dan mereka diminta untuk mengusulkan metode praktikum.

Tahap II: Menghasilkan data melalui observasi dan eksperimen sistematis

Pada tahap ini, siswa bekerja dalam kelompok untuk membangun metode guna memperoleh jawaban terhadap pertanyaan penelitian (Walker et al., 2011; Walker & Sampson, 2013). Siswa diberi kesempatan untuk belajar mendesain penyelidikan dan bagaimana menggunakan alat-alat yang disediakan dan mengumpulkan data melalui kerja empiris. Agar jelas, guru memberikan pertanyaan penelitian dan siswa diharapkan mendesain metode untuk menguji pertanyaan dan memperoleh penjelasan. Pada dasarnya, penyelidikan ini merujuk pada "inkuri terbimbing". Selanjutnya, tahap ini memberikan pengalaman pertama pada siswa yang tidak pernah membangun metode mereka sendiri untuk menjawab pertanyaan penelitian (Walker, 2011). Tahap III: Menghasilkan argumen sementara

Pada tahap ini, siswa mengonstruksi argumen sebagai solusi terhadap pertanyaan penelitian termasuk menjelaskan bukti-bukti dan alasan yang mendukung klaim berdasarkan data hasil observasi. Siswa perlu memahami dan mengikuti cara saintis menggunakan teori-teori dan model untuk mendesain penyelidikan baru dengan tujuan menginterpretasikan data empiris dan mendukung klaim mereka dengan alasan dan bukti yang tepat. Langkah ini berfokus pada pentingnya argumentasi dalam konteks sains (Walker, 2011; Walker et al., 2011, 2012; Walker & Sampson, 2013). Selanjutnya, siswa diberi kesempatan untuk menyampaikan ide, bukti dan alasan rasional yang jelas kepada siswa yang lain. Kemudian, mereka dapat saling mengevaluasi penjelasan, klaim dan data untuk memutuskan alternatif mana yang lebih dapat diterima atau mana yang tidak akurat berkaitan dengan pengumpulan data dalam tahap berikutnya dalam model pembelajaran (Walker, 2011).

Tahap IV: Sesi argumentasi

Pada tahap ini, siswa diberikan kesempatan untuk mengevaluasi penjelasan, klaim dan data dari kelompok lain untuk memutuskan mana yang lebih dapat diterima. Masing-masing kelompok menyampaikan jawaban mereka, di lain pihak siswa menjustifikasi klaim mereka sendiri; di lain pihak mereka menolak beberapa elemen argumen yang diklaim oleh kelompok lain yang menurut mereka tidak tepat. Penyisipan sesi argumentasi dalam model pembelajaran ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar bagaimana menginterpretasi teori dan hukum saintifik untuk mencocokkan dengan data dan menghilangkan data yang tidak tepat serta tidak konsisten dengan data yang tersedia. Siswa juga mendapat kesempatan untuk mengubah atau meningkatkan ide atau metode pertama mereka. Ini juga memberikan guru kesempatan untuk memperhatikan ide-ide siswa dan mendorong mereka berpikir tentang sesuatu yang mungkin dapat dihilangkan (Walker, 2011).

Tahap V: Menulis laporan investigasi

Tujuan laporan adalah untuk memahami tujuan penyelidikan dan belajar menulisnya dalam sains. Menurut Wallace et al. (2004), proses menulis mendorong metakognisi dan meningkatkan pemahaman siswa tentang konten dan pengembangan pemahaman konseptual dalam inkuiri saintifik. Laporan penyelidikan yang ditulis dalam formal ADI berbeda dengan laporan praktikum tradisional dalam banyak cara. Dalam model pembelajaran ADI, siswa mengajukan klaim dan didukung dengan bukti serta alasan. Dengan tujuan untuk mendukung belajar siswa untuk menulis sains, laporan ADI terdiri dari enam bagian dengan enam pertanyaan penting: (1) Metode manakah yang kamu ikuti selama penyelidikan? (2) Apa yang kamu observasi dan apa datanya? (3) Apa klaim kamu? (4) apa bukti yang mendukung klaim kamu? (5) apa alasan untuk membuktikan klaim kamu? (6) Ide manakah yang berubah?

Tahap VI: Tinjauan (review) teman sebaya

Tahap ini bertujuan untuk memastikan kualitas laporan. Setelah siswa melengkapi laporan investigasi mereka, guru secara random membagikan laporan kelompok ke kelompok lain. Dengan tujuan melibatkan dalam proses evaluasi dimasukkan dalam model, siswa menilai laporan kelompok lainnya dengan lembar review teman sebaya sebagai bagian dari review teman sebaya. Masing-masing kelompok review melaporkan dan kemudian mengevaluasi, apakah laporan perlu direvisi dengan memperhatikan pertanyaan pada lembar review sebaya. Lembar review sebaya berisi sederetan kriteria untuk mengevaluasi kualitas laporan praktikum kelompok lain dan disusun dalam tiga pertanyaan utama: (1) Apakah kelompok memberikan klaim yang tepat didasarkan pada pertanyaan penelitian? (2) Apakah kelompok memberikan alasan yang tepat untuk mendukung klaim mereka? (3) Apakah kelompok memberikan alasan tepat untuk mendukung bukti mereka? Masing-masing kelompok mereview laporan kelompok lainnya dan kemudian memutuskan apakah laporan valid atau harus direvisi berdasarkan daftar kriteria penilaian. Agar jelas, tahap ini melibatkan umpan balik edukatif untuk siswa. Siswa diminta untuk membaca, memahami dan mengevaluasi kualitas tulisan sains. Untuk memenuhi harapan ini, siswa perlu belajar bagaimana mengevaluasi kualitas argumen sains. Ketika mereka berhasil, mereka dapat mengembangkan keterampilan metakognisi selama proses ini. Sehingga, mereka dapat memutuskan validitas maupun menerima klaim atau bukti sebagai bagian dari penyelidikan ketika mengkritik setiap tulisan teman.

Tahap VII: Revisi laporan berdasarkan review teman sebaya

Tahap ketujuh atau tahap akhir pada model ini adalah modifikasi laporan penyelidikan dengan memperhatikan hasil review teman sebaya (Walker, 2012). Pada tahap ini, semua siswa diberikan kesempatan untuk menuliskan laporan mereka dengan cara berbeda berdasarkan kritik dari kelompok lain (Walker, 2011, 2012). Laporan investigasi yang belum tepat akan direvisi berdasarkan saran dan umpan balik teman sekelas. Tujuan utama langkah ini adalah memberikan siswa kesempatan untuk memperbaiki tulisan mereka, bernalar dan membangun pemahaman yang lebih baik dalam sains dengan melibatkan proses menulis dalam konteks sains (Walker, 2011).

1.5. Penelitian Sebelumnya tentang ADI

Penelitian Sampson, Grooms dan Walker (2010), menunjukkan bahwa kemampuan siswa untuk ikut serta dalam argumentasi saintifik meningkat selama intervensi pembelajaran serta siswa memiliki disiplin yang lebih baik dan semua kelompok mampu menghasilkan tulisan argumen yang lebih berkualitas tinggi. Penelitian Enderle, Groom, dan Sampson (2013) menunjukkan bahwa siswa yang berpartisipasi dalam praktikum ADI yang mencapai kemampuan tulisan saintifik yang signifikan dan pemahaman mereka tentang dasar pengetahuan saintifik berkembang dan meningkatkan keahlian sains siswa dan berkontribusi dalam penelitian pemahaman belajar dalam berpikir kritis.

Sampson dan Walker (2012) menyimpulkan keterampilan menulis sains siswa meningkat selama kuliah serta siswa mampu mengevaluasi kualitas tulisan teman sebaya mereka dengan ketepatan yang tinggi. Hasil penelitian Walker (2011) mengindikasikan bahwa terjadi perkembangan yang signifikan untuk “penilaian berdasarkan kinerja”, “argumen tertulis” dan “argumentasi oral”. Penelitian Walker, Sampson, Grooms, Anderson, dan Zimmerman (2012) menunjukkan bahwa terjadi kemajuan dalam kemampuan penggunaan bukti dan penalaran. Sampson, Enderle, Grooms, dan Witte (2013) menemukan bahwa keterampilan menulis argumentatif siswa, khusus sains dan pemahaman mereka tentang konsep dasar dalam sains berkembang selama perkuliahan. Siswa yang berpartisipasi lebih pada aktivitas ADI dalam pembelajaran menunjukkan perkembangan yang lebih besar dan lebih konsisten dalam tulisan mereka.

KESIMPULAN

Miskonsepsi siswa dapat diidentifikasi menggunakan metode CRI kemudian miskonsepsi tersebut dapat diperbaiki dengan pembelajaran ADI. Model pembelajaran ADI memberikan siswa kesempatan untuk terlibat dalam sains dengan banyak aktivitas seperti inkuiri, argumentasi dan menulis. Sebagai contoh, keterlibatan dalam inkuiri, siswa melakukan eksperimen, membuat observasi, menggambar grafik dan lain-lain serta mengumpulkan data dengan tujuan menjelaskan fenomena alam. Hal lainnya, selama argumentasi saintifik, siswa menghasilkan klaim dan mendukung klaim mereka dengan alasan dan bukti yang mereka kumpulkan selama investigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnea, N., Dori, Y.J. & Hofstein, A. 2010. Development and Implementation of Inquiry Based and Computerized-Based Laboratories: *Reforming High School Chemistry in Israel. Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 2018-22.
- Berg, V.D. 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi. Sebuah Pengantar berdasarkan lokakarya di Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga*, 7 – 10 Agustus 1990. Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana.
- Dahar, R.W. 2011. *Teori-teori Belajar & pembelajaran (Y. S. Haryati, Ed)*. Jakarta : Erlangga
- Dhindsa, H.S. & Treagust, D.F. 2009. *Conceptual Understanding of Bruneian Tertiary Students: Chemical Bonding and Structure*. Brunei International Journal of Science & Math Education, 1(1): 33-51.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*. Science Education, 84, 287-312.
- Duschl, R. 2008. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual. *Epistemic, and Social Learning Goals, Review of Research in Education* (32), 268-291.
- Effendy. 2006. *A-Level Chemistry for Senior High School Student. Vol 1B.* Malang. Bayumedia.
- Effendy, 2008. *Teori VSEPR (Kepolaran dan Gaya Antarmolekul) Edisi 3.* Malang Bayumedia.

- Furio, C., & Catalayud, L. M. 1996. *DIFFICULTIES With the Geomentry and Polarity of Molecules*. Journal of Chemical Education. 73(1) 36-41.
- Hakim, A., Liliyasi, & Kadarohman, A. 2012. Student Concept Understanding of Natural Products Chemistry in Primary and Secodary Metabolites Using the Data Collecting Technique of Modified CRI. *International Online Journal of Educational Sciences*. 4(3) : 544-553.
- Hall, J.F. 1989. *Learning and Memory*. Boston-London-Sydney-Toronto. Allyn and Bacon.
- Hasancebi, F. 2012. Overview of Obstacles in the Implementation of the Argumentation Based Science Inquiry Approach and Pedagogical Suggestions. *Mevlana International Journal of Education* 2 (3), 79- 94.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E.L. 1999. *Misconceptions and the Certainty Response Index (CRI)*. Physics Education, 34(5) : 294-299.
- Keys, C., et al. 1999. Using the Science Writing Heuristic as a Tool for Learningfrom Laboratory Investigations in Secondary Science. *Journal of Research in Science Teaching* 36 (10), 1065-1084.
- Kirkwood, V & Symington, D.1996. Lecturer Perception of Student Difficulties in a First Year Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 73(4), 339-343.
- Mayer, R.E. 1999. Designing Instructionfor Constructivist Learning. Dalam Charles M. Reigeluth (Ed), *Instruction-Design Theories ang Medels (Volume II) A New Paradigm of Instruuctional Theory*. Mahwah, NJ : Lawrenec Erlbaum Associates.
- Nakhleh, M.B. 1992. "Why Some Student Don't Learn Chemistry (Chemical Misconceptions)". *International Journal of Chemical Education*, 69 : 191.
- Osborne, J. 2010. Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *American Association for the Advancement of Science*. 1200 New York Avenue, Washington, DC 2005.
- Oxotoby, G. & Nachtrieb. 1999. *Principles of Modern Chemistry, Fourth Edition*. Florida: Sauders College Publishing.
- Pranata, M. 2006. *Pengaruh Desain Pesan Multimedia dan Tipe Literasi terhadap Kemampuan Retensi dan Trasnfer*. Disertasi tidak dipublikasikan. Malang : PPs UM.
- Posner. G.J., Strike. K.A., Hewson. P.W., Gertzog. W.A. 1982. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2):211-227.
- Rose, C. 2007. *Super Acceelerated Learning : Revolusi Belajar Cepat Abad 21*. Bandung : Jabal.
- Sampson, V., & Clark, D. (2008). *Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions*. *Science Education*, 92(3), 447-472.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). *Argument-Driven Inquiry to promote learning during laboratory activities*. *The Science Teacher*, 76(7), 42-47.
- Sampson, V. (2009, April). *The impact of Argument- Driven Inquiry on three scientific practices*. Paper presented at Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Garden Grove, CA.
- Sampson, V., & Gleim, L. (2009). *Argument-driven inquiry to promote the understanding of important concepts & practices in biology*. *The American Biology Teacher*, 71(8), 465-472.
- Sampson, V., Walker, J., Dial, K., & Swanson, J. (2010, March). *Learning to write in undergraduate chemistry: The impact of argument-driven inquiry*. Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, PA.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). *Argument- driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study*. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). *Argument-Driven Inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry*. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443-1485.

- Sihaloho, M. 2008. Analisis Pemahaman Konsep Pergeseran Kesetimbangan pada Tingkat Makroskopik dan Submikroskopis Siswa di SMA Negeri Gorontalo. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan* 5
- Smasal, G. 2005. Promoting Science Literasi Through Inquiry. *Iowa Science Teachers Journal*, 33(1), 12-18
- Sukarna, I. 2000. *Karakteristik Ilmu Kimia dan Keterkaitannya dengan Pembelajaran di Tingkat SMU*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional FMIPA UNY dan JCA-IMSTEP, Yogyakarta, 17 Oktober.
- Suparno, P. 2005. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Pendidikan Fisika*. Jakarta. Grasindo
- Suwolo, T.R. 2005. *Identifikasi Kesalahan Konsep Ikatan Kovalen pada Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Gorontalo dan Upaya Memperbaikinya dengan Menggunakan Model Molekul*. Tesis tidak diterbitkan Malang: PPS UM.
- Tayubi, Y.R. 2005. *Identifikasi Miskonsepsi pada Konsep-konsep Fisika menggunakan Certainty of Response Index (CRI)*. *Mimbar Pendidikan*, 24(4) : 4-9.
- Unal, S., Costu, B., & Ayas, A. 2010. Secondary School Students' Misconception of Covalent Bonding. *Journal of Turkish Science Education*. 7(2), 3-29.
- Uzuntiryaki, E. & Geban, O. 2004. *Effectiveness of Instruction Based on Constructivist Approach on Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts*. *Science Education International*, 15(3): 185-200.
- Wang, C., & Barrow, L. H. 2013. Exploring Conceptual Framework of Models of Atomic Structures and Periodic Variations, Chemical Bonding, and Molecular Shape and Polarity; A Comparison of Undergraduate General Chemistry Student with High and Low Levels of Content Knowledge. *Journal Chemistry Education Research and Practice*. 14 : 130 – 146.
- Wenning, C., J. 2011. Scientific Inquiry in Introductory Physics Courses. *Journal of Physics Teacher Education Online* 6 (2), 2-8.
- Winkel, W.S. 2009. *Psikologi Pengajaran*. Yogyakarta : Sambilegi.
- Wirth, K.R. & Perkins, D. 2008. Learning to Learn, (Online), (<http://www.macalester.edu/geology/wirth/CourseMaterials.html>), diakses tanggal 22 April 2015).
- Wu, C. & Foos, J. 2010. Making Chemistry Fun to Learn. *Literacy Information and Computer Education Journal (LICEJ)*, 1 (1):3-7
- Walker, J., Sampson, V., & Zimmerman, C. (in review). Argument-Driven Inquiry: An introduction to a new instructional model and how it can be used in undergraduate chemistry labs. *Journal of Chemical Education*.
- Zahari, F. 2010. *Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle Terhadap Kualitas Proses, Hasil Belajar, dan Retensi Hasil Belajar Siswa pada Materi Pokok Asam Basa Kelas XI IPA SMAN 1 Indrapuri Aceh Besar*. Tesis tidak diterbitkan. Malang : PPs UM.

IDENTIFIKASI KESALAHAN KONSEP PADA MATERI REDOKS KELAS X DI SMA

Noni Asmarisa, ^{*}a, Endang Budiasih ^a, Suharti ^a

^aJurusan Kimia, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang 65145

* Corresponding author's email: noni.asmarisa@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan konsep yang dialami siswa pada konsep reaksi redoks kelas X. Rancangan penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan melibatkan satu kelompok subjek untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan kesalahan konsep pada siswa kelas XI SMA Negeri 3 Blitar pada materi redoks. Instrument tes terdiri dari 9 soal *two tier*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesalahan konsep reaksi redoks paling banyak terjadi adalah pada konsep bilangan oksidasi, pengklasifikasian reaksi, serta penentuan oksidator dan reduktor.

Kata kunci: kesalahan konsep, redoks, tes diagnostic

ABSTRACT

The objectives of this was to identify misconceptions experienced students in class X redox reactions concept. This research is descriptive quantitative research involving one group of subjects to identify and describe the misconceptions in class XI SMA Negeri 3 Blitar on redox reactions concept. Instrument test consists of 9 about two-tier multiple choice. Result from research shows that misconceptions redox reaction is most common on the concept of oxidation, the classification of the reaction, as well as the determination of oxidizing and reducing agents.

Keywords: misconceptions, redox reaction, diagnostic test

PENDAHULUAN

Kimia adalah salah satu ilmu pengetahuan yang sangat penting karena sangat berkaitan dengan fenomena alam dan apa yang terjadi di lingkungan sekitar kita (Mc Murry dan Fay (2003:2)). Kean dan Middlecamp (1985:5) mengemukakan bahwa ilmu kimia merupakan cabang sains yang mempunyai tingkat kesulitan cukup tinggi yang disebabkan oleh karakteristik ilmu kimia itu sendiri, yaitu (1) sebagian besar konsep-konsep kimia bersifat abstrak, (2) konsep-konsep kimia merupakan penyederhanaan dari yang sebenarnya, (3) konsep dalam ilmu kimia saling berkaitan dan urutannya berjenjang, (4) konsep yang dipelajari tidak hanya memecahkan soal, dan (5) bahan/materi yang dipelajari dalam ilmu kimia sangat banyak. Salah satu materi dasar ilmu kimia adalah reaksi oksidasi dan reduksi. Jong O.D. et. al (1995) menyatakan dalam artikelnya bahwa dalam masalah topik redoks yang dihadapi siswa dalam belajar adalah mengenai konsep yang abstrak, seperti pengklasifikasian reaksi. Sunyono, dkk (2009:1) juga menyatakan bahwa materi pelajaran kimia banyak berisi konsep yang cukup sulit dipahami peserta didik, karena menyangkut reaksi kimia, simbolik, serta konsepnya yang bersifat abstrak dan dianggap peserta didik merupakan materi yang relative baru. Konsep yang abstrak dan simbolik menyebabkan siswa mengalami kesulitan. Kesulitan yang dibiarkan terus-menerus akan menyebabkan kesalahan konsep.

Kesalahan konsep dapat didefinisikan melalui kekonsistenan kesalahan dalam menjawab soal pada konsep yang sama (Berg, dalam Effendy, 2002). Munajam (2016:67) menyebutkan bahwa peserta didik banyak mengalami kesalahan konsep pada konsep bilangan oksidasi, oksidator, dan

reduktor. Hasil penelitian yang telah dilakukan Sidauruk (2003) menunjukkan bahwa 158 peserta didik di SMU Palangkaraya diketahui bahwa 73,4% peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menentukan jenis reaksi redoks dalam suatu persamaan reaksi, reaksi oksidasi (70,3%), reaksi reduksi dan oksidasi (76,6%), siswa kesulitan menghitung bilangan oksidasi berkaitan dengan operasi matematika (kesulitan terbesar adalah menghitung bilangan oksidasi senyawa poliatomik 42 %, menganalisis oksidator, karena bilangan oksidasi naik dan reduktor karena bilangan oksidasi turun. Identifikasi kesalahan konsep dapat dilakukan dengan menggunakan tes tes diagnostik yang berfungsi untuk memberikan tindak lanjut pada kelemahan tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan penelitian deskriptif kuantitatif. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI MIA 5 dengan jumlah sebanyak 37 siswa. Instrument tes terdiri dari 10 soal *two tier* yang sesuai dengan indikator soal yang diadopsi dari Langitasari (2014) dan .Hastuti(2014), dan melalui uji coba diperoleh nilai validitas dan realibilitas sebesar 0,51 dan 0,888. Sebaran materi konsep reaksi redoks yang diteliti tertulis pada Tabel 1.

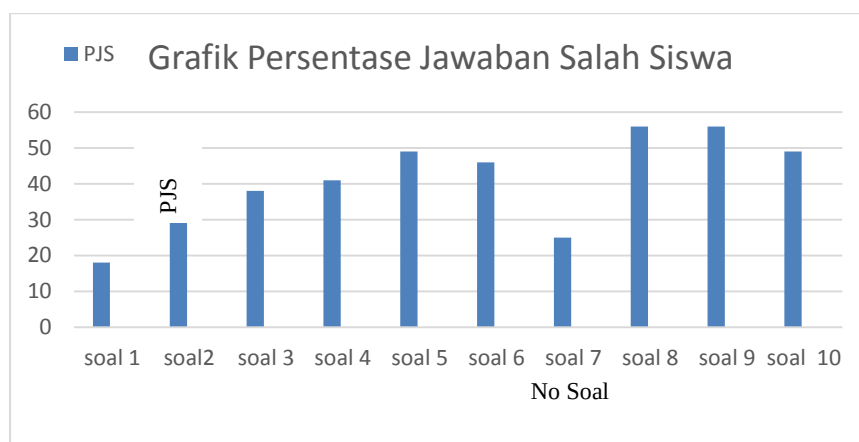
Tabel 1 Distribusi Konsep pada Instrument Tes Reaksi Redoks

Konsep reaksi redoks	No soal
Proses transfer electron	2,10
Identifikasi reaksi (penggabungan dan pelepasan oksigen)	8,9
Bilangan oksidasi	3,4,5,6
Identifikasi agen pereduksi dan oksidasi	1,7

Sepuluh item soal yang digunakan mencakup konsep reaksi redoks yaitu proses transfer electron, identifikasi reaksi dan bilangan oksidasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh Persentase Jawaban Salah (PJS) yang menunjukkan jumlah siswa yang menjawab salah pada setiap konsep yang diteliti. Gambar 1 menggambarkan PJS pada materi reaksi redoks yang diteliti.



Gambar 1 Grafik Persentase Jawaban Salah Siswa

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat bahwa ada 2 soal yang memiliki nilai PJS lebih dari 50% yaitu soal nomor 8 dan 9 yang mengukur konsep penggabungan dan pelepasan oksigen..

Peterson *et al* (1986) menunjukkan jika jawaban siswa untuk dianggap benar apabila kedua pilihan konten yang benar dan alasan benar. Adapun koninasi respon benar salah dapat menyediakan miskonsepsi siswa dari konsep dan proporsi tertentu yang diujikan dalam suatu butir soal. Terdapat perbedaan penerapan kriteria kesalahan konsep yang signifikan antara peneliti yang satu dengan yang lain. Kriteria kesalahan konsep yang dialami siswa ditentukan berdasarkan konsistensi jawaban salah pada soal-soal dengan konsep yang sejenis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Berg(1991) yang menyatakan bahwa kesalahan konsep dapat diketahui melalui kekonsistenan kesalahan dalam menjawab soal pada konsep yang sama. Adapun kesalahan konsep yang dialami siswa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kesalahan Konsep yang Dialami Siswa

No	Konsep Reaksi Redoks	No soal	Kesalahan konsep	Persentase (%)
1.	Proses transfer electron	2,10	reaksi redoks dianggap 2 reaksi yang terpisah	21,62
2.	Penggabungan dan pelepas oksigen	8,9	reaksi yang melibatkan oksigen pada reaktan adalah redoks.	27,02
3.	Bilangan oksidasi	5,6	bilangan oksidasi menunjukkan banyaknya electron yang dilepas atau diterima dalam pembentukan suatu senyawa kovalen, yang terbentuk tidak dengan serah terima electron	48,64
		3,4	muatan yang dimiliki ion poliatomik merupakan bilangan oksidasi dari ion tersebut	40,54

Berdasarkan Tabel 2 maka terlihat kesalahan yang paling dominan terletak pada konsep bilangan oksidasi.. Hal ini disebabkan siswa kurang memahami istilah kaidah-kaidah yang terkait dengan aturan bilangan oksidasi dan kurang memahami kaitannya dengan serah terima elektron. Dapat disimpulkan yang paling banyak mengalami kesalahan konsep adalah konsep bilangan oksidasi.

KESIMPULAN

Kesalahan konsep yang sering dialami siswa pada materi reaksi redoks sebagai berikut : reaksi redoks dianggap 2 reaksi yang terpisah, reaksi yang melibatkan oksigen pada reaktan adalah redoks, muatan yang dimiliki ion poliatomik merupakan bilangan oksidasi dari ion tersebut, dan bilangan oksidasi menunjukkan banyaknya electron yang dilepas atau diterima dalam pembentukan suatu senyawa kovalen, yang terbentuk tidak dengan serah terima electron. Dapat disimpulkan yang paling banyak mengalami kesalahan konsep adalah konsep bilangan oksidasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg, Van Den e. 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi*. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Effendy. (2002). Upaya untuk mengatasi kesalahan konsep dalam pengajaran kimia dengan menggunakan strategi konflik kognitif. *Media Komunikasi Kimia*, 6(2), 1-22.

- Kean, B., & Middlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Terjemahan oleh Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta : Gramedia
- Hastuti, W.J. 2014. *Prevensi dan Reduksi Miskonsepsi Siswa pada Konsep Reaksi Redoks Melalui Gabungan Sekuensial Model Inquiry dan ECIRR*. Tesis tidak diterbitkan. Surabaya. Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya
- Lungitasari, I. 2014. *Pengaruh Model Dinamik dan Statik pada Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Pemahaman Makroskopik, Simbolik dan Mikroskopik Siswa Kelas X pada Materi Larutan Elektrolit dan Reaksi Redoks*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Mc. Murry & Fay. 2003. *Chemistry : Fourt Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies
- Munajam. 2012. *Analisis Miskonsepsi Peserta Didik pada Konsep Redoks Study Deskriptif di Madrasah Aliyah Negeri Cirebon*, Cirebon: PPS UPI
- Onno de jong, et.al. 1995. *Problem in Teaching the Topic of Redox Reactions: Action and Conception of Chemistry Teachers*. Journal of Research In Science Teaching, Vol. 32, No. 10. PP. 1097-1110
- Peterson, R., Treagust, D., & Garnett, P. 1986. Identification of Secondary Students Misconceptions of Covalent Bonding and Structure Concept Using a Diagnostic Instrument. *Research in Science Education*, 16(1):40-48
- Sunyono, Wirya, W.I., Suyanto, E., Suyadi, G. 2009. Analisis Masalah Kesulitan Pembelajaran Kimia SMA Kelas X di Propinsi Lampung. *Jurnal Pendidikan MIPA – FKIP Universitas Lampung*, 10(2) : 9-18 (Online), (<http://sunnyonoms.files.wordpress.com>), diakses 10 Mei 2016
- Treagust, D.F, 2006. *Diagnostic Assesment in Science as a Mean to Improving Teaching Learning and Retention*. Australia: Science and Mathematics Education Centre, Curtin University of Technology

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN DIAGNOSTIK TWO-TIER UNTUK
MENGIDENTIFIKASI MISKONSEPSI PADA MATERI HIDROLISIS GARAM DAN
LARUTAN PENYANGGA**

Noor Fathi Maratusholihah^{a,*}, Sri Rahayu^a, dan Fauziatul Fajarah^a

^aProdi Pendidikan Kimia, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Kota Malang 65145

*Corresponding author's Email: fathiazhari16@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan instrumen diagnostik two-tier untuk mengidentifikasi miskonsepsi pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode Plomp. Metode Plomp terdiri dari lima fase, diantaranya fase investigasi awal (preliminary investigation); fase desain (design); fase realisasi/konstruksi (realization/construction); fase tes, evaluasi dan revisi (test, evaluation and revision); dan fase implementasi (implementation). Pada penelitian ini fase implementasi tidak dilakukan karena penelitian ini hanya bertujuan untuk mengembangkan instrumen tes two-tier pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Data penelitian berupa hasil validasi dan hasil uji coba terbatas. Hasil validasi dari dua validator menyatakan bahwa instrumen ini valid. Hasil uji coba terbatas menyatakan bahwa 15 soal valid dan 1 soal tidak valid, serta harga r_{hitung} sebesar 0.913 yang berarti instrumen ini memiliki realibilitas sangat tinggi.

Kata kunci: miskonsepsi, instrumen diagnostik two-tier, hidrolisis garam, larutan penyangga

ABSTRACT

The aim of this study was to produce two-tier diagnostic instrument to identify misconception on salt hydrolysis dan buffer solution subjects. Development method used was Plomp method. Plomp method consist of five phases such as preliminary investigation phase, design phase, realization/construction phase, test-evaluation-revision phase and implementation phase. In this study, implementation phase was not done because this study just to develop two-tier diagnostic instrument to identify student's misconception on salt hydrolysis dan buffer solution subjects. Data of this study were achieved by validation and limited trial test. Validation result from two validators stated that this instrument was valid. Limited trial test result stated that 15 questions were valid and one question was not valid, also the r value is 0.913 which means this instrument has very high reliability.

Keywords: understanding, misconception, salt hydrolysis, buffer solution, two-tier diagnostic instrument

PENDAHULUAN

Hidrolisis garam dan larutan penyangga merupakan mata pelajaran yang dianggap sulit oleh siswa karena menuntut siswa untuk dapat mengintegrasikan aspek mikroskopik, makroskopik dan simbolik (Orgill & Sutherland, 2008). Hal ini disebabkan oleh karakteristik materi dari hidrolisis garam dan larutan penyangga yakni abstrak dan kompleks. Karakteristik abstrak ini berhubungan dengan aspek mikroskopik. sedangkan sifat kompleks berhubungan dengan keterkaitan materi tersebut dengan beberapa materi prasyarat sebelumnya yang harus dikuasai yaitu materi kesetimbangan dan asam basa (Kirik & Boz, 2012; Kurniawan, 2013). Karakter-karakter tersebut dapat memicu pemahaman tidak tepat terhadap konsep-konsep dalam materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Pemahaman yang tidak tepat ini jika berlangsung secara konsisten dapat menyebabkan miskonsepsi

(Effendy, 2002). Miskonsepsi adalah kesalahan-kesalahan yang dilakukan oleh siswa yang memiliki sumber-sumber tertentu dalam menafsirkan konsep, hubungan konsep atau penerapan konsep (Treagust, 1998). Miskonsepsi ini memberikan dampak buruk terhadap hasil belajar siswa, sehingga perlu adanya suatu upaya identifikasi terhadap miskonsepsi siswa pada kedua materi.

Upaya identifikasi dalam pembelajaran akan berkaitan dengan instrumen penilaian. Selama ini, instrumen yang digunakan oleh guru untuk menilai hasil belajar kimia siswa adalah pilihan ganda dan essay. Alasan digunakannya instrumen tersebut adalah instrumen pilihan ganda lebih memudahkan guru dalam mengoreksi dan mengurangi unsur subjektivitas dalam penilaian. Sedangkan melalui soal essay dapat menunjukkan pemahaman siswa secara mendalam. Namun, instrumen-instrumen tersebut tidak bisa secara efektif untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa. Untuk itu dibutuhkan suatu instrumen lain yang dapat secara efektif mengidentifikasi miskonsepsi siswa. Instrumen dinilai efektif apabila instrumen tersebut dapat menggali pemahaman siswa secara mendalam mengenai suatu konsep tanpa takut adanya subjektivitas penilaian.

Ada beberapa instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa, salah satunya adalah *two-tier multiple choice* (Treagust, 1998). Instrumen *two-tier multiple choice* ini merupakan pengembangan dari tes pilihan ganda biasa. Instrumen *two-tier multiple choice* tersusun dari dua lapis (*tier*) pilihan. Lapis pertama berisi sejumlah pilihan jawaban pertanyaan. Lapis kedua berisi sejumlah alasan yang mungkin untuk jawaban yang dipilih tersebut. Pada lapis kedua terdiri dari pilihan alasan yang benar dan salah. Pilihan alasan yang salah pada lapis kedua diperoleh dari miskonsepsi siswa yang berasal dari studi literatur dan jawaban siswa pada tes semi-terbuka

Tuysuz (2009) memberikan pernyataannya mengenai keefektifan dari instrumen *two tier multiple choice* ini. Ia menyatakan bahwa instrumen *two-tier* efisien untuk menentukan miskonsepsi siswa serta dapat digunakan sebagai alternatif dari penggunaan tes pilihan ganda biasa. Efisiensi instrumen pilihan ganda ini dapat memberikan hasil yang signifikan terhadap evaluasi kemampuan pemahaman konsep dan identifikasi miskonsepsi siswa pada materi tertentu dan terbatas (Treagust, 1998).

Berdasarkan uraian paragraf-paragraf di atas, perlu adanya penelitian terkait pengembangan instrumen diagnostik *two-tier* untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Diharapkan dengan adanya instrumen ini, dapat menjadi pijakan guru untuk memperbaiki miskonsepsi siswa. Selain itu juga untuk mencegah agar miskonsepsi tersebut tidak terjadi pada siswa yang berada di tingkat bawahnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Plomp (1997). Metode Plomp terdiri dari lima fase, diantaranya fase investigasi awal (*preliminary investigation*); fase desain (*design*); fase realisasi/konstruksi (*realization/construction*); fase tes, evaluasi dan revisi (*test, evaluation and revision*); dan fase implementasi (*implementation*). Pada penelitian ini fase implementasi tidak dilakukan karena penelitian ini hanya bertujuan untuk mengembangkan instrumen tes *two-tier* pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Berikut akan diuraikan secara rinci fase-fase pengembangan instrumen tes *two-tier* berdasarkan metode Plomp:

1. Fase investigasi awal (*preliminary investigation*)

Pada tahap ini, peneliti menentukan cakupan materi yang akan diteliti, kemudian menghimpun data miskonsepsi yang sering dialami siswa melalui kajian literatur. Dari hasil kajian literatur tersebut didapatkan beberapa miskonsepsi yang sering dialami siswa SMA pada materi hidrolisis garam dan larutan penyangga yang disajikan pada tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini :

Tabel 1. Miskonsepsi pada materi hidrolisis garam

No.	Miskonsepsi	Sumber
1	Pada hidrolisis, air menyebabkan penguraian ion-ion pada garam	Pinarbasi (2007)
2	Hidrolisis adalah pelarutan garam dalam air menghasilkan ion H^+ dan OH^- karena terjadi pemutusan ikatan kovalen molekul	Nurpertiwi (2014)

	air menghasilkan ion H^+ dan OH^-	
3	Hidrolisis adalah penguraian garam oleh air menjadi kation dan anionnya karena terjadi pemutusan ikatan kovalen molekul air menghasilkan ion H^+ dan OH^-	Nurpertiwi (2014)
4	Hidrolisis adalah penguraian molekul air oleh kation dan anion garam karena terjadi pemecahan garam menjadi kation dan anionnya oleh air	Nurpertiwi (2014)
5	Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah memiliki sifat asam karena mengalami hidrolisis anion menghasilkan ion H_3O^+ sehingga konsentrasi ion H_3O^+ di dalam air bertambah	Nurpertiwi (2014)
6	Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah memiliki sifat asam karena mengalami hidrolisis kation menghasilkan ion H_3O^+ sehingga konsentrasi ion OH^- di dalam air berkurang	Nurpertiwi (2014)
7	Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat memiliki sifat basa karena mengalami hidrolisis anion menghasilkan ion asam lemah	Nurpertiwi (2014)
8	Pada garam yang bersifat netral, konsentrasi H^+ sama dengan OH^- karena akan terlarut dalam air sehingga konsentrasi H^+ dan OH^- bertambah	Nurpertiwi (2014)
9	Pada garam yang bersifat netral, konsentrasi H^+ sama dengan OH^- karena menghasilkan ion H^+ dan OH^- sehingga jumlah H^+ dan OH^- sama banyak dalam air	Nurpertiwi (2014)
10	Hidrolisis adalah ionisasi diri dari air	Demircioglu (2005)
11	Hidrolisis adalah peristiwa penguraian air menjadi hydrogen dan oksigen	Demircioglu (2005)
12	Semua larutan garam adalah netral	Sesen & Tarhan (2011)
13	Garam hanya terionisasi dalam air dan tidak bereaksi dengan air	Sesen & Tarhan (2011)
14	Konsentrasi ion H_3O^+ dan OH^- dalam larutan garam yang mengandung asam lemah adalah sama	Sesen & Tarhan (2011)

Tabel 2. Miskonsepsi pada materi larutan penyangga

No.	Miskonsepsi	Sumber
1	Larutan penyangga menjaga larutan pada pH netral yaitu 7	Orgill & Shutterland (2008)
2	Larutan penyangga yang dibuat dari asam kuat dan basa kuat akan memiliki kapasitas penyangga lebih besar dibandingkan yang dibuat dari asam lemah dan basa lemah	Orgill & Shutterland (2008)
3	Larutan penyangga mengandung asam kuat dan basa kuat yang dapat mengimbangi satu sama lain	Orgill & Shutterland (2008)
4	Larutan penyangga hanya terbentuk dari asam lemah dan	Sesen & Tarhan

-
	garamnya	(2011)
5	Laruta penyangga terbentuk dari asam dan garamnya, bukan basa konjugasinya	Sesen & Tarhan (2011)
6	Larutan penyangga merupakan larutan netral	Sesen & Tarhan (2011)
7	Larutan penyangga dapat dibuat dengan menggunakan HCl dan NaCl	Sesen & Tarhan (2011)
8	Larutan penyangga dapat dibuat dengan sembarang larutan asam atau basa dengan garamnya	Sesen & Tarhan (2011)
9	Garam hanya terionisasi dalam air dan tidak bereaksi dengan air	Sesen & Tarhan (2011)
10	Konsentrasi ion H_3O^+ dan OH^- dalam larutan garam yang mengandung asam lemah adalah sama	Sesen & Tarhan (2011)
11	Larutan penyangga terdiri atas asam/basa kuat dan asam/basa konjugasinya	Kurniawan (2013)
12	Spesi yang ada dalam larutan penyangga hanya garam dan air	Kurniawan (2013)
13	Larutan penyangga asam dapat dibuat dengan mencampurkan asam lemah dan basa kuat dengan konsentrasi asam lemah berlebih	Kurniawan (2013)
14	Larutan penyangga basa dibuat dengan mencampurkan basa lemah dan asam kuat dengan konsentrasi basa lemah berlebih	Kurniawan (2013)
15	Larutan penyangga dapat dibuat dengan mencampur asam/basa lemah dengan sembarang garam	Kurniawan (2013)
16	Penambahan sedikit asam pada larutan penyangga asam akan meningkatkan konsenrasi H^+ tanpa bereaksi dengan apapun sehingga konsentrasi asam lemah dan basa konjugasinya tetap	Kurniawan (2013)
17	Penambahan sedikit basa pada larutan penyangga asam akan menurunkan H^+ karena ion OH^- yang ditambahkan bereaksi dengan H^+ , namun konsentrasi asam lemah dan basa konjugasinya tetap	Kurniawan (2013)
18	Penambahan sedikit asam pada larutan penyangga basa akan menurunkan konsenrasi OH^- dalam larutan karena H^+ yang ditambahkan bereaksi dengan OH^- , namun konsentrasi basa lemah dan asam konjugasinya tetap	Kurniawan (2013)
19	Penambhana sedikit basa pada larutan penyangga basa akan meningkatkan konsentrasi ion OH^- tanpa bereaksi dengan apapun, sehingga konsentrasi basa emah dan asam konjugasinya tetap	Kurniawan (2013)
20	Kapasitas larutan penyangga ditentukan oleh perbandingan mol komponen penyusun penyangga, jika perbandingan mol komponen penyangga sama maka kapasitasnya sama	Kurniawan (2013)
21	Konsentrasi H^+ berbanding lurus dengan pH sehingga ketika konsentrasi H^+ naik maka pH naik pula	Kurniawan (2013)
22	Pada larutan penyangga asam atau basa , asam lemah atau basa lemah terionisasi sempurna dan garam dari asam atau basa lemah terdisosiasi sempurna	Sholihah (2014)
-

-
- 23 Pada larutan penyangga asam atau basa , asam lemah atau basa lemah terionisasi sebagian dan garam dari asam atau basa lemah terdisosiasi sebagian Sholihah (2014)
- 24 Penambahan sedikit asam kuat atau basa kuat pada larutan penyangga asam atau basa tidak menggeser kesetimbangan kimia dalam larutan tersebut sehingga pH-nya dapat dipertahankan Sholihah (2014)
-

2. Fase desain (*design*)

Pada fase ini, peneliti merancang soal *two-tier* berdasarkan hasil kajian literatur miskonsepsi. Miskonsepsi yang telah ditemukan tersebut dikelompokkan berdasarkan cakupan konsepnya. Masing-masing konsep diuji dengan dua soal. Hal ini dilakukan karena miskonsepsi bisa diidentifikasi jika siswa memilih jawaban yang salah secara konsisten. Pada fase ini dihasilkan draft soal *two-tier*. Soal ini kemudian digunakan untuk tes semi terbuka kepada siswa yang telah mendapatkan kedua materi tersebut. Tes semi terbuka ini digunakan untuk: (1) melihat keterbacaan dari soal sekaligus pilihan jawaban dan alasannya; (2) menggali adanya alasan lain dari siswa, selain yang telah disajikan peneliti, sehingga dapat dijadikan sebagai miskonsepsi baru. Hasil dari tes semi terbuka ini kemudian dianalisis untuk menentukan soal yang akan divalidasi.

3. Fase realisasi/konstruksi (*realization/construction*)

Fase ini merupakan fase lanjutan dari fase sebelumnya. Soal *two-tier* materi hidrolisis garam dan larutan penyangga sudah siap untuk divalidasi dan diuji coba terbatas.

4. Fase tes, evaluasi dan revisi (*test, evaluation and revision*)

Pada fase ini dilakukan dua kegiatan, yaitu kegiatan validasi dan uji coba terbatas instrumen tes *two-tier* padamateri hidrolisis garam dan larutan penyangga.

a. Validasi

Instrumen yang telah disusun kemudian divalidasikan kepada dua dosen kimia. Tujuan dari validasi ini adalah untuk menguji kelayakan instrumen yang disusun untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa. Validitas yang dinilai terbatas pada validitas isi, karena disesuaikan dengan karakter Instrumen. Validator diminta memberi nilai dan juga saran perbaikan untuk item soal dan juga keseluruhan tes apabila diperlukan. Selanjutnya skor-skor dalam validasi tiap butir soal tes yang diberikan oleh validator dinyatakan dalam presentase menggunakan rumus:

$$\% \text{ Validitas isi} = \frac{\text{jumlah skor total validator}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Tabel 3. Kriteria Validitas Isi (modifikasi)

Skor Keseluruhan	Kategori
81 – 100	Sangat Tinggi
61 – 80	Tinggi
41 – 60	Cukup
21 – 40	Rendah
0 – 20	Sangat rendah

(Landis & Koch, 1977)

b. Uji coba terbatas

Setelah instrumen dinyatakan valid oleh validator, langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba terbatas. Uji coba terbatas ini dilaksanakan di dua sekolah yakni SMAN 4 Malang dan SMAN 5 Malang. Subjek uji coba terbatas adalah siswa yang sudah mendapatkan materi hidrolisis garam dan larutan penyangga. Setelah dilakukan uji coba, peneliti menghitung skor tiap siswa dengan pedoman sebagai mana pada tabel 3 berikut:

Tabel 4. Pedoman Peskoran Instrumen *Two-tier Multiple Choice*

Kriteria	Skor
Tidak ada jawaban	0
Jawaban benar, alasan salah	0
Jawaban salah, alasan benar	0
Jawaban benar, alasan benar	1

Selanjutnya hasil tersebut dievaluasi dengan cara menganalisis validitas dan reliabilitas instrumen menggunakan *SPSS for Windows 21.0*. Berikut kriteria reliabilitas hasil tes yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Kriteria reliabilitas soal (modifikasi)

Skor Keseluruhan	Kategori
0,81 – 1,00	Sangat Tinggi
0,61 – 0,80	Tinggi
0,41 – 0,60	Cukup
0,21 – 0,40	Rendah
0,00 – 0,20	Sangat rendah

(Landis & Koch, 1977)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Desain dan Konstruksi Instrumen Tes *Two-tier* pada Materi Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga

Berdasarkan hasil analisis miskonsepsi yang telah ditemukan pada fase investigasi awal, pada materi hidrolisis diperoleh empat cakupan konsep, begitu juga dengan larutan penyangga. Empat cakupan konsep pada materi hidrolisis garam diantaranya adalah pengertian hidrolisis garam, sifat larutan garam baik asam, basa ataupun netral. Sedangkan empat cakupan konsep pada materi larutan penyangga diantaranya adalah komponen larutan penyangga, pembuatan larutan penyangga, cara kerja larutan penyangga dan kapasitas larutan penyangga. Berdasarkan delapan cakupan konsep tersebut, dibuatlah 16 soal *two-tier*, dengan rincian 8 soal *two-tier* untuk hidrolisis garam dan 8 soal *two-tier* untuk larutan penyangga.

Soal yang berjumlah 16 ini kemudian digunakan untuk tes semi terbuka. Hasil dari tes semi terbuka menunjukkan bahwa soal tersebut memiliki keterbacaan yang baik untuk siswa. Hal ini ditunjukkan dengan keterpilihan pilihan jawaban dan pilihan alasan oleh siswa. Selain itu tidak ditemukan alasan lain dari siswa yang dapat dijadikan sebagai miskonsepsi baru. Berdasarkan uraian tersebut, 16 soal yang telah dirancang dapat divalidasi kepada ahli. Berikut adalah contoh soal *two-tier* pada materi hidrolisis garam.

1. Garam tertentu ketika dilarutkan dalam air akan mengalami hidrolisis. Berikut ini adalah pernyataan yang benar mengenai hidrolisis garam adalah...

(A) Pelarutan garam dalam air menghasilkan ion H^+ dan OH^-

(B) Penguraian molekul air oleh kation atau anion garam

(C) Penguraian garam oleh air menjadi kation dan anionnya

(D) Proses reaksi garam dengan air menghasilkan ion garam

Alasan:

(1) Semua senyawa akan terurai menjadi ion-ionnya oleh air

(2) Terjadi pemutusan ikatan kovalen molekul air menghasilkan ion H^+ dan OH^-

(3) Pada hidrolisis terjadi pemecahan garam menjadi kation dan anionnya oleh air

(4) Air memiliki kekuatan untuk melarutkan garam dan menghasilkan ion H^+ dan OH^-

Gambar 1. Contoh Soal *Two-tier* Pengertian Hidrolisis Garam

Siswa dikatakan miskonsepsi jika memberikan jawaban yang salah secara konsisten pada konsep yang sama. Jika siswa memberikan jawaban yang salah namun tidak konsisten pada konsep yang sama, maka siswa tersebut tergolong tidak paham.

2. Hasil Tes, Evaluasi dan Revisi Instrumen Tes *Two-tier* Pada Materi Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga

a. Validasi

Instrumen telah divalidasi oleh dua orang dosen kimia. Hasil perhitungan skor dari validator adalah 70 yang berarti validitas isi dari instrumen ini tergolong tinggi. Berdasarkan hasil validasi, 16 soal yang telah disusun dinyatakan valid dengan perbaikan kalimat pada beberapa nomor..

b. Uji Coba Terbatas

Setelah instrumen dinyatakan valid oleh validator dan dilakukan revisi, peneliti melakukan uji coba terbatas yang dilakukan di dua sekolah yakni SMAN 4 Malang dan SMAN 5 Malang. Adapun tujuan dilakukan uji coba terbatas di dua sekolah adalah untuk mengetahui performa dari instrumen ini dengan karakteristik siswa yang berbeda. Pada masing-masing sekolah digunakan 1 kelas untuk uji coba terbatas. Total jumlah siswa yang dijadikan subyek uji coba adalah 65 dengan rincian 29 siswa dari SMAN 5 Malang dan 36 siswa dari SMAN 4 Malang.

Setelah dilakukan uji coba, peneliti melakukan penskoran untuk menghitung validitas dan reliabilitas butir soal. Hasil uji validitas menggunakan *SPSS for Windows 21.0*, menunjukkan bahwa sebanyak 13 soal valid dan tiga soal tidak valid. Satu soal yang tidak valid ini akan diperbaiki bersama pembimbing. Adapun hasil uji reliabilitas menunjukkan 0.757, yang berarti instrumen ini memiliki keajegan yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil uji validitas dan reliabilitas tersebut, maka instrumen ini sudah layak untuk digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengembangan Instrumen Diagnostik *Two-Tier* Materi Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga, ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik. Pertama, Instrumen Diagnostik *Two-Tier* Materi Larutan Penyangga yang telah dikembangkan terdiri dari 16 butir soal dengan rincian 8 soal materi hidrolisis garam dan 8 soal materi larutan penyangga. Berdasarkan hasil perhitungan validitas isi oleh 2 validator, instrumen ini dinyatakan valid secara isi dan layak digunakan untuk penelitian setelah melalui proses revisi atas saran dari validator. Berdasarkan hasil uji coba terbatas, terdapat 3 soal dinyatakan tidak valid dan 13 soal dinyatakan valid. Sedangkan hasil perhitungan reliabilitas instrumen, nilai r_{hitung} sebesar 0,757 yang menunjukkan instrumen ini sangat reliabel ($r_{hitung} > r_{tabel}$) dan tergolong memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Demircioglu, G., Ayas, A., Demircioglu, H., 2005, *Chemistry Education Research and Practice*, 6(1): 36-51
- Effendy, 2002, *Media Komunikasi Kimia*, 6, 2, 1-22.
- Landis, J.R. and Koch, G. G., 1977, *Biometrics*, 33(1) : 159-174.
- Kirik, O.T. & Boz, Z., 2012, Cooperative learning instruction for doncveptual change in the concept of chemical kinetics. *Chemistry education research and practice*, 13: 221-236
- Kurniawan, M. A., 2013, *Menggali Pemahaman dan Miskonsepsi Siswa SMA Negeri 7 Malang pada Konsep Larutan Penyangga Menggunakan Instrumen Diagnostik Two-Tier*. Skripsi tidak diterbitkan. FMIPA UM, Malang.
- Nurpertiwi, T. 2014. *Pengembangan Instrumen Tes Diagnostik Two- Tier Multiple Choice Untuk Mendeteksi Miskonsepsi Siswa SMA Pada Materi Hidrolisis Garam*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Orgill, M. and Sutherland, A., 2008, *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 131-143.
- Pinarbasi, T., 2007, *Journal of Baltic Science Education*, 6(1): 23-34
- Plomp, T., 1997, *Education and Training System Design. Instruction*. University of Twente, Enschede, the Netherlands.
- Sesen, B. A. & Tarhan, L. 2011. Active-Learning Versus Teacher Centered Instruction For Learning Acids and Bases. *Research in Science and Practice*, 14: 431-449

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Sholihah, Mar'atus. 2014. *Penggunaan Instrumen Diagnostik Two Tier Untuk Mengidentifikasi Pemahaman Konsep Siswa Kelas XI SMA Negeri se-Kota Malang Pada Materi Larutan Penyangga*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.

Treagust, D.F., 1988, *International Jornal of Science Education*, **10**, 2: 159- 169

Tuysuz, C., 2009, *Scientific Research and Essay*, 4(6):626-631.

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR REAKSI REDOKS DAN ELEKTROKIMIA
DENGAN MODEL LEARNING CYCLE 5 FASE UNTUK SISWA KELAS XII
SMA/MA SEBAGAI PENUNJANG KURIKULUM 2013**

Adawiah Daud^{a*}, Endang Budiasih^a, Dedek Sukarianingsih^a

^aJurusan Kimia, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang 65145

ABSTRAK

Penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa Bahan Ajar Reaksi Redoks dan Elektrokimia dengan Model *Learning Cycle* 5 Fase untuk Siswa Kelas XII SMA/MA sebagai Penunjang Kurikulum 2013 dan menguji tingkat kelayakan bahan ajar. Model pengembangan bahan ajar yang digunakan adalah model pengembangan 4-D menurut Thiagarajan. Empat langkah pengembangan tersebut adalah *define* (perencanaan), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan) dan *disseminate* (penyebarluasan). Tahap pengembangan hanya dilakukan sampai tahap *develop* (pengembangan) karena keterbatasan waktu dan biaya. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari nilai rata-rata hasil validasi dengan menggunakan teknik analisis rata-rata. Data kualitatif diperoleh dari komentar, tanggapan, dan saran dari validator yang dianalisis dengan menggunakan teknik analisis deskriptif. Kedua data tersebut merupakan dasar untuk melakukan revisi terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Hasil validasi dan uji keterbacaan menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan sangat layak untuk digunakan sebagai sumber belajar untuk pokok bahasan Reaksi Redoks dan Elektrokimia berbasis *Learning Cycle* 5 Fase untuk siswa kelas XII SMA/MA.

Kata kunci: *reaksi redoks, elektrokimia, learning cycle 5 fase*

ABSTRACT

: Research and developments aims to produce products such as instructional materials redox reaction and electrochemistry with 5-phase Learning Cycle for the 12th Grade SMA/MA students as supporting 2013 Curriculum and test the feasibility of instructional materials. Model development of instructional materials used are 4-D model of development according to Thiagarajan. Four steps are define, development, design, develop, and dissemination. The development is only done to develop phase because of time and cost. Data obtained in the form of quantitative and qualitative data. The quantitative data obtained from the average value of the validation results by using average analysis techniques. The qualitative data obtained from the comments, feedback, and suggestions from validators using descriptive analysis techniques. Both of these data are the basis to revise the teaching materials developed. Based on pre-defined criteria then this is well worth instructional materials to be used as a learning resource for the subject of redox reactions and electrochemistry based 5-phase Learning Cycle for the 12th students SMA/MA.

Keywords: *redox reaction, electrochemistry, 5-phase learning cycle*

PENDAHULUAN

Kimia merupakan salah satu disiplin ilmu yang tercantum pada Kurikulum 2013 di satuan pendidikan tingkat SMA/MA. Karakteristik ilmu kimia yaitu menemukan jawaban atas fenomena alam mencakup komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, dan energetika zat yang melibatkan keter

ampilan dan penalaran. Pemahaman siswa terhadap konsep-konsep ilmu kimia sebagian benar, tetapi kadang pemahaman siswa kurang dan bahkan salah (Piquette dan Heikkinen, 2005 dalam Supasorn, 2015: 121). Hal ini dapat diatasi dengan sumber belajar yang dapat memotivasi siswa membangun pengetahuan dalam dirinya. Siswa tidak hanya terlibat dalam kegiatan mendengarkan dan membaca, tetapi juga mengembangkan kemampuan, menganalisis, dan mengevaluasi suatu materi.

Kimia dalam dunia pengajaran memiliki tujuan utama, yaitu untuk membantu siswa membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi, memungkinkan mereka untuk berpikir kritis, mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang bermutu dan mampu menyelesaikan masalah (Bybee dan DeBoer, 1994; Zohar dan Dori, 2003; Zoller, 1993 dalam Sheppard, 2006: 33). Tujuan tersebut dapat tercapai bila guru tidak hanya mengajar tetapi juga membelajarkan dan tidak hanya mengarahkan tetapi juga melayani siswa, sehingga dalam mengajar guru bukan berfokus pada bagaimana mengajar tetapi lebih berorientasi pada bagaimana mendorong siswa belajar. Dunlap dan Grabinger (dalam Dasna dan Sutrisno, 2006: 1) menganjurkan agar guru kreatif mengembangkan aktifitas yang dapat mendorong siswa untuk membangun pengetahuan mereka. Guru hendaknya menyediakan prosedur pembelajaran yang dapat membantu siswa untuk memformulasikan kembali informasi baru atau mengkonstruksi pengetahuan awal mereka melalui penyediaan inferensi informasi baru, mengelaborasi informasi tersebut secara detail, dan mengembangkan hubungan antara informasi baru tersebut dengan pengetahuan awal.

Dua solusi yang dapat dilakukan agar suatu konsep dapat dipahami dengan baik, yaitu:

- Melakukan suatu pembelajaran dengan menggunakan pendekatan konstruktivistik (Aunnurrahman, dalam Muslimah 2015: 2)
- Penggunaan bahan ajar sebagai alat bantu penyampaian suatu informasi sehingga mempermudah siswa untuk belajar (Setyosari, dalam Muslimah 2015: 2)

Dua solusi ini dapat dijadikan satu kesatuan dalam suatu bahan ajar yang di dalamnya mengaplikasikan suatu model pembelajaran tertentu. Model pembelajaran yang dapat digunakan dalam pengembangan bahan ajar dengan pendekatan konstruktivistik adalah model Learning Cycle 5 Fase. Learning Cycle 5 Fase memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat mendukung proses belajar aktif siswa, mendukung siswa memproses informasi baru berdasarkan pada pengetahuan personal, dan meningkatkan minat terhadap pembelajaran kimia. Selain itu, model pembelajaran Learning Cycle 5 Fase juga dapat membuat siswa untuk aktif dalam mengkonstruksi konsep dalam kegiatan belajar melalui lima fase pembelajaran yaitu engagement, exploration, explanation, elaboration dan evaluation.

Bahan ajar adalah seperangkat materi pembelajaran yang dapat membantu tercapainya tujuan kurikulum, yang disusun secara sistematis sehingga memudahkan siswa dan guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran. Ketersediaan bahan ajar di lapangan sudah sangat banyak dan bervariasi. Namun berdasarkan observasi yang dilakukan, bahan ajar hanya bersifat deskriptif, informatif, sehingga kurang menantang siswa untuk aktif berpikir. Reaksi Redoks dan Elektrokimia merupakan salah satu pokok bahasan dalam pembelajaran kimia. Elektrokimia merupakan cabang ilmu kimia yang berhubungan dengan interkonversi energi kimia dan energi listrik (Chang, 2009: 662). Berdasarkan telaah kompetensi dasar (KD) kelas XII pada Kurikulum 2013 konsep utama dalam kajian materi reaksi redoks dan elektrokimia adalah (1) reaksi redoks, (2) sel Volta, (3) sel elektrolisis (4) korosi

Reaksi redoks dan elektrokimia merupakan pokok bahasan yang bersifat kompleks dan abstrak. Kedua sifat ini dapat ditinjau dari (1) aspek konseptual dan algoritmik, (2) jenis representasi, (3) tipe isi bidang studi. Hasil penelitian terkait pemahaman siswa pada materi reaksi redoks dan elektrokimia oleh Yolanda (2015: 45) di SMA Negeri 6 Malang dengan model penelitian deskriptif kuantitatif menunjukkan bahwa pemahaman siswa dalam materi reaksi redoks dan elektrokimia masih tergolong cukup. Penelitian pengembangan ini menekankan pada beberapa indikator yang menunjukkan pemahaman siswa masih tergolong rendah dan sangat rendah tersebut.

Kelebihan penelitian pengembangan ini adalah pengembangan bahan ajar tanpa memerlukan alat bantu dalam penggunaannya, serta kajian materi tidak hanya elektrokimia tetapi meliputi reaksi redoks dan elektrokimia, dan kajian materi reaksi redoks dan elektrokimia tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga kontekstual karena disertai contoh-contoh dalam kehidupan sehari-hari. Bahan ajar reaksi redoks dan elektrokimia dengan model Learning Cycle 5 Fase diharapkan dapat menunjang kegiatan pembelajaran kimia yang sesuai dengan Kurikulum 2013.

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian pengembangan dengan judul "*Pengembangan Bahan Ajar Reaksi Redoks dan Elektrokimia dengan Model Learning Cycle 5 Fase Untuk Siswa Kelas XII SMA/MA Sebagai Penunjang Kurikulum 2013*".

METODE PENELITIAN

Pengembangan bahan ajar mengadaptasi pada rancangan penelitian dan pengembangan 4-D oleh Thiagarajan (1974). Model 4-D terdiri dari empat langkah, yaitu tahap Define (perencanaan), Design (perancangan), Develop (pengembangan), dan Disseminate (penyebaran). Namun, pengembangan ini hanya sampai pada tahap Develop (pengembangan). Hal ini disebabkan karena keterbatasan waktu dan biaya.

Tahap Define (perencanaan) bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat yang dibutuhkan dalam pengembangan bahan ajar. Melalui kegiatan ini dapat ditetapkan tujuan dan batasan dari bahan ajar yang dikembangkan. Pada tahap ini dilakukan analisis ujung depan, analisis siswa, analisis tugas, analisis konsep dan merumuskan tujuan pembelajaran. Tahap Design (perancangan) bertujuan untuk merancang prototype (produk awal) bahan ajar yang dikembangkan. Tahap design (perancangan) terdiri dari penyusunan tes, pemilihan media, pemilihan format, dan membuat rancangan awal. Tahap Develop (pengembangan) bertujuan untuk menyempurnakan rancangan awal (prototype) bahan ajar. Tahap develop (pengembangan) terdiri dari, validasi ahli, revisi dan uji coba terbatas. Data yang diperoleh dari hasil validasi terdiri dari dua jenis data yaitu data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari perhitungan rata-rata hasil penilaian yang diberikan oleh validator. Data kualitatif diperoleh dari tanggapan, komentar, dan saran validator terhadap bahan ajar yang telah dikembangkan. Validator terdiri dari seorang dosen Jurusan Kimia UM dan dua guru kimia SMA, yaitu SMAN 8 Malang dan SMAN 2 Malang. Setelah dilakukan proses validasi bahan ajar, kemudian dilakukan revisi berdasarkan tanggapan, komentar, dan saran dari validator yang kemudian dilakukan uji keterbacaan pada 10 siswa SMAN 2 Malang. Instrumen pengumpul data yang digunakan untuk validasi adalah angket. Angket pengumpul data kuantitatif memuat sebuah tabel berisi aspek-aspek yang dinilai dan juga pengisian skor yang dilakukan dengan membubuhkan tanda checklist ($\checkmark$). Skala yang digunakan pada angket validasi adalah skala Likert lima tingkat. Teknik analisis data untuk menganalisis data kuantitatif yang berupa skor skala Likert adalah melakukan perhitungan rata-rata. Teknik tersebut digunakan untuk menentukan persentase dari setiap item jawaban dari validator. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{x}{\sum x_i} \times 100\%$$

Dengan,

P = persentase

$\sum x$ = jumlah skor maksimal

$\sum x_i$ = jumlah skor yang diperoleh

Jenjang kualifikasi kriteria perhitungan persentase dikutip dari Riduwan (2013: 18) yang disajikan pada Tabel 1.

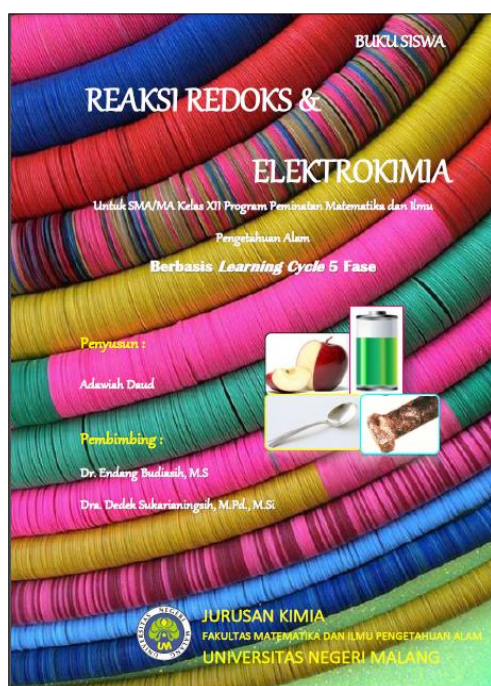
Tabel 1 Jenjang Kualifikasi Kriteria Perhitungan Persentase

Skor	Kriteria Interpretasi
0-20%	Tidak layak
21-40%	Kurang layak
41-60%	Cukup layak
61-80%	Layak
81-100%	Sangat layak

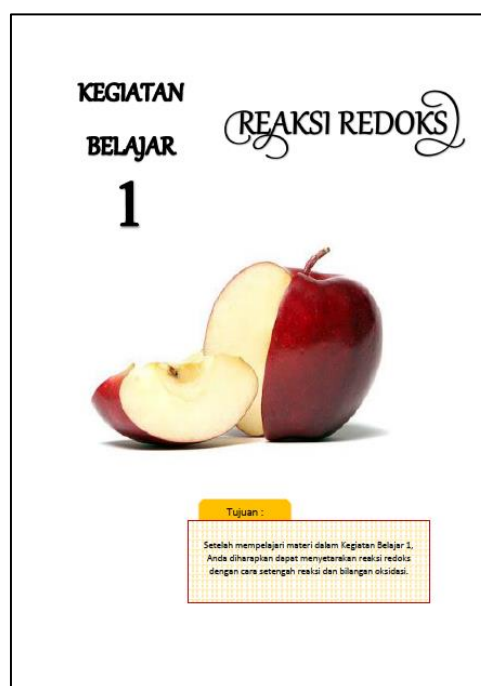
(Sumber: Riduwan, 2013: 18)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk hasil pengembangan berupa bahan ajar pokok bahasan reaksi redoks dan elektrokimia berbasis *Learning Cycle* 5 Fase yang dikemas dalam bentuk buku cetak. Bahan ajar terdiri dari buku guru dan buku siswa. Buku siswa terdiri dari tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian pendahuluan berisi (1) sampul (*cover*), (2) kata pengantar, (3) daftar isi, (4) daftar tabel, (5) daftar gambar, (6) petunjuk penggunaan bahan ajar, (7) petunjuk untuk siswa, (8) cakupan kompetensi, (9) peta konsep. Bagian isi terdiri dari empat kegiatan belajar yaitu, (1) Kegiatan Belajar 1: Reaksi Redoks, (2) Kegiatan Belajar 2: Sel Volta, (3) Kegiatan Belajar 3: Sel Elektrolisis, (4) Kegiatan Belajar 4: Korosi. Tiap kegiatan belajar menyajikan materi menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle* 5 Fase yang terdiri dari 5 Fase pembelajaran yaitu fase *engagement*, fase *exploration*, fase *explanation*, fase *elaboration*, dan fase *evaluation*. Bagian penutup pada buku siswa ini terdiri dari glosarium dan daftar pustaka. Contoh tampilan sampul bahan ajar, sampul Kegiatan Belajar 1, dan fase-fase *Learning Cycle* 5 Fase dalam Kegiatan Belajar 1 masing-masing tertera pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 1 Tampilan Sampul Bahan Ajar



Gambar 2 Tampilan Sampul Kegiatan Belajar 1



Gambar 3 Tampilan Fase Engagement pada Kegiatan Belajar 1



Gambar 4 Tampilan Fase Exploration pada Kegiatan Belajar 1



Gambar 5 Tampilan Fase Explanation pada Kegiatan Belajar 1



Gambar 6 Tampilan Fase Elaboration pada Kegiatan Belajar 1



Gambar 7 Tampilan Fase Evaluation pada Kegiatan Belajar 1

Buku guru terdiri dari tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Bagian pendahuluan berisi (1) sampul (cover), (2) kata pengantar, (3) daftar isi, (4) daftar tabel, (5) daftar gambar, (6) petunjuk penggunaan bahan ajar, (7) petunjuk untuk guru, (8) cakupan kompetensi, (9) peta konsep. Bagian isi terdiri dari empat kegiatan belajar yaitu, (1) Kegiatan Belajar 1: Reaksi Redoks, (2) Kegiatan Belajar 2: Sel Volta, (3) Kegiatan Belajar 3: Sel Elektrolisis, (4) Kegiatan Belajar 4: Korosi. Tiap kegiatan belajar menyajikan materi menggunakan model pembelajaran Learning Cycle 5 Fase yang terdiri dari 5 Fase pembelajaran yaitu fase engagement, fase exploration, fase explanation, fase elaboration, dan fase evaluation dilengkapi kunci jawaban pada setiap pertanyaan. Bagian penutup pada buku guru ini terdiri dari glosarium, kunci jawaban fase evaluation dan daftar pustaka.

Bahan ajar yang telah dikoreksi oleh dosen pembimbing kemudian dilakukan revisi, setelah revisi selesai kemudian divalidasi. Validasi dilakukan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing. Validasi dilakukan oleh tiga validator ahli yang terdiri dari satu orang dosen kimia dan dua orang guru kimia SMA. Hasil validasi bahan ajar disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Persentase Rata-Rata Kelayakan Isi, Penyajian, dan Kegrafisan Buku Siswa

No.	Aspek yang Dinilai	P (%)	Kriteria
1.	Kelayakan Isi	93,33	sangat layak
2.	Kelayakan Bahasa	92,76	sangat layak
3.	Kelayakan Penyajian	91,55	sangat layak
Persentase Rata-Rata		92,75	sangat layak

Hasil penilaian kelayakan isi, bahasa, dan penyajian yang telah dilakukan oleh ketiga validator menunjukkan bahwa persentase rata-rata buku yang telah dikembangkan adalah sebesar 92,75% dengan kriteria sangat layak. Tingginya nilai persentase rata-rata bahan ajar tersebut menunjukkan jika bahan ajar yang dikembangkan sangat layak digunakan untuk menunjang pembelajaran kimia siswa kelas XII SMA/MA dalam memahami materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia.

Setelah dilakukan validasi dan revisi dilanjutkan dengan uji keterbacaan terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Presentase keseluruhan uji keterbacaan yang telah didapat yaitu sebesar 90,5% dengan kriteria sangat layak.

Data kualitatif diperoleh dari tanggapan, komentar, dan saran dari validator terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Tanggapan, komentar, dan saran dari validator disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Tanggapan, Komentar, dan Saran oleh Validator

No	Nama Validator	Tanggapan, Komentar, dan Saran
1.	Dr. Fauziatul Fajarah, M.S	Perhatikan penulisan tahap-tahap Learning Cycle 5 Fase dalam bahasa Inggris, seperti tahap explanation, dalam bahan ajar bagian daftar isi dituliskan explanation.
2.	Rifngatun Hayati, S.Pd	1. Beberapa gambar masih kurang jelas tampilannya sehingga mohon diperjelas. 2. Supaya peserta didik lebih paham materi sel Volta, dapat ditambahkan percobaan mengenai sel Volta. 3. Percobaan sel elektrolisis yang diamati jangan warna saja juga perubahan yang lain, contoh gelembung gas.
3.	Iswaning Rahayu, M.Pd	Beberapa gambar masih kurang jelas tampilannya sehingga mohon diperjelas.

Revisi produk dilakukan berdasarkan analisis hasil validasi yang berupa data kuantitatif dan kualitatif. Dari kedua data tersebut, dapat diketahui tingkat kevalidan dan bagian yang memerlukan revisi pada tiap aspek penilaian. Setelah dilakukan penghitungan skor validasi yang diperoleh, diketahui bahwa persentase rata-rata bahan ajar yang telah dikembangkan adalah sebesar 92,75% dengan kriteria sangat layak. Hal tersebut menunjukkan bahwa bahan ajar tidak perlu dilakukan revisi. Namun, agar bahan ajar lebih baik untuk digunakan sebagai penunjang pembelajaran kimia kelas XII di SMA/MA materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia, maka bahan ajar ini tetap dilakukan revisi berdasarkan beberapa tanggapan, komentar, dan saran dari validator.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Produk akhir hasil pengembangan berupa bahan ajar yang terdiri dari buku guru dan buku siswa pokok bahasan Reaksi Redoks dan Elektrokimia yang dikembangkan berdasarkan model pembelajaran Learning Cycle 5 Fase. Bahan ajar tersebut telah divalidasi oleh 3 validator dan telah dilakukan uji keterbacaan terhadap 10 siswa kelas XI IPA SMAN 2. Berdasarkan persentase hasil validasi ahli, diperoleh persentase rata-rata dari aspek kelayakan isi sebesar 93,33% dengan kriteria sangat layak. Dari aspek bahasa, diperoleh persentase rata-rata sebesar 92,76%. Selanjutnya dari aspek penyajian, diperoleh persentase rata-rata sebesar 91,55%. Dari ketiga aspek tersebut, diperoleh persentase rata-rata sebesar 92,75% dengan kriteria sangat layak. Berdasarkan persentase hasil uji keterbacaan diperoleh persentase rata-rata 90,5 dengan kriteria sangat layak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, bahan ajar pokok bahasan reaksi Redoks dan Elektrokimia berbasis Learning Cycle 5 Fase ini sangat layak digunakan untuk menunjang proses pembelajaran siswa kelas XII SMA/MA dalam memahami materi Reaksi Redoks dan Elektrokimia.

Saran Pemanfaatan, Diseminasi, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Penggunaan bahan ajar dalam kegiatan belajar mengajar di kelas sangat memerlukan peran dan bimbingan guru mengingat model pembelajaran yang digunakan adalah Learning Cycle 5 Fase. Guru sebaiknya senantiasa memberikan penguatan di akhir pembelajaran sehingga siswa mengetahui kebenaran konsep yang telah diperoleh. Diseminasi merupakan tahap akhir dari model pengembangan 4-D. Tujuan dilakukannya tahap ini untuk mempromosikan produk pengembangan agar bisa diterima pembaca. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan diseminasi adalah menganalisis karakteristik pembaca, pemilihan waktu penyebaran, dan dilengkapi dengan rencana pelaksanaan pembelajaran dan instrumen penilaian yang telah divalidasi, sehingga penyebaran dari produk akhir dapat diterima dengan baik oleh pembaca. Saran untuk pengembang lebih lanjut adalah penelitian penerapan bahan ajar Reaksi Redoks dan Elektrokimia berbasis Learning Cycle 5 Fase yang telah dikembangkan dalam proses pembelajaran di kelas sehingga diketahui keefektifannya. Selain itu, diharapkan pula adanya inovasi penggunaan produk sebagai sumber belajar siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2006. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Atkins, P. & Jones, L. 2009. *Chemical Principles The Quest for Insight* (5th Ed.). New York: W.H Freeman and Company.
- BSNP. 2006. *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Badan Standar Nasional Pendidikan,
- Chang, R. & Overby, J. 2009. *General Chemistry The Essential Concepts* (6th Ed). Boston: WCB McGraw-Hill.
- Dasna, I.W. & Sutrisno. 2006. *Pengembangan Bahan Ajar Model Learning Cycle untuk Pengajaran Kimia di SMA*. Surabaya: Konaspi-Unesa-V-136.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta: Depdiknas.
- Effendy. 2012. *A-Level Chemistry For Senior High School Students Volume 3A*. Malang: Bayu Media Publishing.
- Iskandar, S.M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Jespersen, N.D., Brady, J.E., & Hyslop A. 2010. *Chemistry The Molecular Nature of Matter*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- McMurry, J.E., Robert C. F., & Jordan, F. 2001. *Chemistry* (6th Ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Muslimah, N.A. 2015. *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Learning Cycle 5 Fase Berbantuan CD Video Animasi Pembelajaran pada Materi Elektrokimia untuk SMA Kelas XII*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Permendikbud. 2013. *Pembelajaran pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Depdikbud.
- Putra, N. 2012. *Research & Development Penelitian dan Pengembangan: Suatu Pengantar*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Rahayu, M. 2013. *Pengembangan Modul Elektrokimia dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing Untuk Siswa SMA RSBI Kelas XII*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA UM.
- Riduwan. 2007. *Skala Pengukuran Variable-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR UNSUR GOLONGAN 15 BERBASIS KONTEKSTUAL UNTUK MATA KULIAH KIMIA ANORGANIK

Agtri Wulandari*, I Wayan Dasna, Surjani Wonorahardjo.

Program Studi Pendidikan Kimia Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5, Malang, Jawa Timur

Corresponding author's email: agtriwulandari11@gmail.com

ABSTRAK

Unsur golongan 15 merupakan materi dari Kimia Anorganik. Hasil belajar kimia anorganik mahasiswa pada salah satu universitas di Palangkaraya, Kalimantan Tengah tergolong rendah. Buku ajar yang digunakan cenderung belum membimbing dalam mengaitkan materi ke dalam kehidupan sehari-hari, bersifat informatif bukan induktif, dan sajian materi belum berbasis kontekstual. Bahan ajar unsur golongan 15 berbasis kontekstual untuk mata kuliah anorganik perlu dikembangkan. Tahap pengembangan mengadopsi model 4-D Thiagarajan yang terdiri dari pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebarluasan. Uji perorangan dan lapangan dilakukan pada mahasiswa pendidikan kimia di universitas. Efektivitas bahan ajar dapat dilihat dari *N-gain score*. Pada pengembangan ini telah dikembangkan bahan ajar Kimia Anorganik materi unsur golongan 15 dengan pendekatan kontekstual yang terdiri dari buku mahasiswa dan buku dosen.

Kata Kunci: *bahan ajar, unsur golongan 15, kontekstual*

ABSTRACT

The element group 15 is a matter of Inorganic Chemistry. Results of inorganic chemistry student at one of university at Palangkaraya, Central Borneo is low. Textbooks used has not been guided into everyday life, informative and not inductive, and based of material is not contextual. Teaching materials group 15 element contextually based on inorganic subjects need to be developed. The development phase 4-D model adopted from Thiagarajan which consists of define, design, develop, and disseminate. Individual and field test conducted on students of chemical education at the university. The effectiveness of teaching materials can be seen from the *N-gain score*. In this development has developed teaching material of Inorganic Chemistry elements of group 15 with a contextual approach which consists of books students and lecturers book.

Keywords: *teaching materials, elements of group 15, contextual*

PENDAHULUAN

Kimia merupakan salah satu ilmu pengetahuan dan keterampilan dasar yang berkontribusi penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan di masyarakat [1]. Ilmu kimia sangat berperan penting pada semua bidang kehidupan masyarakat [2]. Salah satu cabang ilmu kimia yang berperan bukan hanya sebagai sains dasar tetapi juga sebagai salah satu dasar dari berbagai teknologi modern adalah kimia anorganik [3].

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Kimia di Universitas Palangkaraya diharapkan mampu memahami materi Kimia Anorganik I dan II dengan baik. Hal ini sesuai dengan tuntutan kurikulumnya yaitu mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi dalam (1) mengenal ruang lingkup Kimia Anorganik dan kaitannya dengan cabang kimia lainnya, dan (2) memahami sifat, kelompok senyawa, reaksi, dan kelimpahan di alam. Kenyataannya dalam mencapai kompetensi tersebut hasil belajar mahasiswa masih tergolong rendah. Data tiga tahun terakhir hasil ujian mata kuliah Kimia Anorganik I dan II memperlihatkan masih terdapat mahasiswa yang tidak tuntas dan mendapatkan nilai C dan D. Rata-rata persentase nilai ujian akhir mahasiswa dari tahun 2012 hingga 2014 pada mata kuliah Kimia Anorganik yaitu sebanyak 26,3%; nilai D 6,4%; dan tidak lulus sebanyak 5,6%.

Salah satu materi dari Kimia Anorganik adalah unsur golongan 15. Kompetensi yang ingin dicapai pada proses pembelajaran menuntut mahasiswa untuk mengaplikasikan konsep yang diperoleh dalam kehidupan sehari-hari. Kenyataannya bahan ajar yang digunakan masih belum sepenuhnya menuntun mahasiswa mengkonstruksi konsep dan mengaplikasikan ke dalam kehidupan sehari-hari. Buku A merupakan sumber utama untuk mempelajari unsur golongan 15. Isi materi cenderung membahas persenyawaan dan sedikit tentang sifat-sifat unsur, sedangkan materi disajikan secara informatif dan bersifat deduktif. Isi materi pada Buku B cenderung membahas sebagian materi dari unsur golongan 15 dan kurang menyajikan gambar-gambar yang relevan. Penyajian materi pada Buku C bersifat informatif dan isi materi belum mengaplikasikan konsep ke dalam kehidupan sehari-hari. Ketiga buku tersebut juga belum menyajikan tujuan pembelajaran secara eksplisit sehingga mahasiswa tidak mengetahui tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

Cahaya petir merupakan salah satu fenomena dalam kehidupan sehari-hari (*relating*), cahaya petir mengenai gas N_2 dan O_2 mengakibatkan gas terurai menjadi atom-atomnya. Atom nitrogen dan oksigen yang terurai akan bereaksi membentuk oksida nitrogen. Oksida nitrogen larut dalam air hujan membentuk senyawa asam salah satunya asam nitrat. Senyawa ini sangat berperan sebagai sumber nitrat. Proses disosiasi $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ terjadi oleh adanya petir. Menganalisis data (*experimenting*) mengenai hubungan antara energi bebas pembentukan dan kestabilan suatu senyawa hidrida untuk memperoleh konsep. Memperdalam materi (*applying*) yang diperoleh untuk mengetahui aplikasi dalam kehidupan sehari-hari seperti monokalsium fosfat ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$) yang larut dalam air sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai pupuk. Bekerja sama (*cooperating*) dalam konteks saling tukar pikiran, mengajukan dan menjawab pertanyaan, komunikasi interaktif antar mahasiswa, antar mahasiswa dengan dosen dalam memecahkan masalah, dan mengerjakan tugas bersama. Mentransfer materi (*transferring*) yang dipelajari untuk memecahkan masalah baru. Mempelajari unsur golongan 15 memerlukan kemampuan dalam menemukan keterkaitan belajar (*relating*), mencari dan menemukan konsep (*experiencing*), menerapkan pengetahuan yang diperoleh (*applying*), melakukan kerjasama (*cooperating*), dan alih pengetahuan (*transferring*). Kelima elemen tersebut merupakan karakteristik pembelajaran kontekstual [4]. Berdasarkan karakteristik, unsur golongan 15 memerlukan desain pembelajaran berbasis kontekstual.

Berdasarkan hasil observasi, sumber belajar mahasiswa pada perkuliahan Kimia Anorganik masih memiliki kekurangan yaitu: (1) belum membimbing dalam mengaitkan konsep berdasarkan konteks kehidupan sehari-hari, (2) rumusan tujuan pembelajaran belum diberikan secara eksplisit sehingga mahasiswa tidak mengetahui tujuan pembelajaran yang akan dicapai, (3) bersifat informatif bukan induktif artinya konsep diberikan secara langsung tanpa memandu mahasiswa dalam menganalisis dan mengolah data sebagai dasar penarikan kesimpulan, dan (4) sajian materi belum berbasis dalam menemukan keterkaitan belajar (*relating*), mencari dan menemukan konsep (*experiencing*), menerapkan pengetahuan yang diperoleh (*applying*), melakukan kerjasama (*cooperating*), dan alih pengetahuan (*transferring*). Oleh karena itu, karakteristik bahan ajar yang perlu dikembangkan adalah keterkaitan materi dengan kehidupan sehari-hari, rumusan tujuan pembelajaran, induktif, dan mengandung elemen pembelajaran berbasis kontekstual.

Hasil angket pra penelitian dari 33 mahasiswa menyatakan bahwa 54,6% jarang menggunakan bahan ajar dan sebanyak 57,6% menyatakan bahan ajar sangat perlu dikembangkan sebagai sarana mempermudah memahami materi unsur golongan 15. Konsep kimia sebaiknya tidak langsung diberikan kepada mahasiswa tetapi didesain berbasis kontekstual. Mahasiswa dilatih berpikir berdasarkan konteks kehidupan sehari-hari dan data untuk menemukan konsep. Sebanyak 45,5%

mahasiswa juga menyatakan bahwa jarang sekali diminta menganalisis data penelitian terlebih dahulu sebelum mempelajari konsep materi unsur golongan 15 dan 36,4% menyatakan tidak pernah.

Salah satu kajian empiris yang dilakukan oleh Istiyono [5] pada mahasiswa semester ganjil Program Studi Fisika Jurusan MIPA FKIP Universitas Negeri Yogyakarta membuktikan bahwa penggunaan bahan ajar berupa modul berbasis kontekstual pada mata kuliah analisis rangkaian listrik meningkat. Purnawati [6] juga melakukan penelitian di SMK Kompetensi Keahlian Kimia Analisis Madiun menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar sebesar 86,7% setelah menggunakan bahan ajar berupa modul berbasis kontekstual. Berdasarkan hasil temuan, Eswindro [7] menjelaskan dengan penggunaan bahan ajar berupa modul dapat meningkatkan hasil belajar sebesar 90,0% pada subjek penelitian di Rintisan Sekolah Menengah Kejuruan Bertaraf Internasional (RSMKBI) SMKN 1 Blitar.

Nentwig [5] pada pengembangan kontekstual di Jerman yang dikenal dengan istilah *Chemie in Kontext* terbukti bahwa pembelajaran aktif yang kontekstual meningkatkan kualitas pembelajaran kimia mulai dari proses sampai hasilnya. Sedangkan Muhlisin [8] memaparkan bahwa dengan penggunaan bahan ajar berbasis kontekstual dapat meningkatkan hasil belajar sebesar 0,64% (N-gain score) pada subjek penelitian di SMP Nusantara 1 Kecamatan Gubug Kabupaten Grobogan. Berdasarkan fakta empiris, bahan ajar berbasis kontekstual dapat meningkatkan hasil belajar sehingga perlu dikembangkan pada materi unsur golongan 15.

Berdasarkan uraian, penggunaan bahan ajar berbasis kontekstual pada mahasiswa diharapkan dapat menemukan keterkaitan belajar (*relating*), mencari dan menemukan konsep (*experiencing*), menerapkan pengetahuan yang diperoleh (*applying*), melakukan kerjasama (*cooperating*), dan alih pengetahuan (*transferring*). Bahan ajar unsur golongan 15 berbasis kontekstual belum dikembangkan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan bahan ajar unsur golongan 15 berbasis kontekstual untuk mata kuliah Kimia Anorganik pada Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Palangkaraya, Kalimantan Tengah.

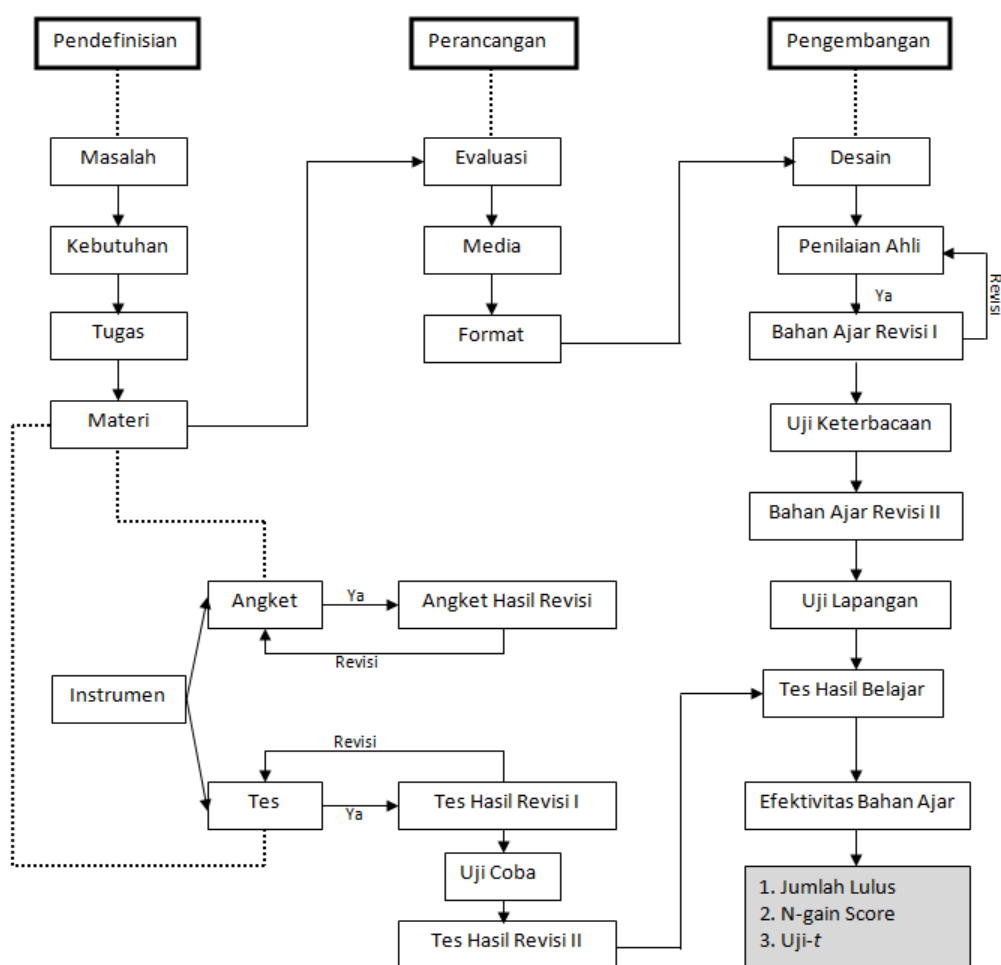
METODE PENELITIAN

Penelitian pengembangan mengadopsi model 4-D Thiagarajan [18] yaitu pendefisian, perancangan, pengembangan, dan penyebarluasan. Tahap penyebarluasan tidak dilakukan karena disesuaikan dengan tujuan penelitian dan pengembangan. Kelayakan bahan ajar dinilai oleh empat dosen yaitu ahli materi dan ahli pembelajaran. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pada artikel ini hanya disajikan sampai tahap penilaian ahli yaitu menghasilkan produk bahan ajar revisi I.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Pendapat dan saran yang diberikan ahli dan mahasiswa terhadap produk pengembangan dijadikan dasar analisis secara kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari angket. Uji kelayakan bahan ajar dinilai oleh dosen dan mahasiswa menggunakan angket. Kelayakan bahan ajar berdasarkan kategori yang diberikan Arikunto [9] dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Tingkat Kelayakan Bahan Ajar

Tingkat Kelayakan (%)	Kategori	Keterangan
80 – 100	Layak	Tidak perlu direvisi
60 – 79	Cukup layak	Tidak perlu direvisi
40 – 59	Kurang layak	Perlu direvisi
0 – 39	Tidak layak	Perlu direvisi



Gambar 1 Tahapan Prosedur Penelitian dan Pengembangan Bahan Ajar

HASIL PENGEMBANGAN

Media pembelajaran adalah segala sarana atau bentuk komunikasi yang dapat dijadikan sebagai wadah bagi sumber informasi yang akan disampaikan kepada mahasiswa sehingga menarik minat dan perhatian agar tujuan pembelajaran tercapai. Berdasarkan jenisnya, media terbagi dalam bentuk bahan ajar cetak, elektronik, dan multimedia yang dibutuhkan pada saat proses pembelajaran [10], [11] & [12]. Menurut Syukur [13] media pembelajaran berfungsi: (1) membantu untuk memudahkan kegiatan belajar, (2) memberikan pengalaman nyata (abstrak menjadi konkrit), (3) menarik minat dan perhatian, (4) mengaktifkan semua indera, (5) menghubungkan teori dengan kehidupan nyata.

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu proses kegiatan belajar mengajar di kelas. Bahan tersebut bisa berupa bahan tertulis maupun tidak tertulis. Dosen perlu mengembangkan bahan ajar yang sesuai tuntutan kurikulum dengan mempertimbangkan karakteristik, kondisi, maupun lingkungan sosial mahasiswa. Bahan ajar yang dikembangkan sebaiknya dapat menjadi alternatif sumber belajar di samping buku-buku teks yang terkadang sulit diperoleh. Hal terpenting adalah bahan ajar yang dibuat sendiri dapat mempermudah proses pembelajaran di perguruan tinggi [14].

Unsur golongan 15 merupakan salah satu materi yang tercakup dalam mata kuliah Kimia Anorganik dan dipelajari pada tingkat mahasiswa. Mahasiswa dapat dikategorikan dalam pendidikan orang dewasa yang memiliki pendekatan, ruang lingkup, tujuan, maupun strategi yang berbeda dengan pendidikan untuk anak-anak. Orang dewasa lebih menyukai belajar dalam kondisi bebas, mengutamakan pemecahan masalah, meningkatkan ketrampilan, dan tidak berorientasi hafalan [15].

Pannen & Purwanto [15] menjelaskan perlunya dikembangkan bahan ajar apabila buku teks yang beredar di pasaran belum memenuhi kebutuhan proses belajar dari segi mutu, bahasa, dan keterbatasan waktu untuk menyelesaikan materi yang ada sesuai kurikulum agar tujuan pembelajaran tercapai. Tasdelen & Koseoglu [16] juga menjelaskan umumnya buku ajar terlalu menyederhanakan isi dan aplikasi serta hanya memberi sedikit informasi untuk mengembangkan proses pembelajaran ke dalam aktivitas kehidupan sehari-hari.

Menurut Hosnan [13] dan Jhonson [17] pembelajaran yang didesain dengan basis kontekstual dapat meningkatkan hasil belajar. Produk hasil pengembangan berupa Bahan Ajar Unsur Golongan 15 Berbasis Kontekstual. Materi yang dikembangkan dalam bahan ajar adalah unsur golongan 15 dari mata kuliah kimia anorganik. Hasil pengembangan terdiri dari dua bagian yaitu Buku Petunjuk Dosen dan Bahan Ajar untuk Mahasiswa. Buku Petunjuk Dosen digunakan sebagai pedoman bagi dosen menggunakan bahan ajar untuk mahasiswa. Buku Petunjuk Dosen terdiri dari: (1) Kata Pengantar, (2) Daftar Isi, (3) Deskripsi Penggunaan Bahan Ajar, (4) Prasyarat, (5) Deskripsi Pendekatan Kontekstual, (6) Petunjuk untuk Dosen, (8) Silabus Konsep Unsur Golongan 15 dari Materi Kimia Anorganik, (9) Rencana Pelaksanaan Pembelajaran, dan (10) Kunci Jawaban.

Mahasiswa diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar setelah mempelajari unsur golongan 15 menggunakan bahan ajar yang dikembangkan. Susunan bahan ajar yaitu: (1) Kata Pengantar, (2) Pendahuluan, (3) Daftar Isi, (4) Deskripsi Penggunaan Bahan Ajar, (5) Peta Konsep, (6) Materi unsur golongan 15 yang terbagi menjadi bagian I kelimpahan unsur di alam, bagian II sifat-sifat unsur golongan 15, bagian III kegunaan unsur golongan 15, bagian IV penyediaan unsur golongan 15, dan bagian V persenyawaan unsur golongan 15. Elemen kontekstual meliputi *relating*, *experimenting*, *applying*, *cooperating*, dan *transferring*.

Cover bahan ajar dan cover pada setiap bagian dalam bahan ajar disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 cover bahan ajar dan cover bagian pada bahan ajar unsur golongan 15 berbasis kontekstual

Contoh desain bahan ajar yang terdiri dari *relating* dilihat pada Gambar 3. Setelah *cover* per bagian dalam bahan ajar disajikan artikel yang mengaitkan pada kehidupan sehari-hari mahasiswa. Hal ini bertujuan untuk membangkitkan motivasi mahasiswa untuk mempelajari materi yang akan dibahas. Seperti pada industri korek api yaitu *Java Macth Factory* (Jakarta Utara) memproduksi korek api dengan menggunakan zat kimia baik pentol korek (head composition) maupun tempat menggesek pentol korek (side coating). Adapun salah satu bahan kimia yang digunakan adalah fosfor

merah untuk memproduksi *side coating*. Mahasiswa dipandu untuk mengetahui bahwa salah satu aplikasi fosfor dalam kehidupan sehari-hari dapat ditemui salah satunya di industri pembuatan korek api.



Gambar 3 Desain bahan ajar yang mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari (relating)

Gambar 4 adalah salah satu contoh desain bahan ajar untuk menemukan konsep berdasarkan data-data yang diberikan (experimenting). Tabel 2.3 merupakan sifat fisika unsur golongan 15. Mahasiswa diminta untuk menjawab pertanyaan 2.3 berdasarkan data pada tabel 2.3. Kecenderungan sifat-sifat unsur dalam satu golongan merupakan konsep yang harus diperoleh mahasiswa. Nilai energi bebas pembentukan semakin besar dari senyawa ammonia hingga bismutin menyebabkan reaksi pembentukannya semakin tidak stabil dan tidak spontan. Dengan demikian, melalui data yang diberikan mahasiswa dapat memperoleh konsep tentang pengaruh energi bebas pembentukan terhadap kestabilan reaksi.

2.2 SIFAT-SIFAT KIMIA DAN FISIK UNSUR GOLONGAN 15

Golongan nitrogen terdiri dari dua nonlogam (satu gas, satu padatan), dua metaloid, satu logam, dan satu unsur yang tak diketahui sifat kimianya. Seluruh unsur ini berbentuk padatan pada suhu kamar kecuali nitrogen yang berbentuk gas. Fosfor, arsen, dan antimon menunjukkan adanya allotropi (Atkins, et al. 2010).

Bentuk fosforus yang lazimnya pada suhu kamar bersifat nonlogam yaitu fosfor putih dan fosfor merah. Sedangkan arsen dan antimon memiliki bentuk alotropi yang stabil dan bersifat logam. Bentuk-bentuk ini memiliki densitas tinggi, konduktivitas termal sedang, dan kemampuan terbatas untuk menghantarkan listrik. Bismut adalah logam meskipun konduktivitas listriknya rendah, namun lebih baik dibandingkan mangan dan hampir sebaik merkuri (Petrucchi, et al. 2011).

Tabel 2.3. Sifat Fisika Unsur Golongan 15

Lambang Unsur	Massa Jenis (g/cm³) (20°C)	Titik Leleh (°C)	Titik Didih (°C)	Sifat Fisika	
				Senyawa	Potensial reduksi (V)
N	0,001251	-210	-196	Ammonia, NH ₃	N ₂ → 4e ⁻ , NH ₃
P	1,82	44	280	Fosfor, P ₄	P ₄ → 2e ⁻ , P ₄
As	5,72	-	603	Asin, AsH ₃	As → 3e ⁻ , AsH ₃
Sb	6,86	631	1587	Stibin, SbH ₃	Sb → 3e ⁻ , SbH ₃
Bi	9,79	271	1564	Bismutin, BiH ₃	Bi → 3e ⁻ , BiH ₃

Sumber: Kikuchi, Dasar Kimia Fisika, Jilid 1, Edisi 2, 1992

PERTANYAAN 2.3

Jawab Pertanyaan 2.3 berdasarkan Tabel 2.3

1. Bagaimana hubungan nomor atom terhadap nilai massa jenis, titik leleh, dan titik didih? Jelaskan.....
2. Jelaskan sifat senyawa hidrida ditinjau dari energi bebas pembentukan, ΔG°
3. Perhatikan nilai potensial elektroda pembentukan senyawa hidrida dari unsur golongan 15. Apakah data ini juga mendukung penjelasan sifat logam dari unsur golongan 15? Tuliskan pendapat Anda.....
4. Tunjukkan suatu bukti bahwa unsur nitrogen relatif bersifat nonlogam dan antimon bersifat logam.....
5. Fakta eksperimen menunjukkan bahwa senyawa BiH₃ merupakan senyawa yang relatif paling tidak stabil. Menurut Anda, mengapa demikian? Hubungkan fakta tersebut dengan harga energi bebas pembentukan dan potensial elektrode.....

Atalkan kelompok dari 4-5 orang untuk golongan 15

Gambar 4 Desain bahan ajar untuk menemukan konsep berdasarkan data-data yang diberikan (experimenting)

Bacaan 3.1



PETIR

Energi yang dilepaskan oleh satu sambaran petir lebih besar daripada yang dihasilkan oleh seluruh pusat pemangroc tenaga listrik di Amerika. Suhu pada jalur petir tertentu dapat mencapai 10.000°C. Panas yang dihasilkan oleh sambaran petir tertentu dapat mencapai 10 kali lipat.

Perbandingan lainnya, suhu permukaan matahari tinggalnya 700.000 derajat Celsius. Dengan kata lain, suhu petir adalah 1/70 dari suhu permukaan matahari. Cahaya yang dikeluarkan oleh petir lebih terang daripada cahaya 10 juta bola lampu pijar berdaya 100 watt. Sebuah sambaran petir berenergi rata-rata memiliki energi yang dapat menjalankan sebuah bola lampu 100 watt selama lebih dari 3 bulan. Sebuah sambaran kilat berenergi rata-rata mengionisasi volume udara sebesar 20.000 amp. Sebuah kilat mengionisasi 250-400 amp untuk mengionisasi. Kilat bergerak dengan kecepatan 350.000 km/jam, dan setelah kecepatan cahaya, dan 100.000 kali lipat lebih cepat daripada suara. Kilatan yang terbentuk turun sangat cepat ke bumi dengan kecepatan 98.000 km/jam.

Cahaya petir yang mengandung gas N₂ dan O₂ mengionisasi gas tersebut menjadi atom-atomnya. Atom nitrogen dan oksigen yang terionisasi akan bereaksi membentuk oksida nitrogen. Oksida nitrogen larut dalam air hujan membentuk senyawa asam selain senyawa asam nitrat. Senyawa ini sangat berperan sebagai sumber nitrat.

Persamaan reaksi:

$$\text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}(\text{g}) \quad \Delta H = 944,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = 498,0 \text{ kJ/mol}$$

Akar tumbuhan tumbuh lebih cepat dan membentuk protein yang sangat berguna bagi tumbuhan dan hewan.

Sumber Artikel:

David, Hana, 2013.
Pembelajaran dan
Pengembangan
Materi Kimia.
Bandung: Nuha
Cendekia.

PERTANYAAN 3.1

Jawab Pertanyaan 3.1 berdasarkan Bacaan 3.1

1. Mengapa petir bisa mengionisasi nitrogen dan oksigen menjadi atom-atomnya?
2. Tuliskan reaksi pembentukan oksida nitrogen dari atom nitrogen dan oksigen!
3. Tuliskan reaksi pembentukan asam nitrat dari oksida nitrogen dan air hujan!
4. Jelaskan sifat senyawa asam nitrat ketika dilarutkan dalam air berdasarkan teori asam Arrhenius dan Bronsted-Lowry!

Gambar 5 Desain bahan ajar untuk mengaplikasikan konsep dalam kehidupan sehari-hari (applying)

Gambar 5 didesain untuk mengaplikasikan konsep dalam kehidupan sehari-hari. Pada bahan ajar disajikan artikel atau bacaan yang berkaitan dengan unsur nitrogen dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya adalah artikel tentang petir. Artikel tersebut membahas tentang reaksi yang terbentuk akibat adanya cahaya petir dan kegunaannya untuk tumbuhan dan hewan. Mahasiswa diminta untuk menjawab pertanyaan 3.1 berdasarkan bacaan 3.1. Untuk menjawab pertanyaan tersebut mahasiswa dituntut untuk mengaplikasikan konsep yang telah diperoleh, seperti tentang persamaan reaksi, oksida, teori asam basa. Konsep yang digunakan disesuaikan dengan kajian bacaan. Oleh karena itu, mahasiswa tidak hanya mengetahui tentang aplikasi unsur golongan 15 melainkan dapat mengaplikasikan konsep yang telah diperoleh.

Pada beberapa bagian dalam bahan ajar didesain agar mahasiswa dapat bekerja sama (cooperating) dalam konteks saling tukar pikiran, mengajukan dan menjawab pertanyaan, komunikasi interaktif antar mahasiswa, antar mahasiswa dengan dosen dalam memecahkan masalah, dan mengerjakan tugas bersama. Bagian terakhir bahan ajar terdapat soal latihan yang bertujuan agar mahasiswa mampu mentransfer materi (*transferring*) yang dipelajari untuk memecahkan masalah baru.

Tabel 2 merupakan penilaian kelayakan bahan ajar yang diberikan oleh empat dosen. Skor penilaian oleh empat orang dosen sebesar 91,8% untuk Buku Petunjuk Dosen dan 93,2% untuk Bahan Ajar Unsur Golongan 15 berbasis Kontekstual. Bahan ajar telah memenuhi kriteria kelayakan sehingga layak digunakan dalam pembelajaran kimia.

Tabel 2 Validasi Ahli untuk Produk Pengembangan

Aspek yang Dinilai	Persentase (%)	Kategori
Buku Petunjuk Dosen	91,8	Layak
Bahan Ajar untuk Mahasiswa	93,2	Layak

Keunggulan dari produk yang dihasilkan yaitu (1) Membantu mahasiswa untuk mengaitkan materi unsur golongan 15 dengan kehidupan sehari-hari, (2) Membantu mahasiswa dalam memperoleh konsep berdasarkan data-data yang relevan, (3) Menjadi sarana mahasiswa untuk menerapkan konsep yang telah diperoleh untuk memecahkan masalah baru, (4) Informasi tambahan

dalam bahan ajar seperti “ingin tahu lebih dalam?”, “tahukah kamu?”, dan “tokoh kita” dapat menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa terkait unsur golongan 15, dan (5) Bahan ajar disajikan *full colour* dan menampilkan gambar-gambar yang relevan agar lebih menarik.

KESIMPULAN

Bahan ajar unsur golongan 15 perlu dikembangkan pada materi unsur golongan 15 berbasis kontekstual untuk mata kuliah kimia anorganik, meliputi lima elemen kontekstual yaitu *relating*, *experimenting*, *applying*, *cooperating*, dan *transferring*. Hasil pengembangan berupa Bahan Ajar untuk Mahasiswa dan Buku Petunjuk Dosen. Persentase kelayakan yang diberikan oleh validator untuk Buku Petunjuk Dosen yaitu 91,8% dan Bahan Ajar untuk Mahasiswa sebesar 93,2%. Dapat disimpulkan bahwa produk pengembangan yaitu Bahan Ajar Unsur Golongan 15 berbasis Kontekstual untuk Mata Kuliah Kimia Anorganik dikategorikan layak.

DAFTAR PUSTAKA

- Nbina, J.B & Avwiri. E. 2014. Relative Effectiveness of Context-Based Teaching Strategy on Senior Secondary Students Achievement in Inorganic Chemistry in Rivers State. *Afrrev Stech. An International Journal of Science and Technology*. Vol.3(2), s/No.7 May 2014: 159-171. ISSN: 2225-8612.
- Emendu, N.B. 2014. The Role of Chemistry Education in National Development. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. Vol.3. Issue 3: 12-17. ISSN(e): 2319-1813.
- Saito, T. 2004. Buku Teks Kimia Anorganik Online Terjemahan Reproduced by Permission of Iwanami Shoten, Publisher, Tokyo, (online), (ashadisasonko.staff.ipb.ac.id/files/2012/02/kimiaanorganik.pdf), diakses 25 Mei 2016.
- Aqib, Z. 2013. *Model-model, Media, dan Strategi Pembelajaran Kontekstual (Inovatif)*. Bandung: Yrama Widya.
- Nentwig, P.M., Demuth, R., Parchmann, I., Grasel, C., Ralle, B. 2007. Chemie im kontext: Situating Learning in Relevant Context while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*. 84(9) : 1439-1444.
- Purnawati, A. 2013. *Pengembangan Modul Materi Pelajaran Analisis Air dengan Pendekatan Kontekstual Untuk Siswa SMK Kompetensi Keahlian Kimia Analisis*. Tesis Tidak Diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Eswindro, T. 2012. *Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia Fuels For Light Vehicle System dengan Pendekatan Kontekstual untuk Siswa RSMKBI Kompetensi Keahlian Teknik Kendaraan Ringan*. Tesis Tidak Diterbitkan. Mlang. Universitas Negeri Malang.
- Muhlisin, A. 2012. Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Terpadu Berbasis Contextual Teaching and Learning (CTL) dengan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Student Teams Achievement Division (STAD) Tema Polusi Udara. *Journal of Educational Research and Evaluation*. 239-145. ISSN 2252-6420
- Arikunto, S. 2012. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan Edisi 2*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Arsyad, A. 2006. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Heinich, R. et al. 2002. *Instructional Media and Technology Forlearning*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Hosnan, M. 2014. *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 2: Kunci Sukses Implementasi Kurikulum 2013*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Syukur, F. 2005. *Teknologi Pendidikan*. Semarang: Ra SAIL

- Kurniasih, I & Sani, B. 2014. *Panduan Membuat Bahan Ajar Buku Teks Pelajaran Sesuai dengan Kurikulum 2013*. Surabaya: Kata Pena.
- Pannen, P & Sadjati, I. M. 2001. *Pembelajaran Orang Dewasa*. Jakarta: PAU-PPAI. Universitas Terbuka.
- Tasdelen, U & Koseoglu, F. 2008. Learner-Friendly Text Books: Chemistry Texts Based on a Constructivist View of Learning, *Asia Pasific Education Review*, 9(2): 136-147.
- Johnson, E.B. 2014. Contextual Teaching and Learning: Menjadikan Kegiatan Belajar-Mengajar Mengasyikan dan Bermakna. Bandung: Kaifa.

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR UNSUR DAN PERSENYAWAAN LOGAM ALKALI BERBASIS KONTEKSTUAL

Dayu Ardhiyatmita Nur R.^{a*}, I Wayan Dasna^a, dan Siti Marfuah^a

^a Prodi Pendidikan Kimia, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang 65145, Telp: 0341-551334

* Corresponding author's email: dayuardhiyatmita@gmail.com

ABSTRAK

Pembelajaran kimia pada matakuliah kimia anorganik deskriptif topik unsur dan persenyawaannya di perguruan tinggi masih kurang mampu membantu pebelajar dalam mengkonstruksi pengetahuannya sendiri sehingga pebelajar cenderung menghafal konsep-konsep berupa fakta-fakta yang terlihat tidak berhubungan. Pebelajar sulit mengkonstruksi pengetahuannya sendiri karena kurang mampu mengaitkan hubungan antara fakta dan konsep. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan bahan ajar berbasis kontekstual. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan bahan ajar unsur dan persenyawaan logam alkali berbasis kontekstual yang layak. Bahan ajar dikembangkan dengan mengadopsi model pengembangan yang dirumuskan oleh Thiagarajan *dkk* meliputi tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Persentase hasil validasi bahan ajar yang diperoleh yakni 96,74% yang menunjukkan bahwa bahan ajar hasil pengembangan layak digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada matakuliah kimia anorganik deskriptif.

Kata kunci: *bahan ajar, anorganik deskriptif, unsur, kontekstual*

ABSTRACT

Chemistry learning on descriptive inorganic course on elements and compounds topic at college still not yet helps students on construct their own knowledge so that they tend to memorize seemingly unrelated factual information. Students having difficulties on construct their own knowledge because they can not relate the relationship of facts and concepts. One solution to overcome that problem is develop contextual teaching material. The aim of this research is to obtain teaching material of elements and compounds of alkali metals based on contextual approach and to know its advisability. The development model refers to Four-D model recommended by Thiagarajan et.al. The steps in this development process is define, design, develop, and disseminate. Percentage the validation result gained 96,74% which shown that the learning material has great potential as the resource on descriptive inorganic course.

Key Words: *teaching material, descriptive inorganic, contextual*

PENDAHULUAN

Kimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang materi dan perubahannya (Chang, 2003). Seperti halnya ilmu pengetahuan alam, ilmu kimia juga mempelajari gejala-gejala alam, tetapi mengkhususkan diri di dalam mempelajari struktur, susunan, sifat, perubahan materi, dan energi yang menyertai perubahan materi tersebut (BSNP, 2006). Pada hakikatnya, konsep-konsep kimia dalam bentuk hukum dan teori merupakan kesimpulan dan penjelasan atas hasil pengamatan atau observasi dari berbagai peristiwa kimia, baik yang terjadi di alam maupun yang sengaja dilakukan di laboratorium (Ibnu, 2006). Menurut Barineka (2014), kimia memiliki peran yang penting dalam

kehidupan seluruh umat manusia. Kimia anorganik merupakan salah satu bidang dalam kimia yang mempelajari tentang unsur dan persenyawaannya. Sharpe dan Housecroft (2005) menyatakan bahwa apabila kimia organik dikatakan sebagai ‘kimia tentang karbon’, maka kimia anorganik adalah kimia tentang unsur-unsur selain karbon. Sehingga, bidang kajian dalam kimia anorganik dapat dikatakan luas dan kompleks (House & House, 2010). Salah satu matakuliah yang tergabung dalam kelompok bidang keilmuan kimia anorganik di perguruan tinggi adalah matakuliah kimia anorganik deskriptif. Bahan kajian dalam kimia anorganik deskriptif meliputi sifat-sifat unsur dan persenyawaannya yang dihubungkan dengan penjelasan-penjelasan mengenai rumus, struktur, dan reaksi-reaksi yang mungkin terjadi pada persenyawaannya tersebut (Canham & Overton, 2010). Zumdhal *dkk* (2007) berpendapat bahwa mempelajari unsur-unsur kimia baik logam maupun nonlogam merupakan hal penting karena unsur-unsur tersebut sangat dekat dan memberikan dampak yang cukup besar bagi kehidupan manusia. Namun pada kenyataannya, matakuliah kimia anorganik deskriptif merupakan matakuliah yang dianggap sulit bagi pebelajar karena mereka merasa harus menghafal informasi-informasi faktual yang ‘terlihat’ tidak berhubungan satu sama lain (Dewit, 1994; Malm, 1956; Wulfsberg, 1983). Hal ini menyebabkan pebelajar cenderung mengabaikan matakuliah tersebut. Menurut Wulfsberg (1983), sikap pebelajar yang cenderung mengabaikan mata kuliah kimia anorganik deskriptif mengakibatkan mereka akan mengalami kesulitan dalam memahami matakuliah tingkat lanjut seperti matakuliah kimia anorganik fisik.

Salah satu topik dalam matakuliah kimia anorganik deskriptif yang bersifat abstrak dan juga berisi informasi-informasi faktual yang terlihat tidak berhubungan adalah topik tentang unsur dan persenyawaan logam alkali. Informasi-informasi faktual pada topik unsur dan persenyawaan logam alkali seperti titik didih, titik leleh, standar potensial reduksi, dan lain-lain sebenarnya dapat dipahami apabila pebelajar mengetahui prinsip-prinsip apa saja yang mendasari fenomena tersebut. Sehingga, pendidik harus berperan aktif dalam memahami atau mengingatkan pebelajar mengenai prinsip-prinsip tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dewit (1994) bahwa dalam mengajar matakuliah kimia anorganik, pendidik hendaknya menghubungkan informasi-informasi faktual dengan prinsip-prinsip yang telah dipelajari pebelajar pada matakuliah kimia dasar. Prinsip-prinsip tersebut diharapkan dapat membantu pebelajar dalam mengorganisir dan menghubungkan informasi-informasi faktual yang terlihat tidak berhubungan (Malm, 1956). Penggunaan prinsip-prinsip yang tepat dapat meningkatkan kemampuan pebelajar dalam memahami, mengingat, dan bahkan memprediksi suatu fenomena kimia (Dewit, 1994). Sehingga dalam pembelajaran kimia anorganik deskriptif, pebelajar dapat membangun konsepnya secara mandiri.

Kegiatan pebelajar dalam membangun konsep secara mandiri akan lebih bermakna apabila pebelajar mampu mengaitkan konsep tersebut dengan konteks kehidupan sehari-hari. Salah satu pendekatan dalam pembelajaran yang mampu membantu pebelajar dalam mengaitkan konsep dengan konteks kehidupan sehari-hari adalah pendekatan berbasis kontekstual. Magwilang (2016) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis kontekstual mampu membantu pengajar dalam mengaitkan konsep yang akan diajarkan dengan situasi pada dunia nyata pebelajar sehingga mampu meningkatkan motivasi pebelajar dalam mempelajari kimia. Menurut Nentwig *dkk* (2007), pendekatan berbasis kontekstual mampu memudahkan pebelajar dalam mengkonstruksi konsep dan meningkatkan hasil belajarnya. Magwilang (2016) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis kontekstual mampu meningkatkan motivasi, sikap, dan hasil belajar pada matakuliah kimia anorganik.

Pembelajaran kimia anorganik deskriptif pada topik unsur dan persenyawaan logam alkali berbasis kontekstual nampaknya akan menjadi lebih bermakna apabila ditunjang oleh adanya bahan ajar. Menurut Suharyadi *dkk* (2013), bahan ajar berbasis kontekstual mampu membuat pebelajar lebih mudah dalam memahami materi. Kemdiknas (2001) menjelaskan bahwa salah satu komponen rencana pembelajaran yang memegang peranan penting dari keseluruhan isi kurikulum adalah materi ajar. Pendidik perlu mengorganisasikan materi ajar yang telah dikembangkan ke dalam bahan ajar untuk menunjang kegiatan belajar mengajar. Menurut Depdiknas (2008), bahan ajar perlu dikembangkan jika tidak ada bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kurikulum, karakteristik sasaran, dan tuntutan pemecahan masalah belajar. Sehingga dalam hal ini dilakukan beberapa analisis pendahuluan yang salah satunya adalah analisis terhadap bahan ajar topik unsur-unsur logam alkali yang digunakan pada perkuliahan kimia anorganik deskriptif. Bahan ajar yang dianalisis adalah bahan ajar yang digunakan pada perkuliahan kimia anorganik deskriptif pada salah satu universitas di Malang. Salah satu hasil

analisis pendahuluan menunjukkan bahwa penyajian materi dalam bahan ajar masih bersifat informatif dan belum bersifat kontekstual. Berdasarkan uraian di atas, penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar unsur dan persenyawaan logam alkali berbasis kontekstual yang layak untuk digunakan dalam pembelajaran topik unsur dan persenyawaan logam alkali pada matakuliah kimia anorganik deskriptif.

METODE PENELITIAN

Model pengembangan bahan ajar yang diadopsi dari *Four-D Model* (Model 4D). Model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan *dkk* pada tahun 1974 terdiri dari empat tahap yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebarluasan (*disseminate*). Rancangan model 4D dipilih sebagai model pengembangan bahan ajar karena memiliki tahap-tahap pengembangan yang sederhana, sistematis dan mudah untuk diterapkan.

Tahap pendefinisian bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan dalam pembelajaran. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah yaitu: (a) analisis ujung depan (*front-end analysis*) yang bertujuan untuk menganalisis masalah yang menjadi dasar dalam pengembangan bahan ajar; (b) analisis pebelajar (*learner analysis*) untuk diketahui karakteristiknya; (c) analisis tugas (*task analysis*) untuk menganalisis kompetensi yang akan dikuasai pebelajar; (d) analisis konsep (*concept analysis*) untuk membatasi cakupan materi dalam bahan ajar; dan (e) perumusan tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*) dalam bentuk capaian pembelajaran. Tahap perancangan bertujuan untuk merancang bentuk dasar (*prototype*) bahan ajar. Tahap ini terdiri dari beberapa langkah yaitu: (a) penyusunan tes acuan patokan (*constructing criterion-referenced tests*); (b) pemilihan media (*media selection*) yaitu media cetak; (c) pemilihan format (*format selection*) meliputi bentuk huruf, ukuran huruf, warna dalam bahan ajar, dan tata letak gambar, tabel, maupun grafik dalam bahan ajar; dan (d) desain awal bahan ajar (*initial design*). Tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar yang tervalidasi. Pada tahap ini dilakukan validasi oleh ahli (*expert appraisal*). Sebelum divalidasi, draf bahan ajar ditelaah terlebih dahulu oleh dosen pembimbing. Setelah direvisi, selanjutnya bahan ajar divalidasi oleh validator yang terdiri dari dua dosen dari Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang. Validasi bahan ajar dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kelayakan bahan ajar hasil pengembangan baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Setelah divalidasi, hasil validasi kemudian dianalisis dengan teknik analisis persentase. Analisis tersebut kemudian dijadikan pertimbangan dalam merevisi bahan ajar dengan memperhatikan saran dari dosen pembimbing. Teknik analisis persentase digunakan untuk mengetahui kelayakan bahan ajar dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum x}{\sum X_i} \times 100\%$$

Keterangan:

P : persentase kelayakan

$\sum x$: jumlah total skor jawaban responden dalam satu komponen

$\sum X_i$: jumlah total skor maksimal dalam satu komponen

Penentuan makna dari hasil analisis di atas ditetapkan berdasarkan kriteria seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Kelayakan Bahan Ajar

Persentase (%)	Kriteria
76 – 100	Layak (tidak revisi)
51 – 75	Cukup layak (tidak revisi)
26 – 50	Kurang layak (revisi sebagian)
0 – 25	Tidak layak (revisi total)

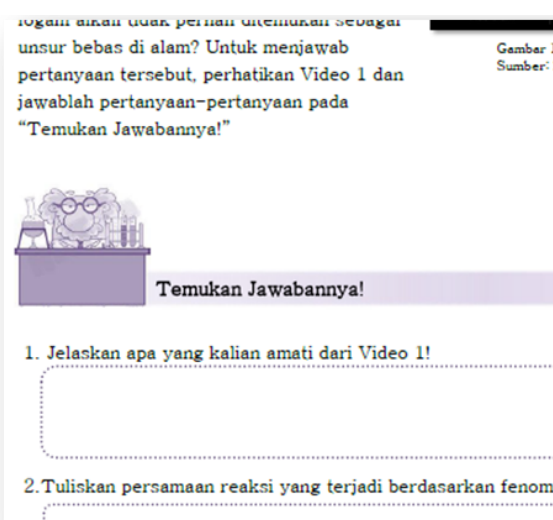
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Bahan Ajar

Penelitian yang dilakukan menghasilkan bahan ajar unsur dan persenyawaan logam alkali berbasis kontekstual yang terdiri atas tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Pada bagian pendahuluan terdapat halaman sampul, kata pengantar, petunjuk penggunaan, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar video. Bagian isi terdapat materi tentang unsur dan persenyawaan logam alkali yang disajikan menggunakan pendekatan berbasis kontekstual. Bahan ajar terdiri dari empat bab yaitu: (1) kecenderungan sifat unsur-unsur logam alkali; (2) kelimpahan dan kegunaan unsur-unsur logam alkali; (3) ekstraksi unsur-unsur logam alkali; dan (4) persenyawaan unsur-unsur logam alkali. Penyajian materi pada setiap bab selalu diawali dengan kegiatan mengaitkan materi yang akan dipelajari dengan konteks kehidupan pebelajar sehari-hari. Pada bagian penutup terdapat rangkuman, uji kompetensi, dan daftar pustaka. Bahan ajar dilengkapi dengan CD (*compact disk*) yang berisi video-video yang dapat menunjang dalam pembelajaran menggunakan bahan ajar hasil pengembangan. Berikut merupakan gambar mengenai beberapa bagian dalam tampilan bahan ajar hasil pengembangan.



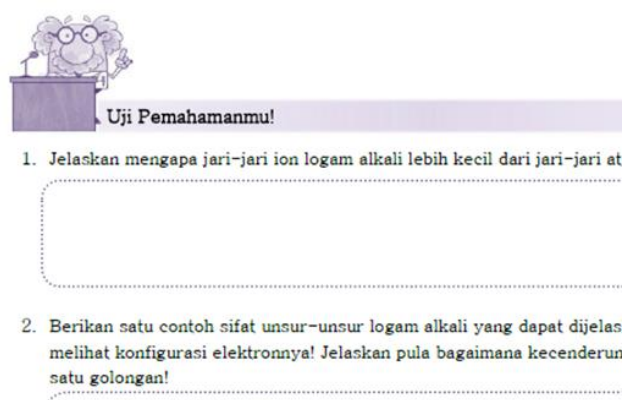
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 1. Tampilan Bahan Ajar

Pada Gambar 1a, pebelajar diajak untuk mengamati fenomena di sekitarnya yang kemudian dikaitkan dengan materi yang akan dipelajari. Pada Gambar 1b, pebelajar diberi serangkaian pertanyaan-pertanyaan yang dapat membantu dalam membangun konsepnya secara mandiri. Pada Gambar 1c, terdapat informasi-informasi menarik yang berhubungan dengan materi yang sedang dibahas. Pada Gambar 1d, terdapat soal-soal yang digunakan untuk menguji pemahaman pebelajar tentang materi yang telah dipelajari.

Kelayakan Bahan Ajar

Kelayakan bahan ajar hasil pengembangan dilihat dari kelayakan isi dan penyajian, kelayakan bahasa, dan kelayakan tata letak atau kegrafisan. Berdasarkan hasil validasi bahan ajar oleh dua validator, isi dan penyajian bahan ajar memiliki persentase kelayakan sebesar 94,38% dengan kriteria layak, bahasa yang digunakan dalam bahan ajar memiliki persentase kelayakan sebesar 100% dengan kriteria layak, dan tata letak atau kegrafisan bahan ajar memiliki persentase kelayakan sebesar 95,83% dengan kriteria layak. Bab 1 dalam bahan ajar mengenai kecenderungan sifat unsur-unsur logam alkali memiliki persentase kelayakan sebesar 96,53% dengan kriteria layak, bab 2 mengenai kelimpahan dan kegunaan unsur-unsur logam alkali memiliki persentase kelayakan sebesar 96,94% dengan kriteria layak, bab 3 mengenai ekstraksi unsur-unsur logam alkali memiliki persentase kelayakan sebesar 96, 53% dengan kriteria layak, dan bab 4 mengenai persenyawaan unsur-unsur logam alkali memiliki persentase kelayakan sebesar 96,94% dengan kriteria layak. Persentase total kelayakan bahan ajar berdasarkan persentase ke empat bab tersebut adalah 96, 74% dengan kriteria layak.

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan menghasilkan bahan ajar unsur dan persenyawaan logam alkali berbasis kontekstual yang terdiri atas tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, isi, dan penutup. Persentase total kelayakan bahan ajar berdasarkan persentase ke empat bab dalam bahan ajar adalah 96, 74% dengan kriteria layak sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan ajar hasil pengembangan layak untuk digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada mata kuliah kimia anorganik deskriptif.

DAFTAR PUSTAKA

- Barineka, N.J. 2014. Relative Effectiveness Of Context-Based Teaching Strategy On Senior Secondary Students' Achievement In Inorganic Chemistry In Rivers State. *AFRREV STECH An International Journal Of Science And Technology*. 3 (2): 160
- Basolo, F & Parry, R.W. 1980. An Approach to Teaching Systematic Inorganic Reaction Chemistry in Beginning Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*. 57 (11): 773
- BSNP. 2006. Standar Isi Untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar SMA/MA. Jakarta: BSNP
- Canham, G.R. & Overton, T. 2010. *Descriptive Inorganic Chemistry 5th Edition*. USA: W.H. Freeman and Company
- Chang, R. 2003. *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Dinas Pendidikan Nasional
- Dewit, D.G. 1994. Using Formal Charges in Teaching Descriptive Inorganic Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 71 (9): 750
- Dorhout, P.K. 2001. Teaching Chemistry In The New Century. *Journal of Chemical Education*. 78 (9): 1171
- House, J.E. & House, K.A. 2010. *Inorganic Chemistry 2nd Edition*. USA: Elsevier Inc.
- Housecroft, C.E. & Sharpe, A.G. 2005. *Inorganic Chemistry 2nd Edition*. England: Pearson Prentice Hall
- Ibnu, S. 2006. Inkuiri Dalam Pembelajaran Praktikum Kimia. Dalam I.W. Dasna & Sutrisno (Eds.), *Model – Model Pembelajaran Konstruktivisme dalam Pembelajaran Sains Kimia: Pendekatan Kontekstual dalam Pembelajaran Sains Kimia* (hlm. 156-169). Malang: Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang.
- Kemdiknas. 2010. *Petunjuk Teknis Pengembangan Bahan Ajar Sekolah Menengah Atas*. Jakarta: Kemdiknas.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Malm, L.E. 1956. Trends: Descriptive Inorganic Chemistry Against a Background of Summarizing Principles. *Journal of Chemical Education*. 33 (8): 390
- Magwilang, E. B. 2016. Teaching Chemistry in Context: Its Effects on Students' Motivation, Attitudes and Achievement in Chemistry. *International Journal of Learning, Teaching, and Educational Research*. 15 (4): 61
- Nentwig, P. M, dkk. 2007. Chemie in Kontext: Situating Learning in Relevant Context while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*. 84 (9): 1439
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S & Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Bloomington: Indiana University.
- Wulfsberg, G. 1983. A Piaget Learning-Cycle Laboratory Approach To Teaching Descriptive Inorganic Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 60 (9): 725
- Zumdhal, S.S., Zumdahl, S.L. & DeCoste, D.J. 2007. *World of Chemistry*. USA: Houghton Mifflin Company

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KESETIMBANGAN KIMIA UNTUK SISWA KELAS XI SMA/MA MENGGUNAKAN PENDEKATAN SAINTIFIK 5M

Muntholib, Yuneta Dwi Yunisari, Dermawan Afandy

S1 Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang 65145

E-mail: muntholib.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Tujuan pengembangan ini adalah mengembangkan Bahan Ajar Kesetimbangan Kimia untuk Siswa Kelas XI SMA/MA menggunakan pendekatan saintifik 5M dan mengetahui kelayakan isi, bahasa, sistematika penyajian, dan tampilannya. Pengembangan bahan ajar ini dilakukan dengan menerapkan model pengembangan *Four-D*, yakni *define* (pembatasan), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Namun demikian, pengembangan ini berhenti sampai tahap ketiga saja. Hasil validasi bahan ajar menunjukkan bahwa nilai rata-rata (1) kelayakan isi adalah 94,79% (sangat layak), (2) kelayakan bahasa sebesar 86,67% (sangat layak), (3) kelayakan sistematika penyajian 93,33%, dan (4) kelayakan tampilan adalah 91,67% (sangat layak). Uji keterbacaan bahan ajar menunjukkan bahwa subjek uji memberikan nilai rata-rata sebesar 83,50% (sangat layak). Dengan demikian, secara keseluruhan Bahan Ajar Kesetimbangan Kimia hasil pengembangan ini berkategori sangat layak dan dapat digunakan dalam pembelajaran.

Kata Kunci: pengembangan, bahan ajar, kesetimbangan kimia, pendekatan saintifik 5M

ABTRACT

The purpose of this development is to develop learning materials of Chemical Equilibrium and to know the eligibility of content, language, systematical presentation, and appearance of the learning materials. The product of the development is a students' book for grade XI that applies 5M scientific approach. The development applies *Four-D* model which was consisted of four stages i.e, *define*, *design*, *develop*, and *disseminate*. The development ended in third stages. The results of the validation shows that (1) the content feasibility is 94.79%, (2) the language feasibility is 86.67%, (3) the systematical presentation feasibility is 93.33%, and (4) the feasibility of appearance is 91.67%. The readability score of the teaching materials is 83.50%. Overall, the teaching materials is eligible and can be used in chemistry learning.

Key Words: development, teaching materials, chemical equilibrium, scientific approach 5M

PENDAHULUAN

Kurikulum 2013 menetapkan pendekatan saintifik sebagai pendekatan pembelajaran. Dalam kurikulum ini metode ilmiah disederhanakan menjadi lima langkah pembelajaran yang disebut sebagai lima pengalaman belajar (Permendikbud, 2014: 103). Konsekuensi dari penetapan pendekatan saintifik sebagai standar proses pembelajaran adalah dibutuhkan bahan ajar yang mengacu pada pendekatan saintifik. Bahan ajar yang mengacu pada pendekatan saintifik memiliki karakter metode ilmiah. Metode ilmiah merupakan langkah-langkah sistematis yang di dalamnya mengandung lima unsur pengalaman belajar yang meliputi kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. Berdasarkan kelima langkah pembelajaran tersebut dihasilkan suatu produk proses ilmiah yang berupa pengetahuan fakta, konsep, teori, hukum, dan prosedur.

Beberapa bahan ajar sudah dikembangkan untuk memenuhi tuntutan Kurikulum 2013. Namun, berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan pengembangan bahan ajar yang ada di lapangan, diketahui bahwa masih belum dikembangkan atau belum tersedia bahan ajar dengan materi kesetimbangan kimia berbasis pendekatan saintifik 5M yang memenuhi tuntutan Kurikulum 2013, khususnya bahan ajar dengan materi kesetimbangan kimia yang merupakan salah satu materi pokok pembelajaran kimia yang tercantum pada KD 3.9 dan 4.9. Padahal apabila ditinjau dari Kompetensi Dasar 3.9 dan 4.9 menuntut adanya pendekatan saintifik dalam proses pembelajaran materi kesetimbangan kimia yang mengisyaratkan bahwa siswa harus mampu menguasai materi kesetimbangan kimia dengan lima pengalaman belajar diantaranya dengan mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan.

Materi kesetimbangan kimia merupakan salah satu pokok bahasan kimia yang menjadi dasar materi untuk mempelajari materi kimia lainnya seperti sifat-sifat asam-basa, kelarutan, dan lain-lain. Menguasai materi kesetimbangan kimia berarti dapat memudahkan menguasai materi-materi tersebut. Selain itu menurut Effendy (2007:126) "kesetimbangan kimia sangatlah penting di semua bidang kimia, baik permesinan, sains kesehatan, geologi, dan di semua bidang yang mana kimia terlibat di dalamnya." Akan tetapi, pada kenyataannya siswa kurang memahami konsep dari kesetimbangan kimia itu sendiri dikarenakan materi kesetimbangan kimia disampaikan secara verbal dan simbolik kepada siswa.

Penyampaian materi kesetimbangan kimia dengan cara tersebut membuat siswa berfikir sulit dan menjadi enggan untuk mempelajari materi kesetimbangan kimia. Padahal di dalam proses pembelajaran materi kesetimbangan kimia, siswa tidak hanya dituntut untuk memahami materi tersebut namun juga diharapkan dapat membangun kognitifnya sendiri, sehingga pembelajaran yang didapatkan tidak hanya untuk *short-term memory* tapi juga *long-term memory*. Sehingga dibutuhkan suatu sumber belajar yang dapat digunakan guru dalam mengimplementasikan pembelajaran kesetimbangan kimia terhadap siswa untuk membantu siswa dalam membangun kemampuan kognitifnya.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan di atas, maka perlu dilakukan penelitian pengembangan dengan judul *Pengembangan Bahan Ajar Materi Kesetimbangan Kimia Menggunakan Pendekatan Saintifik 5M untuk Siswa Kelas XI*.

METODE

A. Model Pengembangan

Pengembangan bahan ajar ini dilakukan mengikuti model pengembangan *Four-D*. Model *Four-D* merupakan singkatan dari *define* (pembatasan), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran) yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974). Alasan digunakannya model pengembangan ini karena telah mencakup keseluruhan hal yang berkaitan dengan pengembangan bahan ajar menggunakan pendekatan saintifik 5M ini karena pada prinsipnya inti dari prosedur pengembangan produk sudah terwakili di sini. Tahapan pengembangan hanya dilakukan hingga tahap ketiga tidak sampai tahap keempat yang berupa tahapan penyebaran. Berikut paparan ketiga langkah tersebut.

1. Tahap Pembatasan (*Define*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pembatasan meliputi analisis pendahuluan, analisis peserta didik, dan perumusan tujuan pembelajaran. Analisis pendahuluan merupakan salah satu kegiatan prapengembangan untuk mengetahui kebutuhan siswa tentang masalah dasar yang dihadapi siswa dalam mempelajari materi kesetimbangan kimia dengan melakukan komunikasi informal terhadap sejumlah guru SMA kelas XI. Analisis peserta didik dilakukan untuk mengetahui karakteristik siswa yang akan menggunakan bahan ajar hasil pengembangan yang berupa pengetahuan awal siswa yang berkaitan dengan materi pembelajaran kesetimbangan kimia, format, dan bahasa yang dipilih disesuaikan dengan pola pikir siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran. Analisis peserta didik terdiri dari dua tahap yakni analisis konsep dan analisis tugas. Perumusan tujuan pembelajaran merupakan gabungan dari kegiatan yang telah dilakukan sebelumnya yakni analisis konsep dan analisis tugas. Hal ini menjadi dasar tujuan pengembangan untuk merancang dan

menyusun bahan ajar dengan materi kesetimbangan kimia dengan mengacu pada kompetensi inti dan kompetensi dasar sesuai Kurikulum 2013.

2. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang bahan ajar kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M. Tahapan ini terdiri dari dua tahapan utama yakni perancangan bahan ajar dan penyusunan bahan ajar. Bahan ajar yang akan dikembangkan disesuaikan dengan karakteristik materi kesetimbangan kimia dengan pendekatan saintifik 5M yang bersifat menarik untuk siswa dan nantinya akan menjadi acuan bagi pengembang untuk mengembangkan bahan ajar. Pengembang menyusun komponen bahan ajar kesetimbangan kimia yang akan dikembangkan berdasarkan materi dan format yang telah ditentukan. Susunan disesuaikan dengan langkah-langkah yang telah ditetapkan pada tahapan perancangan bahan ajar kesetimbangan kimia dan pemilihan pendekatan saintifik 5M yang ingin diterapkan pada siswa.

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahapan pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan bentuk akhir bahan ajar kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M setelah melalui revisi berdasarkan masukan para pakar ahli dan guru kimia. Tahapan pengembangan terdiri dari konsultasi dengan dosen pembimbing, revisi bahan ajar, validasi bahan ajar, analisis hasil validasi, dan perolehan bahan ajar. Draf rancangan bahan ajar yang telah disusun dikonsultasikan kepada dosen pembimbing untuk mendapatkan komentar dan masukan yang digunakan untuk perbaikan bahan ajar kesetimbangan kimia yang dikembangkan kemudian direvisi sesuai dengan masukan yang diterima. Bahan ajar yang dikembangkan setelah melalui konsultasi dan revisi berulang kali kemudian divalidasi untuk mendapatkan penilaian dari validator berupa penilaian dan saran untuk mengetahui kelayakan bahan ajar kesetimbangan kimia. Hasil validasi bahan ajar berupa data kualitatif dan kuantitatif yang selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat kelayakan bahan ajar. Setelah melalui rangkaian tahapan tersebut akan diperoleh bahan ajar kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M yang dinyatakan layak untuk diimplementasikan dalam proses pembelajaran.

B. Validasi Bahan Ajar

1. Desain Uji Coba

Validasi yang dilakukan merupakan validasi isi dan uji keterbacaan. Validasi isi merupakan validasi produk bahan ajar dengan menyerahkan angket ke sejumlah validator untuk mengetahui sejauh mana kelayakan bahan ajar kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M yang telah dikembangkan. Uji keterbacaan merupakan uji coba terbatas pada peserta didik untuk mengetahui tingkat keterbacaan bahan ajar yang berupa buku siswa.

2. Validator

Validasi isi dilakukan oleh satu orang dosen Jurusan Kimia dan dua orang guru kimia untuk menelaah dan mengevaluasi hasil pengembangan yang berupa buku siswa dengan materi kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M. Sedangkan untuk uji keterbacaan sebagai validasi empiris akan dilakukan oleh 10 orang siswa SMA kelas XI.

3. Jenis Data

Jenis data yang dikumpulkan pada kegiatan pengembangan ini adalah kualitatif dan kuantitatif. Data kuantitatif berupa nilai rata-rata angket yang dikuantitatifkan dengan skala Likert dan dinominalkan dengan angka persentase untuk mengetahui kelayakan bahan ajar, dan data kualitatif berupa saran, komentar, dan kritik dari validator sebagai bahan pertimbangan untuk merevisi produk.

4. Alat Pengumpulan Data

Alat penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian pengembangan ini adalah angket penilaian buku siswa. Angket terdiri dari dua bagian. Bagian pertama berupa daftar *checklist* yang di dalamnya terdapat skor menggunakan skala Likert dengan empat skala untuk mengetahui nilai kelayakan bahan ajar kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M.

Bagian kedua berupa kolom komentar atau saran sebagai bahan pertimbangan untuk merevisi produk bahan ajar.

5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data digunakan untuk mengolah data yang telah diperoleh. Teknik kualitatif dilakukan dengan cara menganalisis data kualitatif yang berupa data verbal yang diperoleh dari catatan tertulis berupa komentar, saran, atau masukan yang tertulis. Hasil data kualitatif angket validasi digunakan sebagai penilaian kelayakan bahan ajar. Di dalam angket validasi digunakan skala Likert empat tingkatan dengan kriteria dari masing-masing skala Likert ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Skala Likert

Skor	Keterangan
4	Skala 4, apabila responden memberikan penilaian sangat baik/menarik/layak/mudah/sesuai/tepat
3	Skala 3, apabila responden memberikan penilaian baik/menarik/layak/mudah/sesuai/tepat
2	Skala 2, apabila responden memberikan penilaian cukup baik/menarik/layak/mudah/sesuai/tepat
1	Skala 1, apabila responden memberikan penilaian kurang baik/menarik/layak/mudah/sesuai/tepat

(Modifikasi dari Arikunto, 2013:284)

Teknik kuantitatif merupakan pengolahan data kuantitatif yang diperoleh dari penyebaran angket ke dosen Jurusan Kimia dan guru kimia serta siswa yang kemudian dianalisis menggunakan teknik persentase penilaian. Hasil perhitungan persentase penilaian digunakan sebagai landasan dalam pengambilan keputusan lebih lanjut terhadap revisi produk. Jenjang kualifikasi kriteria hasil perhitungan persentase angket sebagai berikut.

Tabel 2. Kriteria Interpretasi Skor Penilaian Bahan Ajar

Persentase	Kriteria Validasi
86,01% - 100,00%	Sangat layak, atau dapat digunakan tanpa revisi
70,01% - 85,00%	Layak, atau dapat digunakan namun perlu direvisi sedikit
50,01% - 70,00%	Kurang layak, atau dapat digunakan namun perlu direvisi banyak
00,00% -50,00%	Tidak layak, tidak boleh dipergunakan

(Modifikasi dari Sa'dun, 2013:155)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Isi Komponen Bahan Ajar Hasil Pengembangan

Hasil pengembangan adalah buku siswa materi kesetimbangan kimia menggunakan pendekatan saintifik 5M untuk siswa SMA kelas XI yang dikembangkan berdasarkan Kompetensi Dasar 3.9 dan 4.9 yang tercantum pada Kurikulum 2013 tentang hubungan kuantitatif pereaksi dan hasil reaksi suatu reaksi kesetimbangan kimia.

Buku siswa ini disajikan dengan susunan : (1) sampul (*cover*), (2) kata pengantar, (3) daftar isi, (4) daftar tabel, (5) daftar gambar, (6) peta konsep, (7) pendahuluan, (8) kompetensi dasar, (9) indikator, (10) materi pembelajaran, (11) selingan kimia, (12) rangkuman, (13) uji kompetensi, (14) glosarium, dan (15) daftar pustaka.

B. Penyajian Hasil Uji Kelayakan Bahan Ajar

Kelayakan bahan ajar materi kesetimbangan kimia ini dideskripsikan berdasarkan proses validasi yang dilakukan oleh validator. Data yang didapat dari proses validasi ini digunakan untuk

mendeskripsikan kelayakan bahan ajar yang dikembangkan pada buku siswa. Data tersebut berupa data hasil uji kelayakan isi, bahasa, sistematika penyajian dan tampilan.

1. Hasil Uji Kelayakan Isi

Tabel 3 menunjukkan hasil penilaian kelayakan isi. Berdasarkan hasil konfirmasi tersebut dapat menunjukkan bahwa hasil pengembangan dari kelayakan isi menurut ketiga validator adalah sangat layak digunakan dalam pembelajaran materi kesetimbangan kimia dengan persentase sebesar 94,79%. Penilaian meliputi dari segi (1) elemen isi dengan persentase 90,63%, (2) kebenaran materi dengan persentase 93,75% , dan (3) kemutakhiran materi dengan persentase sebesar 100%.

Tabel 3 Data Hasil Validasi Kelayakan Isi

No.	Butir Penilaian	Rata-rata Skor	%	Kategori
1.	Elemen isi	10,88	90,63%	Sangat layak
2.	Kebenaran materi	11,25	93,75%	Sangat layak
3.	Kemutakhiran materi	12	100%	Sangat layak
Rata-rata Total		11,38	94,79%	Sangat layak

Sedangkan dalam data kualitatif diperoleh beberapa saran yakni sebaiknya diberikan pendahuluan di dalam bahan ajar sebagai wawasan pembuka dan motivasi bagi siswa dan latihan soal di setiap subbab diperbanyak.

2. Hasil Uji Kelayakan Bahasa

Penilaian aspek kelayakan bahasa bahan ajar berkaitan dengan kesesuaian bahasa dengan tingkat perkembangan berpikir siswa dan kaidah Bahasa Indonesia, kejelasan istilah, kemudahan kalimat untuk dipahami pembaca, dan bahasa yang digunakan efektif dan efisien. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan persentase sebesar 86,67% yang menunjukkan bahwa kelayakan hasil pengembangan dari segi bahasa termasuk dalam kriteria sangat layak digunakan dalam pembelajaran. Sedangkan dalam data kualitatif diperoleh saran untuk penggunaan bahasa pada kegiatan praktikum siswa sebaiknya digunakan bahasa yang praktis dan mudah dimengerti oleh siswa melalui alur kerja.

3. Hasil Uji Kelayakan Sistematika Penyajian

Penilaian aspek sistematika penyajian dalam buku siswa berkaitan dengan keruntutan konsep, ketepatan isi, kejelasan perumusan indikator, interaktivitas siswa dalam buku siswa, dan kemampuan buku siswa dalam mendorong siswa mengembangkan kompetensi berpikir kritis dalam pemecahan masalah. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan persentase sebesar 93,33% yang menunjukkan bahwa kelayakan hasil pengembangan dari segi sistematika penyajian termasuk dalam kriteria sangat layak digunakan dalam pembelajaran.

4. Hasil Uji Kelayakan Tampilan

Penilaian aspek tampilan dalam buku siswa berkaitan dengan kemenarikan *layout*, *font*, gambar, tabel, dan skema yang ada dalam bahan ajar. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan persentase sebesar 91,67% yang menunjukkan bahwa kelayakan hasil pengembangan dari segi tampilan termasuk dalam kriteria sangat layak digunakan dalam pembelajaran. Sedangkan dalam data kualitatif diperoleh beberapa saran yakni (1) sebaiknya diberikan ilustrasi yang menarik untuk teks yang panjang dalam bahan ajar, (2) pada kegiatan praktikum sebaiknya diberikan ilustrasi gambar untuk mempermudah siswa dalam memahami prosedur percobaan, dan (3) penomoran pada beberapa tabel yang perlu dibenahi.

C. Penyajian Hasil Uji Keterbacaan

Uji keterbacaan bahan ajar yang dilakukan pada 10 siswa SMA kelas XI secara kuantitatif berkategori layak dengan persentase rata-rata penilaian sebesar 83,50% . Sedangkan secara kualitatif terdapat beberapa saran dari siswa yakni pertama, *cover* dan *lay out* buku siswa sebaiknya dibuat

sederhana dengan perpaduan warna yang menarik. Kedua, sebaiknya gambar di dalam buku siswa diperbanyak untuk lebih memotivasi siswa. Saran perbaikan tersebut sudah dilaksanakan sesuai dengan saran pada hasil revisi pengembangan.

PENUTUP

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa Bahan Ajar Keseimbangan Kimia dengan Pendekatan Saintifik 5M Hasil Pengembangan ini valid dari segi isi, bahasa, tampilan, dan sistematika penyajian dan layak digunakan dalam pembelajaran. Namun demikian, penggunaan Bahan Ajar Hasil Pengembangan ini perlu memperhatikan konteks pembelajaran, yakni ketersediaan media, pengetahuan awal siswa, dan kompetensi saintifik siswa. Di samping itu, sebelum dilakukan desiminasi yang lebih luas perlu dilakukan *pilot study* untuk mengetahui efektifitasnya. Untuk menghasilkan bahan ajar keseimbangan kimia yang utuh dengan satu pendekatan, pengembangan ini perlu dilanjutkan ke materi keseimbangan kimia lain yang masih tersisa.

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2013. *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Atsnan. M.F. & Gazali, R.Y. 2013. *Penerapan Pendekatan Scientific dalam Pembelajaran Matematika SMP Kelas VII Materi Bilangan (Pecahan)*. Prosiding. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Budiarto, I.D. 2014. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Kimia Berbasis Konstruktivistik dan Konstektual untuk SMA/MA kelas XI pada Materi Pokok keseimbangan Kimia*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : FMIPA Universitas Negeri Malang
- Daryanto & Dwicahyono, A. 2014. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran (Silabus, RPP, PHB, Bahan Ajar)*. Yogyakarta: Gava Media
- Effendy. 2007. *A-Level Chemistry for Senior High School Students volume 2A*. Malang: Bayumedia Publishing
- Machin, A. 2014. Impelementasi Pendekatan Saintifik, Penanaman Karakter, dan Konservasi pada Pembelajaran Materi Pertumbuhan. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(1). (Online), (<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jpii>), diakses 20 Maret 2016
- Maharani, S. 2015. *Pengembangan Bahan Ajar Menggunakan Pendekatan Saintifik untuk Mengeksplisitkan Hakikat Sains (NOS) dan Berfikir Kritis pada Materi Termokimia*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : FMIPA Universitas Negeri Malang
- Nadhifa, S.A. 2015. *Pengembangan Bahan Ajar Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan Berdasarkan Pendekatan POGIL untuk Siswa SMA/MA Kelas XI Program IPA*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang
- Permendikbud. 2014. *Pembelajaran pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Permendikbud. 2013. *Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Premono, S., Wardhani, A., & Hidayati, N. 2009. *BSE Kimia SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: PT Pustaka Insan Madani
- Sa'dun, A. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosda Karya
- Setyosari, P.. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan Edisi Ketiga*. Jakarta: Kencana Prenadamedia Group
- Setyowati, I. 2013. *Modul Kimia 2A untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah*. Malang: SMA Laboratorium Malang
- Thiagarajan, S., Semmel, D.G., & Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children : A Sourcebook*. Washington D.C: Indiana University.

**PENGEMBANGAN BUKU AJAR KIMIA SMA/MA
PADA MATERI TERMOKIMIA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN
PESERTA DIDIK**

Muchammad Darus ^{a,*}, Oktavia Sulistina ^a, Yahmin ^a

^a Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang 65145

*Correspondence author's email: muchammaddarus45@gmail.com

ABSTRAK

Hasil pembelajaran menunjukkan bahwa peserta didik mengalami kesulitan dan miskonsepsi pada materi termokimia. Salah satu penyebabnya adalah bahan ajar. Bahan ajar yang digunakan selama ini, hanya berupa susunan definisi dan ringkasan materi yang tidak memperhatikan kesulitan belajar peserta didik. Salah satu bahan ajar yang telah dapat mengatasi kesulitan belajar adalah buku ajar. Oleh karena itu, dibutuhkan buku ajar yang dapat mengatasi kesulitan belajar dan miskonsepsi, sehingga dapat membantu meningkatkan pemahaman peserta didik pada materi termokimia. Penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan buku ajar pada materi termokimia untuk meningkatkan pemahaman peserta didik dan mengetahui kelayakannya dengan menggunakan validasi isi dan uji keterbacaan. Model pengembangan buku ajar ini mengadaptasi model penelitian dan pengembangan pembelajaran menurut Thiagarajan (1974) dengan modifikasi. Hasil validasi isi dan uji keterbacaan menghasilkan persentase kelayakan sebesar 90% dan 86%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa, buku ajar termokimia sangat layak digunakan sebagai sumber belajar, baik dalam pembelajaran di kelas maupun secara mandiri.

Kata kunci: buku ajar, termokimia, kesulitan belajar, konflik kognitif, perubahan konsep

ABSTRACT

Learning outcomes showed that students experienced learning difficulties and misconceptions on thermochemistry. One the caused of it were learning materials. Learning materials that had been used only in the form of the composition of the definition and summary materials that didn't pay attention the students learning difficulties. One of the learning materials that had been able to overcome the learning difficulties was textbook. Therefore, the required textbook can overcome learning difficulties and misconceptions, so that it can help to improve students' understanding on thermochemistry. The aims of this research and development was to produce a thermochemistry textbook to improve the students' understanding and determined its eligibility using the content validation and legibility test. The textbook development model adapted learning research and development model by Thiagarajan (1974) with modifications. The results of contents validation and legibility produced eligibility percentage 90% and 86%. This results of the contents validation and legibility test showed that the thermochemistry textbook was very suitable as a learning source, both in the classroom as well as independently.

Keywords: textbook, thermochemistry, learning difficulties, cognitive conflict, conceptual change

PENDAHULUAN

Termokimia merupakan salah satu topik yang dianggap sulit oleh peserta didik. Hal ini disebabkan termokimia mempelajari kuantitas kalor yang dilepas atau diserap oleh suatu reaksi kimia (Effendy, 2012:30). Penentuan kuantitas kalor dalam suatu reaksi kimia ditentukan menggunakan

konsep matematika. Konsep matematika tersebut yang salah satunya menjadi kesulitan peserta didik (Sokrat *et al*, 2014). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa, peserta didik kesulitan tentang kalor, kapasitas kalor, energi ikatan, dan $q = m.c.\Delta T$ (Chang, 2010). Peserta didik juga sulit memahami tentang hukum Hess sehingga, peserta didik membutuhkan untuk dibelajarkan lagi (Johnstone, 2006). Kesulitan terbanyak yang dialami oleh peserta didik adalah dalam hal membedakan energi kalor dan suhu (Saricayir *et al*, 2016; Alwan, 2011; Nottis *et al*, 2010; Chang, 2010; Niaz, 2006; Baser, 2006; Sozibilir, 2001).

Termokimia menjadi topik yang sulit karena dipelajari dengan cara dihafalkan. Hal ini bertolak belakang dengan sifat dasar termokimia yang terkait erat dengan termodinamika kimia. Kedua subyek bersifat hakiki untuk pemahaman kimia (Keenan *et al*, 1979:473). Termodinamika mempunyai konsep makroskopik dan model-model yang ahli kimia gunakan untuk menjelaskan dan memprediksi sifat-sifat zat serta proses kimia (Talanquer, 2011). Konsep makroskopik dalam termodinamika merupakan bagian dari pengalaman sehari-hari peserta didik. Hal tersebut membuat banyak multi tafsir ketika topik dibahas dalam sudut pandang sains (Saricayir *et al*, 2016).

Multi tafsir tersebut bila tidak dibahas akan mengakibatkan banyak kesalahan konsep. Terbukti dalam penelitian sebelumnya, banyak sub-topik dalam termokimia yang mengalami kesalahan konsep (Maulida, 2012; Rohma, 2012; Rosalyn, 2012; Saricayir *et al*, 2016; Alwan, 2011). Multi tafsir yang dibahas dengan mengambil miskonsepsi menjadi pertimbangan-pertimbangan, dengan menyediakan aktivitas kelas dan laboratorium akan dapat membantu peserta didik menghindari miskonsepsi (Al-Balushi *et al*, 2012). Oleh karena itu, dalam mempelajari dan membelajarkan termokimia diperlukan penekanan terhadap konsep makroskopis dengan pendekatan kontekstual (Alwan, 2011), konsep representasi serta konsep matematika seperti pada termodinamika.

Banyaknya multi tafsir yang dimiliki oleh peserta didik mengharuskan pembelajaran menghubungkan pengalaman hidup dengan pengetahuan. Pada kenyataannya, peserta didik kesulitan membuat koneksi antara pengetahuan dengan pengalaman hidup mereka (Alwan, 2011; Calik and Ayas, 2005). Oleh karena itu, diperlukan suatu cara untuk mengatasi kesulitan tersebut. Salah satu cara untuk menghubungkan pengalaman hidup dengan pengetahuan adalah menggunakan strategi konflik kognitif dan model perubahan konseptual. Ketika terdapat ketidaksesuaian antara peristiwa-peristiwa yang pernah dialami dengan ekspektasi intelektual peserta didik, sehingga melahirkan ketidakpuasan terhadap pikiran peserta didik mengenai konsep alternatif yang dimilikinya, maka akan terjadi konflik kognitif (Makhrus, Tanpa Tahun). Perubahan konseptual adalah perubahan kerangka kerja konseptual yang dibangun dalam struktur kognitif peserta didik untuk memahami fenomena (Jonassen *et al*, 2005). Asimilasi dan akomodasi, yang diperkenalkan oleh Piaget (1950), dianggap menjadi kondisi yang diperlukan untuk perubahan konseptual. Suatu perubahan dalam konsepsi terjadi ketika suatu peristiwa tidak dapat diasimilasikan dengan konsep yang ada, sehingga menyebabkan akomodasi berlangsung (Baser, 2006).

Banyaknya miskonsepsi yang terjadi dalam termokimia bukan hanya disebabkan karena sifat dasar konsepnya saja. Hal tersebut juga disebabkan antara lain: 1. Metode dan bahan ajar yang tidak layak (Barke *et al*, 2009; Al-Balushi *et al*, 2012); 2. Budaya dan bahasa mempengaruhi dengan kuat dalam pengembangan konsepsi siswa (Alwan, 2011); 3. Terminologi dan bahasa ilmiah, zat yang terlibat khusus, partikel-partikel serta simbol kimia yang tidak dibedakan secara jelas (Barke *et al*, 2009). Penyebab paling dominan yang membuat banyaknya miskonsepsi adalah bahan ajar (Al-Balushi *et al*, 2012).

Materi pada termokimia akan dapat dipahami tanpa menimbulkan miskonsepsi, jika guru dapat menerapkan bahan ajar yang baik serta, sesuai dengan karakter peserta didik. Hal tersebut sesuai dengan fungsi bahan ajar yang dibuat untuk membantu peserta didik memahami topik dengan lebih mudah (Situmorang *et al*, 2015). Pada kenyataannya, sering kali bahan ajar yang digunakan oleh peserta didik, hanya berupa susunan definisi dan ringkasan materi yang tidak memperhatikan kesulitan yang dialami peserta didik. Hal tersebut kurang tepat karena materi hanya sekedar diketahui tanpa dipahami maknanya, seharusnya bahan ajar disusun secara hirarki yang berganti dari materi satu ke materi lainnya (Barke *et al*, 2009), agar mempermudah pemahaman peserta didik.

Penggunaan bahan ajar yang kurang tepat tersebut bukan sepenuhnya kesalahan guru. Selama ini, guru hanya dituntut membuat bahan ajar yang sesuai dengan kurikulum. Hal tersebut membuat guru yang selama ini menyusun bahan ajar dengan versi mereka sendiri, beralih menerapkan versi

kurikulum (Lowe & Appleton, 2014). Perubahan kurikulum yang sering terjadi di Indonesia menambah beban guru dalam membuat bahan ajar. Bagaimanapun sering terjadi, jam pelatihan tidak memadai untuk menyiapkan guru menerapkan kurikulum baru (Ahmad, 2014).

Bahan ajar yang disusun dengan menerapkan versi kurikulum, belum tentu memperhatikan kesulitan yang dialami oleh peserta didik dan sesuai dengan hirarki materi. Kita telah mengetahui bersama bahwa, salah satu yang menjadi kesulitan belajar peserta didik adalah tidak dikuasainya pengetahuan prasyarat (Supraba, 2015; Rohma, 2012; Barke *et al*, 2009). Hal ini disebabkan karena susunan materi yang disajikan berdasarkan kurikulum, kurang mempertimbangkan kehirarkian materi. Terbukti pada KTSP dan K13 terdapat perbedaan susunan materi.

Penggunaan pendekatan pembelajaran yang salah juga merupakan salah satu penyebab kesulitan belajar. Pada kenyataannya, di dalam kurikulum 2013 yang belum direvisi, pendekatan yang digunakan dalam pembelajaran hanya menekankan pendekatan saintifik (Ahmad, 2014). Hal tersebut bertentangan dengan fakta bahwa, materi yang banyak mengandung konsep makroskopik seperti termokimia memerlukan tidak hanya pendekatan saintifik tetapi juga pendekatan kontekstual. Hal ini membuat kesalahan konsep yang dialami oleh peserta didik pada materi termokimia belum dapat teratasi (Saricayir *et al*, 2016). Masalah-masalah di atas terjadi karena ketersediaan bahan ajar yang mempertimbangkan kesulitan peserta didik, dengan materi yang hirarki dan pendekatan yang sesuai masih sedikit.

Salah satu bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran adalah buku ajar. Buku ajar merupakan salah satu alat pembelajaran utama yang digunakan peserta didik untuk memperoleh pengetahuan (Irez, 2009; Köseoğlu & Taşdelen, 2008). Buku ajar juga memfasilitasi pemilihan materi oleh guru dan memberikan orientasi bagaimana materi diajarkan (Shehab & BouJaoude, 2016). Oleh sebab itu, buku ajar sangat berperan penting dalam pembelajaran.

Buku ajar digunakan oleh peserta didik untuk memperoleh pengetahuan. Perolehan pengetahuan tersebut tidak akan tercapai jika peserta didik hanya membaca buku ajar, tanpa mempelajarinya. Kegiatan mempelajari buku ajar yang selama ini dilakukan hanya untuk menjawab pertanyaan yang diberikan oleh guru. Hal tersebut tidak sesuai dengan harapan bahwa, buku ajar tidak ditulis hanya untuk dibaca *cover-to-cover* tetapi untuk mempelajari sifat sains dan peran sains dalam kehidupan sehari-hari (Carter & Mayer, 1988). Oleh karena itu, agar buku ajar dapat menjadi bahan ajar yang digunakan untuk memperoleh pengetahuan, kita harus menyediakan buku ajar yang dapat dibaca oleh peserta didik.

Buku ajar yang dapat dibaca oleh peserta didik bukan hanya sekedar buku teks, melainkan buku yang menyediakan informasi yang menarik bagi peserta didik. Buku terbaik menyediakan sejarah, filosofi, motivasi, penemuan, percobaan sains dan saintis (Carter & Mayer, 1988). Buku yang menarik adalah buku yang menyediakan informasi yang *up-to-date* dan berhubungan dengan pengalaman dalam kehidupan peserta didik (Al-Balushi *et al*, 2012; Alwan, 2011; Barke *et al*, 2009). Buku terbaik dan menarik dapat dikombinasikan dengan mengedepankan aspek pengetahuan awal yang dimiliki oleh peserta didik. Hal tersebut dilakukan agar peserta didik yang mengalami kesulitan tidak menjadi bertambah sulit dan peserta didik yang telah paham konsep tidak menjadi salah konsep. Hasil penelitian membuktikan bahwa, buku ajar telah dapat meningkatkan pemahaman peserta didik dan mengatasi kesulitan peserta didik (Ali, 2012).

Buku ajar yang mengatasi kesulitan peserta didik adalah buku ajar yang memperhatikan kesulitan peserta didik dalam mempelajari materi. Buku ajar tersebut menyediakan alternatif-alternatif pemecahan masalah, sehingga peserta didik dapat memahami materi dengan lebih mudah. Sebelum penyusunan buku ajar tersebut, penulis harus menyelidiki setiap kesulitan peserta didik dalam memahami materi dalam buku ajar. Penyelidikan tersebut salah satunya untuk mencari penyebab kesulitan dan alternatif pemecahannya. Oleh karena itu penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk 1) menghasilkan buku ajar pada materi termokimia, 2) mengetahui kelayakan buku ajar dengan menggunakan validasi isi dan uji keterbacaan.

METODE

Pada pengembangan bahan ajar ini, model pengembangannya mengadaptasi model penelitian dan pengembangan pembelajaran menurut Thiagarajan (1974) dengan modifikasi. Langkah-langkah penelitian dan pengembangan pembelajaran menurut Thiagarajan adalah (1) tahap pendefinisian

(*Define*), (2) tahap perancangan (*Design*), (3) tahap pengembangan (*Develop*), dan (4) tahap pendiseminasian (*Disseminate*), namun pada penelitian ini dibatasi hanya sampai tahap 3 yaitu tahap *develop* (tahap pengembangan), sampai uji keterbacaan terbatas kemudian dianalisis dan dilakukan revisi.

Prosedur Pengembangan

Prosedur penelitian dan pengembangan ini mengacu pada langkah-langkah pengembangan menurut Thiagarajan seperti yang telah dibahas sebelumnya.

Define

Tujuan dari kegiatan pada tahap ini adalah untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Syarat-syarat pembelajaran tersebut ditentukan berdasarkan antara lain: kajian pustaka dan wawancara mengenai kesulitan belajar termokimia (Tabel 5 pada Lampiran 1) beserta penyebabnya, analisis peserta didik, penyusunan peta konsep dan materi utama, serta perumusan tujuan pembelajaran.

Berdasarkan hasil kajian pustaka dan wawancara pada 4 guru kimia SMA, salah satu penyebab kesulitan dalam memahami materi termokimia adalah bahan ajar yang tidak layak (Barke *et al*, 2010; Al-Balushi *et al*, 2012; Dokumen pribadi, 2015). Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan ajar yang sistematis dengan mempertimbangkan kehirarkian materi termokimia serta dapat mengatasi kesulitan peserta didik dalam memahami materi termokimia.

Kemudian dilakukan kajian tentang karakteristik peserta didik. Karakteristik yang dimiliki oleh peserta didik yaitu multi persepsi, sehingga ketika dihadapkan pada konsep termokimia yang bersifat makroskopik (kontekstual), peserta didik mengalami kesulitan. Oleh karena itu, terlebih dahulu peserta didik perlu diberikan peristiwa berupa pengalaman hidup sehari-hari. Peristiwa tersebut disajikan dalam pernyataan dan pertanyaan untuk mengubah konsepsi. Hal ini bertujuan agar ketika peristiwa tersebut dibahas dalam sudut pandang kimia, peserta didik akan mengalami ketidakpuasan terhadap konsep alternatif yang mereka miliki (konflik kognitif).

Selanjutnya disusun sebuah peta konsep yang digunakan untuk menentukan susunan dan mengetahui keluasan materi. Selain itu, dikaji juga materi utama yang disajikan pada buku ajar. Materi utama yang disajikan pada buku ajar dibagi menjadi lima sub-bab antara lain: 1) energi, suhu, panas, dan kalor, 2) sistem dan lingkungan; 3. reaksi eksoterm dan endoterm, 4) entalpi dan perubahannya, 5) penentuan perubahan entalpi. Berdasarkan peta konsep dan materi utama disusunlah tujuan pembelajaran.

Design

Tujuan tahap ini adalah untuk mendesain prototipe materi pembelajaran. Dalam tahap ini bisa dimulai setelah seperangkat tujuan pembelajaran telah disusun. Pemilihan dan pembuatan media dan format untuk pengembangan bahan ajar merupakan aspek penting dalam tahap ini.

Langkah pertama yaitu dilakukan pemilihan media yang tepat untuk materi termokimia, dalam hal ini media yang dipilih berupa media cetak berupa buku. Selain itu, diperlukan juga beberapa media pendukung lain berupa gambar atau foto mengenai termokimia yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, bahan dan alat untuk kegiatan praktikum, serta media-media lain.

Langkah kedua dilakukan pemilihan format pada buku ajar. Pemilihan format yang tepat tergantung pada komponen-komponen yang akan digunakan. Komponen-komponen yang akan digunakan tersebut antara lain: pengetahuan prasyarat, ingatkah anda, eksperimen, ilustrasi, harfiah, tips, trik, soal dan penyelesaian, gagasan inti, aplikasi termokimia dan uji pemahaman. Salah satu komponen yang digunakan dalam bahan ajar adalah “Ingatkah anda” berfungsi sebagai pernyataan dan pertanyaan untuk mengubah konsepsi. Hal ini bertujuan agar ketika pernyataan tersebut dibahas dalam sudut pandang kimia, peserta didik akan mengalami ketidakpuasan terhadap konsep alternatif yang mereka miliki (konflik kognitif). Pembahasan tentang peristiwa dalam kehidupan sehari-hari dilakukan dengan berbagai cara, antara lain: diawali dengan aktivitas laboratorium, menggunakan ilustrasi dan data-data penunjang kebenaran konsep. Semua hal tersebut dilakukan agar peserta didik dapat mengatasi miskonsepsi yang dialaminya.

Langkah berikutnya yaitu menentukan rancangan awal buku ajar. Rancangan awal buku ajar yang dikembangkan meliputi tiga bagian, yaitu: 1) Bagian pembuka (pendahuluan) terdiri dari halaman muka, kata pengantar, daftar isi, daftar ilustrasi, daftar pengetahuan prasyarat, daftar tabel, daftar gambar, tentang buku (terdiri dari deskripsi buku secara umum, pembaca buku, dan petunjuk penggunaan buku). 2) Bagian inti memuat komponen utama buku yang disusun agar dapat mengatasi kesulitan belajar peserta didik. 3) Bagian penutup terdiri dari rangkuman, kunci jawaban, glosarium, referensi, indeks, data-data perubahan entalpi standar, faktor konversi, Sistem Periodik Unsur dan tentang penulis.

Develop

Tahap ini dilakukan untuk menghasilkan produk pengembangan buku ajar yang didapatkan dari draf awal hasil perancangan sebelumnya dan dari beberapa revisi dan masukkan validator. Kegiatan yang dilakukan dalam tahap ini yaitu konsultasi dengan pembimbing, revisi buku ajar, validasi buku ajar, uji keterbacaan, serta analisis hasil validasi dan uji keterbacaan

Pada konsultasi dengan pembimbing, pengembang menelaah draf desain pengembangan bersama dosen pembimbing. Setelah itu, dilakukan revisi buku ajar untuk menyempurnakan buku ajar yang dihasilkan dengan memperbaiki bagian-bagian yang perlu direvisi menurut dosen pembimbing saat konsultasi.

Validasi buku ajar bertujuan memperoleh data berupa penilaian dan saran-saran validator untuk mengetahui kelayakan hasil pengembangan buku ajar. Validasi ahli buku ajar dilakukan oleh satu dosen Jurusan Kimia FMIPA UM dan dua guru kimia SMA. Para validator diminta untuk mengevaluasi buku ajar yang telah dikembangkan, mencakup desain, format, bahasa, konsep, dan kesesuaian isi dengan tujuan yang telah ditetapkan. Umpan balik dari review validator digunakan untuk merevisi buku ajar sehingga, materi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diharapkan dan mudah digunakan dalam pembelajaran. Produk buku ajar yang sudah divalidasi kemudian dilakukan uji keterbacaan pada 10 peserta didik SMA yang telah menempuh materi termokimia.

Analisis hasil validasi dan uji keterbacaan bertujuan untuk menyempurnakan produk akhir buku ajar dengan memperbaiki bagian-bagian yang perlu diperbaiki berdasarkan hasil penelitian dan saran para validator serta peserta didik. Analisis hasil validasi dan uji keterbacaan dapat dilakukan dengan menghitung persentase kelayakan buku ajar.

Validasi Isi dan Uji Keterbacaan

Validasi isi dan uji keterbacaan dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari buku ajar yang dikembangkan. Selain itu, untuk mengetahui tingkat kemudahan peserta didik dalam memahami isi buku ajar. Pada validasi isi dan uji keterbacaan ini akan dibahas terkait desain, subjek, jenis data, instrumen pengumpulan data, dan teknik analisis data.

Validasi isi dilakukan dengan cara memberikan angket kepada subjek validasi isi. Uji keterbacaan dilakukan dengan cara pengisian angket yang memuat 26 aspek penilaian kepada subjek uji keterbacaan. Subjek validasi isi adalah tiga orang validator, satu dosen Jurusan Kimia FMIPA UM dan dua guru kimia SMA, sedangkan subjek uji keterbacaan dilakukan oleh 10 peserta didik SMA.

Jenis data yang dikumpulkan merupakan data kualitatif dan kuantitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil angket penilaian produk pengembangan dalam bentuk angka yang menggunakan skala likert untuk mengetahui kelayakan buku ajar. Data kualitatif diperoleh dari kritik, saran, dan komentar yang diberikan oleh validator dan subjek uji keterbacaan sebagai bahan pertimbangan untuk memperbaiki buku ajar yang dikembangkan.

Instrumen pengumpulan data menggunakan angket validasi isi dan angket uji keterbacaan. Angket validasi isi ini terdiri dari dua bagian. Bagian pertama berupa daftar ceklist yang terdiri dari 19 aspek penilaian. Bagian kedua berisi kolom komentar dan saran mengenai buku ajar serta mengenai kemenarikan dan kelayakan buku ajar. Komentar dan saran ini diberikan sebagai bahan untuk merevisi buku ajar. Angket uji keterbacaan meliputi 26 pertanyaan dalam bentuk pilihan ganda dan lembar kritik dan saran terkait buku ajar. Tiap aspek dalam angket diberi nilai menggunakan skala likert untuk mengetahui kelayakan buku ajar. Skala penilaian yang termuat dalam angket adalah sebagai berikut.

Tabel. 1 Angket Skala Penelitian

5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Cukup baik	Kurang baik	Sangat kurang baik
Sangat mudah	Mudah	Cukup mudah	Kurang mudah	Sangat kurang mudah
Sangat jelas	Jelas	Cukup jelas	Kurang jelas	Sangat kurang jelas
Sangat menarik	Menarik	Cukup menarik	Kurang menarik	Sangat kurang menarik
Sangat tepat	Tepat	Cukup tepat	Kurang tepat	Sangat kurang tepat
Sangat sesuai	Sesuai	Cukup sesuai	Kurang sesuai	Sangat kurang sesuai

(Sumber: Sugiyono, 2015:135)

Teknik analisis data kualitatif adalah teknik deskriptif sedangkan data kuantitatif dianalisis menggunakan teknik persentase. Teknik deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2015: 207-208). Pada teknik persentase, digunakan untuk mengetahui uji kelayakan suatu produk yang mengacu pada rentang nilai tertentu.

Kesimpulan hasil perhitungan persentase diketahui melalui rentang kriteria perhitungan persentase. Hasil perhitungan persentase menentukan kelayakan dari buku ajar yang dikembangkan. Berikut jenjang kriteria perhitungan persentase.

Tabel 2 Kriteria interpretasi Skor Penilaian Bahan Ajar

Persentase	Kriteria Validasi
85,01% – 100%	Sangat valid (tidak revisi)
70,01% -85,00%	Layak (dapat digunakan, namun perlu revisi kecil)
50,01% – 70,00%	Kurang Layak (boleh digunakan namun revisi besar)
01,00% – 50,00%	Tidak Layak (tidak boleh digunakan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Buku Ajar Termokimia

Buku ajar termokimia ini dikembangkan sesuai dengan rancangan awal seperti yang telah dituliskan pada Metode. Penyajian buku ajar dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: bagian pembuka, inti dan penutup. Berikut ini paparan beberapa komponen pada bagian inti:

Ingatkah Anda

Ingatkah Anda berfungsi sebagai pernyataan dan pertanyaan untuk mengubah konsepsi. Pernyataan dan pertanyaan tersebut dapat berupa pengalaman hidup sehari-hari yang dapat menyebabkan miskonsepsi atau pre-konsep yang belum teratasi. Dengan adanya “Ingatkah anda” ini diharapkan ketika pernyataan dan pertanyaan tersebut dibahas dalam sudut pandang kimia, peserta didik akan mengalami ketidakpuasan terhadap konsep alternatif yang mereka miliki (konflik kognitif).

Itulah salah satu ciri reaksi eksoterm dan endoterm. Apakah ada ciri-ciri yang lain, bahwa suatu reaksi berlangsung eksoterm dan endoterm?

? Apa saja karakteristik reaksi Eksoterm dan Endoterm?

Ingatkah anda?

- Perhatikan **Gambar C.1!** Ketika para kuli bangunan membuat bahan campuran semen dengan mencampurkan gamping (kapur tohor) dengan air, timbul asap dan tempat pencampurannya menjadi terasa panas di tangan.
- Perhatikan **Gambar C.2!** Pada saat pak tani menaburkan pupuk Urea di sawah, air sawah menjadi terasa lebih dingin dari biasanya.

Dua kejadian di atas merupakan contoh reaksi eksoterm dan endoterm. Perubahan suhu yang signifikan pada kedua kejadian merupakan bukti yang menandakan reaksi tersebut berlangsung.

- Manakah reaksi yang berlangsung eksoterm atau endoterm?
- Benarkah semua reaksi eksoterm dan endoterm ditandai dengan perubahan suhu?




Gambar C.1 ▲ Gamping + air

Gambar C.2 ▲ Urea + air

Gambar 1 Komponen Ingatkah Anda

Pada saat membahas Sub-bab reaksi eksoterm dan endoterm, salah satu kesalahan konsep yang dialami oleh peserta didik yaitu menganggap bahwa reaksi eksoterm dan endoterm ditandai dengan perubahan suhu. Hal tersebut disebabkan karena peserta didik melakukan aktivitas laboratorium yang kurang lengkap. Kesalahan konsep tersebut dapat diatasi dengan “Ingatkah Anda”.

Ketika peserta didik membaca pernyataan dan pertanyaan pada “Ingatkah Anda”, peserta didik diharapkan memiliki jawaban menurut diri mereka sendiri (berdasarkan pengalaman hidup mereka). Setelah peserta didik memiliki jawaban, peserta didik akan diberikan komponen-komponen buku lainnya untuk merubah konsep yang mereka punya (atau mendukung konsep bila tidak mengalami miskonsepsi). Komponen buku tersebut bisa berupa Eksperimen atau Ilustrasi tergantung kebutuhan. Komponen buku yang lainnya tersebut yang akan membuat peristiwa yang peserta didik alami tidak sesuai dengan ekspektasi intelektual mereka sehingga melahirkan ketidakpuasan terhadap konsep alternatif yang dimilikinya.

Eksperimen

Eksperimen diberikan untuk mengatasi dan mencegah miskonsepsi yang dialami oleh peserta didik. Dengan eksperimen peserta didik akan membuktikan konsep materi termokimia melalui pengamatan secara langsung. Seringkali eksperimen yang dilakukan oleh peserta didik tidak lengkap, terutama pada saat membuktikan terjadinya reaksi eksoterm dan endoterm. Biasanya eksperimen eksoterm dan endoterm yang dilakukan hanya pada reaksi-reaksi yang mengalami perubahan suhu yang signifikan. Hal ini bertolak belakang dengan banyaknya reaksi yang hanya mengalami sedikit perubahan suhu. Oleh karena itu, eksperimen eksoterm dan endoterm pada buku ini diberikan bahan-bahan yang bereaksi yang hanya mengalami sedikit perubahan suhu. Hal tersebut dilakukan untuk mengatasi anggapan bahwa reaksi eksoterm dan endoterm ditandai dengan perubahan suhu.

Perhatikan

Perhatikan diberikan untuk merubah miskonsepsi yang dialami oleh peserta didik pada materi termokimia. “Perhatikan” berupa pernyataan miskonsepsi dengan pembenarannya. “Perhatikan” disajikan ketika membahas sub-topik yang terjadi miskonsepsi dalam mempelajarinya. Hal tersebut dikarenakan data-data atau contoh-contoh yang kurang lengkap. Oleh karena itu di dalam buku ini, contoh-contoh dan data-data yang disajikan lengkap. Seperti yang ditunjukkan pada data harga perubahan entalpi pembentukan standar berikut ini.

Tabel D.4.4 Entalpi Pembentukan Standar (ΔH°_f) Beberapa Zat					
Zat	Rumus	ΔH°_f (kJ/mol)	Zat	Rumus	ΔH°_f (kJ/mol)
Amonia	NH ₃ (g)	-46,1	Etanol	C ₂ H ₅ OH (l)	-277,70
Karbon monoksida	CO (g)	-110,5	Glukosa	C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-1260,00
Karbon dioksida	CO ₂ (g)	-393,5	Nitrogen monoksida	NO (g)	+90,40
Hidrogen fluorida	HF (g)	-271,1	Nitrogen dioksida	NO ₂ (g)	+33,90
Hidrogen klorida	HCl (g)	-92,5	Dinitrogen oksida	N ₂ O (g)	+82,50

! PERHATIKAN Perhatikan reaksi (1), (2), (3 yang telah dikali setengah), (4), (6) dan Tabel D.4.4. Berdasarkan harga ΔH°_f -nya, reaksi pembentukan tidak selalu eksoterm, tetapi secara umum reaksi pembentukan termasuk jenis reaksi eksoterm.		✓	TRIK
		Reaksi Pembentukan ter perubahan kimia, yang re	

Gambar 2 Komponen Perhatian

Biasanya data harga entalpi pembentukan standar hanya disajikan senyawa-senyawa yang terbentuk secara eksoterm. Hal ini bertolak belakang dengan adanya senyawa-senyawa yang terbentuk secara endoterm. Pernyataan salah yang menganggap bahwa reaksi pembentukan selalu terjadi secara eksoterm dapat dihindari. Pernyataan yang benar bahwa reaksi pembentukan secara umum terjadi secara eksoterm diberikan. Oleh karena itu, dengan adanya “Perhatikan” kesalahan konsep tersebut dapat dicegah atau diatasi.

Tips dan Trik

Tips dan trik diberikan untuk memudahkan dalam memahami materi pada buku. Tips berupa saran dan larangan yang berkaitan dengan materi yang sedang dipelajari. Trik berupa analogi dan konsep tambahan materi utama. Berikut ini salah satu tips dan trik yang diberikan pada Gambar 3.

✓	TIPS & TRIK	✓	TIPS
Kondisi harus disertakan. Suatu kondisi harus ada layaknya syarat yang harus terpenuhi. Seperti jumlah hari di bulan februari sebanyak 29 hari, <i>pada tahun kabisat</i> . Februari = 29 hari [tahun kabisat]		Jangan lupa menuliskan fase zat (<i>s, g, l</i> , atau <i>aq</i>) karena akan mempengaruhi harga perubahan entalpinya (ΔH).	

Gambar 3 Komponen Tips dan Trik

Validasi Isi

Hasil validasi isi oleh seorang dosen dan dua guru SMA pada Tabel 3. Aspek kelayakan isi mencakup antara lain: kesesuaian materi dengan tujuan yang ingin dicapai, kebenaran substansi materi, keterkaitan antar konsep, kesesuaian peta konsep dengan materi, kelengkapan komponen buku, buku dapat membantu peserta didik memahami materi-materi yang mengandung algoritme, buku dapat mengatasi kesulitan yang dialami oleh peserta didik, dan komponen-komponen buku telah berfungsi dengan efektif. Aspek kebahasaan mencakup antara lain: keterbacaan, kejelasan informasi, kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia, serta penggunaan bahasa secara efektif dan efisien. Aspek penyajian mencakup antara lain: kejelasan tujuan, pemberian motivasi dan daya tarik, interaktivitas (stimulus dan respon), serta kelengkapan penyajian. Aspek kegrafisan mencakup antara lain: penggunaan font (jenis, warna dan ukuran), lay out atau tata letak, serta ilustrasi, gambar dan foto.

Persentase kelayakan rata-rata yang diperoleh berdasarkan hasil validasi isi oleh dosen dan dua guru kimia SMA sebesar 90% dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar telah layak digunakan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan pemahaman peserta didik SMA.

Tabel 3 Data Kuantitatif Hasil Validasi Isi oleh Dosen dan Dua Guru Kimia

No.	Aspek	%	Kriteria
1	Kelayakan Isi	91	Sangat valid
2	Kebahasaan	85	Valid
3	Penyajian	92	Sangat valid
4	Kegrafisan	82	Valid
Rata-rata		90%	Sangat valid

Keterangan:

% : Pesentase kelayakan berdasarkan jenjang kualifikasi kriteria pada Tabel 2

Selain data kuantitatif, validasi isi oleh dosen dan guru kimia juga menghasilkan data kualitatif berupa komentar, kritik, dan saran. Data kualitatif yang diberikan oleh validator dosen dan guru ditunjukkan pada Tabel 6 pada Lampiran 2.

Uji Keterbacaan

Uji keterbacaan bertujuan untuk memperoleh penilaian peserta didik terkait kemenarikan buku ajar dan kemudahan peserta didik dalam menggunakan serta memahami isi buku ajar. Data kuantitatif pada Tabel 7 (pada Lampiran 3) menunjukkan bahwa persentase kelayakan rata-rata buku berdasarkan penilaian peserta didik SMA sebesar 86% dengan kriteria sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar telah layak digunakan sebagai sumber belajar untuk meningkatkan pemahaman peserta didik SMA.

Uji keterbacaan juga dilakukan untuk memperoleh komentar serta saran dari peserta didik terhadap kemenarikan buku ajar. Data kualitatif tentang komentar dan saran peserta didik diberikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui peserta didik memberikan komentar mengenai ketidakjelasan tulisan pada peta konsep dan kover belakang yang kosong. Oleh karena itu, dilakukan perbaikan sesuai saran peserta didik yaitu memperjelas tulisan pada peta konsep dan menambahkan info-info menarik di kover belakang buku.

Tabel 4 Data Kualitatif Hasil Uji Keterbacaan oleh 10 Peserta Didik

Bagian Buku	Komentar dan Saran
▪ Kover	▪ Kover sudah menarik, tetapi bagian belakang cover kosong. Lebih baik bagian belakang kover diberikan info-info menarik
▪ Peta konsep	▪ Ada beberapa tulisan yang kurang jelas

Revisi Produk

Selain menganalisis data kuantitatif yang menunjukkan kelayakan bahan ajar, pengembangan juga mempertimbangkan data kualitatif berupa komentar, saran dan kritik dari validator ahli. Tindak lanjut dari data kualitatif tersebut yaitu sebagai perbaikan bahan ajar berdasarkan tanggapan yang ada.

KAJIAN DAN SARAN**Kajian Produk yang Telah Direvisi**

Buku ajar termokimia telah divalidasi isi dan direvisi dengan acuan komentar, kritik, dan saran yang diberikan oleh validator. Uji keterbacaan buku ajar juga telah dilakukan pada peserta didik SMA. Hasil pengembangan serta kelebihan dan keterbatasan dari buku ajar dilaporkan sebagai berikut.

Hasil validasi buku ajar oleh satu dosen dan dua guru kimia SMA menunjukkan rata-rata persentase kelayakan sebesar 90% (sangat valid). Revisi juga dilakukan juga dilakukan dengan acuan komentar dan saran dari dosen dan guru kimia SMA. Setelah divalidasi, buku ajar diuji keterbacaan oleh 10 peserta didik SMA. Hasil uji keterbacaan menghasilkan persentase kelayakan sebesar 86% (sangat valid). Hasil validasi isi oleh satu orang dosen dan dua orang guru, serta hasil keterbacaan

menunjukkan bahwa buku ajar termokimia sangat layak digunakan sebagai sumber belajar, baik dalam pembelajaran di kelas maupun secara mandiri.

Buku ajar termokimia untuk meningkatkan pemahaman peserta didik SMA memiliki kelebihan dan keterbatasan. Kelebihan buku ajar yaitu buku ajar sangat menarik dan membahas materi secara hirarki dengan memperhatikan kesulitan yang dialami oleh peserta didik; Buku ajar dilengkapi dengan komponen antara lain: Pertanyaan Pengarah dan Fokus, Ingatkah Anda, Eksperimen, Perhatikan, Ilustrasi, Harfiah serta Simbol Asing dan Artinya, Tips dan Trik, Pengetahuan Prasyarat, Soal dan Penyelesaian, Aplikasi Termokimia dalam Kehidupan, Gagasan Inti, dan Uji Pemahaman yang berguna untuk mempermudah pemahaman peserta didik terhadap materi termokimia; Buku ajar dilengkapi dengan “tentang buku” yang berisi petunjuk penggunaan. Apabila proses pembelajaran dilaksanakan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang diberikan, maka kesulitan belajar peserta didik diharapkan dapat diatasi dan miskonsepsi peserta didik dapat diminimalkan; Peserta didik dapat mengukur tingkat pemahamannya sendiri dengan menggunakan komponen uji pemahaman

Selain kelebihan, buku ajar termokimia hasil pengembangan memiliki keterbatasan, yaitu: Materi pada buku ajar adalah termokimia yang terbatas pada materi energi, suhu, panas, kalor, sistem, lingkungan, reaksi eksoterm, reaksi endoterm, dan entalpi; Buku ajar belum melaksanakan validasi empiris sehingga keefektifan buku ajar untuk mengatasi kesulitan dan meningkatkan pemahaman peserta didik belum dapat dibuktikan.

Saran

Pada pemanfaatan buku ajar sebaiknya guru mengetahui kesulitan yang dialami oleh peserta didik melalui data yang telah dilampirkan pada buku ajar dan guru memberikan penguatan dan penekanan pada materi yang dianggap sulit oleh peserta didik dan dapat menyebabkan kesalahan konsep pada buku ajar. Disarankan juga untuk melakukan tahap keempat yaitu penyebarluasan (*disseminate*) dengan cara menguji efektivitas buku ajar di kelas nyata, untuk membuktikan bahwa buku ajar dapat meningkatkan pemahaman peserta didik, sehingga diperoleh buku ajar yang teruji empirisnya.

Pada pengembangan ini, hanya sampai pada tersusunnya buku ajar termokimia. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut berupa pengembangan buku ajar untuk meningkatkan pemahaman peserta didik pada materi lain. Sebelum pengembangan pada materi yang lainnya dilakukan, terlebih dahulu, perlu dikaji kesulitan dan miskonsepsi yang dialami oleh peserta didik.

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, S. 2014. Problematika Kurikulum 2013 dan Kepemimpinan Instruksional Kepala Sekolah. *Jurnal Pencerahan*, 8 (2): 98-108.
- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Al-Balushi, S. M., Ambusaidi, A. K., Al-Shuaili, Ali H. & Taylor, N. 2012. Omani Twelfth Grade Students' Most Common Misconceptions in Chemistry. *International Council of Associations of Science Education (ICASE)*, 23 (3): 221-240.
- Ali, T. 2012. A Case Study of the Common Difficulties Experienced by High School Students in Chemistry Classroom in Gilgit-Baltistan (Pakistan). *SAGE Open*, 1-13.
- Alwan, A. A. 2011. Misconception of Heat and Temperature Among Physics Students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 12: 600-614.
- Barke, H-D., Hazari, A. & Yitbarek, S. 2009. *Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Baser, M. 2006. Effect of Conceptual Change Oriented Instruction on Students' Understanding of Heat and Temperature Concepts. *Journal of Maltese Education Research*, 4 (1): 64-79.
- Carter, J. L. and Mayer, W. V. 1988. Reading beyond the Textbook: Great Books of Biology. *BioScience*, 38 (7): 490-492.
- Chang, K. 2010. *Learning Thermochemistry: Understanding the Challenges and Promoting its Success*. Disertasi diterbitkan. Berkeley: University of California.
- Effendy. 2012. *A-Level Chemistry for Senior High School Student*. Malang: Bayumedia.

- Gurses, A., Dogar, C. & Geyik, E. 2015. Teaching of The Concept of Enthalpy Using Problem Based Learning Approach. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 197: 2390-2394.
- Irez, S. 2009. Nature of science as Depicted in Turkish Biology Textbooks. *Science Education*, 93 (3), 422-447.
- Johnstone, A. H. 2006. Chemical Education Research in Glasgow in Perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (2): 49-63.
- Jonassen, D., Strobel, J. & Gottdenker, J. 2005. Model Building for Conceptual Change. *Interactive Learning Environments*, 13 (1-2): 15-37.
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., & Wood, J. H. 1979. *Kimia Untuk Universitas*. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. 1984. Jakarta: Erlangga.
- Lowe, B. and Appleton, K. 2015. Surviving the Implementation of a New Science Curriculum. *Research in Science Education*, 45 (6): 841-866.
- Makhrus, M., Nur, M. & Widodo, W. Tanpa Tahun. Model Perubahan Konseptual dengan Pendekatan Konflik Kognitif (MPK-PKK). *J. Pijar MIPA*, 9 (1): 20-25.
- Niaz, M. 2006. Can The Study of Thermochemistry Facilitate Student' Differentiation between Heat Energy and Temperature? *Journal of Science Education and Technology*, 15 (3): 267-276.
- Nottis, K. E. K., Prince, M. J., & Vigeant, M. A. 2010. Building An Understanding of Heat Transfer Concepts in Undergraduate Chemical Engineering Courses. *US-China Education Review*, 7 (2): 1-9.
- Piaget, J. 1950. *The Psychology of Intelligence*. New York: Harcourt, Brace.
- Saricayir, H., Ay, S., Comek, A., Cansiz, G. & Uce, M. 2016. Determining Students' Conceptual Understanding Level of Thermodynamics. *Journal of Education and Training Studies*, 4 (6): 69-79.
- Shehab, S. S. & BouJaoude, S. 2016. Analysis of the Chemical Representations in Secondary Lebanese Chemistry Textbooks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-20.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2): 2-20.
- Situmorang, M., Sitorus, M., Hutabarat, W. and Situmorang, Z. 2015. The Development of Innovative Chemistry Learning Material for Bilingual Senior High School Students in Indonesia. *Canadian Center of Science and Education*, 8 (10): 72-85.
- Sokrat H., Tamani, S., Moutaabbid, M., & Radid, M. 2014. Difficulties of Students From The Faculty Of Science With Regard To Understanding The Concepts Of Chemical Thermodynamics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116: 368-372.
- Sozbilir, M. 2001. *A Study of Undergraduates' Understandings of Key Chemical Ideas in Thermodynamics*. Thesis diterbitkan. New York: University of York, Department of Educational Studies.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: AlfaBeta.
- Supraba, D. 2015. *Pengembangan Modul Komposisi Kimia Berdasarkan Konsep Sukar dan Kesalahan Konsep*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Talanquer, V. 2011. Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of The Chemistry "Triplet". *International Journal of Science Education*. 33 (2): 179-195.
- Taşdelen, U. and Köseoğlu, F. 2008. Learner-Friendly Textbooks: Chemistry Texts Based on a Constructivist View of Learning. *Asia Pacific Education Review*, 9 (2): 136-147.
- Thiagarajan, S., Semmel, D., & Semmel, M. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Bloomington: Central for Innovation on Teaching and Handicapped.

Lampiran 1

Tabel 5 Kesulitan Belajar Termokimia

No.	Kesulitan

- a. Peserta didik menganggap bahwa reaksi eksoterm dan endoterm ditandai dengan kenaikan dan penurunan suhu.
 - b. Peserta didik menganggap bahwa energi yang diserap oleh reaksi endoterm tidak sama dengan energi yang dilepaskan.
 - c. Peserta didik menganggap bahwa reaksi eksotermik dan endotermik hanya digunakan untuk reaksi kimia, bukan untuk reaksi perubahan fisika.
 - d. Peserta didik menganggap bahwa energi diserap pada pembentukan ikatan dan energi dilepaskan selama pemutusan ikatan. Jika pemutusan ikatan lebih kuat daripada pembentukan ikatan, maka energi dilepaskan. Pembentukan ikatan lebih sulit daripada pemutusan ikatan.
- 1 e. Peserta didik menganggap bahwa
- entalpi dipengaruhi oleh suhu lingkungan.
 - jumlah kalor campuran meningkat jika jumlah suhu akhir dari zat yang membentuk campuran lebih besar dari awal total suhu awal.
 - zat tidak memiliki kalor pada suhu 0 derajat.
- f. Peserta didik menganggap bahwa zat dengan suhu yang lebih tinggi memiliki kalor yang lebih tinggi dan perpindahan kalor terjadi dari zat yang lebih besar menuju zat yang lebih kecil.
- g. Peserta didik kesulitan menghubungkan kalor, suhu, massa dan kalor jenis.
- h. Peserta didik bingung mengenai kapasitas kalor dan kalor jenis

Sumber: Saricayir et al (2016)

- 2 Peserta didik belum dapat memahami materi prasayat. Hasil penelitian sebelum membuktikan peserta didik mengalami miskonsepsi dalam struktur senyawa. Hal ini dapat menyebabkan peserta didik sulit dalam menuliskan persamaan termokimia.

Sumber: Al-Balushi et al (2012)

- 3 Penyebab kesulitan belajar termokimia, yaitu, sifat dasar konsep yang sulit dipahami dan pengetahuan dasar yang tidak memadai, terutama dalam matematika.

Sumber: Sokrat et al (2014)

- 4 Peserta didik kesulitan dalam membedakan kalor dan suhu.
- Sumber: Saricayir et al, 2016; Sozibilir, 2003b in Sokrat et al (2014), Alwan (2011), Nottis et al, (2010), Chang (2010), dan Niaz (2006)**

- 5 Peserta didik kesulitan tentang kalor, kapasitas kalor, energi ikatan, dan $q=m.c.\Delta T$.

Sumber: Chang (2010)

- 6 Miskonsepsi siswa terkait dengan konsep entalpi itu terungkap sebagai seperti berikut ini. Miskonsepsi terdiri dengan literatur (Sozibilir, 2001; Carson & Watson, 1999; Yalcinkaya et al, 2009).

- a. Perpindahan kalor
- b. Kapasitas kalor
- c. Perbedaan antara perubahan energi
- d. Energi yang tersimpan dalam zat
- e. Salah satu dalam kalor reaksi.

Sumber: Gurses et al (2015)

- a. Menentukan ΔH reaksi dengan data energi ikatan (menguraikan rumus molekul menjadi rumus struktur).
- b. Mengaitkan mol dalam perhitungan (algoritmik) penentuan ΔH reaksi.
- c. Menentukan arah perpindahan kalor
- d. Membedakan perubahan entalphi (ΔH) dan kalor (q).
- e. Memberi contoh reaksi eksoterm dan endoterm dalam kehidupan sehari-hari.
- f. Menentukan ΔH reaksi dengan hukum Hess (kesalahan dalam notasi ΔH^0_f)
- g. Mendefinisikan berbagai jenis ΔH (perubahan entalphi)

h. Membuat diagram tingkat energi dari data hasil pengamatan praktikum.

Sumber: Dokumen pribadi (2015)

Lampiran 2

Tabel 6 Data Kualitatif Validasi Isi Buku oleh Dosen Kimia UM dan Dua Guru

Validator	Bagian Buku	Komentar dan Saran
Validator 1	- Perhatikan (Hal.21) - Hal. 8	- Bagian “Energi total sistem adalah energi potensial, energi kinetik, dan energi dalam.” perlu dipikirkan lagi. - Penggunaan kata ”siapa” kurang tepat karena untuk benda. Sebaiknya diganti dengan kata “apa”.
	- Gambar C.9 (Hal 17) - Gambar E.5; E.6; E.8 (Hal. 66 dan 73)	- Gambar ion-ion pada fase <u>padat</u> (diambil 2 dimensi). Tambahkan keterangan digambar “diambil dalam 2 dimensi”. - Nama gambar: sebaiknya “<u>Diagram Tingkat Energi</u>, daur <i>Born-Haber...</i>” untuk membedakan dengan Gambar E.8.
	- Cover - Umum	- Pada “<i>Cocok digunakan untuk ...</i>” tidak perlu KTSP. Hal tersebut karena untuk selanjutnya setiap satuan pendidikan harus menggunakan K13. Jadi sebaiknya menggunakan K13 saja. <i>Lay-out</i> pada setiap halaman diusahakan jangan kelihatan penuh sesak. - Desain letak gambar dan kata kunci sebaiknya dikonsistenkan.
Validator 3	- Peta Konsep (Hal. xvi) - Eksperimen 1 (Hal. 12)	- Pada peta konsep terdapat kalimat yang terlalu panjang. - Perlu ditambah eksperimen yang memanfaatkan alat dan bahan di sekitar kita. Hal tersebut disebabkan tidak semua sekolah mempunyai laboratorium yang lengkap.
	- Trik (Hal 28) - Kata Kunci (Hal.21)	- Kalimat terlalu panjang. Dipersingkat saja agar lebih menarik. - Tidak sesuai dengan urutan materi yang disajikan. Seharusnya <i>Kondisi Standar</i> terlebih dahulu sebelum <i>Persamaan Termokimia</i>.
	- Gambar D.13 (Hal. 37) - Uji Pemahaman 4 (Hal. 52)	<i>Background</i> gambar tersebut seharusnya memakai warna yang mencolok agar kelihatan jelas kamfernya. - Soal uraian lebih baik dipisahkan saja dari soal pilihan ganda.

▪ Rangkuman (Hal. 76) ▪ Umum	▪ Rangkuman dipersingkat, jangan terlalu luas ▪ Langkah-langkah pada strategi disederhanakan ▪ Nomor halaman kurang jelas.

Keterangan:

Validator 1 : Dosen Kimia FMIPA UM

Validator 2 : Guru Kimia SMA

Validator 3 : Guru Kimia SMA

Lampiran 3

Tabel 7 Data Kuantitatif Hasil Uji Keterbacaan oleh 10 Peserta Didik

No.	Aspek	%	Kriteria	Kriteria Kelayakan
1	Kemenarikan buku	76%	Menarik	Layak
2	Pemahaman terhadap isi materi	80%	Dapat dipahami	Layak
3	Kejelasan perintah dalam buku	92%	Sangat jelas	Sangat layak
4	Bahasa	82%	Dapat dimengerti	Layak
5	Bagian petunjuk penggunaan	92%	Sangat dapat dimengerti	Sangat layak
6	Bagian pendahuluan	84%	Dapat menggambarkan materi	Layak
7	Bagian peta konsep	78%	Membantu memahami materi	Layak
8	Pemahaman terhadap tujuan belajar	82%	Dapat dipahami	Layak
9	Bagian Pertanyaan Pengarah dan Fokus	80%	Membantu memahami tujuan belajar	Layak
10	Bagian Ingatkah Anda dan Perhatian	100%	Sangat membantu	Sangat layak
11	Bagian Eksperimen	86%	Sangat jelas	Sangat layak
12	Gambar pada buku	96%	Sangat membantu	Sangat layak
13	Bagian Ilustrasi	84%	Dapat dipahami	Layak
14	Bagian Harfiah serta Simbol Asing dan Artinya	90%	Sangat membantu	Sangat layak
15	Bagian Tips dan Trik	94%	Sangat membantu	Sangat layak
16	Bagian Pengetahuan Prasyarat	82%	Membantu memahami materi	Layak
17	Bagian materi algoritmik	76%	Dapat dipahami	Layak
18	Bagian Soal dan Penyelesaian	86%	Sangat jelas	Sangat layak
19	Rasa ingin tahu	84%	Mudah terpenuhi	Layak
20	Bagian Aplikasi Termokimia dalam Kehidupan	88%	Sangat membantu	Sangat layak
21	Bagian definisi tiap kosa kata	84%	Dapat dipahami	Layak
22	Bagian Gagasan Inti	92%	Sangat membantu	Sangat layak
23	Bagian Uji Pemahaman	74%	Dapat membantu	Layak
24	Bagian rangkuman	94%	Sangat membantu	Sangat layak
25	Bagian kunci jawaban	90%	Sangat membantu	Sangat layak
26	Bagian glosarium	94%	Sangat paham	Sangat layak
RATA-RATA		86%		Sangat layak

Keterangan: % : Pesentase kelayakan berdasarkan jenjang kualifikasi kriteria pada Tabel 2

PENGEMBANGAN KOMIK KIMIA BERDASARKAN PENDEKATAN POGIL TOPIK BENTUK DAN KEPOLARAN MOLEKUL UNTUK SISWA KELAS X SMA/MA

Mus Indriana^{*a}, Effendy^a, Sri Rahayu^a

^aUniversitas Negeri Malang

Jl. Semarang No. 5 Malang

*Corresponding author's Email: musindriana@gmail.com

ABSTRAK

Materi bentuk dan kepolaran molekul adalah materi yang memerlukan visualisasi yang tinggi. Siswa harus mengingat sekaligus memahami bentuk-bentuk molekul agar dapat menentukan kepolaran molekulnya. Kedua materi ini sangat erat hubungannya dan memiliki *hierarki* yang kuat. Jika materi bentuk molekul belum tuntas niscaya materi kepolaran molekul juga tidak akan tuntas dipahami. Hasil kajian terhadap beberapa buku kimia SMA Kelas X menunjukkan bahwa gambar bentuk molekul hanya ditampilkan sekali. Penyajian gambar bentuk molekul tersebut juga hanya berupa rangkuman yang disusun dalam bentuk tabel. Agar mempermudah siswa mengingat berbagai macam bentuk molekul maka bahan ajar harus menampilkan gambar bentuk molekul secara berulang tidak hanya sekali. Bahan ajar berbentuk komik merupakan salah satu alternatif pilihan karena dalam percakapan antar tokoh komik dapat diselipkan gambar-gambar bentuk molekul. Dengan menyelipkan gambar-gambar bentuk molekul pada setiap percakapan tokoh komik maka gambar bentuk molekul akan muncul berkali-kali. Hal ini akan meningkatkan daya ingat siswa tentang gambar bentuk molekul. Untuk membuat ingatan yang kuat dan tahan lama siswa diharapkan dapat mengkonstruksi konsep-konsep yang mereka pelajari. Oleh karena itulah bahan ajar komik kimia ini menggunakan pendekatan *POGIL* dalam kegiatan pembelajarannya. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan menggunakan rancangan gabungan dari model pengembangan komik oleh Kim, dkk (2012) dan model 4D oleh Thiagarajan, dkk (1974). Modifikasi model pengembangan dari kedua model tersebut dilakukan karena dalam model 4D tidak terdapat model pembuatan komik. Hasil pengembangan berupa bahan ajar komik kimia topik "Bentuk dan Kepolaran Molekul" yang terdiri dari 32 halaman. Bahan ajar komik kimia ini menggunakan pendekatan POGIL melalui tanya jawab antara guru dan siswa atau antara siswa dengan sesama siswa. Penilaian oleh validator menghasilkan 88,9 kelayakan isi, 87,1 kelayakan bahasa, 86,2 kelayakan penyajian, 82,8 kelayakan grafis, dan 85,8 kelayakan komponen bahan ajar. Berdasarkan hasil tersebut, bahan ajar komik kimia yang dikembangkan dianggap layak untuk digunakan dalam pembelajaran topik "Bentuk dan Kepolaran Molekul".

Kata-kata kunci: pengembangan, komik kimia, POGIL, bentuk dan kepolaran molekul, hasil belajar kognitif, motivasi belajar

ABSTRACT

Topics of shape and polarity of the molecules are topics that require high visualization. Students should be given at the same time understand the forms of the molecule in order to determine the polarity of the molecule. Both of these materials are closely related and have a strong hierarchy. If the material form of molecule unfinished material undoubtedly polar molecule would also not completely understood. The results of the study on several books 10th grade of senior high school chemistry shows that the image shape of the molecule is shown only once. Presentation picture molecular form is also just a summary compiled in table form. In order to facilitate the students given the various forms of the molecule, the teaching material should be showing the molecular shape is

repeated not only once. Teaching materials in the form of comics is an alternative option because in a conversation between a comic character can be inserted pictures molecular shape. By inserting pictures molecular form on every conversation comic then the image shape of the molecule will appear many times. This will improve students' memory of the image shape of the molecule. To make the memory stronger and durable students are expected to construct their concepts learned. Therefore comic chemistry teaching materials using POGIL approach in learning activities. This study is a joint development using the design of the development model of the comic by Kim, et al (2012) and the 4D model by Thiagarajan, et al (1974). Modification model of development of both models because in the 4D model is there are not model of making comics. The result of the development of teaching materials in the form of comic chemistry topic "The Shape and Polarity of Simple Molecules" which consists of 32 pages. This comic teaching materials chemistry approach POGIL through a question and answer between teachers and students or between students and fellow students. Rate by 88.9 feasibility validator generate content, language eligibility 87.1, 86.2 feasibility presentation, graphics feasibility 82.8, and 85.8 feasibility of the components of teaching materials. Based on these results, the teaching materials developed chemical comics are considered eligible for use in teaching the topic "The Shape and Polarity of Simple Molecules".

Key words: development, comic chemistry, POGIL, shape and polarity of the molecules, the result of cognitive learning, motivation to learn

PENDAHULUAN

Ilmu kimia adalah cabang dari ilmu pengetahuan alam yang berhubungan dengan sifat, struktur, perubahan, hukum dan prinsip, serta konsep dan teori yang merepresentasikannya (Effendy, 2006). Chandrasegaran dkk. (2007) menyatakan terdapat tiga representasi yang relevan untuk memahami konsep-konsep kimia yaitu: (1) representasi makroskopik; (2) representasi mikroskopik; dan 3) representasi simbolik. Materi kimia di SMA meliputi banyak hal, diantaranya adalah bentuk dan kepolaran molekul. Materi bentuk dan kepolaran molekul merupakan materi yang menggunakan representasi mikroskopis (tingkat atom/molekul). Kedua materi ini sangat erat hubungannya dan harus diajarkan dengan urutan yang tepat. Untuk mempelajari kepolaran suatu molekul harus dipahami dulu bentuk molekulnya, tidak bisa dengan cara sebaliknya. Uzuntiryaki & Geban (2004) menemukan kesulitan siswa dalam materi kepolaran molekul, dia melaporkan bahwa siswa seringkali memiliki pemahaman konsep yang salah dalam menjelaskan konsep kepolaran dimana siswa tidak menghubungkan kepolaran dengan konsep keelektronegatifan. Kesulitan pemahaman konsep bentuk dan kepolaran molekul juga dialami oleh siswa Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh Suwolo (2005) pada mahasiswa jurusan pendidikan kimia Universitas Negeri Gorontalo. Kesulitan yang dialami mahasiswa jurusan pendidikan kimia Universitas Negeri Gorontalo disebabkan karena mereka menganggap bentuk molekul adalah sama dengan struktur Lewisnya, pasangan elektron bebas pada atom pusat tidak mempengaruhi sudut-sudut ikatan yang terbentuk.

Materi bentuk dan kepolaran molekul merupakan materi prasyarat yang penting untuk mempelajari ilmu kimia lebih jauh seperti gaya antar molekul, sifat larutan, asam-basa, dan kimia organik (Wang, 2007). Oleh karena itu materi ini harus benar-benar dikuasai siswa agar materi yang lebih jauh dapat dipahami. Salah satu teori yang tepat untuk menjelaskan materi bentuk molekul untuk siswa SMA/MA adalah dengan menggunakan teori VSEPR (Valence Shell Electron Pair Repulsion) (Effendy, 2008). Teori ini lebih mudah dipahami dan diingat siswa dibanding teori hibridisasi. Untuk meningkatkan daya ingat siswa diperlukan suatu metode yang tepat. Metode yang dianggap tepat untuk mengajarkan materi ini adalah metode POGIL (*Process Oriented of Guided Inquiry Learning*). Dengan metode POGIL diharapkan siswa dapat mengkonstruksi sendiri konsep yang dipelajari sehingga daya ingat siswa menjadi maksimal. Selain menggunakan metode yang tepat penggunaan bahan ajar yang baik juga mutlak diperlukan. Penggunaan komik kimia yang menampilkan gambar bentuk molekul secara berulang-ulang diharapkan juga dapat meningkatkan daya ingat siswa tentang materi Bentuk dan Kepolaran Molekul selain penggunaan model bentuk molekul dari plastisin dan jarum pentul selama proses pembelajaran.

METODE PENELITIAN

a. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data berupa angket validasi dan angket keterbacaan. Angket validasi diberikan kepada 4 guru pengajar Mapel Kimia SMA yang telah lulus S2 dan berprofesi tambahan sebagai Instruktur Nasional Guru Pembelajar Mapel Kimia, angket keterbacaan diberikan kepada 12 siswa SMA Negeri 1 Gresik dengan kriteria 4 siswa berkemampuan tinggi, 4 siswa berkemampuan sedang, dan 4 siswa berkemampuan rendah.

b. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan uji validitas dan uji keterbacaan menggunakan rumus

$$\text{Persentase} = \frac{\text{jumlah skor ahli}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Untuk mendeskripsikan persentase penilaian digunakan tabel sebagai berikut:

Kualifikasi Tingkat Kevalidan		
Rentang Nilai	Kriteria	Keterangan
85-100	Sangat Sahih	Tanpa Revisi
70-84	Sahih	Tanpa Revisi
55-69	Cukup Sahih	Revisi Kecil
50-54	Kurang Sahih	Revisi Besar
0-49	Sangat Kurang Sahih	Revisi Besar

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil pengembangan

Hasil pengembangan berupa komik kimia topik ‘Bentuk dan Kepolaran Molekul’ dengan menggunakan pendekatan POGIL. Komik tersebut berisi 1 halaman cover, 1 halaman petunjuk penggunaan, 1 halaman daftar isi, 1 halaman pengenalan tokoh, 32 halaman isi komik, dan 1 halaman rangkuman.

b. Pembahasan

Penilaian oleh 4 validator menghasilkan 88,9 kelayakan isi, 87,1 kelayakan bahasa, 86,2 kelayakan penyajian, 82,8 kelayakan grafis, dan 85,8 kelayakan komponen bahan ajar. Penilaian oleh 12 siswa menghasilkan persentase kelayakan sebesar 91,1%. Berdasarkan hasil tersebut, bahan ajar komik kimia yang dikembangkan dianggap sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran topik “Bentuk dan Kepolaran Molekul”.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Komik Kimia dengan pendekatan POGIL yang telah dikembangkan sangat layak untuk digunakan layak untuk digunakan dalam pembelajaran topik “Bentuk dan Kepolaran Molekul” pada siswa kelas X SMA/MA.

b. Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji efektifitas untuk mengetahui seberapa efektif komik kimia ini berpengaruh terhadap hasil dan motivasi belajar siswa kelas X SMA/MA.

DAFTAR RUJUKAN

Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F., & Mocerino, M.2007. The Development of a Two-tier Multiple Choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Student’s Ability to Describe

- and Explain Chemical Reactions Using Multiple Levelsof Representation. *Chemistry Education Researchand Practice*, 8(3): 293-307.
- Effendy, 2006. *A-Level Chemistry for Senior High School Volume 1A*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Effendy, 2008. *Teori VSEPR, Kepolaran dan Gaya Antar Molekul*. Edisi 2. Malang: Bayumedia Publishing.
- Suwolo, T.R. 2005. *Identifikasi Kesalahan Konsep Ikatan Kovalen pada Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Gorontalo dan Upaya Memperbaikinya dengan Menggunakan Model Molekul*. Tesis tidak diterbitkan Malang: PPS UM
- Uzuntiryaki, E. & Geban, O. 2004. Effectiveness of Instruction Based on Constructivist Approach on Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts. *Science Education International*, 15(3):185-200.
- Wang, C. 2007. *The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental Models in General Chemistry Students Understanding About Molecular Polarity*. University of Missouri-Columbia. Disertasi diterbitkan.

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA MATERI ELEKTROKIMIA UNTUK SMK
BERBASIS PENDEKATAN ILMIAH (SCIENTIFIC APPROACH)**

Dewi Lailiyatul Hikmah^{*a}, I Wayan Dasna^a, Munzil^a

^a Pascasarjana-Universitas Negeri Malang-Jl. Semarang Kota Malang

*Corresponding author's Email: dewi_ilya20@yahoo.co.id

ABSTRAK

Salah satu materi kimia di SMK yang terkait dengan materi program keahlian Teknik Kendaraan Ringan (TKR) adalah elektrokimia. Peserta didik akan lebih mudah memahami konsep materi elektrokimia apabila mereka berperan aktif untuk mendapatkan konsep materi dalam proses pembelajaran. Penerapan kegiatan pembelajaran tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan pendekatan ilmiah yang sesuai dengan karakteristik materi kimia. Pendekatan ilmiah dalam pembelajaran akan mudah diterapkan dalam bahan ajar yang merupakan sumber belajar bagi peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan bahan ajar yang dikembangkan berbasis pendekatan ilmiah di SMK. Desain pengembangan bahan ajar menggunakan model yang mengadopsi model pengembangan 4-D yang dikembangkan oleh Thiagarajan *et.al*. Kelayakan bahan ajar menggunakan penilaian yang mengadaptasi dari standar penilaian bahan ajar menurut BNSP yang telah dimodifikasi sesuai dengan sajian materi dan pendekatan ilmiah yang dikembangkan. Kriteria penilaian menggunakan skala likert 5 tingkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar yang telah dikembangkan telah dinyatakan sangat layak dengan presentase kelayakan sebesar 88,07% untuk buku siswa dan 90,98 % untuk buku guru oleh ahli isi, dan layak dengan presentase kelayakan sebesar 81,17% untuk buku siswa oleh peserta didik sebagai pengguna.

Kata kunci: pengembangan, bahan ajar, elektrokimia, SMK, pendekatan ilmiah

ABSTRACT

One of the chemistry materials in vocational high school in the vehicle engenering program (TKR) is electrochemistry. Learners will understand it easily if they are active in getting the concept of electrochemistry during the learning process. This learning activity can be done by applying a scientific approach. It is actually suitable with the characteristics of chemistry materials. The scientific approach in the teaching and learning activity will be easily implemented by teaching material. It is a source of students learning. The aim of this reseach is to test the feasible of the teaching materials which is developed according to the a scientific approach. Development design of teaching materials uses a model from the 4-D development model by Thiagarajan *et.al*. The validity instrument of teaching materials uses a standard assessment based on BNSP. It has been modified in accordance with materials and scientific approach. The assessment criteria uses a Likert scale in 5 levels. The results shows that this teaching materials is very feasible with a percentage of 88.07% for student's book and 90.98% for the teacher's book by the expert. furthermore, it is 81.17% properly for student's book by learners as the users.

Keywords: development, teaching material, electrochemistry, SMK, scientific approach

PENDAHULUAN

Salah satu mata pelajaran di SMK jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) adalah kimia. Berdasarkan observasi dan wawancara terhadap beberapa guru kimia SMK, pelajaran kimia di SMK seringkali dipandang sebelah mata oleh siswa. Mereka kurang antusias dan cenderung mengabaikan materi yang disampaikan. Hal ini terjadi karena selama ini kegiatan pembelajaran kimia yang diberikan lebih banyak berupa ceramah dan siswa cenderung bersifat pasif. Selain itu, materi kimia yang disampaikan lebih banyak berupa teori dan jarang diadakan kegiatan praktikum, sehingga tidak terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran. Padahal karakteristik siswa SMK cenderung lebih menyukai kegiatan praktik daripada hanya sekedar teori atau membaca teks.

Pengetahuan yang dimiliki siswa akan bertahan lama dan lebih bermakna jika dalam proses pembelajaran siswa terlibat aktif. Dengan siswa terlibat langsung selama proses pembelajaran, diharapkan siswa dapat mengkonstruksi pengetahuan dan pemahaman konsepnya sendiri. Menurut Handelsman *et al* (2004) pengajaran yang aktif dan mengajak siswa dalam penemuan akan meningkatkan pembelajaran dan pengetahuan yang diperoleh bertahan lama. Salah satu pendekatan pembelajaran dimana siswa dapat mengkonstruksi pengetahuan dan pemahaman konsepnya sendiri adalah pendekatan ilmiah (*scientific approach*).

Pendekatan ilmiah merupakan pendekatan induktif, dimana pengetahuan diperoleh dari hasil analisis data atau fakta yang ditarik kesimpulan (Kemendikbud, 2013). Menurut Bilica dan Florest (2009), berpikir induktif terjadi ketika siswa melakukan pengamatan (mengumpulkan data) dan menarik kesimpulan dari data. Sedangkan pembelajaran pendekatan ilmiah didefinisikan sebagai pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa sehingga peserta didik secara aktif mengkonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan-tahapan merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data dengan berbagai teknik, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengkomunikasikan konsep, hukum atau prinsip yang ditemukan (PPTK, 2013).

Terdapat tiga langkah dalam metode ilmiah, yaitu: observasi, penjelasan, dan pengujian (Carey, 2004). Sedangkan McLelland (2006) berpendapat bahwa metode ilmiah meliputi kegiatan : observasi, merumuskan masalah atau pertanyaan, penelitian (perencanaan, evaluasi), merumuskan hipotesis, prediksi dari hipotesis (alasan deduktif), eksperimen (menguji hipotesis), evaluasi dan analisis, diskusi sejawat dan evaluasi, dan publikasi (mengkomunikasikan). Secara umum tahapan-tahapan dalam pembelajaran dengan pendekatan ilmiah meliputi : pengamatan, merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, merancang percobaan, eksperimen (pengumpulan data), menganalisis data, menarik kesimpulan, memvalidasi kesimpulan, dan mengkomunikasikan. Namun, dalam pelaksanaan pembelajaran (pembentukan konsep) bersifat fleksibel artinya dari tahapan-tahapan metode ilmiah tersebut tidak harus dilakukan semua (PPTK, 2013), namun sesuai dengan kebutuhan.

Pelaksanaan pembelajaran dengan pendekatan ilmiah di dalam kelas sangat sesuai dengan karakteristik ilmu kimia yang diperoleh berdasarkan eksperimen (Chang, 2000). Salah satu materi pokok kimia di SMK jurusan TKR adalah elektrokimia. Materi elektrokimia ini sangat berkaitan erat dengan materi produktif TKR yaitu memelihara baterai. Permendiknas no. 23 tahun 2006 menyatakan bahwa tujuan diberikan mata pelajaran kimia di SMK teknologi dan kesehatan adalah untuk memahami konsep, prinsip, hukum dan teori kimia serta keterkaitannya dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi serta menggunakan pengetahuan dasar kimia sebagai landasan dalam mengembangkan kompetensi dari masing-masing bidang keahlian.

Secara umum materi kimia terdapat tiga representasi, yaitu : makroskopis (fakta), mikroskopis (konsep) dan simbolik. Begitu juga untuk materi elektrokimia. Misalnya reaksi yang terjadi sel galvanik, secara makroskopis akan terlihat reaksi tersebut dapat menyalakan lampu, secara mikroskopis terdapat aliran elektron dari anoda menuju katoda, dan secara simbolik dituliskan reaksi total yang terjadi. Mempelajari elektrokimia dapat diawali dengan melakukan pengamatan terhadap suatu fenomena atau fakta yang terjadi.

Siswa akan lebih mudah mempelajari dari fakta (makroskopis), kemudian konsep (mikroskopis), dan akhirnya dapat dituliskan dengan simbolik (simbolik) (Barke, 2012). Berdasarkan beberapa penelitian yang menyatakan bahwa siswa mengalami kesulitan pada aspek mikroskopis pada reaksi yang terjadi pada sel (Butts & Smith, 1987) dalam Garnett & Treagust, 1992), aliran elektron dalam sel elektrokimia (Sanger & Greenbowe, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran

seharusnya dimulai dari fakta (makroskopis). Siswa SMK akan lebih tertarik jika materi kimia dihubungkan dengan kehidupan mereka sehari-hari (kehidupan nyata siswa) atau terkait dengan mata pelajaran produktif. Oleh karena itu, diharapkan pemahaman materi elektrokimia yang diperoleh siswa dalam pembelajaran dengan pendekatan ilmiah mencakup ketiga representasi tersebut.

Guru mempunyai peran yang penting agar pelaksanaan kegiatan pembelajaran dengan pendekatan ilmiah dapat berlangsung efektif dan bermakna. Guru dapat memberikan lingkungan pembelajaran yang mendukung untuk siswa mengkonstruksi konsep dengan cara mereka sendiri (Hitipiew, 2009). Salah satu alternatif bisa digunakan oleh guru dalam menerapkan pembelajaran dengan pendekatan ilmiah adalah menggunakan bahan ajar. Penggunaan bahan ajar merupakan hal yang penting dalam mencapai tujuan kurikulum (Tasdelen & Koseoglu, 2008). Menurut Reigeluth (2009) buku teks merupakan salah satu fasilitas dalam kegiatan pembelajaran atau proses pengalaman belajar siswa.

Karakteristik bahan ajar yang diperlukan setidaknya memuat perencanaan pembelajaran, kegiatan pembelajaran dengan pendekatan ilmiah (*scientific approach*), dan bentuk asesmen otentik serta materi yang diberikan sesuai dengan materi kejuruan. Sudrajat (2008) dalam Dasna (2008) menyatakan bahwa bahan ajar sebagai *instructional materials* (materi pembelajaran) yang berisi pengetahuan (fakta, konsep, prinsip, prosedur), keterampilan, dan sikap yang dipelajari (maha)siswa dalam rangka mencapai kompetensi yang telah ditetapkan pada kurikulum. Pada bahan ajar diberikan pertanyaan-pertanyaan yang membimbing siswa untuk menemukan konsep. Menurut Byers (2001) pertanyaan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan pembelajaran dengan mendorong siswa untuk mengumpulkan pengetahuan dan pemahamannya dengan membuat siswa terus berpikir.

Berdasarkan observasi dan wawancara yang telah dilakukan, pembelajaran kimia di SMKN Ngraho selama ini menggunakan sumber belajar berupa buku kimia SMA karangan Purba (2006), BSE kimia karangan Ediaty dkk (2008) dan LKS “Kharisma” karangan Buchory dkk (2014). Analisis yang telah dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa terdapat beberapa kelemahan pada sumber belajar tersebut. Kelemahan pada buku teks : (1) Berisi materi dan latihan soal; (2) Tidak terdapat langkah-langkah untuk menemukan konsep (metode ilmiah) tapi menyajikan konsep; (3) Penyajian materi lebih banyak diawali dengan simbolik bukan dari fakta (makroskopis); (4) Kegiatan percobaan hanya bertujuan untuk membuktikan konsep bukan untuk menemukan konsep; (5) Kurang menghubungkan materi elektrokimia dengan kehidupan sehari-hari; (6) Cakupan materi kimia sesuai untuk SMA dan kurang sesuai dengan materi untuk kimia SMK.

Kelemahan pada LKS antara lain : (1) Berisi sedikit materi dan banyak latihan soal; (2) Tidak terdapat langkah-langkah untuk menemukan konsep (metode ilmiah) tapi menyajikan konsep; (3) Kurang menghubungkan materi elektrokimia dengan kehidupan sehari-hari. Hal serupa juga terjadi pada buku teks berbasis pendekatan ilmiah yang dikeluarkan oleh pemerintah masih terbatas buku kimia untuk SMA. Sedangkan buku teks untuk tingkat SMK yang sesuai dengan pendekatan ilmiah belum ada. Dengan demikian guru tingkat SMK akan mengalami kesulitan dalam menerapkan pembelajaran dengan pendekatan ilmiah. Keterbatasan sumber belajar yang sesuai dengan pendekatan ilmiah di lapangan ini, peneliti memilih untuk mengembangkan bahan ajar pada materi elektrokimia berbasis pendekatan ilmiah. Bahan ajar ini diharapkan dapat menjadi sumber belajar bagi siswa dan panduan untuk guru dalam melaksanakan proses pembelajaran yang sesuai dengan pendekatan ilmiah. Sehingga siswa memperoleh dan memahami konsep elektrokimia dengan baik. Namun pada artikel ini tujuan pengembangan bahan ajar adalah untuk mengetahui kelayakan bahan ajar yang dikembangkan.

Kelayakan bahan ajar ditentukan dari hasil validasi ahli yang terdiri dari 1 dosen kimia dan 2 guru kimia SMK, serta hasil uji perorangan (uji keterbacaan) oleh 10 siswa sebagai pengguna. Bahan ajar dikatakan layak dan sudah dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar di sekolah jika hasil validasi terhadap bahan ajar yang dilakukan minimal mencapai 2,60.

METODE

Model pengembangan bahan ajar yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini mengadopsi model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan *et al* (1974). Thiagarajan *et al* (1974) dalam bukunya yang berjudul “*Instructional for Training Teacher of exceptional Children*” menjabarkan bahwa model pengembangan ini terdiri dari 4 langkah, antara lain *define* (pendefinisian),

design (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebarluasan). Pemilihan pengembangan model 4D dalam penelitian ini disebabkan pola pengembangan yang dipakai sistematis dan spesifik yang menekankan pada pengembangan bahan ajar. Namun, pada tahap *disseminate* (penyebarluasan) belum dilakukan.

Tahap awal yaitu tahap *define* (pendefinisian) bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan masalah dasar, syarat-syarat, informasi masalah yang muncul dalam pembelajaran. Pada tahap ini meliputi : a) Analisis ujung depan, yaitu menentukan masalah utama dalam pembelajaran kimia di SMK. Langkah-langkah yang dilakukan pada analisis ini meliputi :1) Analisis terhadap karakteristik kimia yang diperoleh melalui metode ilmiah; 2) Analisis terhadap pembelajaran kimia yang di dalam sekolah; 3) Analisis terhadap materi elektrokimia yang diberikan di SMK; 4) Analisis terhadap buku dan bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran di SMK. b) Analisis karakteristik siswa dilakukan dengan : 1) Mengidentifikasi kemampuan dalam kegiatan pembelajaran. Identifikasi karakteristik siswa meliputi karakteristik akademik dan tingkat berpikir siswa; 2) Mencari informasi tentang pengalaman (kebiasaan) belajar siswa; 3) Mencari informasi tentang motivasi siswa terhadap pelajaran. c) Analisis tugas merupakan identifikasi terhadap kompetensi yang diharapkan dikuasai oleh siswa. Tahapan pada analisis ini meliputi : (1) mengidentifikasi kompetensi yang diharapkan dikuasai siswa pada materi elektrokimia; (2) menganalisis kedalaman dan keluasan materi yang akan dikuasai oleh siswa; dan (3) menentukan tugas-tugas yang sesuai dengan karakter siswa dan kompetensi yang diharapkan, dan kedalaman materi. Tugas-tugas yang diberikan dalam pembelajaran disesuaikan tahapan dalam pendekatan ilmiah, yaitu : tugas melakukan kegiatan pengamatan atau observasi, membuat pertanyaan, menyusun hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data (menjawab pertanyaan diskusi) dan tugas presentasi ataupun membuat laporan, serta membuat kesimpulan. d) Analisis konsep meliputi: 1) Identifikasi materi yang meliputi analisis konsep-konsep utama pada materi elektrokimia. Konsep-konsep utama elektrokimia meliputi kespontanan suatu reaksi redoks, sel galvani dan penerapannya, dan elektrolisis dan 2) Menjabarkan konsep utama ke dalam konsep yang lebih khusus dan tersusun secara hierarki. Konsep sekunder elektrokimia meliputi reaksi redoks spontan dan tidak spontan, sel galvani, potensial reduksi standar, potensial sel, penerapan sel galvani (baterai dan aki), korosi, elektrolisis dan penerapannya, serta hukum Faraday. e) Perumusan tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajaran dirumuskan sesuai dengan kompetensi dasar yang telah ditentukan dalam kurikulum 2013. Tujuan pembelajaran ini dijadikan acuan dalam menyusun bahan ajar. Tujuan pembelajaran pada materi elektrokimia adalah : 1) Melakukan percobaan tentang reaksi redoks spontan atau tidak spontan; 2) Mendeskripsikan reaksi redoks spontan dan tidak spontan berdasarkan hasil percobaan; 3) Mengelompokkan reaksi redoks ke dalam reaksi spontan dan tidak spontan; 4) Menyebutkan contoh reaksi spontan dalam kehidupan sehari-hari; 5) Menyebutkan komponen sel Galvani; 6) Menganalisis prinsip kerja sel Galvani berdasarkan hasil percobaan; 7) Memahami reaksi pada anoda dan katoda pada sel Galvani; 8) Menjelaskan arah aliran elektron pada sel galvani; 9) Menuliskan reaksi kimia masing-masing reaksi setengah sel, dan reaksi total dari kedua setengah reaksi membentuk reaksi sel; 10) Menjelaskan fungsi jembatan garam dengan benar; 11) Menuliskan notasi atau diagram sel; 12) Menjelaskan penentuan potensial elektode standar dan potensial hidrogen standar sebagai elektrode pembanding berdasarkan hasil percobaan; 13) Mendeskripsikan potensial sel dengan benar; 14) Menghitung potensial sel standar berdasarkan data potensial reduksi standar; 15) Memprediksi reaksi berlangsung spontan atau tidak spontan berdasarkan nilai potensial sel; 16) Menjelaskan penerapan sel galvani dalam kehidupan sehari-hari yang menguntungkan; 17) Menentukan jenis baterai berdasarkan fasa elektrolit yang digunakan; 18) Menentukan jenis baterai berdasarkan bisa atau tidaknya diisi ulang; 19) Melakukan percobaan untuk menjelaskan peristiwa korosi, penyebab, dan pencegahan terjadinya korosi; 20) Mengolah dan menganalisis hasil percobaan tentang penyebab terjadinya korosi dan cara pencegahannya; 21) Melakukan percobaan untuk menjelaskan peristiwa elektrolisis; 22) Mengolah dan menganalisis hasil percobaan tentang prinsip kerja elektrolisis; 23) Menjelaskan elektrolisis dengan elektrode inert dan tidak inert; 24) Menjelaskan penerapan elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari; 25) Menjelaskan Hukum Faraday; 26) Melakukan percobaan untuk menentukan jumlah endapan yang dihasilkan selama proses elektrolisis; dan 27) Menerapkan Hukum Faraday dalam proses elektrolisis. f) Pendekatan pembelajaran yang digunakan. Bahan ajar yang dikembangkan

menggunakan pendekatan ilmiah (*scientific approach*). Langkah-langkah dalam pendekatan ilmiah meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, menganalisis data, dan menkomunikasikan.

Tahap kedua yaitu *design* (perancangan) yang bertujuan untuk merancang prototipe hasil pengembangan, dalam penelitian ini berupa buku ajar. Langkah yang dilakukan meliputi: a) Menyusun tes berbasis kriteria. Penyusunan tes berbasis kriteria ini merupakan merancang instrumen yang digunakan untuk mengevaluasi produk yang akan dikembangkan. Instrumen yang digunakan adalah: (1) angket validasi dan lembar saran bahan ajar untuk ahli media; (2) angket validasi dan lembar saran bahan ajar untuk ahli isi dan pembelajaran; (3) angket penilaian dan lembar saran bahan ajar untuk uji perorangan; dan (4) soal postes untuk mengetahui pencapaian hasil belajar setelah pembelajaran menggunakan bahan ajar yang dikembangkan, hasil ini menunjukkan tingkat keefektifan penggunaan bahan ajar yang dikembangkan pada uji lapangan terbatas. b) Pemilihan media. Berdasarkan analisis yang dilakukan maka dikembangkan bahan ajar (buku guru dan buku siswa) yang berdasarkan pendekatan ilmiah (*scientific approach*) yang dilengkapi dengan video yang menunjukkan konsep mikroskopis yang disadur dari youtube. c) Pemilihan format bahan ajar. Format bahan ajar yang dikembangkan mengacu pada bahan ajar kimia SMK yang diterbitkan depdiknas yang telah dimodifikasi sesuai dengan pendekatan ilmiah (*scientific approach*); d) Rancangan awal yang berupa desain pembelajaran elektrokimia berdasarkan konsep yang telah dianalisis. Desain meliputi langkah-langkah yang dilakukan siswa dalam pembelajaran dalam memahami tiap-tiap konsep. Desain ini juga menjabarkan kegiatan guru dalam membimbing setiap kegiatan siswa selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Desain ini dilengkapi dengan tujuan mengapa konsep-konsep harus dipahami siswa. Desain ini kemudian dikembangkan dalam bentuk buku guru dan buku siswa yang merupakan draf 1 yang dikembangkan.

Tahap selanjutnya yaitu *develop* (pengembangan) yang bertujuan untuk merevisi draf 1 sehingga diperoleh produk (bahan ajar) yang siap digunakan. Hal ini dilakukan melalui validasi isi oleh ahli, uji coba perorangan dan uji lapangan terbatas. Validasi media, materi dan pembelajaran merupakan penilaian dan tanggapan atau saran dari validator terhadap bahan ajar pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian dan tanggapan dari validator digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan bahan ajar. Revisi dilakukan berdasarkan saran-saran dan masukan dari validator untuk memperbaiki bahan ajar sehingga diperoleh draf 2. Uji kelompok kecil bertujuan untuk mengetahui respon dan penilaian siswa (uji coba perorangan) terhadap bahan ajar sebagai pengguna. Pada uji ini akan diketahui sejauh mana tingkat kemenarikan, keterbacaan, dan kemudahan dalam menggunakan bahan ajar yang dikembangkan. Uji kelompok kecil ini dilakukan pada enam siswa kelas XII TKR yang telah menerima materi elektrokimia dengan kriteria 4 siswa berkemampuan tinggi, 3 siswa berkemampuan sedang dan 3 siswa berkemampuan rendah. Hasil uji ini digunakan sebagai acuan revisi terhadap bahan ajar yang dikembangkan sehingga diperoleh draf 3 yang siap digunakan untuk uji efektifitas bahan ajar.

Jenis data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa tanggapan/saran dari validator dan siswa tentang isi produk dan komentar umum terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Sedangkan data kuantitatif berupa persentase dan nilai rata-rata penilaian (angket) dari validator dan angket respon siswa. Angket penilaian ini mengacu pada penilaian kelayakan dari BSNP (2008) yang telah dimodifikasi sesuai dengan pengembangan bahan ajar dengan pendekatan ilmiah dengan instrumen penilaian yang berupa angket skala likert 5 level 5. Dan angket untuk siswa meliputi kemenarikan dan kemudahan penggunaan bahan ajar dengan skala likert level 5. Teknik analisis yang digunakan berupa analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif untuk mengolah data yang dihimpun dari pendapat dan saran dari ahli dan siswa. Analisis ini berfungsi untuk merevisi buku ajar yang dikembangkan. Sedangkan analisis deskriptif kuantitatif dari data yang diperoleh berupa perhitungan persentase skor item kuisioner. Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum x}{\sum x_i} \times 100\%$$

dimana: P adalah persentase kevalidan; $\sum x$ adalah jumlah total skor jawaban dari validator (nilai nyata); dan $\sum x_i$ adalah jumlah total skor jawaban tertinggi (nilai harapan) dengan pedoman kriteria yang diadaptasi dari arikunto (2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa bahan ajar materi elektrokimia berbasis pendekatan ilmiah yang terdiri dari buku siswa dan buku guru. Dalam buku siswa terdapat pendahuluan, kegiatan pembelajaran, dan penutup. Pada pendahuluan terdapat kata pengantar, sekilas tentang tahapan pendekatan ilmiah, bagian dalam buku, daftar isi, daftar gambar dan daftar tabel. Sedangkan pada kegiatan pembelajaran terdapat 7 topik dengan rincian pada Tabel 1.

Kegiatan belajar ke-	Topik	Materi
1	Reaksi redoks spontan dan tidak spontan	Reaksi redoks spontan dan tidak spontan
2	Sel galvani	• Komponen dan prinsip kerja Sel galvani • Gabungan setengah reaksi membentuk reaksi sel • Notasi atau diagram sel
3	Potensial reduksi standart	• Potensial reduksi standart • Potensial sel standar
4	Penerapan sel galvani dalam kehidupan sehari-hari	• Penerapan sel galvani dalam kehidupan sehari-hari (jenis-jenis baterai)
5	Korosi	• Korosi • Penyebab korosi • Pencegahan terjadinya korosi
6	Elektrolisis dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari	• Sel elektrolisis • Penerapan elektrolisis dalam kehidupan sehari-hari
7	Hukum Faraday	• Hukum Faraday

Pada setiap kegiatan pembelajarannya disesuaikan pada tahapan pendekatan ilmiah yang meliputi kegiatan : mengamati, membuat pertanyaan, menyusun hipotesis, mengumpulkan data/informasi, menganalisis data, dan mengkomunikasikan hasil yang diperoleh. Pada kegiatan mengamati, dapat dilakukan dengan melihat gambar, membaca artikel, melihat video, melihat fenomena atau kejadian yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan membuat pertanyaan didasarkan pada kegiatan pengamatan yang dilakukan sebelumnya dengan bantuan kata kunci yang diberikan dengan harapan pertanyaan siswa lebih terarah. Pada tahap mengajukan hipotesis, siswa diharapkan dapat menjawab pertanyaan mereka sendiri sebagai jawaban sementara. Kemudian dilanjutkan kegiatan mengumpulkan data/informasi. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan melakukan praktikum, melihat video, maupun melihat data hasil percobaan, dengan demikian siswa dapat menganalisis data yang mereka peroleh dengan berdiskusi. Dengan berbagai tahapan tersebut siswa diharapkan dapat menarik kesimpulan dari kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan. Pada akhir kegiatan terdapat latihan soal untuk pendalaman materi. Pada bagian penutup buku siswa terdapat glosarium, daftar pustaka, daftar gambar, dan indeks.

Buku guru yang merupakan panduan bagi guru selama kegiatan pembelajaran meliputi pendahuluan, kegiatan inti dan penutup. Pada bagian pendahuluan dan penutup buku guru sama halnya yang terdapat pada buku siswa. Buku guru dilengkapi dengan Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator, tujuan pembelajaran, materi dan alokasi waktu serta langkah-langkah pembelajaran pada setiap kegiatan pembelajarannya. Pada setiap kegiatan inti terdapat panduan apa saja yang harus dilakukan oleh guru selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Buku ini juga dilengkapi jawaban pertanyaan, prediksi pertanyaan yang akan diajukan oleh siswa, dan materi tambahan yang perlu diketahui oleh guru. Buku guru juga dilengkapi dengan penilaian dan program remedial dan pengayaan.

Bahan ajar yang dikembangkan divalidasi oleh tiga orang validator ahli isi dengan rincian 1 dosen kimia dan 2 guru kimia SMK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar yang telah dikembangkan telah dinyatakan sangat layak dengan presentase kelayakan sebesar 88,07% untuk buku

siswa dan 90,98 % untuk buku guru. Sedangkan pada uji peorangan buku siswa dinyatakan sangat layak dengan presentase kelayakan sebesar 81,17% oleh peserta didik sebagai pengguna. Selain itu hasil dari komentar dan saran baik oleh validator maupun siswa dapat disimpulkan bahwa bahan ajar materi elektrokimia yang dikembangkan dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini adalah pengembangan bahan ajar materi elektrokimia untuk SMK yang berbasis penskema ilmiah. Bahan ajar ini meliputi buku siswa dan buku guru disertai video animasi. Berdasarkan analisis terhadap data hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar yang telah dikembangkan telah dinyatakan sangat layak dengan presentase kelayakan sebesar 88,07% untuk buku siswa dan 90,98 % untuk buku guru oleh ahli isi, sedangkan pada uji coba perorangan buku siswa dinyatakan sangat layak dengan presentase kelayakan sebesar 81,17% oleh peserta didik sebagai pengguna.

SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dan kesimpulan, penulis dapat mengajukan beberapa saran, diantaranya:

1. Hasil pengembangan bahan ajar ini masih terbatas pada tahap validasi dan uji coba perorangan. Oleh karena itu, hendaknya dilakukan uji efektifitas atau uji coba lapangan lebih terhadap bahan ajar ini, sehingga bahan ajar yang dikembangkan benar-benar dapat diterapkan di dalam kelas.
2. Guru dapat menyesuaikan alokasi waktu dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran dengan alokasi waktu yang tersedia di lapangan sesuai dengan kebutuhan masing-masing sekolah.
3. Perlu adanya pengembangan bahan ajar berbasis pendekatan ilmiah dengan materi yang lain sehingga akan memperkaya sumber belajar siswa dan dapat digunakan sebagai sumber kegiatan pembelajaran inovatif di dalam kelas

DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, S. 2009. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Barke, H. D., Harsch, G., and Schmid, S. 2012. *Essentials of Chemical Education*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bilica, K dan Florest, M. 2009. Inductive and deductive Science Thinking. *Sci Scope*. Texas : Wilson Web.
- BNSP. 2008. Bahan Ajar Perencanaan Pembelajaran. Jakarta : Depdiknas.
- Buchory, A. 2013. Kharisma SMK Teknik Kelas XI Semester 1. Surakarta: CV. Ha Ka MJ
- Chang, R. 2000. *Chemistry*, 6th Ed. Amerika: The Mac-Graw Hill Companies.
- Carey, S. S. 2004. *A Beginner's Guide To Scientific Method*, 3th Ed. Canada: Thomson Wadsworth.
- Dasna, I. W. 2008. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Hasil-Hasil Penelitian. Disajikan pada workshop Pengembangan Bahan Ajar Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang, 12 Juni 2008. Malang: Pusat Kurikulum, Pengembangan Pembelajaran, dan Evaluasi LP3 UM.
- Ediati, R. Dkk. 2008. *Kimia Jilid 2 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK Dirjenman Pendidikan Dasar dan Menengah Depdiknas.
- Garnett, P. J. & Treagust, D. F. 1992. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells . *Journal Of Research In Science Teaching*, 29 (10) : 1079-1099.
- Handelsman, J. Et al. 2004. Scientific Teaching. *Policy Forum Science*, 304: 521-522.
- Hitipiew, I. 2009. *Belajar dan Pembelajaran*. Malang : FIP Universitas Negeri Malang.
- Kemendikbud. 2013. *Pendekatan Ilmiah Dalam Pembelajaran*. Draf Diklat Guru Implementasi Kurikulum 2013.
- McLelland, C.V. tanpa tahun. *The nature of science and the scientific method*. America : GSA.
- Permendikbud Nomor 70 Tahun 2013 Tentang Kerangka Dasar Dan Struktur Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan (online) diakses tanggal 3 Agustus 2013.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Purba, M. 2006. *Kimia untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Erlangga.

Pusat Pengembangan Tenaga Kependidikan. 2013. *Pendekatan Saintifik*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Reigeluth. 2009. Instructional Teory for Education in The Information Age. *Instructional-Design Teories and Models*, 3 (18): 387-399.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. 2000. Addressing Student Misconceptions Concerning Electron Flow In Aqueous Solutions With Instruction Including Computer Animations And Conceptual Change Strategies. *International Journal of Science Education*, 22 (5): 521- 537.

Tasdelen, U. & Koseoglu, F. 2008. Learner- Friently textbooks : Chemistry Texts Based On A Constructivist View Of Learning. *Asia Pasific Education Review*, 9 (2): 136-147.

Thiagarajan, S., Semmel, D.S., dan Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development For Training Teachers Of Exceptional Children*. Minnesota: Association Drive.

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA DENGAN PENDEKATAN SCIENTIFIC-INQUIRY BERBASIS PBL (PROBLEM BASED LEARNING) UNTUK MENINGKATKAN KETRAMPILAN SAINS SISWA MATERI HIDROLISIS GARAM

Wiji Chusnah^a, Subandi^a, Subaeri^a

^aProgam Studi S2 Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang 65145

Corresponding author's email:

ABSTRAK

Pengembangan bahan ajar disusun dengan tujuan untuk mencari pemecahan dalam menerapkan kurikulum yang berlaku jika guru mengalami kendala dalam pembelajaran untuk mendukung implementasi kurikulum yang berlaku karena bahan ajar yang kurang mendukung. Pembelajaran kimia dengan pendekatan Scientific Inquiry berbasis Problem Based Learning (PBL) adalah pembelajaran yang menjadikan masalah sebagai dasar atau basis bagi siswa untuk belajar dengan pendekatan Scientific yang dalam prosesnya menggabungkan Inquiry dalam pembelajaran dengan tujuan mengoptimalkan kemampuan dalam proses mental, kemampuan tingkat berfikir kritis, kemampuan berkomunikasi dan kemampuan metakognitif siswa dalam memahami konsep pembelajaran kimia pada ketrampilan proses dan metode ilmiah. Kriteria bahan ajar yang dikembangkan sesuai Standar Isi Kurikulum 2013 Permendikbud Nomor 21 Tahun 2016 dengan menggunakan model 4-D oleh Thiagarajan dan Semmel (1974) meliputi 4 langkah pengembangan yaitu Define, Design, Develop dan Disseminate. Desain rancangan penelitian pengembangan bahan ajar dengan metodologi survey melalui analisis KI dan KD, analisis ruang lingkup materi dalam buku Teks yang telah ditetapkan BSNP baik cetak maupun non cetak (BSE) Kurikulum KTSP dan Kurikulum 2013, analisis hasil penelitian relevan yang terdahulu, analisis hasil penelitian miskonsepsi untuk mengetahui draft desain bahan ajar kimia. Draft hasil pengembangan melalui uji keterbacaan, kelayakan dan keefektifan bahan ajar yang terdiri dari komentar dan saran ahli isi, ahli pembelajaran mahasiswa, guru dan siswa (data kualitatif) dan data kuantitatif (penilaian angket dan postes) agar dapat digunakan untuk meningkatkan ketrampilan Sains Siswa pada materi Hidrolisis Garam. Uji coba produk hasil pengembangan melalui validasi ahli isi dan ahli pembelajaran untuk menyusun revisi desain produk yang memiliki kelayakan untuk penyebaran produk melalui publikasi ilmiah.

Kata kunci: Pengembangan bahan ajar kimia, pendekatan Scientific-Inquiry, Problem based learning, ketrampilan sains, hidrolisis garam

ABSTRACT

Development of teaching materials prepared for the purpose of seeking resolve in implementing the curriculum that applies if the teachers have problems in learning to support the implementation of the applicable curriculum for teaching materials that are less supportive. Learning chemistry approach Scientific Inquiry-based Problem Based Learning (PBL) is learning that makes the problem as a basis or a basis for students to learn to approach Scientific is in the process combines Inquiry learning with the aim of optimizing the ability of the mental processes, ability level critical thinking, ability communicate and metacognitive skills of students in understanding the concept of learning chemistry on process skill and scientific method. Criteria for appropriate teaching materials developed in 2013 Permendikbud Curriculum Content Standards No.21 of 2016 using 4-D models by Thiagarajan and Semmel (1974) includes four steps of

development that Define, Design, Develop and Disseminate. Design study design development of teaching materials with the methodology of the survey through the analysis of KI and KD, analysis of the scope of the material in the book text that has been set BSNP both print and non-print (BSE) Curriculum SBC and Curriculum 2013, the analysis of the research result relevant to the foregoing , the analysis of the research results misconsepsi to determine the draft design of chemistry teaching materials. The draft of the development through the test of legibility, the feasibility and effectiveness of teaching materials which consists of the comments and suggestions of content expert, expert student learning, teachers and students (qualitatif data) and quantitativ data (assessment questionnaire and posttest) that can be used to improve the skills of Science Student at Hydrolisis Garam material. Try out products through the development and validation of content expert learning expert to prepare revised product designs that have eligibility for dissemination of products through scientific publications.

Keywords : *Development of teaching materials chemistry approach-Scientific Inquiry, Problem Based Learning, science skills, salt hydrolysis.*

PENDAHULUAN

Prinsip dari kimia telah mengalami modifikasi sepanjang waktu dan selama ada perubahan dalam kehidupan sehari-hari pengetahuan kimia secara kuantitatif berkembang lebih baik dalam penggunaan bahan alam dan kreatifitas terbaru dalam obat-obatan, perubahan komposisi, senyawa polimer dan material baru yang lain. (Silberberg: 17)

Konsep dasar yang digunakan dalam buku teks membawa peningkatan pendidikan dalam penulisannya setelah dibaca dapat dirasakan idenya dan diungkapkan dengan lancar, tepat adalah prinsip dalam pengembangan bahan ajar kimia menurut Silberberg (2005: 2). Banyak aspek dalam kimia yang tidak dapat dimengerti secara keseluruhan tapi hasilnya dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari memerlukan definisi yang dapat digunakan untuk membangun pengetahuan ilmiah (Reger , Daniel . L ,2010 : 2).

Bahan ajar mempunyai struktur dan urutan sistematis, menjelaskan tujuan instruksional yang akan dicapai, dapat memotivasi siswa untuk belajar, mengatasi kesulitan belajar siswa dalam bentuk bimbingan untuk mempelajari materi pembelajaran. Penyusunan sekuens bahan ajar berhubungan erat dengan strategi atau metode mengajar (Sukmadinata,2009 : 107). Bahan ajar yang baik yaitu ditulis dan dirancang sesuai dengan prinsip-prinsip instruksional (langkah-langkah pembelajaran) yang digunakan guru (Pannen dan Purwanto dalam Wahyuni 2015). Buku teks yang digunakan disekolah adalah buku-buku teks yang sudah lolos penilaian yang dilakukan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dengan standar yang telah ditetapkan BSNP. Tetapi tidak semua buku teks yang diperlukan sesuai dengan Standar Isi dalam Permendikbud Nomor 21 Tahun 2016 tersedia di sekolah karena belum terdistribusi secara menyeluruh. Buku-buku teks kimia yang ada di Indonesia sebagian besar disusun dengan urutan sesuai dengan apa yang ada pada kurikulum yang berlaku saat itu (Esti Munafifah : 2012). Penerapan kegiatan pembelajaran yang dirancang dalam bahan ajar dapat berupa buku-buku teks, lembar-lembar pembelajaran (Instructional sheet) baik dalam bentuk cetak maupun non cetak.

Scientific Inquiry dengan PBL dalam penelitian Jiangyue Gu menyarankan bahwa memiliki siswa belajar terbuka, kompleks dan masalah kontroversial dapat memfasilitasi keyakinan epistemik yang lebih canggih dan adaptif (Braten et al, 2011 ; Ferguson & Braten 2013; Greene et al, 2010; Tsai, 2004) . PBL melalui kegiatan pembelajaran lapangan telah terbukti efektif untuk anak-anak belajar dan terlibat dengan ilmu pengetahuan dan praktek-praktek ilmiah (NRC,2009). Selama penyelidikan ilmiah keyakinan epistemik siswa mempengaruhi proses dan strategi untuk mencari dan mengevaluasi informasi (Barzilai & Zohar,2012 ; Mason et al,2009).

Proses belajar menurut Osborne dan Witrock pemerolehan konsep merupakan hasil belajar generatif yang ciri utamanya adalah orang cenderung membentuk persepsi dan arti yang konsisten dengan hasil belajar awalnya. Bruner menyarankan agar siswa hendaknya belajar dengan partisipasi secara aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip agar mereka memperoleh pengalaman, melakukan

eksperimen-eksperimen yang mendorong untuk dapat menemukan prinsip dan memecahkan masalah.

Upaya menyusun pengembangan bahan ajar kimia dengan pendekatan Scientific Inquiry Berbasis PBL untuk Meningkatkan Ketrampilan Sains Materi Hidrolisis Garam dalam penelitian pengembangan ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi pihak terkait dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan ketrampilan sains peserta didik melalui peningkatan ketrampilan dasar (basic skill) dan ketrampilan proses sains (proses skill). Hasil pengembangan bahan ajar sebelumnya yaitu Pengembangan bahan ajar kimia berdasarkan pendekatan Inquiri Terbimbing pada Materi Laju Reaksi untuk siswa kelas XI-IPA menurut Triami Winarsih (2015) hasil uji coba dapat meningkatkan skor diatas Kriteria Ketuntasan Minimal(KKM) yaitu 76. Menurut Sri Wahyuni (2015), Pengembangan bahan ajar kimia berbasis Pendekatan Ilmiah (Scientific Approach) Pokok Bahasan Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit untuk SMA Kelas X Sekolah Menengah Atas hasil uji coba menunjukkan bahwa 90,5% siswa mencapai skor diatas KKM yaitu 71 dan skor tes siswa lebih tinggi, Pengembangan Buku Teks Pelajaran IPA-Kimia SMP/MTs menurut penelitian Esti Munafifah (2010) peningkatan prestasi belajar siswa sesudah menggunakan buku teks hasil pengembangan adalah sangat signifikan. The Benchmarks for Science Literacy (AAAS,1993) mengharapakan bahwa semua siswa setidaknya dapat memahami alasan dilakukan penyelidikan dan mampu secara kritis menganalisis klaim yang dibuat dari data yang dikumpulkan. Seorang guru kimia harus bisa memahami arti bahasa dalam kelas baik kata-kata maupun simbol yang digunakan dalam proses pembelajaran sehingga dapat dipahami oleh siswa dan mempermudah siswa untuk meningkatkan kemampuan berfikir dan ketrampilan sains siswa.

METODE PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Rencana Metode Pengembangan dalam penelitian pengembangan ini menggunakan model 4-D (four-D model) oleh Thiagarajan dan Semmel (1974) meliputi 4 langkah pengembangan yaitu : (1) pendefinisian (define) (2) perancangan (design) (3) pengembangan(develop) (4) penyebaran (dessiminate).

Prosedur pengembangan yang digunakan ada lima tahap pokok :

1. Menganalisis Kompetensi Inti dan Kompetensi dasar Mata Pelajaran Kimia pada KTSP dan Kurikulum 2013
2. Menganalisis penelitian terdahulu tentang misconsepsi pada pembelajaran Kimia
3. Menganalisis buku teks Kimia cetak dan non cetak yang telah beredar untuk menentukan urutan materi dan urutan KD dalam buku secara hirarkis dan berjenjang
4. Menganalisis penyajian materi dalam buku teks cetak dan non cetak untuk menentukan kategori strategi pembelajaran yang digunakan dalam urutan penyajian materi
5. Mengembangkan bahan ajar kimia untuk menghasilkan produk bahan ajar kimia sesuai dengan Standar Isi dalam Permendikbud Nomor 21 tahun 2016.

Rencana Spesifikasi produk yang diharapkan hasil pengembangan dengan urutan spesifikasi materi Hidrolisis Garam antara lain sebagai berikut :

1. Bahan ajar dikembangkan diintegrasikan dengan sintaks PBL dengan pendekatan Scientific Inquiry terdiri dari satu unit program materi pembelajaran yang terkecil yang secara terperinci mencakup Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, Materi Pokok , Alokasi Waktu, Strategi Pembelajaran, Alat dan Sumber Belajar yang dipakai, Kegiatan Belajar yang harus dilakukan dan dihayati siswa secara berurutan, Lembaran-lembaran kerja yang harus diisi selama proses belajar mengajar, Evaluasi dan Penilaian, Kriteria Penilaian, Laporan Kerja Ilmiah, Refleksi Pembelajaran dalam bentuk jurnal belajar.
2. Produk yang dihasilkan dalam bentuk software ataupun hardware seperti buku, modul, paket, program pembelajaran , alat bantu belajar.
3. Kriteria bahan ajar dalam bentuk buku guru dan buku siswa sesuai dengan Kurikulum yang berlaku dalam pembelajaran yaitu Kurikulum 2013 sesuai dengan Standar Proses dan Standar Isi .(Permendikbud Nomor21-24 Tahun 2016)
4. Penulisan Bahan Ajar dilakukan dengan langkah-langkah : perumusan KD yang harus dikuasai, penentuan alat evaluasi/ penelitian, penyusunan materi, urutan pembelajaran, kriteria

struktur bahan ajar dengan memperhatikan aspek kelayakan, isi, kebahasaan, penyajian, kegrafikan menurut ahli media, ahli materi, guru dan teman sejawat.

Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Pengembangan bahan ajar dengan pendekatan Scientific Inquiry berbasis PBL (Problem Based Learning) materi hidrolisis garam difokuskan pada penggunaan metodologi dalam pembelajaran yang meliputi tehnik mengajar, kegiatan implementasi sumber dan alat pengukuran yang digunakan dalam situasi belajar mengajar.

Instrumen Pengembangan

1. Instrumen Penelitian Pendahuluan
 - a. Analisis KI dan KD (KTSP 2006, Kurikulum 2013, K-13) dalam silabus
 - b. Analisis Tata urutan Materi ajar (KTSP 2006, Kurikulum 2013, K-13)
 - c. Analisis urutan penyajian materi dalam Buku Teks (Cetak dan Non Cetak)
2. Instrumen Pengembangan
 - a. Pengembangan RPP berdasarkan Silabus Kurikulum 2013 dengan pendekatan Scientific Inquiry berbasis PBL (Problem Based Learning)
 - b. Pengembangan Buku Pedoman Guru Materi Hidrolisis Garam
 - c. Pengembangan Buku Siswa Materi Hidrolisis Garam
3. Instrumen Validasi Bahan Ajar
 - a. Validasi Isi Bahan Ajar
 - b. Validasi Kelayakan Bahan Ajar
4. Instrumen Uji Coba Bahan Ajar
 - a. Desain Instrumen Uji Coba Bahan Ajar
 - b. Validasi Instrumen Uji Coba Bahan Ajar
5. Instrumen Pengumpulan Data
 - a. Tehnik Pengumpulan Data
 - b. Tehnik Analisis Data

Definisi Operasional

- a. Pengembangan bahan ajar kimia yang dilakukan dengan mengembangkan metodologi dalam pembelajaran dengan pendekatan Scientific Inquiry Berbasis (PBL) Problem Based Learning untuk meningkatkan ketrampilan sains siswa materi hidrolisis garam.
- b. Kriteria Buku sebagai bahan ajar dalam Kurikulum 2013 dalam mengajar ada dua jenis buku yaitu buku siswa dan buku guru. Buku siswa lebih menekankan pada activity base bukan merupakan bahan bacaan, setiap buku memuat model pembelajaran dan project yang akan dilakukan siswa. Buku Guru memuat panduan bagi guru dalam mengajarkan materi kepada siswa yang disusun seimbang mencakup kompetensi sikap, pengetahuan dan ketrampilan (Permendikbud Nomor 24 tahun 2016)
- c. Penilaian hasil belajar oleh guru untuk memantau kemajuan belajar siswa dengan menggunakan Standar Penilaian sesuai Permendikbud Nomor 66 Tahun 2016

PEMBAHASAN

Kegiatan pembelajaran menggunakan model pembelajaran , metode pembelajaran, media pembelajaran dan sumber belajar yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik dan mata pelajaran dalam kelas akan menentukan perkembangan potensi peserta secara individual dalam kelompoknya.

Pendekatan Pembelajaran

Kurikulum 2013 merekomendasikan pendekatan saintifik atau pendekatan ilmiah dalam pembelajaran sebagai proses membangun pengetahuan , ketrampilan dan sikap. Menurut Permendikbud Nomor 22 (2016) dalam pembelajaran kimia SMA siswa akan menerima konsep baru yang berbeda dengan pembelajaran sebelumnya sesuai dengan urutan penyajian materi dalam

silabus, untuk memperkuat pendekatan ilmiah (*scientific approach*) tematik terpadu (tematik antar mata pelajaran) dan tematik (dalam suatu mata pelajaran) perlu diterapkan pembelajaran berbasis penyingkapan / penelitian (*discovery/inquiry learning*). Untuk mendorong kemampuan peserta didik untuk menghasilkan karya kontekstual, baik individual maupun kelompok maka sangat disarankan menggunakan pendekatan pembelajaran yang menghasilkan karya berbasis pemecahan masalah (*project based learning*).¹⁰ Pembelajaran Kimia lebih menekankan pada penggunaan pendekatan ilmiah (*scientific approach*) terintegrasi pada pendekatan ketrampilan proses dan metode ilmiah.(Silabus Kimia : 2016)

Penerapan Scientific-Inquiry menurut National Research Council merujuk kepada beragam cara ilmuwan yang mempelajari alam dan memberikan penjelasan berdasarkan bukti-bukti penelitian mereka. Scientific-Inquiry meskipun terkait erat dengan proses ilmiah, namun meluas melebihi perkembangan ketrampilan proses seperti mengamati, menyimpulkan, mengklasifikasi, memprediksi, mengukur, mempertanyakan, menafsirkan dan menganalisis data, tetapi tetap mengacu pada kombinasi dari ketrampilan proses ini dengan pengetahuan ilmiah, penalaran ilmiah dan berfikir kritis untuk mengembangkan ilmu pengetahuan (National Science Education Standards NRC, 1996). Penerapan Scientific-Inquiry dalam pembelajaran diharapkan dapat mengembangkan pendekatan ilmiah dan kemudian mendesain serta melakukan investigasi yang menghasilkan data yang diperlukan untuk membuat kesimpulan yang merupakan jawaban dari pertanyaan ilmiah (AAAS;1993).

ScientificInquiry (SI) adalah proses bagaimana para ilmuwan melakukan pekerjaan mereka dan bagaimana pengetahuan ilmiah dihasilkan dan diterima yang membedakan antara ilmu pengetahuan dengan praktek sains. Kegiatan ilmiah mencakup semua bentuk kegiatan siswa seperti bermain peran, simulasi, percobaan sains, kunjungan lapangan atau merancang konsep (peta konsep). Dialog dengan orang lain mungkin dilakukan melalui berdebat masalah isu sosial ilmiah, brainstorming ide-ide untuk memecahkan masalah, membahas desain eksperimen , mempertimbangkan hasil penjelasan terbaik. Kegiatan pembelajaran dengan pendekatan ilmiah harus dipandu dengan kaidah-kaidah pendekatan ilmiah.Dalam deskripsinya ScientificInquiry mengacu pada ketrampilan proses sains dengan mengembangkan konten pengetahuan ilmiah adalah pendekatan Scientific yang dalam prosesnya menggabungkan dengan Inquiry dalam pembelajaran dengan tujuan mengoptimalkan kemampuan dalam proses mental , kemampuan tingkat berfikir kritis ,kemampuan berkomunikasi dan kemampuan metakognitif siswa dalam memahami konsep pembelajaran kimia (Lederman,2009) dilihat dari aspek-aspek : (1) penyelidikan ilmiah semua dimulai dengan pertanyaan dan tidak selalu menguji hipotesis; (2) semua tahap penyelidikan dikumpulkan dengan metode scientific (3) prosedur penyelidikan dipandu oleh pertanyaan yang diajukan; (4) semua ilmuwan melakukan yang sama prosedur mungkin tidak mendapatkan hasil yang sama; (5) prosedur penyelidikan dapat mempengaruhi hasil; (6) kesimpulan penelitian harus konsisten dengan data yang dikumpulkan; (7) data ilmiah tidak sama dengan bukti ilmiah; dan bahwa (8) penjelasan dikembangkan dari kombinasi data yang dikumpulkan dan apa yang sudah diketahui.

Tujuan dari belajar melalui pendekatan Scientific Inquiry adalah agar siswa dapat melaksanakan metode ilmiah sesuai dengan saran Bruner.

Langkah-langkah kegiatan Scientific Inquiry (SI) sesuai dengan aspek-aspeknya adalah :

- a. Semua penyelidikan ilmiah dimulai dengan pertanyaan dan tidak perlu uji hipotesa.
- b. Guru menyajikan masalah-masalah yang harus diteliti secara seksama oleh siswa sehingga menciptakan tantangan dan dorongan untuk mencari jawaban.
- c. Hal ini berlaku untuk berfikir bahwa pengamatan memicu minat sebelum pertanyaan itu ada merupakan bagian dari ilmu.
- d. Guru menahan beberapa informasi dan generalisasi yang penting untuk mendorong siswa melakukan eksperimen.
- e. Belum ada satu tahap atau urutan langkah diikuti investigasi dengan metode ilmiah , siswa perlu mengembangkan berbagai metodologi penelitian.
- f. Siswa memecahkan masalah di laboratorium atau secara teoritis , guru sebagai seorang pembimbing. Prosedur Inquiry apakah dijawab oleh pertanyaan yang diajukan siswa harus memahami bahwa pertanyaan yang sama dapat dijawab dengan merancang prosedur yang berbeda.

- g. Untuk memecahkan masalah siswa diminta untuk mengumpulkan data(informasi) yang diperlukan. Semua ilmuwan melakukan prosedur yang sama mungkin tidak mendapatkan hasil sama, siswa perlu memahami bahwa data ilmiah
- h. Guru meminta siswa untuk mengolah data yang diperoleh dan siswa diharapkan mampu menyusun langkah pemecahan masalah.
- i. Guru menyuruh siswa untuk menarik kesimpulan.
- j. Guru dan siswa sama-sama mendiskusikan hasil penemuan (jawaban yang didapat)
- k. Guru mengakhiri pelajaran dengan memberi tugas rumah pada siswa untuk mempelajari materi yang akan dibahas.

Kebaikan-kebaikan belajar kegiatan Scientific Inquiry

- a. Pengetahuan bertahan lama dan lebih mudah diingat.
- b. Hasil penemuan mempunyai efek transfer yang lebih baik dibandingkan dengan cara lain.
- c. Secara menyeluruh dapat meningkatkan penalaran siswa dan kemampuan berfikir secara bebas.
- d. Secara khusus kegiatan Scientific Inquiry adalah melatih ketrampilan-ketrampilan kognitif siswa untuk memerlukan dan memecahkan masalah tanpa pertolongan orang lain.

Penyelidikan ilmiah mengacu pada ketrampilan proses sains umum dengan tradisional konten ilmu pengetahuan, kreativitas, dan berfikir kritis untuk mengembangkan pengetahuan ilmiah (Lederman: 2009). Berbagai literatur menunjukkan bahwa siswa harus mengembangkan kemampuan penyelidikan perlu dilakukan penelitian sesuai Standar Nasional Pendidikan Sains (NRC,2000) membedakan antara kemampuan untuk melakukan penyelidikan dan memiliki pemahaman mendasar tentang karakteristik khusus dari penelitian ilmiah. Scientific Inquiry (SI) adalah proses bagaimana para ilmuwan melakukan pekerjaan mereka dan bagaimana dihasilkan pengetahuan ilmiah selanjutnya diterima.¹² Keadaan ini kemudian didukung oleh Next Generation Science Standards (NGSS; Achieve, Inc, 2013) yang mana membedakan antara hakekat ilmu dengan praktik sains.

Pembelajaran PBL (Problem Based Learning)

Strategi pembelajaran PBL (Problem Based Learning) adalah pembelajaran yang menjadikan masalah sebagai dasar atau basis bagi siswa untuk belajar, dalam menyelesaikan dan memecahkan masalah memerlukan tambahan pengetahuan baru sebelum dapat menyelesaikan masalah tersebut. PBL adalah pembelajaran yang berpusat pada siswa di mana guru berfungsi sebagai fasilitator. Makalah yang dihasilkan dalam pembelajaran ini diadaptasi karya berdasarkan perpustakaan , data dikumpulkan dengan menggunakan buku teks, jurnal artikel dan pencarian internet . Literatur mengungkapkan bahwa PBL adalah pendekatan yang terbaik untuk membangun CTS (Kritikal Thinking Skill) , mengintegrasikannya ke dalam semua bidang pelajaran dan keseluruhan hidup siswa. Dalam PBL, siswa menunjukkan kemampuan ditingkatkan untuk menggunakan CTS dalam kegiatan mereka (Sada A., et al : 2016). Problem Based Learning muncul dalam berbagai bentuk, namun semuanya menghendaki dalam memantau dan memproses penyelesaian masalah secara langsung dan membawa pengetahuan tentang konsep dan proses untuk menunjang permasalahan tersebut (Yusran Khery: 2012) Berdasarkan karakteristiknya kimia dalam pembelajarannya mengacu pada prinsip-prinsip konstruktivisme yakni pengetahuan dibangun sendiri oleh siswa baik secara personal maupun sosial. Oleh karena itu dengan memberikan kesempatan pada siswa menyelidiki proses pemecahan masalah diharapkan siswa dapat berkonsentrasi pada sesuatu yang dipahaminya.

Dalam penelitiannya Yusran Khery (2012) menjelaskan belajar dan pembelajaran sains berperan penting menumbuhkembangkan kemampuan untuk menerapkan konsep-konsep sains, prosedur, dan sikap sains dalam kehidupan siswa secara luas . Ketrampilan proses sains ialah ketrampilan dalam : (1) mengamati (2) menafsirkan pengamatan (3) meramalkan (4) menggunakan alat dan bahan (5) menerapkan konsep (6) merencanakan penelitian (7) berkomunikasi (Dahar dalam Susiwi dkk.,2009). Sains terbuka untuk semua orang yang mampu memahaminya dan dinilai oleh siapa saja yang mau menilainya. Pendidikan sains dalam kimia dilatih untuk dapat melaporkan hasil-hasil percobaannya secara logis,sistematis dan jelas sehingga dapat dibaca orang lain, dapat menjelaskan dan mendiskusikan hasil percobaan, serta mengkomunikasikan hasil pengamatannya dalam bentuk grafik, tabel dan diagram perlu dikembangkan (Susiwi;2009 dalam Y.Khery 2012).

Menurut Ibnu dalam penelitian Yusran Khery materi ajar IPA, termasuk kimia, mengandung dua aspek penting yakni proses dan konsep dan harus terwujud sebagai indikator keberhasilan belajar. Pembelajaran kimia bermuara pada pengetahuan tentang “bagaimana” dan “apa”. Materi ajar kimia bersifat abstrak, berjenjang, terkait satu dengan yang lain dan semakin kompleks. Proses dan konsep adalah fasa wajib yang harus ada dalam pembelajaran kimia. Belajar kimia hendaknya bermuara pada penguasaan ilmu pengetahuan yang merupakan hasil pengetahuan yang dijalani siswa. Siswa diarahkan untuk mampu bertindak sebagai ilmuwan yang mampu mengumpulkan data, memilah dan mengkategorikan data, melakukan pengukuran, menganalisa hubungan dan membuat kesimpulan, juga dapat diarahkan menyusun hipotesis, merancang penyelesaian masalah dan melaksanakan percobaan / penelitian. Dengan demikian hasil (outcome) pembelajaran kimia hendaknya mencakup pemahaman konsep-konsep dan ketrampilan proses sains.

Mengamati merupakan suatu ketrampilan berfikir fundamental yang menjadi dasar utama dari pertumbuhan sains. Mengamati dalam kegiatan ilmiah berarti memilih fakta-fakta yang relevan dengan tugas tertentu dari hal-hal yang diamati atau memilih fakta-fakta untuk menafsirkan peristiwa tertentu, membandingkan hal-hal yang diamati yang kemudian berkembang menjadi kemampuan mencari persamaan dan perbedaan (Susiwi : 2009). Sesuai dengan hakekat kimia sebagai bagian dari sains dalam pembelajaran kimia dengan proses sains melibatkan berbagai ketrampilan proses sains (Towle dalam Subali : 2009). Dibandingkan dengan pembelajaran lain, PBL pembelajaran yang berpusat pada siswa dan kurang diarahkan guru, siswa perlu mengetahui masalah, mengidentifikasi apa yang mereka perlu tahu, memperoleh informasi yang relevan, menerapkan informasi yang relevan untuk menciptakan solusi yang mungkin untuk memecahkan masalah (Barrows:1996).

Problem Based Learning muncul dalam berbagai bentuk, namun semuanya menghendaki dalam memantau dan memproses penyelesaian masalah secara langsung dan membawa pengetahuan tentang konsep dan proses untuk menunjang permasalahan tersebut (Yusran Khery; 2012). Hasil penelitian yang dilakukan Ayes dan Eryilmas (2010) menemukan kelebihan dan kelemahan yang dimiliki dalam PBL, kelebihannya adalah mendapatkan sudut pandang insiyur, percaya diri, peningkatan kemampuan komunikasi, kemampuan memecahkan masalah dan ketrampilan self directed learning. Sedangkan kelemahannya adalah kelemahan yang berasal dari siswa, tutor, skenario, penilaian dan kelemahan presentasi (Solihah ;; 2011).

Pengembangan Bahan Ajar Kimia

Pengembangan inovasi pembelajaran kimia dengan mengembangkan bahan ajar menunjukkan adanya keadaan dibutuhkannya bahan ajar kimia yang mendukung proses pembelajaran yang sesuai dengan Standar Nasional Pendidikan yang berlaku di Indonesia dan kurikulum yang berlaku digunakan dasar dalam menggunakan media pembelajaran dan aktivitas pembelajaran (Manihar Situmorang ; 2009). Sesuai dengan perkembangan teknologi, maka dalam pembelajaran seyogianya juga dapat mengakses kemajuan teknologi informasi dan komunikasi sebagai sarana, sumber belajar maupun alat pembelajaran. Pemanfaatan buku teks pelajaran tetap diperlukan untuk merangsang minat baca dan meningkatkan kreatifitas peserta didik. Lembar kerja siswa (LKS) sedapat mungkin disusun oleh guru yang memberi peluang pengembangan kreatifitas peserta didik terlibat langsung dalam merancang prosedur percobaan (Silabus Kimia : 2016)

Kriteria Buku sebagai bahan ajar dalam Kurikulum 2013 dalam mengajar ada dua jenis buku yaitu buku siswa dan buku guru. Buku Siswa lebih menekankan pada activity base bukan merupakan bahan bacaan, setiap buku memuat model pembelajaran dan project yang akan dilakukan siswa. Buku Guru memuat panduan bagi guru dalam mengajarkan materi kepada siswa. Materi disusun seimbang mencakup kompetensi sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Untuk mendapatkan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik, diperlukan analisis terhadap SK-KD, analisis sumber belajar dan penentuan jenis serta judul bahan ajar. Guru perlu mengembangkan bahan ajar antara lain dengan alasan : bila ketersediaan bahan sesuai tuntutan kurikulum kurang terpenuhi, karakteristik sasaran dan tuntutan pemecahan masalah belajar (Dikdasmen : 2008). Berdasarkan fakta tersebut guru harus berusaha untuk menyusun dan menyesuaikan bahan ajar yang disusun dan dirancang sesuai dengan kurikulum 2013 dengan pendekatan ilmiah (pendekatan saintifik).

Dalam dekade terakhir pendekatan ilmiah (scientific approach) merupakan pendekatan dalam pembelajaran sesuai kurikulum 2013 diterapkan dalam pembelajaran memerlukan bahan ajar dengan pendekatan ilmiah. Ilmu kimia sebagai bagian dari sains diperoleh dan dikembangkan berdasarkan eksperimen untuk mencari jawaban atas apa, mengapa dan bagaimana zat-zat tersusun (Brady, 2012 : Chang, 2000: 4). Rendahnya kemampuan sains kimia siswa disebabkan karena sebagian pembelajaran sains kimia SMA masih berorientasi pada pencapaian produk sains dan mengabaikan proses sains. Pembelajaran di sekolah dalam Kurikulum 2013 lebih memberikan kesempatan kepada siswa untuk mencari informasi sendiri dalam mengkonstruksi pengetahuannya sehingga dapat menghasilkan pemecahan masalah.¹⁰ Menurut Oemar Hamalik (2011:106) kegiatan belajar sesungguhnya dilakukan oleh semua makhluk hidup mulai dari kehidupan yang sederhana sampai dengan yang kompleks.⁴ Menurut Tasleden & Koseoglu (2008 : 136) keberadaan bahan ajar berperan penting dalam mencapai target kurikulum sebagai sumber informasi termudah bagi siswa untuk mempraktekkan sains dalam kehidupannya. Pannen dan Purwanto dalam Wahyuni (2015) menyatakan bahan ajar adalah bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran.

Bahan ajar yang dimaksud untuk dikembangkan harus mengandung langkah-langkah dalam pendekatan Scientific Inquiry dan mengintegrasikan kedalam Problem Based Learning dengan tiga tingkatan representasi kimia yaitu makroskopis, submikroskopis dan simbolik sesuai dengan karakteristik ilmu kimia. Pemahaman tentang konsep-konsep kimia dalam proses kognitif perlu dilakukan untuk memfasilitasi meningkatkan praktek pembelajaran.

Bahan ajar yang dikembangkan diintegrasikan dengan sintaks Problem Based Learning (PBL) meliputi :

- a. Mengorientasi siswa pada masalah
- b. Tahap mengorientasi siswa pada masalah dalam bahan ajar dengan mendeskripsikan arah pembelajaran sesuai dengan permasalahan yang ada pada wacana atau video yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.
- c. Mengorganisasi siswa untuk belajar
- d. Bahan ajar ini memfasilitasi siswa dalam melakukan pemecahan masalah dengan menyajikan pertanyaan-pertanyaan yang akan mengarahkan dan membimbing siswa dalam kegiatan individu, diskusi kelompok maupun antar kelompok.
- e. Membimbing penyelidikan individual dan Kelompok
- f. Menyajikan materi pembelajaran yang digunakan untuk membimbing siswa melakukan penyelidikan, pengumpulan data , pelaksanaan eksperimen, kerja praktek.
- g. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya
- h. Bahan ajar kimia yang dikembangkan dilengkapi dengan bimbingan untuk menyajikan hasil karya berupa sistematika laporan , contoh karya gambar diam (image) atau video eksperimen yang sesuai dengan pemecahan masalah yang dihasilkan berdasarkan kurikulum 2013.
- i. Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah Bahan ajar kimia dilengkapi dengan kegiatan eksperimen atau kerja ilmiah dalam pemecahan masalah terkait dengan konsep yang sedang dipelajari.

Sastrawijaya (1988; 178) mengemukakan bahwa konsep di dalam ilmu kimia merupakan konsep yang berjenjang dari sederhana ke konsep yang lebih tinggi tingkatannya. Kesepakatan MoE (Ministry of Education Negara Cina) dalam Wei (2005) bahwa kurikulum kimia pada pendidikan dasar harus dapat membantu siswa memahami peran kimia dalam kehidupan sosial dan teknologi dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman konsep dalam ilmu kimia diperlukan untuk memahami konsep yang benar terhadap konsep dasar yang membangun konsep tersebut (Nuraini K; 2010).

Hidrolisis Garam

Hidrolisis garam menjelaskan reaksi anion atau kation suatu garam atau keduanya dengan air (Chang : 2004). Dalam Skoog, Barat dan Holler (1996) “ garam terbentuk sebagai hasil reaksi dari asam dan basa”.¹⁸ Menurut Sentot Budi Raharjo (2015) peristiwa hidrolisis terjadi pada saat garam dilarutkan ke dalam air , garam tersebut akan terionisasi menghasilkan kation dan anion. Kation dan anion dapat bereaksi dengan air.

Menurut Unggul Sudarmo di dalam air, garam akan terionisasi dan apabila ion garam bereaksi dengan air beberapa kemungkinan reaksi hidrolisis yang dapat terjadi adalah :

- (1) Ion garam bereaksi dengan air dan menghasilkan ion H^+ lebih besar daripada konsentrasi ion OH^- sehingga larutan bersifat asam
- (2) Ion garam bereaksi dengan air dan menghasilkan ion H^+ lebih kecil daripada konsentrasi ion OH^- sehingga larutan bersifat basa
- (3) Ion garam tidak bereaksi dengan air sehingga konsentrasi ion H^+ dan konsentrasi ion OH^- tidak berubah dan larutan bersifat netral.

Dalam buku Daniel L. Reger et.al dijelaskan asam dan basa bereaksi dengan masing-masing membentuk kesetimbangan mendekati larutan dengan cepat. Asam Arrhenius bereaksi dengan basa Arrhenius menghasilkan air dan garam. Menurut Bronstead-Lowry Asam memberikan proton untuk basa membentuk basa konjugasi berasal asam dan asam konjugasi berasal dari basa. Dalam mempelajari konsep asam basa sebagai penentuan air dalam hasil reaksi asam basa maka perlu dipahami oleh siswa.

Peta materi berdasarkan silabus kimia 2016

Kerja ilmiah dan Keselamatan dan Keamanan Kimia

(terintegrasi pada seluruh materi pembelajaran)

Kelas X	Kelas XI	Kelas XII
Metode ilmiah, hakekat ilmu kimia, keselamatan dan keamanan kimia di laboratorium serta peran kimia dalam kehidupan	Senyawa hidrokarbon dan minyak bumi	Sifat koligatif Larutan
Struktur Atom dan Tabel Periodik	Termokimia	Reaksi Redoks dan Elektrokimia
Ikatan Kimia, Bentuk Molekul dan Interaksi Antar Molekul	Laju reaksi dan faktor yang mempengaruhinya	Kimia unsur (Kelimpahan unsur di alam, sifat fisik dan sifat kimia unsur serta pembuatan unsur dan senyawa)
Larutan elektrolit dan larutan non elektrolit	Kesetimbangan kimia dan Pergeseran Kesetimbangan	Senyawa Karbon (struktur, Tata nama, sifat, Identifikasi dan Kegunaan Senyawa)
Konsep reaksi reduksi oksidasi dan tata nama senyawa	Asam dan Basa	Makromolekul (struktur, Tata nama, sifat, Penggunaan dan Penggolongan Polimer, Karbohidrat, Protein dan Lemak.
Hukum-hukum dasar kimia dan Stoikiometri	Kesetimbangan Ion dan pH pada larutan garam	
	Larutan Penyangga	
	Titration Asam Basa	
	Sistem Koloid	

Ketrampilan Sains

Adanya perbedaan cara penyampaian konsep yang diterima oleh peserta didik, maka pada pembelajaran dituntut untuk dapat menyelesaikan permasalahan secara ilmiah dengan menggunakan ketrampilan proses sains. Ketrampilan sains berperan penting untuk menumbuhkan kemampuan untuk menerapkan konsep-konsep sains, prosedur dan sikap sains dalam kehidupan siswa secara luas. Dalam silabus kimia bagian pendahuluan dijelaskan dalam rangka penguasaan kecakapan abad 21 maka pembelajaran Kimia di SMA/MA dipandang bukan hanya untuk pengalihan pengetahuan dan ketrampilan (transfers of knowledge and skills) saja kepada peserta didik, tetapi juga untuk membangun kemampuan berfikir tingkat tinggi (analitis, sintesis, kritis, kreatif dan inovatif) melalui pengalaman kerja ilmiah. Pengetahuan, ketrampilan, kemampuan berfikir dan kemampuan bersikap dari pembelajaran Kimia akan membekali peserta didik untuk hidup di masyarakat maupun untuk studi lanjut terkait dengan karakteristik Kimia sebagai landasan berbagai ilmu dasar dan terapan. Selain itu pembelajaran kimia dapat digunakan sebagai wahana untuk memahami alam, untuk membangun sikap dan nilai serta untuk meningkatkan keimanan terhadap Tuhan Yang Maha Esa.

Dalam melaksanakan silabus guru diharapkan kreatif dalam pengembangan materi , pengelolaan proses pembelajaran, penggunaan metode dan model pembelajaran yang disesuaikan dengan situasi dan kondisi masyarakat serta tingkat perkembangan kemampuan siswa. (Silabus : 2016) Penggambaran konsep kimia yang berbeda yaitu makroskopis, mikroskopis dan simbolik, yang saling melengkapi untuk memperkaya penjelasan tentang konsep-konsep kimia. Penggambaran kimia dapat dilihat sebagai kiasan, model dan bentuk teoritis dari interpretasi ahli kimia tentang alam (Hoffman dan Laszlow dalam Wu, Krajeik , dan Soloway 2001: 823). Kegiatan pembelajaran melalui kegiatan praktikum diharapkan berkembangnya ketrampilan berfikir kimia. Ketrampilan proses sains dalam kimia perlu dikembangkan dalam membantu siswa terlibat dalam penyelidikan ilmiah, agar dapat membantu siswa memahami sifat pengetahuan ilmiah dan bagaimana para ilmuwan melakukan penyelidikan ilmiah. (NRC, 2007 dalam Jiangyue Gu : 2016) . Siswa yang mahir dalam ilmu harus : (1) tahu, penggunaan dan menafsirkan penjelasan ilmiah dari alam, (2) menghasilkan dan mengevaluasi bukti ilmiah dan penjelasan (3) memahami sifat dan pengembangan ilmu pengetahuan dan (4) berpartisipasi secara produktif dalam praktek dan wacana (NRC, 2007, p.2). Siswa yang memiliki ketrampilan sains maka dalam pemecahan masalah menjadikan ketrampilan proses sains untuk melakukan proses sains sesuai dengan tahapan dalam Scientific Inquiry. Kimia sebagai proses/metode penyelidikan (inquiry methods) meliputi cara berfikir, bernalar, merumuskan masalah, melakukan percobaan dan pengamatan , menganalisis data dan menyimpulkan untuk memperoleh produk-produk sains. (Kemendikbud : 2016).

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat dibuat kesimpulan :

1. Pengembangan bahan ajar kimia diperlukan untuk mendukung implementasi kurikulum yang berlaku , bila ketersediaan bahan ajar belum terpenuhi dan guru diharapkan kreatif dalam pengembangan materi , pengelolaan proses pembelajaran, penggunaan metode dan model pembelajaran yang disesuaikan dengan situasi dan kondisi masyarakat serta tingkat perkembangan kemampuan siswa.
2. Dalam rangka penguasaan kecakapan abad 21 maka pembelajaran Kimia di SMA/MA dipandang bukan hanya untuk pengalihan pengetahuan dan ketrampilan (transfers of knowledge and skills) saja kepada peserta didik, tetapi juga untuk membangun kemampuan berfikir tingkat tinggi (analitis, sintesis, kritis, kreatif dan inovatif) melalui pengalaman kerja ilmiah. Pengetahuan , ketrampilan , kemampuan berfikir dan kemampuan bersikap dari pembelajaran Kimia akan membekali peserta didik untuk hidup di masyarakat maupun untuk studi lanjut terkait dengan karakteristik Kimia sebagai landasan berbagai ilmu dasar dan terapan.
3. Ketrampilan proses sains dalam kimia perlu dikembangkan dalam membantu siswa terlibat dalam penyelidikan ilmiah, agar dapat membantu siswa memahami sifat pengetahuan ilmiah dan bagaimana para ilmuwan melakukan penyelidikan ilmiah.
4. Pembelajaran Kimia lebih menekankan pada pendekatan ketrampilan proses/ kerja ilmiah dengan aspek-aspek pada pendekatan ilmiah (scientific approach) terintegrasi pada pendekatan ketrampilan proses dan metode ilmiah.

DAFTAR RUJUKAN

- A.M. Sada , Mohd. Z.A, Adnan A. (2009) Prospect of Problem Based Learning in Building Critical Thinking Skill Technical College Student in Nigeria . Departemen Teknis Pendidikan Kejuruan dan Pelatihan Universitas Teknologi Malaysia.
- Bertz , Stacey Lowery.(2010) Chemistry in the National Science Education Standards Models for Meaningful Learning in the High School Chemistry Classroom. Second Edition.
- Chang R.(2004) Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 2 . Penerbit Erlangga . Jakarta.
- Hamalik Oemar.(2011) Dasar-dasar Pengembangan Kurikulum. Penerbit PT Rosda Bandung.
- Jiangyue Gu .(2016) Epistemic Beliefs of Middle and High School Students in a Problem-Based, Scientific Inquiry Unit: An Exploratory, Mixed Methods Study, Utah State University. Diakses tanggal 31 Agustus 2016.
- Khery Yusran . (2012) Pengaruh Strategi Problem Based Learning pada Pembelajaran Kimia Bahan Alam Terhadap Ketrampilan Metakognitif, Ketrampilan proses sains dan Hasil Belajar

- Mahasiswa Divergen dan Konvergen, Tesis Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana Universitas Negeri Malang .
- Khodariyah N.(2010) Analisis Kesalahan Konsep Tentang Larutan Buffer pada siswa kelas XI-IPA SMAN 2 dan SMA YPK Bontang Serta Upaya Memperbaikinya dengan menggunakan Strategi Konflik Kognitif. Tesis Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Kemendikbud .(2016). Permendikbud RI Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah, Jakarta .
- Munafifah, Esti.(2010) Pengembangan Bahan Ajar Buku Teks Pelajaran IPA-Kimia SMP/MTs, Tesis Program Studi Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Manihar Situmorang , Marham Sitorus, Wesly Hutabarat1 & Zakarias Situmorang .
- The Development of Innovative Chemistry Learning Material for Bilingual Senior High School Students in Indonesia. Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences (FMIPA).Universitas Negeri Medan,Medan, North Sumatera, Indonesia.
- Raharjo S. (2015) Kimia Berbasis Eksperimen untuk Kelas XI SMA dan MA . Penerbit Platinum.Solo
- Reger ,Daniel L., Scoot R.Goode , David W.Ball.(2010) Chemistry Principles and Practic . Third Edition (BookFi.org). (2010),1997 Brooks/Cole, Cengage Learning Canada Education Ltd. Diakses tanggal 2 Desember 2016 www.ichapters.com.
- Rohanum , Emi.(2013) Pengaruh Authentic Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Ditinjau dari Kemampuan Awal Peserta Didik MAN Malang I .Tesis Program Studi Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Schwartz, S.Reene , Lederman , Judith S. Norman G. Lederman et al.,.(2014)., Meaningful Assessment of Learners' Understanding About Scientific Inquiry-The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire, Journal Of Research In Science Teaching, 2013, Vol .51,No.1 , PP.65-83 (2014).
- Secken Nilgun (2010) Identifying Student's Misconceptions about Salt. Science Direct 2(2010) 234-245. Procedia Elsevier.
- Silberberg, Martin S.(2009) Chemistry The Molecular Nature of Matter and Change.Fifth Edition. Published by McGraw-Hill Companies Americas , New York , Copyright . Diakses tanggal 2 Desember 2016 .
- Silvia, H.A.S (2007) Pengaruh Pembelajaran Kimia dengan Metode Scientific Inquiry dan Demonstrasi Dengan Memperhatikan Sikap Ilmiah Siswa Terhadap Prestasi Belajar Pada Pokok Bahasan Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit Siswa Kelas X Semester 2 SMA Negeri 3 Wonogiri Tahun Pelajaran 2005/2006. Skripsi.FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Solichah (2015) Pengaruh PBL berbantuan Multimedia Interaktif dan Pengetahuan Awal Terhadap hasil Belajar dan Motivasi Belajar pada Materi Laju Reaksi. Tesis Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Subali B. (2009) Pengembangan Tes Pengukur Ketrampilan Proses Sains Pola Divergen Mata Pelajaran Biologi SMA. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Biologi ,Lingkungan dan Pembelajarannya, Jurdik Biologi,FPMIPA ,Universitas Negeri Yogyakarta,4 Juli hal 581-593.
- Sudarmo Unggul (2013). Kimia Untuk SMA/MA Kelas XI Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu Alam. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Sukmadinata, S.(2005) Pengembangan Kurikulum Teori dan Praktek . PT Remaja Rosda Karya Offset Bandung.
- Wahyuni S.(2015).Pengembangan Bahan Ajar Kimia Berbasis Pendekatan Ilmiah (Scientific Approach) Pokok Bahasan Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit untuk SMA Kelas X Sekolah Menengah Atas. Tesis Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Winarsih Trami.(2015) Pengembangan Bahan ajar kimia Berdasarkan Pendekatan Inkuiri Terbimbing Pada Materi Laju Reaksi untuk siswa SMA Kelas XI-IPA. Tesis Program Studi Pendidikan Kimia, Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Yulaikah.S,Alfindasari .D, Adawiyah.R Integrasi Scientific Inquiry dengan Kompetensi Profesional Guru Biologi pada pembelajaran Biologi abad 21.

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR PEMBELAJARAN KIMIA MATERI SENYAWA
KARBON TURUNAN ALKANA DENGAN MODEL LEARNING CYCLE 5E
UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA**

Karlina Saptanti^{a*}, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang 65145

* Corresponding author's email: karlinasaptanti94@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan dan mengetahui kelayakan produk bahan ajar cetak materi senyawa karbon turunan alkana dengan model *Learning Cycle 5E* untuk peserta didik SMA/MA kelas XII. Pengembangan menggunakan model 4D dari Thiagarajan, dengan tahap *define, design, develop*, dan *disseminate*. Instrumen pengumpulan data berupa lembar validasi dan dianalisis dengan teknik persentase. Hasil validasi menunjukkan bahan ajar yang dikembangkan sangat layak untuk digunakan.

Kata Kunci: Bahan ajar, *Learning Cycle 5E*, senyawa karbon turunan alkane

ABSTRACT

The goal of this research are to produce and to know the decentness carbon compound derivatives of alkane instructional materials with Learning Cycle 5E model for the 12th grade SMA/MA students. The development of instructional materials used 4D model by Thiagarajan, those are *define, design, develop*, and *disseminate*. Instrument of collecting data is validation sheet and analyzed by percentage technique. The result of validation showed that the instructional materials is very decent to be used.

Keywords: *Instructional materials, Learning Cycle 5E, carbon compound derivatives of alkane*

PENDAHULUAN

Pergeseran paradigma pembelajaran dari *teacher-centered* ke *student-centered* tampaknya telah terjadi. Kegiatan pembelajaran yang baik seharusnya menekankan pada peran guru sebagai fasilitator dan peserta didik sebagai pembelajar yang aktif. Peserta didik dapat menemukan pengetahuan melalui serangkaian kegiatan belajar aktif yang dapat mengembangkan potensi berpikir peserta didik, yang disebut sebagai pendekatan yang berpusat pada peserta didik (*student-centered*). Hal ini sesuai dengan Permen No. 24 Tahun 2007 Standar Sarana dan Prasarana, yaitu pelaksanaan pembelajaran dalam pendidikan nasional sebaiknya berpusat pada peserta didik agar peserta didik mampu belajar untuk memahami dan menghayati pembelajaran, serta dapat belajar untuk membangun dan menemukan jati diri melalui proses belajar yang aktif, kreatif, efektif, dan menyenangkan. Pembelajaran tersebut dapat diwujudkan dengan sarana prasarana yang menunjang pembelajaran berbasis *student-centered*, salah satunya dengan penyediaan bahan ajar yang sesuai.

Bahan ajar yang ada di pasaran seringkali tidak memenuhi tuntutan kurikulum. Materi yang disajikan masih dalam bentuk deskriptif dengan latihan soal yang kurang bervariasi, sehingga kurang merangsang peserta didik untuk mengembangkan potensi berpikirnya. Pengembangan bahan ajar dengan model pembelajaran yang menekankan pada keaktifan peserta didik perlu dilakukan. Salah satu model pembelajaran yang menekankan pada keaktifan peserta didik adalah *Learning Cycle 5E*, yang membagi proses pembelajaran menjadi lima fase, yaitu *Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, dan Evaluation*. Penelitian yang dilakukan oleh Supasorn (2015: 121) menyatakan

bahwa implementasi model pembelajaran *Learning Cycle 5E* adalah cara efektif untuk meningkatkan dan mempertahankan pemahaman konseptual peserta didik tentang laju reaksi kimia yang ditunjukkan dengan hasil post-test yang meningkat setelah dilakukan pembelajaran dengan *Learning Cycle 5E*. Penelitian yang dilakukan oleh Susanti (2012: 64) dan Setyorini (2012: 66) juga menyatakan bahwa terdapat peningkatan hasil belajar peserta didik yang diajar dengan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*.

Model pembelajaran *Learning Cycle 5E* diaplikasikan dalam bahan ajar yang akan dikembangkan karena menurut berbagai hasil penelitian model ini memiliki beberapa keunggulan. Keunggulan model ini tidak hanya dapat mengembangkan pembelajaran aktif, tetapi juga dapat mengarahkan peserta didik untuk berproses, sehingga peserta didik berhasil menemukan pengetahuannya sendiri dan mengembangkan penjelasan melalui pemikiran kritis dan logis. Peserta didik tidak hanya terlibat dalam kegiatan membaca dan mendengarkan saja dalam proses pembelajaran. Selain itu, juga untuk membantu guru mengembangkan dan mengimplementasikan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* karena masih banyak guru yang belum secara utuh memahami model pembelajaran ini.

Produk bahan ajar yang akan dikembangkan dalam penelitian ini difokuskan pada materi senyawa karbon turunan alkana untuk peserta didik kelas XII SMA/MA. Materi ini dipilih karena merupakan dasar untuk mempelajari materi selanjutnya, yaitu benzena dan turunannya, juga senyawa makromolekul. Selain itu, pembelajaran senyawa karbon turunan alkana di sekolah masih dibelajarkan secara deskriptif, waktu yang digunakan dalam mempelajari materi ini cukup singkat, pembelajaran senyawa karbon turunan alkana ini umumnya dilakukan dengan cara memberikan tugas, sehingga ada kecenderungan peserta didik hanya menghafal saja. Pembelajaran yang demikian membuat peserta didik cenderung cepat lupa dan tidak meninggalkan kesan pada materi senyawa karbon turunan alkana. Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan ajar berbasis konstruktivis, sehingga peserta didik dapat belajar dengan lebih bermakna, materi yang dipelajari dapat selalu diingat, dan peserta didik lebih tertantang untuk berpikir. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian dengan judul “Pengembangan Bahan Ajar Pembelajaran Kimia Materi Senyawa Karbon Turunan Alkana dengan Model *Learning Cycle 5E* untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA” perlu dilakukan.

METODE

Pengembangan bahan ajar dalam bentuk media cetak yang dilakukan, mengacu pada model 4D yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974: 5). Model ini terdiri empat tahap, yaitu 1) *define* (pembatasan); 2) *design* (perancangan); 3) *develop* (pengembangan); 4) *disseminate* (penyebarluasan). Pengembangan yang dilakukan hanya terbatas sampai tahap ketiga, yaitu *develop* (pengembangan) karena keterbatasan waktu dan biaya.

Tahap *define* dilakukan untuk menetapkan kebutuhan dalam pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan beberapa analisis ujung-depan (melakukan pengamatan tentang bahan ajar yang digunakan di sekolah dan bahan ajar yang telah beredar di pasaran apakah telah memenuhi tuntutan kurikulum 2013 atau belum), analisis peserta didik (melakukan studi literatur untuk mengetahui karakter peserta didik sasaran bahan ajar dari teori-teori perkembangan peserta didik), analisis tugas (menentukan tugas-tugas yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi dasar), analisis konsep (melakukan analisis KD untuk menentukan konsep-konsep dari materi yang akan dipelajari), dan spesifikasi tujuan pembelajaran (melakukan penetapan tujuan pembelajaran dari bahan ajar yang dikembangkan). Tahap *design* dilakukan untuk menghasilkan bahan ajar sesuai dengan kebutuhan dalam pembelajaran, yaitu dengan melakukan seleksi jenis bahan ajar (menentukan jenis bahan ajar yang akan dikembangkan), menetapkan format bahan ajar (dilakukan perancangan isi pembelajaran, pemilihan model pembelajaran, dan sumber belajar), dan pengembangan *prototype* bahan ajar berbasis *Learning Cycle 5E* (membuat bahan ajar materi senyawa karbon turunan alkana dengan menggunakan tahapan-tahapan model pembelajaran *Learning Cycle 5E* sesuai dengan analisis konsep dan spesifikasi tujuan pembelajaran). Tahap *develop* dilakukan untuk menyempurnakan bahan ajar berdasarkan uji kelayakan dan saran dari dosen dan guru kimia SMA, yaitu mulai dari validasi bahan ajar, revisi, dan uji coba terbatas.

Validasi dilakukan oleh satu dosen kimia Universitas Negeri Malang dan dua guru kimia SMA/MA. Uji coba terbatas dilakukan pada 10 peserta didik yang telah menerima materi senyawa

karbon turunan alkana. Instrumen pengumpulan data adalah lembar validasi yang diberikan pada validator dan peserta didik untuk mendapatkan data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif berupa skor yang diperoleh dari angket yang disusun berdasarkan skala *Likert* 1-5 dan data kualitatif diperoleh dari tanggapan dan saran dari validator. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan teknik persentase untuk menentukan validitas bahan ajar yang dikembangkan. Rumus yang digunakan untuk menentukan persentase sebagai berikut (Riduwan, 2013: 18).

$$P = \frac{X}{X_i} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase

X = jumlah skor yang diperoleh dari respon validator

X_i = jumlah skor maksimal respon validator

Penentuan makna dari hasil perhitungan persentase terkait produk bahan ajar yang dikembangkan adalah melalui jenjang kriteria. Kriteria kelayakan bahan ajar tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Bahan Ajar

Persentase (%)	Kriteria
0-20	Tidak layak
21-40	Kurang layak
41-60	Cukup layak
61-80	Layak
81-100	Sangat layak

(Riduwan, 2013: 18)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk hasil pengembangan berupa bahan ajar cetak materi senyawa karbon turunan alkana dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*. Bahan ajar yang dikembangkan dibedakan menjadi dua macam, yaitu buku guru dan buku siswa. Bahan ajar yang dikembangkan terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan (halaman sampul, kata pengantar, pendahuluan bahan ajar, daftar isi, materi prasyarat, model penyajian materi pembelajaran, cakupan kompetensi, panduan untuk pengguna, petunjuk siswa, petunjuk guru, pendahuluan materi, dan sampul tiap kegiatan belajar), bagian isi (materi senyawa karbon turunan alkana, yaitu haloalkana, alkanol, alkoksi alkana, alkanal, alkanon, asam alkanoat, dan alkil alkanoat yang disusun dengan mengikuti fase-fase *Learning Cycle 5E*, yaitu fase *Engagement*, *Exploration*, *Explanation*, *Elaboration*, dan *Evaluation*), dan bagian penutup (daftar pustaka dan glosarium). Buku guru dan buku siswa adalah sama, tetapi buku guru dilengkapi dengan kunci jawaban.

Kelayakan bahan ajar materi senyawa karbon turunan alkana dideskripsikan berdasarkan hasil uji validasi oleh ahli (satu dosen kimia dan dua guru kimia SMA/MA), meliputi kelayakan isi, bahasa, dan penyajian. Hasil uji kelayakan isi, bahasa, dan penyajian tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kelayakan Isi, Bahasa, dan Penyajian

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase (%)	Kriteria
1.	Kelayakan isi	85%	Sangat Layak
2.	Kelayakan Bahasa	88%	Sangat Layak
3.	Kelayakan Penyajian	89%	Sangat Layak

Tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat layak dengan persentase kelayakan isi sebesar 85%, kelayakan bahasa sebesar 88%, dan kelayakan penyajian sebesar 89%. Hasil persentase tersebut menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan dapat digunakan untuk menunjang pembelajaran materi senyawa karbon turunan alkana dengan kriteria sangat layak.

Revisi bahan ajar dilakukan berdasarkan komentar dan saran dari ahli agar menghasilkan bahan ajar yang lebih layak dari segi isi, bahasa, dan penyajian. Revisi bahan ajar dalam segi isi tertera pada Tabel 3 dan revisi dalam segi bahasa tertera pada Tabel 4. Revisi dalam segi penyajian tidak dilakukan karena berdasarkan tanggapan dan saran oleh ahli, hasil pengembangan bahan ajar memenuhi kriteria sangat layak.

Tanggapan dan saran oleh ahli tertera pada Tabel 5.

Tabel 3. Revisi Bahan Ajar dalam Segi Isi

No.	Halaman	Komentar dan Saran	Tanggapan	Alasan
1.		Letak tujuan pembelajaran	Ditambahkan tujuan pembelajaran pada setiap sampul kegiatan belajar	
2.		Pertanyaan-pertanyaan yang diajukan masih mengandung multitafsir, yang dimungkinkan peserta didik menjawab tidak sesuai dengan apa yang diharapkan	Diperbaiki dengan mengganti kalimat yang mudah dimengerti peserta didik	
3.		Perlu dipertimbangkan lagi “tatanama” trivial	Diperbaiki dengan mengganti soal tentang tatanama trivial	Struktur senyawa yang tidak umum, diganti dengan struktur senyawa yang lebih sederhana dan umum digunakan dalam soal tatanama trivial
4.		Perlu dipertimbangkan macam-macam atau jenis-jenis formula dalam senyawa organik, termasuk formula struktur sebelum menggunakan <i>molymod</i> atau dibalik, dari <i>molymod</i> ke kerangka teoritik	Ditambahkan struktur 2D untuk mempresentasikan struktur senyawa organik	
5.	59	Menambahkan konsentrasi pada asam sulfat encer dan kalium dikromat dengan masing-masing konsentrasi sebesar 0,1M	Ditambahkan	

No.	Halaman	Komentar dan Saran	Tanggapan	Alasan
6.	101	Menambahkan konsentrasi pada larutan ammonia encer, larutan NaOH, dan larutan AgNO ₃ dengan masing-masing konsentrasi sebesar 0,1M	Ditambahkan	
7.		Masih didominasi kajian teoritik dan belum menonjolkan pembelajaran yang kontekstual	Diperbaiki dengan mengaitkan pembahasan materi pada fase <i>Explanation</i> dengan contoh benda-benda dalam kehidupan sehari-hari yang mengandung golongan senyawa yang sedang dibahas	

Tabel 4. Revisi Bahan Ajar dalam Segi Bahasa

No.	Halaman	Komentar dan Saran	Tanggapan
1.		Efisiensi dan efektifitas penggunaan bahasa belum menonjol. Hal ini memang perlu latihan dalam tata tulis ilmiah.	Diperbaiki
2.	8	Ditambahkan atom F pada kalimat “Atom-atom dari golongan halogen (Cl, Br, I)”	Diperbaiki
3.	9	Memperjelas kalimat “Atom C yang mengikat atom halogen (F, Cl, Br, I) terhibridisasi sp ³ ”	Diperbaiki
4.		Mengganti penulisan “tata nama” menjadi “tatanama”	Diperbaiki
5.	14	Penulisan pada kalimat perintah, sebaiknya kata “ini” dihilangkan	Diperbaiki
6.		Penulisan “(1 ^o)” pada soal nomor 1 dan “(2 ^o)” pada soal nomor 2 dihilangkan	Diperbaiki
7.	14	Penulisan kata “yang tepat” pada soal nomor 3 dan 4 dihilangkan	Diperbaiki
8.		Mengganti penulisan kata “Essai” dengan “Soal Uraian”	Diperbaiki

9.		Mengganti penulisan lambang massa molekul relatif dengan huruf M italic, dan r normal <i>subscript</i>	Diperbaiki
10.	107	Menambahkan keterangan warna larutan “biru” sebelum reaksi pada persamaan reaksi percobaan dengan larutan Fehling	Diperbaiki
11.		Menambahkan kata-kata “Alkil Alkanoat” pada sampul kegiatan belajar 8	Diperbaiki

Tabel 5. Tanggapan dan Saran oleh Ahli

No.	Bagian/ Halaman	Tanggapan dan Saran
1.	Sajian	Sudah memadai
2.	Kegrafisan	Tampilan sangat menarik

Uji coba terbatas dilakukan pada 10 peserta didik SMA kelas XII yang telah menerima materi senyawa karbon turunan alkana di luar jam pelajaran. Uji coba dilakukan dengan meminta peserta didik menggunakan bahan ajar, kemudian mengisi angket peserta didik berkaitan dengan bahan ajar yang telah dikembangkan untuk memperoleh respon dan komentar peserta didik sebagai sasaran pengguna bahan ajar. Hasil uji coba terbatas tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Coba Terbatas

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase (%)	Kriteria
1.	Tampilan	85,33	Sangat Layak
2.	Sajian Materi	83,11	Sangat Layak
3.	Manfaat	85,33	Sangat Layak

Tabel 6 menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan termasuk dalam kriteria sangat layak dengan nilai rata-rata persentase aspek tampilan sebesar 85,33%, nilai rata-rata persentase aspek penyajian materi sebesar 83,11%, dan nilai rata-rata aspek manfaat sebesar 85,33%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan pengembangan, hasil uji kelayakan oleh ahli dan uji coba terbatas pada 10 peserta didik, serta pembahasan yang telah dipaparkan, diperoleh kesimpulan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memenuhi kriteria sangat layak dalam segi isi, bahasa, dan penyajian untuk digunakan oleh peserta didik, guru, maupun calon guru untuk menunjang pembelajaran materi senyawa karbon turunan alkana.

Saran Pemanfaatan, Diseminasi, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Produk bahan ajar akan lebih bermanfaat jika peserta didik telah menguasai materi prasyarat dari materi senyawa karbon turunan alkana, yaitu senyawa hidrokarbon alifatik (alkana, alkena, dan alkuna) sebelum menggunakan produk bahan ajar. Pengembangan bahan ajar ini hanya sampai pada tahap *develop* (pengembangan) dan belum dilakukan tahap *disseminate* (penyebarluasan). Sebaiknya, dilakukan tahap *disseminate* dengan langkah awal, yaitu melakukan *validation testing*, yaitu bahan ajar yang telah direvisi pada tahap validasi (di tahap *develop*) diimplementasikan dalam pembelajaran di kelas, kemudian dilakukan tes yang didasarkan pada tujuan pembelajaran untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran. Selain itu, untuk pengembangan produk lebih lanjut, sebaiknya buku guru dilengkapi dengan RPP.

DAFTAR RUJUKAN

- Bybee, R. W. 2006. *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*, (Online), (www.bscs.org), diakses 20 Maret 2015.
- Campbell, M. A. 2000. *The Effects of The 5E Learning Cycle Model on Students' Understanding of Force and Motion Concepts*, (Online), (http://etd.fcla.edu/CF/CFE0001007/Campbell_Meghann_A_200605_ME.pdf), diakses 6 Juni 2016.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Duran, L. B. 2004. The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching. *The Science Education Review*, (Online), 3(2):49-58, (<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1058007.pdf>), diakses pada 6 Juni 2016.
- Iskandar, S. M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Lampiran I Permendikbud Nomor 59 Tahun 2014.
- Lampiran Permen No.24 Tahun 2007 Standar Sarana dan Prasarana.
- Parlan. 2003. *Kimia Organik I*. Malang: JICA.
- Piaget, J. 1964. Development and Learning. Dalam Mary Gauvain & Michael Cole (Eds.), *Reading on the Development of Children Second Edition* (hlm.20-28). New York: W.H. Freeman and Company.
- Riduwan. 2013. *Rumus dan Data dalam Aplikasi Statistika untuk Penelitian: (Administrasi Pendidikan-Bisnis-Pemerintahan-Sosial-Kebijakan-Ekonomi-Hukum-Manajemen-Kesehatan)*. Bandung: Alfabeta.
- Setyorini, I. Y. 2012. *Keefektifan Model Pembelajaran Learning Cycle 5E pada Materi Pokok Hidrokarbon untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X SMA Negeri 6 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: UM.
- Smith, J. G. 2011. *Organic Chemistry, Third Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Supasorn, S. 2015. Implementation of 5E Inquiry Incorporated with Analogy Learning Approach to Enhance Conceptual Understanding of Chemical Reaction Rate for Grade 11 Students. *Royal Society of Chemistry*, 16: hlm. 121-132, (Online), dalam Royal Society of Chemistry (www.rsc.org/cerp), diakses 11 September 2015.
- Susanti, R. Y. 2012. *Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 5E terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas XI IPA pada Materi Termokimia di SMA Negeri 2 Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: UM.
- Thiagarajan S., Semmel, dan Semmel. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis, Minnesota: Leadership Training Institute, University of Minnesota.

PENGEMBANGAN PROSEDUR PRAKTIKUM SIFAT KOLIGATIF LARUTAN

Muhammad Hubbi ^a, I Wayan Dasna ^b, Surjani Wonorahardjo ^b

Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Malang

* Corresponding author's email: emhadrajat@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan. Pengembangan dilakukan karena adanya kebutuhan di Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan terhadap prosedur praktikum pada materi sifat koligatif larutan. Pengembangan prosedur praktikum ini menggunakan model 4-D. Pengujian validitas hasil pengembangan menggunakan instrumen berupa kuisioner tertutup dengan skala Likert. Pengujian validitas meliputi validitas isi dan uji terbatas. Validitas isi dari hasil pengembangan dilakukan kepada dua dosen kimia Universitas Negeri Malang dan satu guru kimia di Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan. Sedangkan uji terbatas dilakukan terhadap 20 siswa Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan. Hasil validasi isi dari prosedur praktikum sifat koligatif yang dikembangkan meliputi penurunan tekanan uap jenuh larutan, kenaikan titik didih larutan, penurunan titik beku larutan dan tekanan osmotik masing-masing adalah 88,3%; 89,6%; 91,2%; dan 87,3%. Sedangkan hasil uji terbatasnya adalah 88,8%. Dengan demikian hasil pengembangan berupa prosedur praktikum ini layak untuk digunakan sebagai perangkat pembelajaran kimia pada materi sifat koligatif larutan.

Kata kunci: Pengembangan, prosedur praktikum, sifat koligatif larutan

ABSTRACT

This research is a development research. Development for lab procedures on colligative properties is required on Madrasah Aliyah Ma'arif 7. This development of lab procedure using 4-D models. The validity testing of lab procedure uses questionnaire enclosed instruments with Likert scale. The validity testing include content validity and limited test. The content validity of the development is conducted on two Chemistry Lectures of Malang State University and one chemistry teacher on Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan. While the limited test is conducted on 20 students of Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan. The results of the content validation of lab procedures that developed include the saturated vapor pressure lowering, boiling point elevation, freezing point depression, and osmotic pressure are 88,3%; 89,6%; 91,2%; dan 87,3%. While the results of the limited test is 88.8%. Thus the results of the development in the form of this lab procedure has been eligible to be used as a learning media in colligative properties.

Keywords: developmental research, lab procedure, colligative properties

PENDAHULUAN

. Hakekat ilmu kimia mencakup dua hal yang tidak terpisahkan, yaitu kimia sebagai produk dan kimia sebagai proses. Kimia sebagai produk meliputi sekumpulan pengetahuan yang terdiri atas fakta-fakta, konsep-konsep, dan prinsip-prinsip (Ozgelen, 2012). Sedangkan kimia sebagai proses merupakan sikap dan kerja ilmiah. Sesuai dengan hakekat tersebut, maka pembelajaran kimia seyogyanya harus mencakup kedua aspek. Sehingga siswa mendapatkan pemahaman konsep kimia seutuhnya.

Namun pembelajaran kimia di sekolah ternyata cenderung pada pembelajaran konsep secara langsung. Salirawati (2010) menyimpulkan bahwa kecenderungan proses pembelajaran kimia yang berlangsung saat ini adalah adanya kenyataan peserta didik hanya mempelajari kimia sebagai produk,

sedangkan kimia sebagai proses kerja ilmiah masih jarang diterapkan. Kenyataan ini dapat menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep ilmu kimia secara utuh. Proses dan sikap ilmiah tidak bisa tertanam pada diri siswa karena siswa tidak mengalami pembelajaran berbasis keterampilan proses.

Berdasarkan hasil penelitian dari Haryani (2012) terdapat beberapa materi kimia yang dianggap sulit, di antaranya adalah stoikiometri, laju reaksi, kesetimbangan, sifat koligatif larutan, dan juga sel elektrokimia. Sifat koligatif yang termasuk materi yang sulit didukung juga oleh hasil observasi peneliti pada hasil ulangan harian kimia pada materi sifat koligatif larutan diperoleh nilai rata-rata 71,05 yang lebih kecil dari nilai kriteria ketuntasan minimal (KKM) yaitu 75,00. Nilai rata-rata ini menunjukkan bahwa banyak siswa yang masih belum memahami materi sifat koligatif larutan.

Hasil observasi dan wawancara terhadap informan guru di Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan diperoleh hasil bahwa kecenderungan pembelajaran kimia khususnya materi sifat koligatif larutan di kelas menggunakan metode ceramah. Kegiatan praktikum masih jarang dilakukan. Beberapa kendala pelaksanaan kegiatan praktikum yang dijumpai guru adalah keterbatasan alat dan bahan di laboratorium, keterbatasan waktu, dan keterbatasan prosedur praktikum. Suhesti (2000) menjelaskan mengenai faktor-faktor yang dapat menghambat pelaksanaan praktikum di sekolah, di antaranya adalah adanya kesulitan siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum, jumlah alat yang tidak sesuai dengan jumlah siswa, keterbatasan waktu untuk melaksanakan praktikum akibat terlalu banyaknya jumlah jam mengajar guru dan tidak adanya petugas khusus dalam laboratorium yang membantu mempersiapkan alat dan bahan praktikum. Oleh sebab itu, hanya sekolah yang memiliki laboratorium lengkap saja yang dapat melakukan praktikum.

Pada pembelajaran dengan menggunakan metode praktikum, siswa mendapatkan pengalaman secara langsung. Dalam kegiatan praktikum, siswa mengambil data dan menganalisis data hasil praktikum tersebut. Kegiatan praktikum perlu dilakukan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran (Sumintono, 2010). Hasil penelitian Roth (1992) juga membuktikan bahwa praktikum dapat dijadikan sebagai sarana untuk meningkatkan pemahaman konsep dan memperbaiki miskonsepsi pada siswa. Sedangkan Wardani (2008) menjelaskan bahwa metode praktikum tidak hanya mengembangkan keterampilan psikomotorik, tetapi juga kognitif dan afektif. Oleh sebab itu, pada pembelajaran kimia yang mencakup proses serta sikap ilmiah perlu dilakukan dengan metode praktikum.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi kendala dari segi kelengkapan alat dan bahan di laboratorium sekolah adalah dengan menggunakan prosedur praktikum sederhana. Prosedur praktikum sederhana memanfaatkan alat dan bahan yang ada di sekitar baik dengan mengadopsi langkah kerja dari prosedur standar ataupun dengan memodifikasi langkah kerjanya. Eagle (2003) menggunakan telur untuk mendemonstrasikan konsep laju reaksi. Hugerat & Peter (2008) melakukan praktikum dengan menggunakan sisa-sisa bungkus tablet dan kapsul. Wright (2007) mengembangkan prosedur praktikum pengujian idodida dengan menggunakan garam meja. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa prosedur praktikum dengan menggunakan alat dan bahan sederhana dapat dijadikan sebagai alternatif keterbatasan alat dan bahan di laboratorium.

Berdasarkan analisis terhadap kebutuhan prosedur praktikum sifat koligatif larutan, maka perlu adanya pengembangan prosedur praktikum pada materi tersebut. Prosedur praktikum yang dikembangkan berbasis inkuiri terbimbing dan menggunakan alat dan bahan yang kontekstual. Penelitian ini difokuskan untuk mendeskripsikan prosedur praktikum sifat koligatif larutan dan kelayakan penggunaannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan. Model pengembangan yang digunakan adalah model pengembangan 4-D (*Four D-Model*). Model pengembangan ini meliputi *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* (Thiagarajan dkk, 1974). Tahap *define* bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Tahap ini dilakukan dengan melakukan analisis tujuan pada materi sifat koligatif larutan. Ada lima langkah pokok di dalam tahap ini, yaitu (1) analisis ujung depan, (2) analisis siswa, (3) analisis tugas, (4) analisis konsep, dan (5) perumusan tujuan

pembelajaran. Pada tahap *define*, peneliti melakukan observasi dan wawancara terhadap guru kimia di Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan.

Tahap selanjutnya *design* atau perancangan. Pada tahap ini dilakukan perancangan prototipe perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan. Terdapat tiga tahap yang dilakukan oleh peneliti yaitu (1) penyusunan tes; (2) pemilihan media yang sesuai tujuan penyampaian materi pelajaran, dan (3) pemilihan format. Hasil dari tahap ini berupa draf rancangan petunjuk praktikum sifat koligatif larutan.

Pada tahap *develop*, peneliti mengembangkan draf rancangan petunjuk praktikum menjadi produk jadi. Pada tahap ini peneliti menguji draft rancangan petunjuk praktikum sifat koligatif larutan di laboratorium. Pengujian ini bertujuan agar prosedur praktikum yang telah dirancang dapat dipraktekkan. Selain itu, data hasil pengamatan pada praktikum peneliti digunakan sebagai parameter atau pedoman guru dalam menilai data hasil praktikum siswa. Selanjutnya produk divalidasi yang meliputi validasi konten dan uji terbatas. Validasi konten dilakukan kepada dua dosen kimia Universitas Negeri Malang, dan satu guru kimia Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan. Sedangkan uji terbatas dilakukan pada 20 siswa Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan. Setelah melakukan validasi, petunjuk praktikum hasil pengembangan direvisi sesuai dengan saran dan masukan dari para ahli untuk menghasilkan produk yang lebih sempurna.

Tahap *disseminate* merupakan tahap penggunaan petunjuk praktikum sifat koligatif larutan yang telah dikembangkan. Dalam penelitian ini penyebaran dilakukan melalui penyampaian hasil penelitian pada seminar dan juga diujicobakan pada siswa pada kelas lain oleh peneliti.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi, wawancara dan pengisian angket. Sedangkan instrumen penelitian yang digunakan adalah lembar validasi petunjuk praktikum yang dikembangkan dan pedoman wawancara. Lembar validasi berupa kuisioner tertutup. Tingkat penskoran dari validator menggunakan skala Likert yaitu empat kategori sebagai berikut.

- a. Angka 4 berarti sangat jelas/ sangat sesuai/ sangat lengkap/ sangat menarik/ sangat mudah
- b. Angka 3 berarti jelas/ sesuai/ lengkap/ menarik/ mudah
- c. Angka 2 kurang jelas/ kurang sesuai/ kurang lengkap/ kurang menarik/ kurang mudah
- d. Angka 1 tidak jelas/ tidak sesuai/ tidak lengkap/ tidak menarik/ tidak mudah

Data yang telah terkumpul dianalisis dengan menggunakan teknik analisis data presentase. Pengolahan data merupakan salah satu yang sangat berarti dalam kegiatan pengembangan, terutama bila diinginkan generalisasi atau kesimpulan tentang masalah yang diteliti. Adapun rumus yang digunakan untuk pengolahan data ini sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum x}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase skor

$\sum x$: Jumlah jawaban tiap responden dari tiap butir pertanyaan

N : Total skor jawaban jika seluruh responden menjawab benar

Adapun kriteria kelayakan yang disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kriteria Kelayakan

Persentase (%)	Kriteria
76- 100	layak
56% - 75	cukup layak
40- 55	kurang
<40	sangat kurang

DESKRIPSI HASIL PENGEMBANGAN DAN PEMBAHASAN**Deskripsi Hasil Pengembangan**

Hasil pengembangan merupakan buku petunjuk praktikum sifat koligatif larutan melalui pendekatan inkuiri serta menggunakan alat dan bahan yang sederhana. Prosedur praktikum ini mencakup praktikum semua sifat koligatif larutan. Pada setiap prosedur praktikum diawali dengan uraian masalah yang akan diselesaikan oleh siswa melalui praktikum dan kolom hipotesis. Uraian masalah dikembangkan oleh peneliti berdasarkan tujuan dari masing-masing praktikum. Sedangkan kolom hipotesis diberikan sebagai tempat pengisian hipotesis dari masalah yang diberikan. Hipotesis disusun oleh siswa.

Setelah kolom hipotesis, terdapat uraian alat dan bahan yang kontekstual, narasi prosedur praktikum dan kolom data pengamatan. Alat dan bahan yang kontekstual seperti larutan gula, larutan garam, mainan gelembung, es batu, selaput pada cangkang telur, dan tabung reaksi yang bagian bawahnya sudah rusak. Sedangkan narasi prosedur praktikum berisi serangkaian langkah-langkah praktikum dari masing-masing sifat koligatif larutan. Prosedur praktikum disusun dengan cara narasi, sehingga siswa diharapkan dapat menyusun langkah-langkah praktikum secara operasional secara mandiri.

Bagian akhir dari masing-masing materi sifat koligatif larutan berisi beberapa pertanyaan. Pertanyaan yang dikembangkan untuk mengarahkan siswa pada penemuan konsep dari masing-masing sifat koligatif larutan sesuai dengan pendekatan inkuiri terbimbing. Pertanyaan-pertanyaan ini terbagi menjadi tiga bagian awal berisi pertanyaan yang langsung berhubungan dengan kegiatan praktikum. Pada bagian tengah berisi pertanyaan yang mengarahkan siswa dalam mendefinisikan masing-masing sifat koligatif larutan dan membuat hubungan dari masing-masing sifat koligatif larutan dengan konsentrasi larutan yang meliputi fraksi mol, molalitas, dan molaritas. Pada pertanyaan bagian akhir berisi pertanyaan yang berkaitan dengan adanya perbedaan sifat koligatif larutan non elektrolit dan larutan elektrolit pada konsentrasi yang sama.

Tabel 1.2 Hasil Validasi Prosedur Praktikum Penurunan Tekanan Uap Jenuh Larutan

No	Komponen Penilaian	Rata-rata Penskoran	Persentase Penilaian (%)	Kriteria Kelayakan
1	Kelayakan materi	3,40	85,0	Sangat layak
2	Kelayakan bahasa	3,52	88,1	Sangat layak
3	Kelayakan grafis	3,67	91,7	Sangat layak
Rata-rata kelayakan Bab I		3,53	88,3	Sangat layak

Tabel 1.3 Hasil Validasi Prosedur Praktikum Kenaikan Titik Didih Larutan

No	Komponen Penilaian	Rata-rata Penskoran	Persentase Penilaian (%)	Kriteria Kelayakan
1	Kelayakan materi	3,47	86,7	Sangat layak
2	Kelayakan bahasa	3,62	90,5	Sangat layak
3	Kelayakan grafis	3,67	91,7	Sangat layak
Rata-rata kelayakan Bab II		3,59	89,6	Sangat layak

Tabel 1.4 Hasil Validasi Prosedur Praktikum Penurunan Titik Beku Larutan

No	Komponen Penilaian	Rata-rata Penskoran	Persentase Penilaian (%)	Kriteria Kelayakan
1	Kelayakan materi	3,53	88,2	Sangat layak
2	Kelayakan bahasa	3,52	88,1	Sangat layak
3	Kelayakan grafis	3,89	97,2	Sangat layak
Rata-rata kelayakan Bab III		3,65	91,2	Sangat layak

Tabel 1.5 Hasil Validasi Prosedur Praktikum Tekanan Osmotik

No	Komponen Penilaian	Rata-rata Penskoran	Persentase Penilaian (%)	Kriteria Kelayakan
1	Kelayakan materi	3,33	83,3	Sangat layak
2	Kelayakan bahasa	3,48	86,9	Sangat layak
3	Kelayakan grafis	3,67	91,7	Sangat layak
Rata-rata kelayakan Bab IV		3,49	87,3	Sangat layak

Berdasarkan hasil validasi isi oleh dua dosen kimia Universitas Negeri Malang dan satu guru Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan pada masing-masing sifat koligatif larutan diperoleh nilai rata-rata penskoran masing-masing adalah 3,53; 3,59; 3,65; dan 3,49 . Sedangkan presentase penilaian masing-masing sebesar 88,3%; 89,6%; 91,2%; dan 87,3%. Semua nilai rata-rata penskoran di atas mendapatkan nilai > 3 dan rata-rata penskoran > 80%. Nilai ini menunjukkan bahwa petunjuk praktikum yang dikembangkan memiliki kriteria yang sangat layak.

Selanjutnya produk hasil pengembangan divalidasi melalui uji kelompok kecil atau uji terbatas. Pengujian ini dilakukan pada 20 siswa kelas XII IPA Madrasah Aliyah Ma'arif 7. Pemilihan siswa dilakukan secara acak. Tujuan dari uji terbatas ini adalah untuk mengetahui tingkat keterbacaan produk petunjuk praktikum sifat koligatif larutan. Hasil uji terbatas disajikan pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Hasil Uji Coba Kelompok Kecil

No	Komponen Penilaian	Rata-rata penskoran	Persentase Penilaian (%)	Kriteria Kelayakan
1	Kesesuaian kalimat dan bahasa	3,55	88,8	Sangat layak
2	Kemudahan alat dan bahan	3,50	87,5	Sangat layak
3	Kesesuaian gambar dan grafis	3,60	90,0	Sangat layak
Rata-rata Kelayakan		3,55	88,8	Sangat layak

Berdasarkan Tabel 1.6 di atas dapat diketahui bahwa produk hasil pengembangan memiliki rata-rata kelayakan sebesar 3,55 dan rata-rata persentase sebesar 88,8%. Hasil ini menunjukkan bahwa petunjuk praktikum yang dikembangkan memiliki kriteria yang sangat layak sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran sifat koligatif larutan dengan menggunakan metode praktikum.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah diuraikan di pendahuluan, diperoleh kesimpulan bahwa pembelajaran pada materi sifat koligatif larutan di Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan belum memberikan hasil yang memuaskan. Rata-rata hasil belajar siswa masih di bawah nilai kriteria ketuntasan minimal di sekolah ini. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil tersebut adalah penggunaan metode pembelajarannya. Metode pembelajaran yang digunakan belum mengakomodasi siswa untuk dapat mempelajari konsep kimia seutuhnya, yaitu kimia sebagai produk dan sebagai proses. Kegiatan praktikum tidak dilakukan karena keterbatasan alat dan bahan, tidak adanya prosedur praktikum yang kontekstual, dan keterbatasan waktu. Oleh sebab itu, perlu adanya pengembangan prosedur praktikum yang dapat mengatasi keterbatasan alat dan bahan.

Hasil pengembangan berupa prosedur praktikum sifat koligatif larutan. Prosedur praktikum yang dikembangkan memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- Prosedur praktikum pada materi sifat koligatif larutan, yang mencakup penurunan tekanan uap jenuh larutan, kenaikan titik didih larutan, penurunan titik beku larutan dan tekanan osmotik.
- Alat dan bahan yang digunakan mudah diperoleh atau bersifat kontekstual. Alat dan bahan utama yang digunakan adalah mainan gelembung anak-anak, selaput putih pada cangkang telur, sedotan, batang kayu, es batu, garam, larutan gula, larutan garam, dan juga termometer. Semua alat dan bahan tersebut ada di sekitar siswa.
- Praktikum yang dikembangkan memiliki efisiensi waktu yang baik. Pada pengambilan data hasil praktikum tidak memerlukan waktu yang lama, misalnya pada praktikum tekanan osmotik.

Pengamatan secara makroskopis pada perubahan ketinggian permukaan larutan gula yang memiliki konsentrasi 2 m dibandingkan pada larutan gula yang konsentrasinya 1 m dapat teramati dalam waktu sekitar 5 menit.

- d. Prosedur praktikum menggunakan pendekatan inkuiri terbimbing. Urutan dalam prosedur praktikum yang dikembangkan adalah pemberian masalah, penyusunan hipotesis, menentukan langkah-langkah praktikum, menganalisis data hasil praktikum dan menjawab pertanyaan serta kesimpulan. Pada prosedur praktikum ini, masalah yang hendak diselesaikan siswa sudah disusun oleh pengembang sedangkan langkah-langkah praktikumnya disusun pengembang dengan cara narasi.
- e. Sedangkan buku prosedur praktikum untuk pegangan guru terdapat tambahan berupa hasil pengamatan dari uji coba praktikum pada tiap-tiap percobaan. Hasil pengamatan ini merupakan hasil uji coba oleh peneliti di laboratorium dan dapat digunakan sebagai pedoman oleh guru dalam membandingkan dan menilai hasil pengamatan siswa. Selain itu pedoman juga kunci jawaban dari tiap pertanyaan-pertanyaan yang ada pada prosedur praktikum.

Berdasarkan hasil validasi dari para ahli, diperoleh kesimpulan bahwa prosedur praktikum yang dikembangkan memiliki kriteria yang sangat layak untuk digunakan. Kelayakan tersebut meliputi kelayakan materi, kelayakan bahasa dan kelayakan grafis. Namun, pada validasi konten ini, validator memberikan saran agar ilustrasi pada materi penurunan tekanan uap jenuh perlu diperbaiki.

Setelah validasi konten, prosedur praktikum yang dikembangkan direvisi sesuai dengan pertimbangan saran dan masukan dari validator. Selanjutnya prosedur praktikum diujicobakan pada 20 siswa kelas XII Madrasah Aliyah Ma'arif 7 Lamongan yang diambil secara acak. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keterbacaan, kemudahan dan kekontekstualan alat dan bahan, serta kesesuaian antara gambar dan grafis. Hasil dari pengujian masing-masing adalah rata-rata penilaian 3,55; 3,50; dan 3,60, serta rata-rata persentasenya adalah 88,8%; 87,5%; dan 90,0%. Nilai tersebut menunjukkan kriteria yang sangat layak pada hasil pengembangan. Oleh sebab itu, prosedur praktikum yang dikembangkan sudah layak untuk digunakan serta dapat juga dilakukan penelitian lanjutan terhadap penerapannya pada siswa di kelas atau di sekolah lainnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Prosedur praktikum sifat koligatif larutan yang dikembangkan sesuai dengan prosedur yang praktikum yang dibutuhkan yaitu mengikuti pendekatan inkuiri dan menggunakan alat dan bahan yang kontekstual.
- b. Berdasarkan hasil validasi konten dari ahli, prosedur praktikum ini telah layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran kimia materi sifat koligatif larutan.
- c. Sedangkan hasil uji terbatas pada 20 siswa kelas XII menunjukkan tingkat keterbacaan, kemudahan alat dan bahan serta kesesuaian gambar dan grafis memiliki kriteria yang layak untuk diterapkan pada pembelajaran.
- d. Bagi peneliti lain dapat menggunakan prosedur praktikum kimia sifat koligatif larutan ini untuk diuji penerapannya di pembelajaran kimia materi sifat koligatif larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Eagle, C., Dearman., dan Goodman. 2003. Chemistry for Breakfast: Approaching Kinetics and Uncovering Everyday Chemistry by Cooking Eggs. *The Chemical Educator*, 8: 122-124.
- Haryani, S., Praseya, dan Saptarini. 2014. *Identifikasi Materi Kimia SMA Sulit Menurut Pandangan Guru dan Calon Guru Kimia*. Makalah Seminar Nasional. Tidak diterbitkan
- Hugerat, M & Peter. 2008. Microscale Electrolysis with Disposable Material. *The Chemical Educator*, 13: 7-10.
- Roth, K. 1992. Science Education: It's Not Enough to Do or Relate. *Relevant Research Vol II*: 159-162.
- Salirawati, D. 2010. *Optimalisasi Pendidikan Nilai/Karakter dalam Pendidikan Kimia Masa Depan*. Makalah Seminar Nasional. Tidak diterbitkan.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Suhesti, E. 2010. *Identifikasi Faktor-faktor yang Berpengaruh Dalam Pelaksanaan Praktikum Fisika Kelas II di SMU Negeri Srengat Kabupaten Blitar*, (Online). (<http://library.um.ac.id/freecontent/download/pub/pub.php/10214.pdf> diakses pada tanggal 21 Maret 2013).
- Sumintono, B., Ibrahim., dan Phang. 2010. Pengajaran Sains dengan Praktikum Laboratorium: Perspektif dari Guru-Guru Sains SMPN di Kota Cimahi. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 15(2): 120-127.
- Thiagarajan, S.D., Semmel dan Semmel. 1974. *Instructional Development or Training Teacher of Exception Children*. Bloomington: Center for Inovation.
- Wardani, S. 2008. Pengembangan Keterampilan Proses Sains Dalam Pembelajaran Kromatografi Lapis Tipis Melalui Praktikum Skala Mikro. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 2 : 317-322.
- Wright, S. 2007. Testing for Iodide in Table Salt. *Journal of Chemistry Education*, 84: 1615-1616.

**PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN MEDIA KOTAK KARTU MISTERIUS (KOKAMI)
PADA MATERI HUKUM-HUKUM DASAR KIMIA UNTUK MENINGKATKAN
AKTIVITAS BELAJAR SISWA**

Sri Adelila Sari* dan Wilta Fajrina

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan
Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan Estate 20222 Sumatera Utara

* Corresponding author's email: adelila@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk : i) mengembangkan media kotak kartu misterius (KOKAMI) dan menerapkannya, ii) menilai aktivitas siswa, dan iii) mendeskripsikan respon siswa terhadap media KOKAMI. Metode penelitian adalah *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model ADDIE yang terdiri 5 tahapan, yaitu: i) *Analysis*, ii) *Design*, iii) *Development*, iv) *Implementation*, dan v) *Evaluation*. Sampel dalam penelitian adalah siswa kelas X IPA 2 SMA Inshafuddin, Banda Aceh sebanyak 25 siswa yang terdiri dari 18 siswa perempuan dan 7 siswa laki-laki. Pengumpulan data dilakukan menggunakan lembar validasi media, angket tanggapan dan lembar observasi aktivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan media KOKAMI mendapatkan persentase kelayakan media sebesar 96,53% dengan rincian aspek yang dinilai diantaranya aspek tampilan media, materi, dan penggunaan bahasa. Penerapan media KOKAMI dilakukan sebanyak 2 (dua) kali pertemuan, dimana persentase nilai keaktifan siswa sebesar 54,44% dengan kategori cukup pada pertemuan pertama, sedangkan pada pertemuan kedua sebesar 80,00% dengan kategori sangat baik. Uji coba siswa terhadap pengembangan media menunjukkan respon positif dengan perolehan persentase sebesar 87,33%. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa media KOKAMI yang telah dikembangkan dapat digunakan dalam proses pembelajaran pada materi hukum-hukum dasar kimia dan dapat meningkatkan aktifitas belajar siswa.

Kata kunci: *Pengembangan media KOKAMI, Aktivitas Belajar, dan Hukum-hukum Dasar Kimia*

ABSTRACT

The aims of this study were to: i) develop and implemented the mysterious card box (KOKAMI), ii) assess the student's activities, and iii) describe the student's response on the developed KOKAMI. The method of study was *Research and Development* (R&D) that used ADDIE model which consisted of 5 stages, i.e., i) *Analysis*, ii) *Design*, iii) *Development*, iv) *Implementation*, and v) *Evaluation*. The samples of this study were 25 students of class X Science-2, secondary school (SMA) Inshafuddin, Banda Aceh, Indonesia, which consisted 18 girls and 7 boys. Data were collected by KOKAMI validation sheet, questionnaire of response, and observation sheet of activities. The results showed that the feasibility of KOKAMI got a percentage of 96.53% with details of the assessed aspects such as KOKAMI display, material, and the use of language. The implementation of KOKAMI were done in twice sessions, where the student's activity were found to be 54.44% with the enough category in the first session, while the activity on the second session found to be 80.00% with a very good category. The implementation of the developed KOKAMI showed that the student's response to the acquisition of a percentage of 87.33%. The study results concluded that the developed KOKAMI could be used in the learning process with the material of the basic laws of chemistry and increased the student's learning activities.

Keywords: *The development of KOKAMI, learning activities, and basic laws of chemistry*

PENDAHULUAN

Pada dasarnya ilmu kimia terdiri dari konsep-konsep yang sederhana, dan berkembang menjadi konsep yang lebih kompleks. Pemahaman yang salah terhadap suatu konsep kimia akan menyebabkan kesulitan dalam mempelajari konsep lainnya. Umumnya siswa kesulitan untuk memahami konsep kimia yang bersifat abstrak. Kesulitan ini akan membawa dampak yang kurang baik bagi pemahaman siswa akan materi kimia, sehingga peran guru sangat dibutuhkan dalam pemilihan alternatif proses pembelajaran yang tepat, agar menciptakan proses belajar yang ideal. Pemilihan proses pembelajaran yang tepat, tidak lepas dari suatu perancangan pembelajaran yang baik dan menarik. Menurut Djamarah dan Zain, (2010) biasanya aktivitas anak didik akan berkurang bila bahan pelajaran yang guru berikan kurang menarik perhatian dan akan berakibat pada keaktifan anak didik tersebut.

Salah satu materi pokok kimia SMA kelas X adalah Hukum-hukum dasar kimia. Materi ini dianggap cukup sulit untuk dipahami siswa, karena melibatkan perhitungan dan konsep-konsep yang bersifat abstrak. Hukum-hukum dasar kimia merupakan hukum dasar dalam mempelajari materi kimia selanjutnya. Di SMA Inshafuddin Banda Aceh nilai kriteria ketuntasan minimum (KKM) untuk pelajaran kimia adalah 75. Hasil persentase penguasaan materi soal kimia ujian nasional SMA/MA Tahun Pelajaran 2013/2014 pada indikator menyelesaikan perhitungan kimia yang berkaitan dengan hukum dasar kimia diketahui bahwa kemampuan siswa SMA Inshafuddin sebesar 57,14%.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di SMA Inshafuddin Banda Aceh ditemukan bahwa pembelajaran masih menggunakan metode konvensional dan belum memaksimalkan penggunaan media pembelajaran dalam proses mengajar. Kurangnya sarana pembelajaran terlihat dari jumlah infokus yang terbatas dan penggunaan lab yang belum difungsikan secara optimal. Guru diharapkan memberikan variasi dalam mengajar agar siswa tertarik dan lebih aktif saat mengikuti proses pembelajaran serta mudah dalam memahami suatu materi.

Salah satu variasi pembelajaran yang dapat diberikan adalah penggunaan media pembelajaran. Media pembelajaran yang dapat digunakan adalah permainan KOKAMI. Media pembelajaran KOKAMI menurut Paisah, dkk., (2013) adalah bentuk media berupa permainan yang mampu menarik minat siswa untuk ikut aktif terlibat dalam proses pembelajaran. Media KOKAMI terdiri dari suatu kotak dan kartu soal misterius. Istilah misterius diberikan sebab dalam permainannya kartu dimasukkan ke dalam amplop yang kemudian amplop akan diletakkan di dalam suatu kotak sehingga isi dari kartu tidak diketahui. Isi dari kartu dapat berupa pertanyaan, gambar, perintah maupun suatu petunjuk.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: bagaimanakah cara mengembangkan media KOKAMI dalam meningkatkan aktivitas siswa dan bagaimana respon siswa terhadap media yang telah dikembangkan pada materi hukum-hukum dasar kimia. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan aktivitas siswa dan mendeskripsikan respon siswa terhadap media yang telah di kembangkan dalam materi hukum-hukum dasar kimia.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan menggunakan model ADDIE yang memiliki lima tahap, yakni (i) Analisis (*Analysis*), (ii) Perancangan (*Design*), (iii) Pengembangan (*Development*), (iv) Penerapan (*Implementation*), dan (v) Evaluasi (*Evaluation*). Hasil penelitian ini dibahas dengan menggunakan teknik deskriptif, sedangkan pendekatan penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Penelitian dilakukan selama dua kali pertemuan dan berfokus pada kelayakan media, aktivitas siswa dan tanggapan siswa terhadap pembelajaran dengan menggunakan media KOKAMI yang telah dikembangkan pada materi hukum-hukum dasar kimia. Penelitian ini telah dilakukan di SMA Inshafuddin Banda Aceh yang berlokasi di Gampong Lambaro Skep Kota Banda Aceh pada Bulan April Tahun Ajaran 2014/2015. Sampel penelitian ini adalah siswa kelas X IPA 2 SMA Inshafuddin Banda Aceh dengan jumlah siswa sebanyak 25 orang yang terdiri dari 18 orang perempuan dan 7 orang laki-laki. Sampel diambil dengan teknik *purposive sampling* karena pertimbangan tertentu yang dipandang dapat memberikan data secara maksimal.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah: i) Lembar angket analisis kebutuhan, diberikan sebelum kegiatan pembelajaran dimulai; ii) Lembar penilaian kelayakan media KOKAMI, bertujuan untuk menilai berapa persen kelayakan media yang telah dikembangkan; iii) Lembar observasi, dilakukan dengan mengamati aktivitas siswa selama proses pembelajaran untuk setiap kali

pertemuan; iv) Lembar angket respon siswa bertujuan untuk mendapatkan informasi respon siswa pada saat uji coba produk. Untuk menghitung persentase kelayakan, aktivitas siswa dan respon siswa melalui data lembar observasi dan angket selama penelitian berlangsung dengan penggunaan media KOKAMI yang telah dirancang, dianalisis dengan menggunakan rumus persentase berikut.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah skor perolehan}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Media KOKAMI

Penelitian ini menghasilkan produk permainan pembelajaran dalam bentuk kotak dan kartu soal misterius (KOKAMI) sebagai media pembelajaran. Adapun tahapan pengembangan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1) Tahap Analisis Kebutuhan

Tahap ini merupakan tahapan untuk menganalisis kebutuhan siswa. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari wawancara kepada guru dan angket analisis kebutuhan kepada siswa, maka dapat diperoleh beberapa informasi sebagai berikut:

- Terdapat 85% siswa setuju menggunakan media permainan pembelajaran pada proses belajar, sedangkan 15% siswa kurang setuju karena dikhawatirkan jika pembelajaran banyak mengandung permainan maka materi yang akan diajarkan akan hilang.
- Sebesar 90% siswa mengalami kesulitan dalam pembelajaran ilmu kimia seperti kurangnya latihan soal, dan merasa kimia tidak menarik karena membosankan, sedangkan 10% siswa lainnya menyukai pelajaran kimia. Berdasarkan informasi diketahui bahwa mereka belum pernah menggunakan media KOKAMI dalam proses pembelajaran baik di dalam sekolah maupun di luar sekolah.
- Sebesar 85% siswa tertarik mempelajari media KOKAMI dalam proses pembelajaran dikarenakan tingkat penasarannya yang tinggi dan apakah media ini dapat membantu mereka memahami materi, sedangkan 15% tidak tertarik karena mengkhawatirkan permainannya akan susah dan banyak mengandung rumus-rumus yang membuat mereka tambah kesulitan dalam memahami pembelajaran.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan siswa ini, maka media permainan KOKAMI memiliki potensi besar untuk digunakan pada proses pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukannya suatu pengembangan media KOKAMI yang karakteristiknya baik untuk diuji cobakan sehingga dapat mengatasi masalah pembelajaran kimia yang ditemukan di sekolah tersebut.

2) Tahap Disain/Perancangan

Disain diartikan sebagai proses perencanaan yang sistematis yang dilakukan sebelum tindakan pengembangan atau pelaksanaan sebuah kegiatan (Pribadi, 2011). Pada tahap awal, kardus di lubangi sebesar 11 x 1,5 cm dengan jarak 1,5 cm pada lubang selanjutnya. Lubang dibuat secara persegi panjang sebanyak 15 lubang sesuai dengan kartu yang disediakan, kemudian seluruh bagian kotak di bungkus dengan kertas kado menggunakan lem sebagai perekatnya. Disain amplop bergambarkan siswa dibuat dalam ukuran 11 x 12 cm, sedangkan kartu soal misterius dibuat dengan ukuran 10 x 11 cm. Disain awal media KOKAMI ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Awal Media KOKAMI

3) Tahap Development /pengembangan

Tahap pengembangan merupakan tahapan lanjutan dari tahap disain. Ada beberapa komponen tambahan yang dibutuhkan pada pengembangan media KOKAMI seperti ukuran KOKAMI yang diatur ulang, serta disediakan beberapa kartu seperti kartu hukuman dan kartu bonus. Adapun beberapa pengembangan media KOKAMI yang telah didisain, yaitu:

Disain kotak dibuat dari kardus bekas yang terdiri dari 2 potongan kardus yang digabungkan dengan menggunakan lem kertas. Potongan kardus pertama berukuran 34 x 31 x 12 cm, yang bagian atasnya dilubangi dengan ukuran 2 x 12 cm sebanyak 15 lubang yang bertujuan sebagai tempat meletakkan amplop soal dan kartu soal misterius, sedangkan potongan kardus kedua berukuran 21 x 31 x 12 cm yang bagian atasnya juga dilubangi 2 x 12 cm berbentuk persegi panjang sebanyak 6 lubang. Tiga lubang pada potongan kardus kedua di masukkan amplop kartu bonus dan 3 lubang sisanya di masukkan amplop kartu hukuman. Jarak antara setiap lubang sekitar 2 cm.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan desain bagian-bagian media KOKAMI depan, samping, belakang dan bawah menggunakan program komputer *coreldraw* yang didesain agar media yang dikembangkan dapat menarik minat siswa untuk menggunakannya sehingga konsep pembelajarannya menjadi lebih menyenangkan. Kertas yang digunakan pada pembuatan setiap bagian KOKAMI adalah *sticker glossy foto paper* yang tujuannya agar tidak mudah basah jika terkena air.

Pembuatan desain amplop KOKAMI disesuaikan dengan karakter siswa yang akan mendapatkan media tersebut. Amplop KOKAMI dibuat dengan ukuran 11 x 13 cm. Karakter gambar yang digunakan pada amplop KOKAMI adalah gambar siswa dan siswi SMA yang menggunakan hijab dan peci. Hal ini sesuai dengan kearifan lokal (*local wisdom*) di wilayah Aceh yang menerapkan aturan penggunaan hijab bagi seluruh masyarakat muslimnya. Warna hijab yang digunakan bervariasi karena siswa cenderung lebih menyukai warna-warna cerah sedangkan untuk amplop yang berkarakter siswa SMA muslim pemilihan motif peci disesuaikan dengan tempat daerah penelitian dilakukan. Disain KOKAMI dapat dilihat pada Gambar 2.

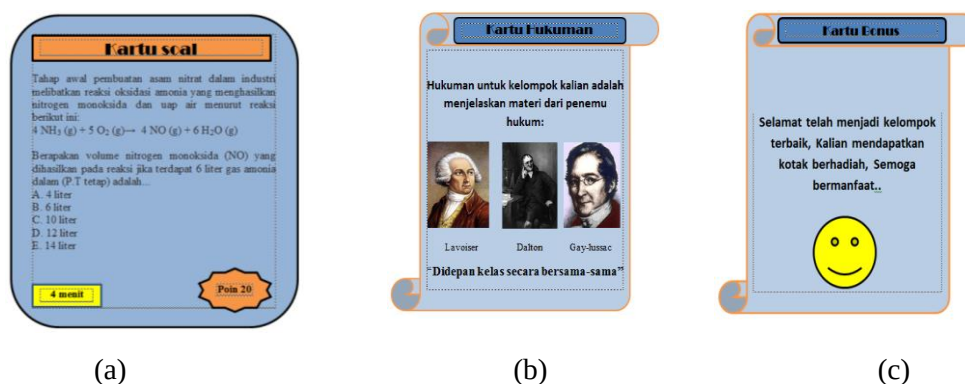


Gambar 2. Desain Kotak Kartu Misterius (KOKAMI)

Langkah pembuatan kartu soal misterius yaitu dengan menuliskan soal latihan dan teks/isi materi yang telah dikumpulkan sebelumnya ke dalam kartu. Kertas yang digunakan pada pembuatan kartu adalah *Photo Paper* dengan ukuran 11 x 12cm. Kartu misterius berisikan pertanyaan-pertanyaan tentang materi hukum-hukum kimia yang penulisannya diberikan variasi huruf, *font size*, maupun warna huruf. Selain itu, pada bagian kartu juga dimasukkan gambar ke dalam teks yang telah ditulis untuk memperjelas isi kartu misterius. Poin setiap soal latihan juga dicantumkan pada kartu misterius, poin tersebut ditentukan berdasarkan tingkat kesulitan soal yang dijawab.

Selanjutnya adalah kartu hukuman. Kartu hukuman berisikan perintah ataupun pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan materi hukum-hukum kimia. Kartu hukuman ini diberikan kepada kelompok yang mendapatkan nilai terendah pada putaran awal hingga akhir ketika menjawab soal misterius. Kartu hukuman ini bertujuan untuk menilai kemampuan mereka akan materi yang telah mereka dapatkan. Kartu ini hanya terdiri dari 3 (tiga) kartu yang dapat mereka pilih secara acak pada

putaran akhir. Kartu bonus diberikan kepada kelompok terbaik pada putaran akhir ketika guru telah menjumlahkan semua poin setiap kelompok dan menentukan hasil kelompok mana yang menjadi pemenang. Tujuan diberikannya kartu bonus ini adalah untuk menambahkan keseruan pada permainan KOKAMI. Disain beberapa kartu tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Disain Kartu : (a) Desain kartu soal misterius; (b) Desain kartu hukuman; dan (c) Desain kartu bonus.

Hasil Penilaian Kelayakan Media

Berdasarkan hasil penilaian atau validasi kelayakan media KOKAMI pada materi hukum-hukum dasar kimia oleh validator, diketahui bahwa media KOKAMI layak untuk diuji cobakan sebagai media pembelajaran dengan persentase kelayakan media sebesar 96,53%. Penilaian tersebut terdiri dari beberapa aspek, diantaranya aspek tampilan media, materi, dan penggunaan bahasa dalam media KOKAMI. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya Fatony, (2014) menyatakan bahwa secara keseluruhan kelayakan aspek pada media kartu misterius sains yang digunakan sebesar 85,96% dan bila diinterpretasikan, pengembangan media kartu sains ini dikatakan sangat layak. Hal ini menunjukkan media kartu misterius sains ini telah valid atau layak dengan ketentuan persentase yang diperoleh sebesar $\geq 61\%$.

Penilaian aspek-aspek kelayakan media KOKAMI dapat diuraikan sebagai berikut. Pada aspek format tampilan kelayakan rata-rata yang diperoleh sebesar 97,92%. Pada format materi persentase kelayakan rata-rata diperoleh sebesar 97,22% sedangkan pada format penyajian bahasa pada media KOKAMI yang dikembangkan meliputi penggunaan bahasa yang sederhana, singkat dan jelas dihasilkan persentase kelayakan rata-rata sebesar 94,44%. Persentase ini menunjukkan bahwa format penyajian bahasa layak untuk digunakan. Menurut Arsyad, (2011) kriteria pengembangan suatu media visual antara lain media di desain dengan kata yang sederhana dan mudah dibaca, kalimat yang ditulis ringkas, jelas, padat dan mudah dimengerti, elemen-elemen yang ada dalam media visual harus saling terkait sebagai satu kesatuan yang utuh dan menyeluruh, dan adanya penekanan-penekanan pada bagian yang menjadi pusat perhatian siswa.

4) Tahap Implementasi

Pada pertemuan pertama, peneliti menerapkan model STAD yang dimulai dengan memberikan apersepsi dan motivasi kepada siswa. Selanjutnya siswa mendengarkan tujuan pembelajaran, arahan dan penjelasan singkat dari guru mengenai hukum dasar Avogadro yang diawali dengan pemahaman konsep dan dilanjutkan dengan pemberian contoh soal dari hukum Avogadro tersebut. Kemudian siswa membentuk kelompok secara heterogen dan duduk pada kelompok masing-masing yang terdiri dari 5-6 orang. Masing-masing kelompok mempelajari dan memahami setiap langkah pembelajaran secara bersama-sama sesuai dengan LKPD yang sudah dipersiapkan oleh guru. Siswa saling berdiskusi dan mencari sumber informasi yang dibutuhkan dalam menyelesaikan setiap pertanyaan secara bertahap. Setelah siswa menemukan hasil, siswa diminta untuk mempresentasikan hasil kerja siswa yang sudah mereka diskusikan. Selanjutnya guru memberikan kuis pada masing-masing siswa.

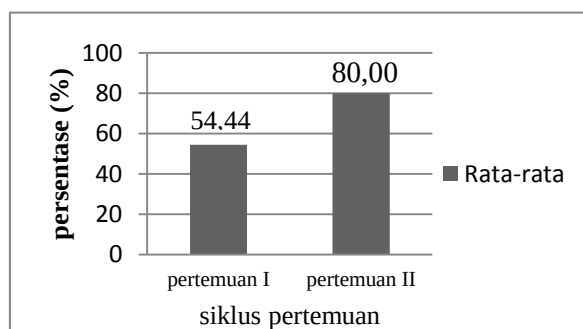
Pada pertemuan selanjutnya atau pertemuan kedua, peneliti menerapkan proses pembelajaran STAD yang dikombinasikan dengan penggunaan media KOKAMI yang sudah dikembangkan dan di validasi. Cara bermain media KOKAMI disesuaikan dengan aturan yang telah di paparkan oleh kadir Khadir dalam Saputra, dkk., (2013) yaitu putaran 1-2 siswa mengambil kartu soal misterius dan menjawab pertanyaan pada kartu tersebut sedangkan putaran ke-3 siswa mengambil kartu hukuman dan kartu bonus. Selanjutnya setiap siswa dalam setiap kelompok mendapat nomor yang berbeda. Setiap ketua kelompok secara bergiliran bertugas mengambil satu kartu soal dari KOKAMI, dimulai dari ketua kelompok pertama kemudian dibacakan isi kartu tersebut di depan kelas. Setiap siswa yang mendapatkan nomor urutan pertama wajib mengerjakan isi soal dari kartu yang dibacakan ketua kelompok dengan cara berdiskusi sesuai dengan waktu yang terdapat dalam kartu soal dan dilanjutkan oleh siswa dengan nomor urutan berikutnya. Siswa yang menjawab isi kartu soal dengan benar dan cepat akan mendapatkan poin sesuai dengan kartu soal, namun jika siswa tidak mampu menjawab soal dengan benar soal tersebut akan di lemparkan kepada kelompok tercepat kedua dan seterusnya hingga jawaban yang benar ditemukan. Pemenang ditentukan oleh poin tertinggi dan mendapatkan kartu bonus, sedangkan kelompok yang mendapatkan poin terendah akan dikenakan kartu hukuman. Selanjutnya pengumuman dari kelompok pemenang akan diumumkan di akhir pembelajaran.

5) Tahap Evaluasi

Tahap akhir pada proses pengembangan media adalah tahap evaluasi. Tahap evaluasi pada model ini dilakukan untuk menilai kelayakan media, keaktifan siswa dan respon siswa terhadap media KOKAMI. Pelaksanaan evaluasi dilakukan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan dari draf atau media yang telah dikembangkan. Kelemahan-kelemahan ini dapat direvisi kembali agar menjadi program pembelajaran yang efektif, efisien dan menarik pada masa berikutnya. Sehingga dapat kita ketahui apakah media yang telah dikembangkan tersebut layak atau tidak kita gunakan atau kita terapkan pada proses pembelajaran.

Aktivitas Siswa

Pengamatan terhadap aktivitas siswa selama kegiatan pembelajaran berlangsung diukur dengan menggunakan lembar observasi aktivitas siswa. Perbandingan aktivitas pada kedua pertemuan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Hasil Obsevasi aktivitas siswa

Berdasarkan gambar 4 diatas diperoleh hasil bahwa aktivitas siswa mengalami peningkatan 25,56%. Hal tersebut terjadi karena model pembelajaran kooperatif tipe STAD yang dikolaborasikan dengan media KOKAMI dapat memotivasi siswa untuk aktif dalam pembelajaran, karena berdasarkan pengamatan, media permainan KOKAMI ini dapat menumbuh rasa persaingan antar kelompok yang membuat mereka berlomba-lomba untuk mendapat kartu bonus. pada pertemuan pertama rerata persentase nilai keaktifan siswa yang diperoleh 54,44% dengan kualifikasi keterangan cukup aktif karena mempunyai persentase <55% sedangkan pada pertemuan kedua persentase nilai keaktifan siswa yang diperoleh 80.00% dengan kualifikasi keterangan sanagat aktif.

Hasil penelitian pada pertemuan pertama ini sejalan dengan penelitian Nurfaidah, dkk., (2011) pelaksanaan pembelajaran kooperatif tipe STAD pada siklus 1 belumlah memperlihatkan hasil yang

maksimal. Hal ini terlihat dari aktivitas siswa secara individu, aktivitas secara kelompok, dan hasil belajar yang masih di bawah target keberhasilan penelitian. Secara rata rata aktivitas individu ini hanya sebesar 30,18%. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Hidayati, dkk., (2013) yang menerapkan metode ini pada materi kesetimbangan kimia mendapatkan hasil bahwa metode pembelajaran STAD pada kondisi awal, siswa memiliki aktivitas belajar kimia sebesar 45% yang tergolong cukup aktif, sedangkan hasil penelitian pada pertemuan kedua pernah dilakukan oleh Saputra, (2013) menggunakan penerapan pembelajaran kooperatif tipe TGT dengan menggunakan media KOKAMI sebagai media pembelajarannya diperoleh hasil analisis aktivitas siswa pada siklus I sebesar 77%, sedangkan pada siklus II diperoleh rata-rata 87%. Maka dari itu dapat dinyatakan bahwa penerapan pembelajaran yang menggunakan media KOKAMI dapat membuat siswa lebih termotivasi untuk belajar dan aktif. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Paisah, dkk., (2013) pembelajaran dengan menerapkan Media KOKAMI memperoleh hasil bahwa, rata-rata nilai siswanya meningkat dari 57,69% menjadi 66,88% dengan ketuntasan 40,63% pada siklus I dan meningkat lagi menjadi 75,31% dengan ketuntasan 71,88% pada siklus II. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peningkatan hasil belajar berbanding lurus dengan peningkatan aktivitas siswa, oleh karena itu penggunaan media KOKAMI pada pembelajaran dapat meningkatkan aktivitas belajar siswa kelas X IPA 2 SMA Inshafuddin Banda Aceh.

Respon Siswa Terhadap Media KOKAMI

Berdasarkan data hasil rekapitulasi lembar angket siswa yang diberikan setelah penerapan media KOKAMI ditemukan bahwa persentase kelayakan rata-rata respon siswa terhadap media KOKAMI diperoleh hasil sebesar 87,33%. Perolehan ini menunjukkan bahwa media KOKAMI pada materi hukum-hukum dasar kimia mendapatkan respon positif dari siswa, sehingga jika dikualifikasi hasil persentase kelayakan maka keterangan yang didapat yaitu sangat baik, karena mempunyai rentang persentase > 80 %. Hasil ini sejalan dengan penelitian Fatony, (2014) yang menemukan kelayakan rata-rata dari ketertarikan siswa terhadap media kartu misteri sains diperoleh hasil sebesar 87,50% dengan rincian aspek yang dinilai diantaranya media kartu dapat menarik minat siswa untuk belajar IPA Terpadu sebesar 87,50% dan ketertarikan terhadap pembelajaran IPA dengan materi yang lain diajarkan dengan menggunakan media kartu sebesar 87,50%. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Paisah, dkk., (2013) bahwa hasil tanggapan siswa terhadap pembelajaran dengan penerapan media KOKAMI meningkat dari 83,13% pada siklus I menjadi 84,69% pada siklus II dengan kualitatif sangat tinggi.

KESIMPULAN

- 1) Media KOKAMI dikembangkan melalui beberapa tahapan yang sederhana dan sistematis menggunakan model pengembangan ADDIE ini terdiri dari 5 tahapan, yaitu: a) Analisis; b) Desain; c) Pengembangan; d) Implementasi; dan e) Evaluasi. Persentase kelayakan media sebesar 96,53%.
- 2) Penerapan media KOKAMI dapat meningkatkan aktivitas siswa, pada pertemuan pertama sebesar 54,44% dengan kategori cukup, sedangkan pada pertemuan kedua sebesar 80,00% dengan kategori sangat baik.
- 3) Respon siswa terhadap media KOKAMI yang dikembangkan mendapatkan respon positif dengan skor rerata penilaian sebesar 87,33% .

REFERENSI

- Arsyad, A. 2007. Media Pembelajaran. Jakarta: Erlangga.
- Djamarah, S.B., dan Zain, A. 2010. Strategi Belajar Mengajar. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.
- Fatony, M., Ismono dan Astriani., D. 2014. Pengembangan Media Permainan Edukatif Kartu Misteri Sains Berbasis Pembelajaran IPA Terpadu Tema Bahan Kimia Rumah Tangga untuk Kelas VII SMP. *Jurnal Pendidikan Sains*, II(02): 1-9.
- Hidayati, I.N.A., Redjeki, T., dan Hastuti, B. 2013. Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Student Team Achievement Division (STAD) untuk Meningkatkan Aktivitas dan Prestasi

- Belajar Kimia pada Materi Pokok Keseimbangan Kimia Siswa Kelas XI MAN Klaten Tahun Pelajaran 2011/2012. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, II(2): 92-99.
- Nurfaidah, Rahmawati, dan Nurhayati. 2011. Peningkatan Aktivitas dan Hasil Belajar IPA Melalui Penerapan Model Kooperatif Tipe Student Team Achievement Division (STAD). *jurnal PTK*, (1): 33-39.
- Paisah, N., Fatmaryanti, S.D., dan Akhdinirwanto, R.W. 2013. Penerapan Media Kotak dan Kartu Misterius (Kokami) untuk peningkatan keterampilan Berpikir Kritis pada Siswa Kelas VII SMP Negeri 25 Purworeji. *Jurnal Radiasi*, III(1): 28-32.
- Pribadi, B.A. 2009. Model Desain Sistem Pembelajaran. Jakarta: Dian Rakyat.
- Saputra, F., Hikamah, S.R., dan Rohman, M. 2013. Penerapan Pembelajaran Kooperatif Tipe (Team Games Tournament) TGT dengan Media KOKAMI dalam Meningkatkan Hasil Belajar Biologi. *Jurnal Bioshell*, II(1): 110-121.
- Sulistiyah, E., Imamah, N., dan Sumilih, G. 2011. Meningkatkan Keaktifan dan Keterampilan Siswa dalam Pemecahan Masalah pada Pembelajaran Matematika dengan Penerapan Model Student Teams Achievement Division (STAD). *Jurnal PTK*, (1): 15-24.

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATERI SIFAT KOLIGATIF LARUTAN DENGAN MODEL LEARNING CYCLE 5E UNTUK SISWA KELAS XII SMA/MA

Shinta Gusta^{a*}, Endang Budiasih^a, Dedek Sukarianingsih^a

^aJurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang 65145

*Correspondence author's email: shintagusta25@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian pengembangan ini adalah menghasilkan bahan ajar kimia untuk siswa kelas XII dengan model *Learning Cycle 5E* pada materi sifat koligatif larutan dan menguji tingkat kelayakan bahan ajar. Penelitian pengembangan mengadopsi model pengembangan 4-D dari Thiagarajan, dkk (1974) yang terdiri dari 4 tahap yaitu (1) *define*, (2) *design*, (3) *develop* dan (4) *disseminate*. Data penelitian berupa data kualitatif dan data kuantitatif yang diperoleh dari hasil validasi dan uji keterbacaan untuk mengetahui kelayakan bahan ajar yang dikembangkan. Hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar ini sangat layak digunakan untuk membantu pembelajaran maupun sebagai sumber belajar materi pokok sifat koligatif larutan berbasis *Learning Cycle 5E* bagi siswa kelas XII SMA/MA.

Kata Kunci: sifat koligatif larutan, *Learning Cycle 5E*

ABSTRACT

The purpose of this research development are produce chemistry teaching material on colligative properties of solution with Learning Cycle 5E model for XII grade student of senior high school and test the feasibility of teaching material. The research development adopt 4-D development model from Thiagarajan, et al (1974) which consists of 4 stages: (1) define, (2) design, (3) develop and (4) disseminate. The research data consist of qualitative and quantitative data that obtained from validation result and legibility test to determine feasibility of teaching material that have been developed. Validation result show that the teaching material is very feasible that used to help the learning process and as a learning source of colligative properties of solution based on Learning Cycle 5E for XII grade student of senior high school.

Key Words: colligative properties of solution, *Learning Cycle 5E*

PENDAHULUAN

Pengamatan di lapangan (sekolah yang diobservasi) menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan cenderung bersumber pada buku teks yang dijual di pasaran. Karakteristik penyajian materi bersifat langsung, diikuti rumus-rumus, serta diberikan contoh permasalahan atau contoh soal yang disertai dengan penyelesaian langsung menggunakan rumus-rumus yang tersedia. Siswa tidak diberikan kesempatan untuk aktif berpikir dan berusaha membangun pengetahuannya, sehingga ada kecenderungan siswa hanya menghafal dan menyalin informasi yang telah diberikan.

Penelitian ini difokuskan pada materi sifat koligatif larutan yang banyak berkaitan dengan gejala-gejala kimia dalam kehidupan sehari-hari dan merupakan materi yang banyak mempelajari konsep yang abstrak. Mairisiska, dkk (2014:29) menyatakan bahwa materi sifat koligatif larutan berisi teori dan hitungan yang biasanya diajarkan dengan metode utama ceramah, eksperimen, tanya jawab ataupun latihan bersama. Siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami dan menerapkan konsep sifat koligatif larutan baik teoritis maupun hitungannya, mengakibatkan terjadinya miskonsepsi. Sejalan dengan itu, hasil penelitian Luoga, dkk (2013:579) menemukan miskonsepsi pada siswa

terkait pemahaman konsep sifat koligatif larutan pada siswa sekolah menengah atas, antara lain yaitu alasan terjadinya kenaikan titik didih dan penurunan titik beku dan alasan perubahan temperatur saat larutan mendidih. Mairisiska dkk (2014:28-29) menyatakan bahwa pembelajaran sifat koligatif larutan yang terjadi selama ini cenderung ke arah menghafalkan definisi dan menyelesaikan rumus praktis tanpa menggali pemahaman konsep yang sebenarnya. Hal ini menyebabkan siswa kesulitan memahami materi dan menyelesaikan soal-soal yang membutuhkan pemahaman konsep, sehingga indikator-indikator yang ada dalam materi sifat koligatif larutan ini tidak bisa tercapai dengan maksimal.

Berdasarkan paparan tersebut, perlu dilakukan review mengenai strategi pembelajaran kimia dan materi yang diajarkan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan yaitu dikembangkan sebuah buku ajar menggunakan model pembelajaran yang bersifat konstruktivistik. Akar (2005:3) menyatakan bahwa konstruktivisme adalah teori yang memberikan harapan untuk mengembangkan pemahaman yang mendalam mengenai ilmu pada siswa dari segala usia. Salah satu model pembelajaran yang bersifat konstruktivistik yaitu model pembelajaran *Learning Cycle 5E*. Trowbridge, Bybee, dan Powell (dalam Akar, 2005:20) menyatakan bahwa pada model *Learning Cycle 5E* siswa mulai menyelidiki fenomena dan akhirnya menyelesaikan siklus pembelajaran dengan menciptakan konsepsi, teori dan generalisasi berdasarkan pekerjaan mereka. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sari (2013:203) menunjukkan bahwa siklus belajar 5E disertai dengan handout dapat meningkatkan motivasi berprestasi siswa (30% menjadi 62,5%) dan prestasi belajar siswa (27,5% menjadi 77,5%).

Peneliti mengembangkan bahan ajar kimia pada materi sifat koligatif larutan dengan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*. Model pembelajaran *Learning Cycle 5E* adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student centered*), yang memiliki fase-fase dalam kegiatan pembelajaran guna membantu siswa dalam mengkonstruksi pengetahuannya serta banyak melibatkan siswa untuk aktif berpikir dalam setiap fase-fase pembelajaran tersebut. Model pembelajaran ini sesuai digunakan pada materi sifat koligatif larutan karena materi tersebut banyak aplikasinya di kehidupan sehari-hari serta pembelajarannya dapat dilaksanakan dengan kegiatan praktikum, diskusi kelompok, dan presentasi hasil diskusi. Kegiatan pembelajaran tersebut sesuai dengan fase-fase pada model pembelajaran *Learning Cycle*. Dengan demikian, penelitian pengembangan dengan judul “Pengembangan Bahan Ajar Materi Sifat Koligatif Larutan dengan Model *Learning Cycle 5E* untuk Siswa Kelas XII SMA/MA” perlu dilakukan.

METODE

Pengembangan bahan ajar mengadaptasi pada rancangan penelitian dan pengembangan 4-D oleh Thiagarajan (1974). Model 4D terdiri dari 4 tahap, yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *dissminate*. Tahap *disseminate* tidak dilakukan karena keterbatasan waktu dalam penelitian. Tahap *define* bertujuan menetapkan dan membatasi apa saja yang menjadi ruang lingkup dalam pengembangan bahan ajar ini. Pada tahap ini dilakukan analisis awal-akhir (bahan ajar saat ini dan bahan ajar yang bersifat konstruktivis), analisis kebutuhan siswa, analisis materi pembelajaran, dan merumuskan tujuan pembelajaran. Tahap *design* bertujuan untuk membuat rancangan awal komponen bahan ajar. Pada tahap ini langkah yang dilakukan yaitu mengkonstruksi materi pembelajaran, menetapkan alat, bahan, dan media, dan menentukan format bahan ajar. Tahap *develop* bertujuan menghasilkan produk pengembangan. Langkah-langkah yang dilakukan adalah menyusun bahan ajar awal, menelaah bahan ajar awal, merevisi bahan ajar awal, melakukan validasi, melakukan uji coba perorangan, menganalisis dan merevisi hasil validasi dan uji coba perorangan, dan menghasilkan produk bahan ajar.

Proses validasi bahan ajar dilakukan oleh tiga validator ahli yaitu dosen Jurusan Kimia UM, guru kimia SMAN 2 Malang, dan guru kimia SMAN 1 Malang. Validasi dilakukan secara kuantitatif berupa penilaian kelayakan dan kualitatif berupa tanggapan dan saran perbaikan terhadap bahan ajar. Setelah dilakukan proses validasi bahan ajar, kemudian dilakukan revisi berdasarkan tanggapan dan saran dari validator yang kemudian dilakukan uji keterbacaan pada 10 siswa SMAN 2 Malang. Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian pengembangan ini adalah angket validasi dan angket respon siswa. Angket validasi digunakan untuk uji kelayakan produk yaitu dari segi kelayakan isi, bahasa, dan penyajian bahan ajar. Angket respon siswa digunakan untuk mengumpulkan beberapa pendapat dan tanggapan siswa terhadap bahan ajar yaitu tentang ketertarikan siswa terhadap bahan

ajar, kejelasan isi dan pemahaman siswa terhadap bahan ajar, dan keinginan siswa terhadap bahan ajar. Skala yang digunakan pada angket adalah skala Likert lima tingkat. Skala penilaian dan kategori dalam angket tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1 Skala Penilaian dan Kategori dalam Angket

Skor	1	2	3	4	5
Kategori	Sangat kurang baik/layak/jelas/mudah/tepat/sesuai	Kurang baik/layak/jelas/mudah/tepat/sesuai	Cukup baik/layak/jelas/mudah/tepat/sesuai	Baik/layak/jelas/mudah/tepat/sesuai	Sangat baik/layak/jelas/mudah/tepat/sesuai

(Sumber: Riduwan, 2013:17)

Teknik analisis data yang digunakan untuk menentukan kelayakan bahan ajar adalah teknik persentase (Riduwan, 2013:19). Persentase kelayakan dihitung dari setiap jawaban validator. Rumus perhitungan persentase hasil angket adalah:

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase kelayakan

$\sum x$ = jumlah total skor jawaban validator (nilai nyata)

$\sum xi$ = jumlah skor jawaban validator tertinggi (nilai harapan)

Perhitungan persentase hasil angket tersebut digunakan untuk pengambilan keputusan dalam melakukan revisi terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Pedoman yang digunakan untuk menentukan kelayakan produk adalah kriteria kelayakan produk yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2 Kriteria Kelayakan Produk

Persentase (%)	Kriteria Validasi
81 – 100	Sangat layak
61 – 80	Layak
41 – 60	Cukup layak
21 – 40	Kurang layak
0 – 20	Tidak layak

(Sumber: Riduwan, 2013:18)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk hasil pengembangan berupa bahan ajar materi sifat koligatif larutan berbasis *Learning Cycle 5E* yang dikemas dalam bentuk buku cetak. Bahan ajar terdiri dari buku guru dan buku siswa. Baik pada buku siswa maupun buku guru terbagi dalam tiga bagian utama yaitu: bagian pendahuluan, inti, dan penutup. Pada buku guru ditambahkan petunjuk penggunaan bahan ajar dan model penyajian bahan ajar bagi guru, serta kunci jawaban. Bagian pendahuluan terdiri dari halaman muka (*cover*), kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, pendahuluan bahan ajar, materi prasyarat sifat koligatif larutan, model penyajian, cakupan kompetensi, petunjuk penggunaan bahan ajar yaitu petunjuk penggunaan oleh guru dan oleh siswa, pendahuluan materi sifat koligatif larutan, dan sampul tiap kegiatan belajar. Pada bagian inti terdapat 1 materi pokok yaitu sifat koligatif larutan yang terbagi menjadi 4 sub materi, yaitu: (1) penurunan tekanan uap, (2) kenaikan titik didih dan penurunan titik beku, (3) tekanan osmosis, dan (4) sifat koligatif larutan elektrolit. Masing-masing uraian sub materi pokok disusun berdasarkan sintaks model pembelajaran *Learning Cycle 5E*, yaitu dimulai dari fase *engagement*, fase *exploration*, fase *explanation*, fase *elaboration*, dan fase *evaluation*. Bagian penutup pada bahan ajar ini terdiri dari dua komponen yaitu rangkuman dan daftar rujukan.

Kelayakan bahan ajar materi sifat koligatif larutan ini dideskripsikan berdasarkan proses validasi yang dilakukan oleh validator dan uji keterbacaan pada siswa. Data kuantitatif hasil pengisian angket oleh validator ahli menyatakan kelayakan bahan ajar dari aspek isi, bahasa, dan penyajian. Validasi kelayakan isi meliputi kelayakan elemen isi, kebenaran substansi materi, dan kemutakhiran topik. Validasi kelayakan bahasa meliputi kesesuaian bahasa dengan tingkat perkembangan berpikir, kejelasan penggunaan kalimat istilah-istilah yang digunakan dalam materi sifat koligatif larutan, kemudahan pesan dipahami oleh pembaca, kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia, dan penggunaan bahasa secara efektif dan efisien. Validasi kelayakan penyajian meliputi kelayakan sajian dan kegrafisan. Data hasil validasi kelayakan isi, bahasa, dan penyajian bahan ajar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Hasil Validasi Kelayakan Isi, Bahasa, dan Penyajian Bahan Ajar

No.	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kriteria
1.	Kelayakan isi	91,9	Sangat layak
2.	Kelayakan Bahasa	94,7	Sangat layak
3.	Kelayakan Penyajian	92,2	Sangat layak
Rata-rata		92,9	Sangat layak

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan dari segi isi, bahasa, dan penyajian sangat layak digunakan dalam pembelajaran materi sifat koligatif larutan dengan persentase rata-rata sebesar 92,9%.

Data kualitatif yang berupa saran dan komentar dari validator ahli menunjukkan bahwa masih perlu dilakukan perbaikan (revisi) pada beberapa bagian bahan ajar. Revisi dilakukan agar hasil pengembangan menjadi lebih layak dari segi isi, bahasa, dan penyajian. Hasil komentar dan saran validator pada uji kelayakan bahan ajar tertera pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Komentar dan Saran Validator pada Uji Kelayakan Bahan Ajar

No.	Halaman	Bagian	Komentar dan Saran	Tanggapan
Komentar dan Saran Validator pada Uji Kelayakan Isi				
1.	8	Pendahuluan materi sifat koligatif larutan	Pelarut yang digunakan tidak selalu bersifat nonvolatil.	Diperbaiki
2.	15	Tabel 1.1	Data tekanan uap perlu ditambahkan satuan.	Tidak direvisi karena satuan sudah dituliskan di judul tabel.
3.	16	<i>Exploration</i> kegiatan belajar 1	Gula yang ditambahkan pada pelarut terlalu banyak dan penjelasan embun yang dihasilkan kurang jelas	Diperbaiki. Penjelasan untuk “embun yang dihasilkan” tidak ditambahkan karena memberikan <i>clue</i> pada siswa
4.	37,49,63	<i>Evaluation</i> kegiatan belajar 2, 3, dan 4	Perlu ditambahkan data massa atom relatif pada setiap soal yang membutuhkan	Ditambahkan
5.	58	<i>Explanation</i> kegiatan belajar 4	Ditambahkan penjelasan tentang derajat ionisasi (α) dan hubungannya dengan faktor van't Hoff (i)	Ditambahkan
6.	60	<i>Explanation</i>	Rumus penurunan tekanan	Diperbaiki

		kegiatan belajar 4	uap pada larutan elektrolit tidak menggunakan faktor van't Hoff (<i>i</i>)	
7.	63	<i>Evaluation</i> kegiatan belajar 4	Jumlah soal ditambah yaitu soal tentang penurunan titik beku pada larutan elektrolit dan tentang derajat ionisasi	Ditambahkan
8.	2	Petunjuk guru	Pada buku guru ditambahkan petunjuk bahwa <i>Learning Cycle 5E</i> merupakan model pembelajaran yang bersifat <i>student-centered</i>	Ditambahkan
9.	9,12,13,19, 22,24,28,29, 35,37,40,44, 45,50,53,55, 87,59, 66, 68,70	Setiap awal fase <i>Learning Cycle</i>	Pada buku guru ditambahkan arahan tentang fungsi/tugas guru untuk fase tersebut.	Ditambahkan
10.	13,19,21,23, 25,29,35,37, 40,42,45,50,	Setiap akhir fase <i>Learning Cycle</i>	Pada buku guru ditambahkan evaluasi diri bagi guru apakah sudah menjalankan tugas/fungsi	Ditambahkan

Lanjutan Tabel 4 Hasil Komentar dan Saran Validator pada Uji Kelayakan Bahan Ajar

	53,54,56,59, 64,68,70,73		sesuai arahan.	
Komentar dan Saran Validator pada Uji Kelayakan Bahasa				
11.	v, vi	Daftar gambar	Beberapa judul gambar dibuat lebih elegan	Diperbaiki
12.	Setiap halaman pada bagian isi bahan ajar	Kata sapaan “kalian”	Penggunaan kata sapaan harus konsisten di setiap bagian.	Diperbaiki
13.	6	Cakupan kompetensi	Kata “besar kecilnya” diganti dengan “tinggi rendahnya”	Diperbaiki
14.	2	Petunjuk siswa	Kata “mereview” diganti dengan “mengkaji kembali”	Diperbaiki
15.	8	Pendahuluan materi sifat koligatif larutan	Kata “merupakan” diganti dengan “mewakili”	Diperbaiki
16.	11	Sampul kegiatan belajar 1	Kata “penguapan larutan” diganti dengan “penguapan pelarut dan larutan”	Diperbaiki
17.	13	<i>Exploration</i> kegiatan belajar 1	Ditambahkan kata “tingkat” pada nama Gambar 1.4	Diperbaiki namun dengan menggunakan kalimat yang sama dengan teks sebelum gambar
18.	13	<i>Exploration</i> kegiatan belajar	Penjelasan Gambar 1.4 lebih diperjelas bahasanya	Diperbaiki

		1		
19.	15	Exploration kegiatan belajar 1	Kata “memiliki” diganti dengan “menimbulkan”	Diperbaiki
20.	15	Exploration kegiatan belajar 1	Timbul kata “tekanan parsial uap air” yang tidak digunakan untuk tekanan uap pelarut (air)	Diperbaiki
21.	28	Exploration kegiatan belajar 2	Kata “thermometer” lebih baik diganti dengan “termometer”	Diperbaiki

Komentar dan Saran Validator pada Uji Kelayakan Penyajian

22.	14	Exploration kegiatan belajar 1	Gambar 1.5 kurang jelas batas airnya	Diperbaiki
23.	20	Explanation kegiatan belajar 1	Partikel yang menguap pada Gambar 1.8 (A) dan Gambar 1.8(B) seharusnya berbeda jumlahnya	Diperbaiki
24.	33	Explanation kegiatan belajar 2	Pada Gambar 2.8 ditambahkan simbol ΔT_b dan ΔT_f	Ditambahkan
25.	51	Sampul kegiatan belajar 4	Gambar rangkaian listrik dibuat lebih redup agar indikator belajar dapat dibaca lebih jelas	Diperbaiki

Saran perbaikan yang diberikan validator merupakan saran perbaikan pada buku siswa. Saran perbaikan pada buku siswa secara langsung juga merupakan perbaikan bagi buku guru. Saran perbaikan validator sudah dikaji dan dilakukan oleh pengembang yang ditunjukkan pada produk revisi pengembangan.

Setelah dilakukan validasi dan revisi dilanjutkan dengan uji keterbacaan terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Data hasil uji keterbacaan pada 10 siswa kelas XII SMA menunjukkan rata-rata sebesar 83,0 % yang berarti bahan ajar ini dapat digunakan oleh siswa dalam pembelajaran sifat koligatif larutan dengan kriteria sangat layak. Data hasil uji keterbacaan oleh siswa disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Data Hasil Uji Keterbacaan oleh Siswa

No.	Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kriteria
1.	Tampilan	91,3	Sangat layak
2.	Penyajian materi	77,6	Layak
3.	Manfaat	80,3	Layak
Rata-rata		83,0	Sangat layak

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil pengembangan berupa bahan ajar materi sifat koligatif larutan menggunakan model pembelajaran *Learning Cycle 5E*. Bahan ajar yang dikembangkan terdiri dari dua buku yaitu buku guru dan buku siswa. Bahan ajar ini telah divalidasi oleh tiga validator dan telah dilakukan uji keterbacaan terhadap 10 siswa kelas XI IPA SMAN 2 Malang. Hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar sangat layak untuk digunakan setelah dilakukan beberapa revisi.

Berdasarkan kajian yang telah direvisi, dapat dibuat kesimpulan bahwa:

1. Peneliti telah menghasilkan produk pengembangan berupa bahan ajar sifat koligatif larutan berbasis *Learning Cycle 5E*.
2. Bahan ajar yang dikembangkan yaitu bahan ajar sifat koligatif larutan sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

Saran Pemanfaatan, Diseminasi, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Pemanfaatan hasil pengembangan akan lebih baik jika siswa telah memahami materi prasyarat untuk sifat koligatif larutan. Penggunaan bahan ajar dalam pembelajaran memerlukan peran dan bimbingan guru mengingat model pembelajaran yang digunakan adalah *Learning Cycle 5E*, yang merupakan model pembelajaran inovatif. Bahan ajar hasil pengembangan memerlukan adanya pengembangan perangkat pembelajaran lain misalnya RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) beserta alat evaluasinya. Pada buku guru perlu ditambahkan soal-soal uji kompetensi yang mencakup keseluruhan subbab dalam bahan ajar yang digunakan sebagai alat untuk mengukur kemampuan afektif, kognitif, dan psikomotor siswa. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menggunakan bahan ajar hasil pengembangan dalam desain penelitian eksperimen (*experimental reasearch*) atau penelitian penerapan bahan ajar dalam proses pembelajaran sifat koligatif larutan di kelas sehingga diketahui keefektifannya. Bahan ajar yang dikembangkan ini sebaiknya dilakukan uji coba lapangan dan publikasi agar hasil produk pengembangan dapat dikenal dan diterima oleh pengguna yang lebih luas.

DAFTAR RUJUKAN

- Akar, E. 2005. *Effectiveness of 5E Learning Cycle Model on Students' Understanding of Acid-Base Concepts*. Doctoral Dissertation, Middle East Technical University. (Online), (<https://etd.lib.metu.edu.tr>), diakses tanggal 12 September 2015.
- Argandi, R., Martini, K.S., dan Saputro, A.N.C. 2013. Pembelajaran Kimia Dengan Metode Inquiry Terbimbing Dilengkapi Kegiatan Laboratorium Real dan Virtual Pada Pokok Bahasan Pemisahan campuran, *Jurnal Pendidikan Kimia*, (Online), 2(2): 119-124, (<http://eprints.uns.ac.id>), diakses tanggal 13 September 2015.
- Bybee, R., Taylor, J.A., Gardner, A., Scotter, P.V., Powell, J.C., Westbrook, A., dan Landes, N. 2006. *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS, (Online), (<http://bscs.org/bscs-5e-instructional-model>), diakses tanggal 12 September 2015.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Fatmawati, L. 2013. Pengembangan Bahan Ajar Modul Elektrokimia untuk Siswa SMA Kelas XII IPA dengan Pendekatan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing. *Jurnal Pendidikan Sains*, (Online), 1(2): 109-120, (<http://www.journal.um.ac.id>), diakses tanggal 23 Nopember 2015.
- Laim, O. 2013. *Pengembangan Bahan Ajar Materi Sifat Koligatif Larutan Menggunakan Model Learning Cycle 5E untuk Siswa Kelas XII*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Luoga, N.E., Ndunguru, P.A., dan Mkoma, S.L. 2013. High School Student' Misconception about Colligative Properties in Chemistry. *Tanzia Journal of Natural & Applied Sciences*, (Online), 4(1): 575-581, (<http://www.researchgate.net>), diakses tanggal 13 September 2015.
- Mairisiska, T., Sutrisno, dan Asrial. 2014. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis TPACK pada Materi Sifat Koligatif Larutan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa, *Jurnal Edu-Sains*, (Online), 3(1): 28-37, (<http://online-journal.unja.ac.id>), diakses tanggal 2 September 2015.
- Purniati, T., Yulianti, K., dan Sispiyati, R. 2009. Penerapan Model Siklus Belajar untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Kapita Selekta Matematika, *Jurnal Penelitian*, (Online), 9 (1): 1-5, (<http://jurnal.upi.edu>), diakses tanggal 13 September 2015.
- Purwaningtias, F. 2013. *Pegembangan Modul Sifat Koligatif Larutan untuk Siswa Kelas XII SMA RSBI dengan Pendekatan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Riduwan dan Akdon. 2013. *Rumus dan Data dalam Analisis Statistika* (Z. Arifin,

- Ed.). Bandung: Alfabeta.
- Sari, I.F.Y., Martini, K.S., dan Yamtinah, S. 2013. Implementasi Siklus Belajar 5E (*Learning Cycle 5E*) Disertai dengan *Handout* untuk Meningkatkan Motivasi Berprestasi dan Prestasi Belajar Siswa pada Materi Pokok Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan Kelas XI IPA 3 SMA Al-Islam 1 Surakarta Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Penelitian Kimia*, (Online), 2(3): 199-204, (<http://eprints.uns.ac.id>), diakses tanggal 20 September 2015.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S., dan Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana: Indiana University. (Online), (<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED090725.pdf>), diakses tanggal 4 September 2015.

PENGEMBANGAN MEDIA CHEMPOLLY UNTUK MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK PADA POKOK BAHASAN SENYAWA HIDROKARBON DI SMK NEGERI 1 SINGOSARI

Siti Faizah

Guru Kimia, Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Singosari
Jl. Mondoroko no 03 Singosari Malang Jawa Timur , Telp. 0341-358138

*Correspondence author's email: fayza1103@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran chempolly guna meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa pada pokok bahasan senyawa hidrokarbon di SMK Negeri 1 Singosari. Bentuk penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan tahapan desain 4-D mengadopsi desain Sivasailam Thiagarajan (1974). Konten materi pada permainan chempolly disinergikan dengan mata pelajaran produktif bagi siswa program keahlian Alat Berat pada mata pelajaran Engine System pokok bahasan Fuel System. Sinergi materi kimia dengan materi produktif dimaksudkan untuk meningkatkan motivasi belajar karena sesuai dengan minat siswa agar pembelajarannya bermakna. Sampel yang digunakan pada pengujian efektivitas produk hasil pengembangan adalah siswa program keahlian Alat Berat yang dibagi menjadi 2 kelompok data yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Teknik analisa data yang digunakan adalah uji-t dua pihak. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh hasil yang diartikan bahwa penggunaan media chempolly dapat meningkatkan prestasi belajar siswa pada pokok bahasan senyawa hidrokarbon pada siswa SMK program keahlian Alat Berat dengan pengaruh peningkatan sebesar 45,5 %.

Kata kunci: Media Pembelajaran, monopoli kimia, senyawa hidrokarbon, sinergi pembelajaran kimia dengan produktif SMK, hasil belajar.

ABSTRACT

This research was purposed to develop a learning media, which is named chempolly, to improve student's understanding and motivation to learn hydrocarbon topics in SMK 1 Singosari. Chempolly can be used as learning material which triggers the development of student's curiosity and motivation to improve their understanding on the particular subject. This product was designed so it can be used as learning media which are interesting, challenging, easy to understand, supportive atmosphere, and more over effective. This research model was developed using 4-D steps which proposed by Sivasailam Thiagarajan (1974). This media contains productive subject which also taught in the main class. The subject is engine system in fuel system as main topic. The major is heavy equipments. The sample of the research consists of two groups from heavy equipments major students. The group divided as experimental group and control group. T-test on the two group used as data analytical method. From the data, it can be calculated that students do increase their understandings by 45,5%. It can be concluded that chempolly is helping them to improve their understanding and thus their mark on the subject.

Key words: *learning media, monopoly game, hydrocarbon compounds, relation between chemistry learning with productive subject, students grades*

PENDAHULUAN

Jadwal pemberian mata pelajaran di SMK saat ini cenderung mengikuti mata pelajaran produktif, artinya yang disusun terlebih dahulu adalah mata pelajaran produktif dengan melihat

ketersediaan bengkel dan jumlah peserta didik, setelah itu baru mata pelajaran pelengkap “disisipkan” untuk memenuhi standar kurikulum. Kimia merupakan mata pelajaran yang tergolong ke dalam kelompok C1 dan merupakan mata pelajaran “pelengkap” yang merupakan pengetahuan dasar-dasar bidang keahlian. Tidak jarang peserta didik mendapatkan pelajaran kimia pada jam ke 7-8 atau bahkan pada jam terakhir (jam 9-10) setelah sebelumnya mengikuti pelajaran produktif yang lebih menekankan pada aktivitas fisik. Pola seperti ini menyebabkan peserta didik secara fisik sudah lelah sehingga kurang mampu mencerna dan memahami mata pelajaran yang lebih menekankan pada kemampuan berfikir.

Dengan keterbatasan jumlah bengkel dibandingkan jumlah peserta didik maka pola penjadwalan mata pelajaran akan sangat sulit diubah, karena itu upaya dan inovasi terhadap proses pembelajaran harus dilakukan agar dengan kondisi yang ada tetap diperoleh hasil belajar yang optimal sesuai dengan standar kurikulum yang ditetapkan pemerintah. Dalam pembelajaran dibutuhkan suatu metode pembelajaran yang memberikan kebahagiaan dan kesenangan. Salah satu yang membuat rasa senang dalam belajar bagi siswa adalah ketika siswa mampu memahami pelajarannya dengan sempurna, dapat menyelesaikan soal-soal dengan tepat, pelajaran memuaskan dan menantang. Untuk mencapai kesenangan dalam belajar, maka dibutuhkan media yang membantu menciptakan suasana tersebut (Sigit Pritamoko dan Saptorini, 2012). Penerapan metode belajar kooperatif dengan bantuan media pembelajaran berupa permainan diyakini merupakan salah satu solusi untuk mengatasi rendahnya motivasi dan hasil belajar karena jadwal pemberian mata pelajaran pada sesi akhir atau setelah aktivitas pembelajaran yang menguras energi karena kegiatan fisik.

METODE PENELITIAN

Produk Hipotetik

Chempolly merupakan hasil adaptasi dan modifikasi dari permainan monopoli dengan memasukkan konsep kimia tentang senyawa hidrokarbon pada Kompetensi Dasar 3.5 yaitu menganalisis struktur, sifat senyawa hidrokarbon serta dampak pembakaran senyawa hidrokarbon terhadap lingkungan dan cara mengatasinya. Nama petak pada chempolly menggunakan nama senyawa hidrokarbon, penggunaan dan dampaknya. Pendekatan teknik digunakan karena karakteristik peserta didik SMK yang lebih mudah menenrma konsep pelajaran bila ada sinkronisasi atau hubungan antara mata pelajaran kimia dengan mata pelajaran produktif.

Peralatan

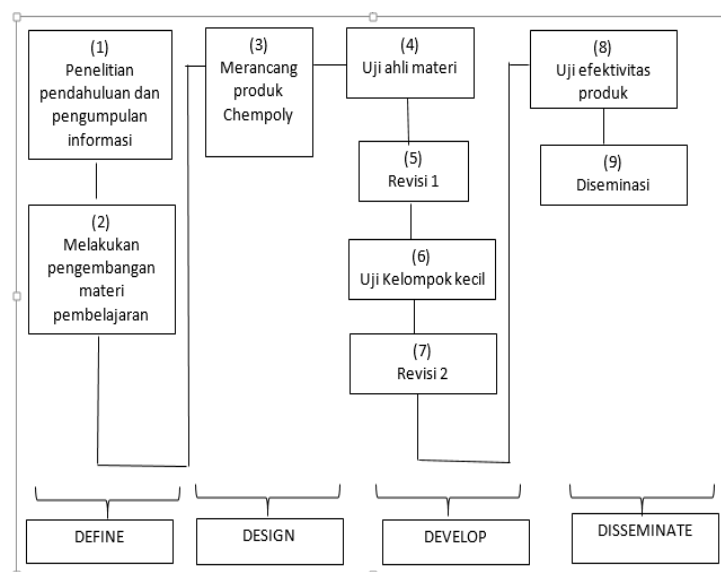
Media pembelajaran chempoly terdiri dari 2 bagian, yaitu papan permainan dan kartu petak. Papan permainan media chempoly terbuat dari kertas tebal berdimensi 35 cm x 40 cm yang dilengkapi dengan wadah untuk menyimpan sehingga praktis digunakan. Kartu petak dibuat sebanyak 16 buah sesuai dengan sub topik materi hasil pengembangan yang dikaitkan dengan materi pelajaran *Engine System* pada bab *Fuel System*. Kartu petak dibuat dua sisi, sisi depan berisi gambar yang memberikan petunjuk kepada peserta didik sedangkan bagian belakang merupakan pertanyaan yang harus dijawab untuk mengukur pemahaman konsep materi dan sekaligus untuk memperoleh poin. Masing-masing petak terdiri dari 3 kartu yang berisi 3 level pertanyaan dengan kategori mudah (level 1), kategori sedang (level 2), dan kategori sukar (level 3). Kategori pertanyaan yang akan dijawab oleh siswa berbanding lurus dengan poin yang akan diperoleh. Semakin tinggi level pertanyaan yang dijawab oleh siswa maka akan semakin tinggi pula poin yang akan diperoleh. Hal ini dimaksudkan untuk menumbuhkan sifat senang berkompetisi dalam meraih proses pembelajaran.

Prosedur

Desain Penelitian

Metode yang dilaksanakan pada penelitian pengembangan inovasi pembelajaran ini adalah dengan mengadopsi desain penelitian dan pengembangan menurut Thiagarajan yang dikenal dengan 4D yaitu *define, design, develop, and disseminate*.

Tahapan Penelitian



Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lembar observasi, angket, pedoman wawancara, dan tes pemahaman konsep.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Define

Dilakukan penelitian pendahuluan berupa identifikasi masalah dan alternatif solusi pemecahan masalah. Setelah ditetapkan permasalahan yang ada, dilakukan kegiatan analisis kompetensi dasar antara mapel kimia dan mapel produktif. Berdasarkan kegiatan analisis KD dan diskusi dengan mapel produktif teknik alat berat diperoleh data bahwa materi pelajaran kimia dapat disinergikan dengan mata pelajaran teknik dasar otomotif pada topik sistem pembakaran.

Tahap Design

Materi pelajaran produktif yang telah diintegrasikan ke dalam mata pelajaran kimia digunakan sebagai acuan untuk menyusun petak-petak pada chempoly agar sesuai dengan tuntutan kurikulum. Penyusunan petak dan nama-nama petak disesuaikan dengan sub topik yang akan dipelajari. Ada 4 sub topik yang dikembangkan yaitu struktur senyawa hidrokarbon (*gasoline*, minyak tanah, plastik, karet), sifat senyawa hidrokarbon (isomer, fase zat, substitusi, *combustion*), dampak penggunaan senyawa hidrokarbon (hujan asam, *global warming*, kesehatan manusia, gangguan mesin), dan penanggulangan dampak penggunaan senyawa hidrokarbon (*publis mass transport*, *maintenance*, *fuel usage*, dan *habits*). Kemampuan yang harus dikuasai oleh peserta didik dinyatakan dalam bentuk soal-soal yang harus dijawab selama permainan untuk mendapatkan poin tertentu, soal tersebut disusun dalam 3 kategori yaitu mudah, sedang, dan sukar. Hal ini ditujukan agar seluruh peserta didik (dengan kemampuan kognitif rendah, sedang, dan tinggi) dapat terlibat secara aktif dalam permainan dan mempunyai kesempatan yang sama untuk mendapatkan poin. Penghargaan berupa poin dipandang peneliti sangat penting karena adanya penghargaan dapat menumbuhkan, membangkitkan dan memelihara motivasi belajar. Hal ini sesuai dengan pendapat Wulandari (2011) yang menyebutkan adanya penghargaan dapat menimbulkan motivasi belajar siswa.

Tahap Develop

Kegiatan pengembangan dilakukan melalui penilaian (validasi) ahli dan uji coba kelompok kecil. Instrumen yang digunakan pada kegiatan validasi ahli adalah kuisioner yang memuat 2 kriteria yaitu kriteria pembelajaran (8 indikator) dan kriteria penampilan (4 indikator). Dari hasil penilaian ahli

diperoleh skor rata-rata terhadap media pembelajaran chempoly sebesar 89,75% yang artinya media pembelajaran yang dikembangkan berada pada kategori sangat baik.

Uji kelompok kecil dilakukan pada 10 siswa yang menggunakan media hasil pengembangan. Ada 8 aspek yang diamati dan 6 pernyataan pada lembar kuisioner. Data respon siswa terhadap media pembelajaran chempoly yang dikembangkan diperoleh hasil 95,83%, ini berarti bahwa produk media pembelajaran chempoly yang dikembangkan mendapatkan respon sangat positif.

Tahap Disseminate

Tahap disseminate atau penyebaran dilakukan melalui uji coba di kelas lain dan diseminasi pada kegiatan *learning community* di sekolah. Penyebaran dilakukan di kelas XIAB2 (kelas eksperimen) dan kelas XIAB1 (kelas kontrol) tahun ajaran 2016-2017. Peran penggunaan media pembelajaran chempoly pada kegiatan pembelajaran dapat dilihat pada rekaman video, lembar observasi dan hasil belajar siswa. Dari kegiatan uji lapangan, terlihat bahwa proses pembelajaran menunjukkan peningkatan yang signifikan. Indikasinya adalah siswa terlihat senang dan aktif mengikuti proses pembelajaran. Jiwa kompetitif sangat jelas akan tertanam pada diri siswa karena pada saat bermain chempolly semua siswa berkompetisi untuk meraih poin tertinggi dan menjadi juara. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Priatama (2014), dan Miranda (2014) bahwa permainan chempoly sebagai media dapat menghilangkan rasa bosan siswa. Peningkatan hasil belajar juga ditunjukkan pada kelas yang menggunakan media pembelajaran chempoly.

Pengaruh penggunaan media chempoly terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada topik kimia karbon dapat dilihat pada hasil tes pemahaman konsep siswa. Pada kelas kontrol yang tidak menggunakan media pembelajaran chempoly diperoleh hasil nilai rata-rata kelas sebesar 58,55 dengan ketuntasan belajar hanya pada kisaran 32,25%. Terjadi peningkatan hasil belajar yang signifikan pada kelas yang menggunakan media pembelajaran chempoly. Hasil belajar siswa menunjukkan ketuntasan belajar secara klasikan sebesar 90,9%. Daya serap siswa terhadap materi pelajaran mencapai 83,3%. Perolehan nilai/hasil belajar siswa pada kelas eksperimen yang tidak mencapai KKM tidak terlalu jauh dari standar yang ditentukan. Dengan membandingkan nilai rata-rata siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol diperoleh hasil pengaruh penggunaan media pembelajaran chempoly dapat meningkatkan hasil belajar siswa sebesar 45,5%.

Diseminasi hasil pengembangan media pembelajaran chempoly juga dilakukan pada forum *learning community* program keahlian Alat Berat. Bentuk penyebaran melalui forum Learning Community dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan masukan, koreksi, saran, dan penilaian untuk menyempurnakan produk akhir pengembangan agar siap untuk diproduksi lebih banyak dan digunakan oleh peserta didik. Kegiatan *learning community* dihadiri 20 orang guru terdiri dari 10 guru mata pelajaran normatif adaptif, 7 guru program keahlian Alat Berat, dan 3 orang guru program keahlian Teknik Kendaraan Ringan (TKR). Pada kegiatan diseminasi produk hasil pengembangan ini diperoleh hasil adanya guru-guru yang terinspirasi dengan media yang dibuat dan akan mengaplikasikannya pada mata pelajaran yang lain. Konten materi yang disajikan pada media chempoly sangat sesuai dengan karakteristik siswa program keahlian Alat Berat dan TKR. Adanya sinergi antara topik mata pelajaran normatif adaptif dengan mata pelajaran produktif akan sesuai dengan tuntutan kurikulum yaitu adanya pengetahuan multidisiplin atau pengetahuan jamak. Adanya keterkaitan antara materi pembelajaran di program normatif adaptif dengan materi pembelajaran produktif akan menimbulkan proses pembelajaran yang bermakna (*meaningful*) bagi siswa SMK. Penerapan metode permainan pada jam pelajaran ke 7-10 dipandang sangat sesuai dengan karakteristik siswa tanpa mengurangi target yang dituntut oleh kurikulum.

KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan penelitian dan pengembangan yang sudah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa media pembelajaran berbasis permainan dengan konten materi yang disinergikan dengan minat siswa SMK yaitu sesuai dengan bidang keahliannya mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa., motivasi dan hasil belajar siswa setelah menggunakan media pembelajaran chempoly meningkat dengan indikasi hasil belajar siswa menunjukkan ketuntasan belajar secara klasikan sebesar 90,9%. Hasil belajar siswa yang tidak mencapai nilai KKM tidak terlalu jauh dari standar yang ditetapkan. Daya serap siswa terhadap materi pelajaran mencapai 83,3%.

Media pembelajaran chempoly disarankan untuk dimanfaatkan sebagai alternatif media pembelajaran bagi siswa SMK program keahlian Alat Berat dan Teknik Kendaraan Ringan. Media pembelajaran chempoly ini hanya dibatasi pada topik senyawa hidrokarbon, untuk pengembangan lebih lanjut perlu dikembangkan media berbasis permainan pada topik materi lain yang dapat dikembangkan antara guru mapel pada program normatif dan adaptif dengan guru mapel produktif. Untuk itu diperlukan sinergi antara mapel normatif adaptif dan materi produktif

DAFTAR PUSTAKA

- , 2016. *Dinamika Perkembangan Kurikulum 2013 Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- , 2006. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
- Arief S. Sadiman, R. Rahardjo, Anung Haryono dan Rahardjito. 2012. *Media Pendidikan : Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatan*. Jakarta:Grafindo Pers.
- Dryden, G dan Vos, J. 2003. *The Learning Revolution* (Terj.). Bandung: Kaifa.
- Thiagarajan, Sivasailam. et al. 1974. *Instructional Development For Training Teachers of Exceptional Children*. Indiana University. Bloomington Indiana
- Hanna Nurul Husna, Ika Mustika Sari dan Purwanto. 2012. *Implementasi Permainan Monopoli Fisika Sebagai Media Pembelajaran dalam Pembelajaran Kooperatif Tipe TGT Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMP*. Prosiding.fi.itb.ac.id. 7-8 Juni 2012. FI. ITB
- Miranda, E. et al. 2014. *Penggunaan Permainan Monopoli Sebagai Media Chemo-Edutainment untuk meningkatkan Prestasi Belajar Siswa pada Pokok Bhasan Koloid di Kelas XI IPA MAN2 Model Pekanbaru*. FMIPA. Universitas Riau
- Sigit Priatmoko dan Saptorini, H.H. Diniy 2012. *Penggunaan Media Sirkuit Cerdik Berbasis Chemo-edutainment dalam Pembelajaran Larutan Asam Basa*. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia JPPI 1 (1) (2012) 37-42.

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PRAKTIKUM SISWA BERORIENTASI
KETERAMPILAN PROSES PADA MATERI LAJU REAKSI**

Ririn Eva Hidayati

MAN 1 Malang

Jl. Baiduri Bulan No 40 Malang, 65144

*Correspondence author's email: ririneva@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan Lembar Kerja Praktikum Siswa berorientasi keterampilan proses pada materi pokok laju reaksi pada kelas XI yang dinilai berdasarkan pada kriteria isi, kesesuaian dengan keterampilan proses, penyajian, kegrafikaan dan kebahasaan. Penelitian ini menggunakan desain *Research and Developmet* (R&D), tetapi penelitian ini dibatasi sampai tahap uji coba produk secara terbatas. Sasaran penelitian ini adalah Lembar Kerja Praktikum Siswa berorientasi keterampilan proses pada materi pokok laju reaksi. Instrumen yang digunakan adalah lembar telaah dan lembar validasi. Pengumpulan data menggunakan metode angket yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan telah layak digunakan sebagai penunjang praktikum kimia karena telah memenuhi kriteria kelayakan isi, kesesuaian dengan keterampilan proses, penyajian, kegrafikaan dan kebahasaan, masing-masing dengan persentase berturut-turut sebesar 83,33%; 82,54%; 82,54; 80,00% dan 85,00%.

Kata kunci: *Lembar Kerja Praktikum Siswa, keterampilan proses, kelayakan*

ABSTRACT

The aims of this research is determine the feasibility of Students Worksheet for Laboratory with process skills orientation in reaction rate topic for grade XI term 1 based on criteria of content, suitability with process skills content, presentation, graph and language. This research using design Research and Developmet (R&D), but this research was limited to a limited product trial. Research objectives is Studens Worksheet for Laboratory with process skills orientation in reaction rate topic for grade XI term 1. Instrument of this research are review sheet and validation sheet. Methods of data collection sheet is questionnaire that analyze with quantitative descriptive. The results showed that Students Worksheet for Laboratory have been developed competent used as advance for chemistry practical since has met feasibility criteria of content, suitability with process skills, presentation, graph and language, each with row percentage 83.33%; 82.54%; 82.54; 80.00% and 85.00%.

Keywords: *Students Worksheet for Laboratory, process skills, feasibility*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat berkaitan dengan perkembangan pengetahuan. Dengan berkembangnya teknologi tersebut dapat memberikan wahana yang memungkinkan perkembangan ilmu pengetahuan, terutama ilmu pengetahuan alam (IPA). Perkembangan menggugah para pendidik untuk dapat merancang dan melaksanakan pendidikan yang lebih terarah pada penguasaan konsep IPA, yang dapat menunjang kegiatan sehari-hari dalam masyarakat.

Pembelajaran IPA berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam secara sistematis. Oleh karena itu, IPA tidak hanya penguasaan pengetahuan yang berkaitan dengan fakta-fakta, konsep-konsep, dan prinsip-prinsip saja melainkan juga terdapat suatu proses menemukan. Proses pembelajaran menekankan pada pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi peserta didik supaya mampu memahami alam sekitar secara ilmiah (BSNP, 2006).

Pembelajaran IPA yang menekankan pada pengalaman langsung sesuai dengan kurikulum 2013 yang menganut pandangan dasar bahwa pengetahuan tidak dapat dipindahkan begitu saja dari guru ke peserta didik. Peserta didik merupakan subjek yang memiliki kemampuan untuk secara aktif mencari, mengolah, mengkonstruksi, dan menggunakan pengetahuan.

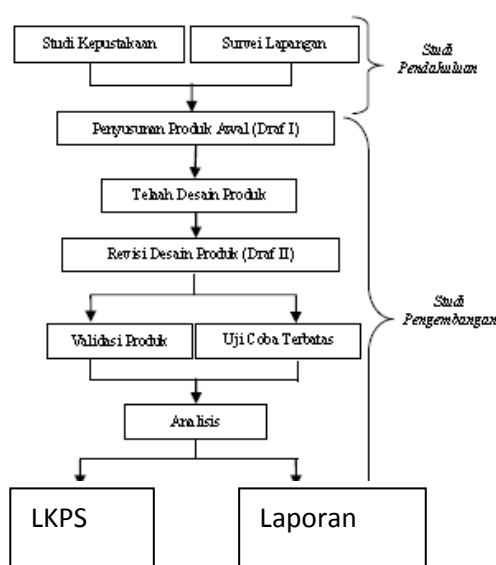
Untuk itu pembelajaran harus berkenaan dengan kesempatan yang diberikan kepada peserta didik untuk mengkonstruksi pengetahuan dalam proses kognitifnya. Selain itu dalam kurikulum 2013 pada kegiatan pembelajaran lebih menekankan pendekatan yang berpusat pada peserta didik. Hal tersebut berarti pendekatan keterampilan proses sains sesuai dengan tuntutan kurikulum. Karena keterampilan proses sains bertujuan agar peserta didik dapat menjelajahi dan memahami alam. Penggunaan dan pengembangan keterampilan proses sains dan sikap ilmiah dalam pembelajaran Kimia juga bertujuan agar peserta didik mampu memahami konsep-konsep dan mampu memecahkan masalah Kimia.

Keterampilan proses merupakan kemampuan untuk menerapkan metode ilmiah dalam memahami, mengembangkan, dan menemukan pengetahuan. Keterampilan proses dalam pembelajaran menekankan pada penumbuhan kembangan sejumlah keterampilan tertentu pada siswa agar mereka mampu memproses informasi, sehingga ditemukan hal-hal yang baru (Semiawan, dkk. 1992).

Untuk melaksanakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dibutuhkan LKS yang mampu melatih keterampilan proses sains dan sikap ilmiah siswa (Arafah, dkk, 2012). Berdasarkan latar belakang tersebut LKS berbasis keterampilan proses perlu diberikan, karena dapat membangun pengalaman langsung yang menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan memungkinkan siswa dalam mengembangkan sikap ilmiah untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan mendasar, sehingga siswa mampu memahami konsep yang telah dipelajari (Subagyo, dkk, 2009). Dengan siswa mampu memahami konsep yang dipelajari maka hasil belajar siswa dapat menjadi baik. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengembangan Lembar Kerja Praktikum Siswa Berorientasi Keterampilan Proses pada materi Laju Reaksi”.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah Penelitian dan Pengembangan atau Research and Development (R&D) merupakan suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Penelitian dan pengembangan terdiri dari tiga tahapan yaitu studi pendahuluan, pengembangan, dan pengujian, namun dalam penelitian ini dibatasi sampai pada tahap studi pengembangan tepatnya pada tahap uji coba terbatas. Rancangan pengembangan ini dapat digambarkan dengan diagram alur sebagai berikut



Gambar 1. Model Pengembangan Lembar Kerja Praktikum Siswa

Metode analisis validitas komponen isi, kebahasaan, penyajian, dan kesesuaian dengan keterampilan proses yang dikembangkan dianalisis dengan deskriptif kuantitatif, yaitu dengan memberikan gambaran dan paparan tentang Lembar Kerja Praktikum Siswa dengan orientasi keterampilan proses berdasarkan indikator penilaiannya dengan persentase. Persentase dari data angket ini diperoleh berdasarkan perhitungan skala Likert seperti pada tabel 1.

Tabel 1: Skala Likert

Penilaian	Nilai Skala
Sangat kurang	0
Kurang	1
Cukup	2
Baik	3
Sangat baik	4

(adaptasi dari Riduwan, 2008)

Untuk menghitung persentase digunakan rumus:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Jumlah skor hasil pengumpulan data}}{\text{Skor kriteria}} \times 100\%$$

Skor kriteria = skor tertinggi x jumlah aspek x jumlah responden

Persentase yang diperoleh diinterpretasikan ke dalam kriteria yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2: Kriteria Persentase (Skala Likert)

Persentase (%)	Kriteria
0 – 20	Sangat lemah
21 - 40	Lemah
41 - 60	Cukup
61 - 80	Kuat
81 – 100	Sangat kuat

(Riduwan, 2008)

Berdasarkan kriteria tersebut, Lembar Kerja Praktikum Siswa dengan orientasi keterampilan proses dalam penelitian ini dikatakan memenuhi kriteria apabila hasil persentase untuk validitas komponen isi, kebahasaan, penyajian, dan kesesuaian dengan keterampilan proses masing-masing = 61% dinyatakan kuat atau sangat kuat, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Metode analisis validitas keterbacaan adalah data yang diperoleh dari siswa dianalisis secara deskriptif kuantitatif, yaitu dengan memberikan gambaran dan paparan tentang Lembar Kerja Praktikum Siswa dengan orientasi keterampilan proses berdasarkan indikator penilaiannya dengan persentase. Persentase data angket diperoleh berdasarkan perhitungan skor penilaian yaitu jawaban “Ya” dan “Tidak”. Persentase data angket yang diperoleh dihitung berdasarkan skala Guttman pada tabel berikut :

Tabel 3: Skala Guttman

Jawaban	Nilai/Skor
Ya (Y)	1
Tidak (T)	0

(Riduwan, 2008)

Untuk menghitung persentase digunakan rumus:

$$P (\%) = \frac{F}{N} \times 100\%$$

Dengan:

P = Persentase jawaban responden (siswa)

F = Jumlah jawaban Ya/Tidak dari responden (siswa)

N = Jumlah responden (siswa)

Persentase yang diperoleh diinterpretasikan ke dalam kriteria persentase skala Likert seperti dalam tabel 1.

Berdasarkan kriteria tersebut, Lembar Kerja Praktikum Siswa dengan orientasi keterampilan proses dalam penelitian ini dikatakan memenuhi kriteria apabila hasil persentase untuk validitas keterbacaan siswa $\geq 61\%$ dinyatakan kuat atau sangat kuat, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Metode analisis aktivitas siswa adalah data aktivitas siswa diperoleh dari dua orang pengamat. Data aktivitas dianalisis dengan menghitung persentase (%) yaitu banyaknya frekuensi tiap aktivitas dibagi dengan seluruh frekuensi aktivitas dikali 100%. Selanjutnya dideskripsikan mengenai aktivitas mana yang lebih dominan muncul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa LKS yang dikembangkan, validasi, dan hasil uji coba terbatas.

Kriteria	Presentasi Penilaian (%)					Rata-rata	Kriteria
	LKS 1	LKS 2	LKS 3	LKS 4	LKS 5		
Isi	87,50	90,06	93,75	92,96	90,62	90,97	Sangat Layak
Kebahasaan	91,66	88,54	95,83	94,79	89,58	92,08	Sangat Layak
Penyajian	91,07	85,71	92,85	94,64	92,85	91,42	Sangat Layak

Data hasil validasi Lembar Kerja Praktikum Siswa diperoleh dengan kriteria penilaian meliputi komponen isi, kebahasaan, dan penyajian. Persentase data hasil validasi Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan diperoleh dengan menggunakan skala Likert pada Tabel 3. Lembar Kerja Praktikum Siswa dikatakan layak digunakan apabila memenuhi persentase $\geq 61\%$.

Hasil kriteria kelayakan Lembar Kerja Praktikum Siswa menurut aspek kelayakan dari segi materi yang disajikan sesuai dengan standar KI/KD, validator cenderung memberikan nilai 3 dan 4. Hal ini menunjukkan bahwa Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan telah sesuai dengan kurikulum yang digunakan yaitu kurikulum 2013 sehingga menunjang pembelajaran Kimia di Madrasah Aliyah khususnya di MAN 1 Malang. Keakuratan materi meliputi fakta, konsep, prinsip, teori, hukum, dan proses ilmiah yang terdapat dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa sudah sesuai dengan materi sehingga materi yang disajikan memberikan kemudahan bagi siswa memahami pembelajaran Kimia yang bermakna dan otentik (BSNP, 2006).

Materi yang disajikan mendorong rasa ingin tahu, hal ini ditunjukkan karena dengan mengerjakan Lembar Kerja Praktikum Siswa, siswa diberi kesempatan untuk menemukan konsep secara mandiri terlibat langsung, sehingga konsep yang ada pada siswa dapat berkembang (Depdiknas, 2009).

Peranan Lembar Kerja Praktikum Siswa untuk mendorong siswa menemukan konsep secara mandiri dapat tercapai dengan didukung kesesuaian keterampilan proses yang terdapat dalam tugas-tugas siswa, sehingga dapat membangkitkan motivasi untuk belajar (Semiawan, dkk. 1992).

Kalimat yang digunakan dalam media pembelajaran komunikatif yaitu pesan atau informasi yang disampaikan dengan bahasa yang menarik dan lazim (BSNP, 2006). Kesesuaian kalimat dengan perkembangan taraf berfikir siswa, sehingga dapat memungkinkan interaksi langsung antara siswa dengan lingkungannya. Kalimat tidak mengandung arti ganda dan kejelasan petunjuk atau arahan berupa keefektifan kalimat, kebakuan istilah, ketepatan struktur kalimat dengan menggunakan kaidah bahasa Indonesia (Devi, dkk. 2009). Hal ini didukung dari hasil rata-rata

kelayakan kriteria kebahasaan sebesar 92,08% dengan kategori sangat layak.

Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan telah mengikuti langkah-langkah dan memperhatikan aturan-aturan penyusunan sebagai media pembelajaran. Konsep yang disajikan runtut, konsisten, dan seimbang agar siswa memahami materi yang disajikan dengan mudah dan dapat membangun pengetahuan siswa (Devi, dkk. 2009).

Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan menarik dan menyenangkan sehingga dapat membangkitkan motivasi/minat/rasa ingin tahu karena serangkaian kegiatan praktikum yang dilakukan siswa, disusun agar membuat siswa terlibat aktif dalam proses penemuan. Proses penemuan tersebut dapat mengembangkan sifat ilmiah yang meliputi rasa ingin tahu, jujur, terbuka, kritis, disiplin, peduli terhadap lingkungan, dan bekerja sama dengan orang lain (Tim IPA Terpadu, 2009). Pada kegiatan praktikum siswa mengerjakan tugas-tugas berorientasi pada keterampilan proses, sehingga siswa mampu menerapkan metode ilmiah dalam memahami, mengembangkan, dan menemukan pengetahuan (Semiawan, dkk. 1992).

Jenis huruf yang digunakan dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa tidak jenis huruf hias dan tidak menggunakan banyak jenis huruf, sedangkan ukuran huruf yang digunakan disesuaikan, misalnya pada judul Lembar Kerja Praktikum Siswa menggunakan jenis huruf yang sama tetapi ukuran dan warna yang berbeda, sehingga diharapkan siswa tertarik untuk melakukan praktikum yang ada di dalamnya. Pemilihan warna sangatlah penting dalam mengembangkan suatu media pembelajaran, warna seharusnya ditampilkan secara harmonis dan terkait satu sama lain (BNSP, 2006). Teks, gambar, tabel, dan fenomena pada Lembar Kerja Praktikum Siswa disajikan secara proporsional karena Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan merupakan media visual, sehingga dapat memperjelas penyajian informasi dan tidak membosankan.

Hasil uji coba terbatas diperoleh data tes keterampilan proses siswa dan angket respons terhadap Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan yang digunakan sebagai data pendukung kelayakan Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan. Hasil tes keterampilan proses dikatakan tuntas jika memperoleh nilai ≥ 75 , hal tersebut berdasarkan kriteria ketuntasan MAN 1 Malang. Hasil Tes keterampilan proses siswa setelah menggunakan Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan di dapat 25% siswa yang tidak tuntas. Hasil tidak tuntas tersebut didapat dari tiga siswa yang keterampilan mengamati, menentukan variabel, dan mengkomunikasikan belum mencapai kriteria ketuntasan. Hal ini disebabkan siswa tidak sungguh-sungguh dalam mengerjakan Lembar Kerja Praktikum Siswa; keengganan siswa yang kurang paham untuk bertanya sehingga pemahaman mereka tentang konsep laju reaksi masih kurang; dan siswa kurang teliti dalam mengerjakan tes. Hasil rata-rata tes keterampilan proses siswa sebesar 77,43 dan dinyatakan tuntas karena telah mencapai kriteria ketuntasan.

Hasil tes keterampilan proses untuk masing-masing komponen yaitu: mengamati, mengklasifikasikan, merumuskan masalah, membuat hipotesis, menentukan variabel, menyimpulkan, dan mengkomunikasikan, berturut-turut sebesar 80,55%; 66,67%; 100%; 72,22%; 80,55%; 91,67%; dan 50,00%.

Hasil persentase keterampilan mengkomunikasikan masih rendah disebabkan siswa belum dapat mengkomunikasikan materi atau konsep secara tepat dan lengkap, serta dalam keterampilan mengkomunikasikan diperlukan kecermatan dan ketelitian. Hasil persentase keterampilan merumuskan masalah didapat sebesar 100%, hal ini dikarenakan sebelum mengerjakan Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan, siswa diberi informasi mengenai keterampilan-keterampilan yang akan dilatihkan dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa, termasuk keterampilan merumuskan masalah, selanjutnya siswa dilatih keterampilan merumuskan masalah secara bertahap pada Lembar Kerja Praktikum Siswa 1, 2, 3, 4, dan 5 berdasarkan fenomena yang terjadi; pengetahuan yang diperoleh; dan pengalaman langsung dari siswa, sehingga keterampilan tersebut dapat berkembang dan memperoleh hasil persentase tertinggi.

Angket respons siswa diberikan bertujuan untuk mengetahui tanggapan atau respons siswa terhadap Lembar Kerja Praktikum Siswa setelah menggunakan Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan. Aspek yang ditanyakan berupa pertanyaan mencakup kriteria isi, dan penyajian dengan keterampilan proses terdapat dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa.

Pertanyaan untuk kriteria isi adalah uraian, penjelasan, tujuan, prosedur kerja dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa, menimbulkan rasa ingin tahu, dan membangkitkan motivasi untuk belajar.

Pertanyaan untuk kriteria penyajian dengan kesesuaian keterampilan proses adalah penyajian Lembar Kerja Praktikum Siswa menarik dan menyenangkan; gambar dan tabel dapat membantu memahami konsep; siswa mendapat kesempatan untuk menemukan konsep secara langsung dan mandiri (Depdiknas, 2009). Hasil persentase mengenai warna huruf yang digunakan dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa sebesar 58,33%, ini dikarenakan huruf dalam Lembar Kerja Praktikum Siswa berwarna hitam, sehingga tidak cukup menarik untuk siswa. Tabel 4.5 menunjukkan rata-rata hasil angket respons siswa terhadap Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan secara keseluruhan berdasarkan kriteria isi dan penyajian dengan kesesuaian keterampilan proses sebesar 94,16%, sehingga dikatakan sangat layak.

Berdasarkan pembahasan di atas, secara keseluruhan Lembar Kerja Praktikum Siswa berorientasi keterampilan proses pada materi laju reaksi yang dikembangkan dinyatakan layak oleh validator dan disertai data pendukung yang diperoleh dari hasil uji coba terbatas yaitu hasil tes keterampilan proses dan angket respons siswa. Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan terbukti dapat meningkatkan pemahaman siswa, sehingga dapat tuntas hasil belajarnya dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan konsep secara langsung dan mandiri sehingga siswa lebih efektif mampu membina sikap, keterampilan, dan cara berfikir kritis (Depdiknas, 2009).

Proses belajar mengajar mengajar pada dasarnya merupakan proses komunikasi, yaitu proses penyampaian pesan dari sumber pesan melalui saluran atau media tertentu (Sadiman, dkk. 2003). Penggunaan Lembar Kerja Praktikum Siswa berorientasi keterampilan proses pada materi laju reaksi ini dapat meningkatkan proses belajar dan aktivitas siswa baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini menunjukkan bahwa Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan telah layak digunakan sebagai media dalam proses pembelajaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa Lembar Kerja Praktikum Siswa yang dikembangkan telah layak digunakan sebagai penunjang praktikum kimia karena telah memenuhi kriteria kelayakan isi, kesesuaian dengan keterampilan proses, penyajian, kegrafikaan dan kebahasaan, masing-masing dengan persentase berturut-turut sebesar 83,33%; 82,54%; 82,54; 80,00% dan 85,00%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafah, Mulyati, 2012, *Strategi Belajar Mengajar Kimia (Common text Book)*, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 34.
- BNSP, 2006, *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*, Dirjen Dikdasmen, Jakarta, 16.
- Depdiknas, 2009, *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah Lampiran 2 Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar Tingkat SMA/MA*, Dirjen Dikdasmen, Jakarta, 22.
- Devi, Poppy Kamalia, Reny Sofiraeni, dan Khairuddin, 2009, *Pengembangan Perangkat Pembelajaran untuk Guru SMA*, Pusat Pengembangan dan pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA). Bandung, 14.
- Ridwan, 2008, *Belajar Mudah Penelitian untuk Guru Karyawan dan Penelitian Pemula*, Alfabeta, Bandung, 43.
- Sadiman, Rahardjo, dan Haryono, 2011, *Media Pendidikan, Pengertian, Pengembangan dan pemanfaatannya*, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta, 78.
- Semiawan, Conny, Tangyong, Belen, Matahelemual, Yulaelawati, dan Suseloardjo, 1992, *Pendekatan Keterampilan Proses Bagaimana mengaktifkan Siswa dalam Belajar*, Gramedia Widiasana Indonesia, Jakarta, 58.
- Subagyo, 2009, *Statistika untuk Penelitian*, CV. Alfabeta, Bandung, 32.

**KAJIAN TENTANG KEMAMPUAN BERNALAR ILMIAH (*SCIENTIFIC REASONING ABILITY*) PADA PEMBELAJARAN KIMIA
TOPIK TITRASI ASAM BASA**

Eni Mayasari^{1*}, Effendy², Fauziatul Fajaroh²

¹²Program Studi Pendidikan Kimia Pascasarjana Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No.5 Malang 65145

*Corresponding author's email: enimayasari18@gmail.com

ABSTRAK

Titration asam-basa merupakan satu diantara topik kimia yang sarat dengan konsep-konsep dan membutuhkan pemahaman konseptual yang mendalam. Pemahaman konseptual yang mendalam melibatkan kemampuan untuk melihat fenomena kimia baik secara makroskopik, sub-mikroskopik maupun simbolik serta kemampuan untuk melihat hubungan antara ketiga representasi tersebut. Namun, studi-studi terdahulu mengindikasikan bahwa siswa kesulitan memahami representasi submikroskopik dan simbolik sebab representasi tersebut bersifat abstrak. Keabstrakan tersebut mengharuskan untuk dapat memahaminya dibutuhkan kemampuan mengoperasikan pola-pola berpikir tinggi, khususnya kemampuan bernalar ilmiah (KBI). Pada makalah ini dikaji peran KBI dalam pembelajaran kimia, khususnya pada topik titrasi asam-basa. Siswa atau mahasiswa yang belum mencapai tingkat operasi formal tidak dapat memecahkan masalah-masalah konseptual karena kemampuan bernalar mereka tidak cukup berkembang untuk memungkinkan mereka berhasil memecahkan masalah konseptual, maka dari itu peneliti menyarankan perlunya studi lebih lanjut mengenai hubungan antara KBI dengan pemahaman konseptual pada pembelajaran titrasi asam-basa khususnya. Apabila ditemukan hubungan yang signifikan, maka perlu dikembangkan pembelajaran kimia yang mengintegrasikan pengembangan KBI baik dari SMA hingga level universitas.

Kata Kunci: *kemampuan bernalar ilmiah, pembelajaran kimia, topik titrasi asam-basa*

ABSTRACT

The topic of acid-base titration is conceptually dense and requires deep conceptual understanding. Deep conceptual understanding involves the ability to represent chemical problems using three forms of representation (macroscopic, submicroscopic and symbolic) and to see the link between them. However, several studies indicate that students experience difficulty in understanding the submicroscopic and symbolic representations because these representations are abstract. In order to understand the abstract nature of these representations, the abilities to operate high order thinking patterns are needed, especially scientific reasoning ability. This paper discuss the role of scientific reasoning ability in chemistry learning, especially acid-base titration. Students who have not develop their formal operation yet, can not solve conceptual problems because their reasoning abilities are not sufficiently developed to allow them to successfully solve conceptual problems. Thus we suggest that it is needed to do further research about relationship between scientific reasoning ability and conceptual understanding in acid-base titration learning. If there is significant relationship found, we propose that an increased emphasis on the development of reasoning abilities must be integrated into chemistry learning from high school through college.

Key Word: scientific reasoning ability, chemistry learning, acid-base titration

PENDAHULUAN

Titration asam-basa merupakan topik kimia yang diajarkan baik di kurikulum sekolah menengah atas (SMA) maupun di universitas. Titration asam-basa di SMA diajarkan pada kelas XI semester genap (mengacu silabus K13, 2013), sedangkan di level universitas diajarkan pada mata kuliah kimia dasar 2 dan dasar-dasar kimia analitik (mengacu pada Kurikulum Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang, 2016).

Titration asam-basa merupakan metode analisis kuantitatif volumetri (disebut juga analisis titrimetri) yang menggunakan larutan asam dan basa sebagai titrat dan titrannya. Titration asam-basa yang paling umum dilakukan adalah titration yang melibatkan netralisasi asam kuat dengan basa kuat untuk menentukan konsentrasi dari zat yang tidak diketahui.

Pembelajaran titration asam-basa pada umumnya diajarkan dengan melakukan praktikum di laboratorium baik pada pembelajaran kimia di SMA maupun di universitas. Pekerjaan laboratorium tersebut melibatkan sejumlah pengetahuan terkait titration asam-basa yang dibutuhkan untuk dapat merancang eksperimen, merumuskan hipotesis, menganalisis hasil, dan mengaplikasikan temuan. Sayangnya, banyak siswa dan bahkan mahasiswa yang tidak memiliki pengetahuan tersebut secara memadai.

Indikasi penyebab banyaknya siswa atau mahasiswa yang tidak memiliki pemahaman konsep terkait titration asam-basa yang memadai yaitu karena topik titration asam-basa membutuhkan pemahaman yang terintegrasi dari berbagai area pengantar kimia, seperti sifat partikel materi, sifat dan komposisi larutan, struktur atom, ionisasi, ikatan ionik dan kovalen, simbol-simbol, rumus dan persamaan-persamaan, serta kesetimbangan dan teori tumbukan (Sheppard, 2006:41). Tidak hanya itu, pemahaman topik titration asam-basa juga membutuhkan konsep-konsep prasyarat, seperti teori asam-basa, indikator asam-basa, reaksi netralisasi, larutan penyangga dan hidrolisis. Keterkaitan dan kekompleksan konsep-konsep tersebut menjadikan topik titration asam-basa berpotensi sulit dipelajari. Sejalan dengan Herron (1975 dalam Sheppard, 2006:32) yang menyatakan bahwa keterkaitan konsep-konsep prasyarat dan keabstrakan konsep merupakan faktor kesulitan belajar kimia.

Karakteristik topik titration asam-basa yang sarat dengan konsep menjadikan topik ini membutuhkan pemahaman konseptual yang mendalam. Untuk memperoleh pemahaman konseptual mendalam dibutuhkan kemampuan untuk menggambarkan dan menerjemahkan masalah kimia ke dalam bentuk representasi makroskopik, sub-mikroskopik dan simbolik (Bowen & Bunce, 1997:1), serta kemampuan untuk melihat hubungan antara satu representasi dengan representasi lainnya.

Pengamatan yang dilakukan selama proses titration asam-basa dilakukan pada level makroskopik. Idealnya, pengamatan pada level makroskopik selanjutnya diterjemahkan secara mikroskopik dan kemudian dituangkan dalam simbol-simbol atau analogi yang relevan. Sejalan dengan studi Prain dan Waldrip (2006:1843) yang menemukan bahwa siswa yang mampu melihat hubungan antara representasi satu dengan yang lainnya memiliki pemahaman konseptual lebih baik. Namun, tidak semua siswa memiliki kemampuan tersebut dengan memadai, bahkan Gabel (1999:549) melaporkan bahwa kesulitan dalam mengaitkan analogi dan model yang berhubungan dengan fenomena kimia juga terjadi pada mahasiswa. Ditambah lagi representasi sub-mikroskopik merupakan representasi yang bersifat abstrak sehingga menjadi kesulitan tersendiri untuk memahaminya.

Mengingat keabstrakan dan kekompleksan konsep pada topik titration asam-basa, maka kebutuhan untuk dapat mengoprasikan pola-pola berpikir tingkat tinggi tidak dapat dihindari. Makalah ini bertujuan mengkaji peran kemampuan bernalar ilmiah (KBI) dalam pembelajaran kimia, khususnya pada topik titration asam-basa. Kajian ini dirasa perlu bagi pengajar agar memberikan perhatian yang lebih terhadap perkembangan KBI baik dari SMA hingga level universitas sehingga topik-topik kimia yang bersifat abstrak dan kompleks dapat dipahami dengan baik dan memberikan dampak jangka panjang pada peningkatan prestasi akademik.

METODE

Kajian ini menggunakan analisis kritis mengenai kebutuhan KBI pada pembelajaran kimia, khususnya pada topik titration asam-basa. Kajian dimulai dengan menelaah karakteristik ilmu kimia khususnya topik titration asam-basa, mengkaji potensi-potensi kesulitan yang mungkin dialami saat mempelajarinya, mengkaji KBI sebagai satu diantara kebutuhan yang harus dipenuhi untuk memiliki

pemahaman konseptual mendalam dalam pembelajaran kimia. Hubungan antara KBI dan tingkat pemahaman konseptual pada topik titrasi asam-basa belum diuji secara empirik, sehingga kajian ini merupakan kajian teoritis hubungan KBI dengan tingkat pemahaman konseptual pada pembelajaran kimia.

PEMBAHASAN

Pengembangan KBI telah lama menjadi menjadi sasaran utama pendidikan sains, teknologi, *engineering* dan matematika (STEM). Studi mengenai KBI dalam bidang sains telah banyak dilakukan, terutama pada bidang studi biology. Seiring waktu, studi mengenai KBI berkembang luas ke bidang sains yang lain yaitu fisika dan kimia.

Apa itu Kemampuan Bernalar Ilmiah?

KBI (*scientific reasoning ability*), disebut juga sebagai penalaran formal oleh Piaget. Penalaran formal ditandai dengan kemampuan mengoperasikan pola-pola berpikir yang meliputi isolasi dan kontrol variabel, penalaran kombinasional, penalaran korelasional, penalaran probabilitas, dan penalaran proporsional (Lawson, 1978:12). Individu yang telah mencapai operasi formal sanggup melakukan operasi-operasi proporsional yang tidak hanya terbatas pada objek-objek konkret, tetapi juga pada proporsi-proporsi abstrak.

Tingkat operasi formal yang dijelaskan oleh Piaget, pada dasarnya adalah sama dengan penalaran hipotetikal-deduktif (Inhelder & Piaget, 1958:251). Penalaran hipotetikal-deduktif terjadi ketika seseorang mengobservasi suatu fenomena dan membayangkan sebuah model hipotetikal untuk merepresentasikan fenomena tersebut berdasarkan prediksi yang dideduksi dari keadaan aslinya. Selanjutnya, generalisasi data dilakukan berdasarkan eksperimen yang kemudian digunakan untuk memeriksa apakah prediksi yang telah dibuat cocok atau tidak.

Berdasarkan perspektif yang lebih operasional, KBI merupakan seperangkat kemampuan bernalar dasar yang umumnya dibutuhkan untuk dapat berhasil melalui tahapan inkuiri, yang mana termasuk mengeksplorasi masalah, merumuskan dan menguji hipotesis, memanipulasi dan mengisolasi variabel, melakukan observasi dan mengevaluasi. Lawson (2000) dalam *Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR)* menjabarkan pola-pola berpikir yang mencirikan kemampuan bernalar ilmiah (KBI) mencakup (1) konservasi materi dan volume, (2) penalaran proporsional, (3) pengontrolan variabel, (4) penalaran probabilitas, (5) penalaran korelasional, dan (6) penalaran hipotetikal-deduktif.

Menurut Piaget, tingkat perkembangan intelektual individu yang paling tinggi adalah tingkatan operasi formal. Perkembangan intelektual individu antara usia 15 hingga 20 tahun, sebagian besar individu telah mencapai operasi formal, meskipun pada area yang berbeda-beda tergantung pada kecakapan dan spesialisasi profesional individu tersebut (Piaget, 1972:161). Studi lebih lanjut yang dilakukan Lawson *et al.* (2000a:996), menunjukkan bahwa perkembangan intelektual tidak hanya sampai pada operasi formal seperti yang dijabarkan oleh Piaget. Selama perkuliahan, perkembangan intelektual berlanjut melampaui tingkatan operasi formal, setidaknya untuk beberapa mahasiswa (Lawson *et al.*, 2000a:996). Perkembangan dari tingkatan operasi formal tersebut dikenal dengan tingkatan post-formal.

Mengapa Kemampuan Bernalar Ilmiah penting dalam Pembelajaran Sains?

Telah diketahui bahwa pembelajaran sains tidak terlepas dari proses inkuiri. Ketika seseorang melakukan tahapan-tahapan proses inkuiri sangat didukung dengan KBI. Kemampuan dasar dalam proses inkuiri adalah mengidentifikasi variabel dan merumuskan hipotesis. Jika melibatkan eksperimen, maka diperlukan juga kemampuan mengontrol variabel. Analisis dan pengambilan kesimpulan merupakan tahapan kompleks yang memerlukan kemampuan memahami korelasi dan hubungan sebab-akibat antarvariabel. Telah dijelaskan di depan bahwa kemampuan-kemampuan tersebut terangkum dalam KBI. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa KBI berperan penting dalam berinkuiri. Terampil dalam berinkuiri akan memberikan dampak pada keberhasilan seseorang dalam pembelajaran.

Lawson, (2004:333) menjelaskan bahwa kemampuan bernalar tingkat tinggi tidak hanya diperlukan dalam membuat keputusan (*decision making*) dan memecahkan masalah (*problem-solving*), tetapi juga untuk memahami konsep dan teori kompleks, serta untuk menghindari terjadinya miskonsepsi. Schen (2007:8) menjelaskan bahwa KBI yang baik akan membantu individu dalam membuat hubungan antarkonsep. Dengan demikian, individu dengan KBI diharapkan memiliki pemahaman konseptual yang lebih baik. Sejalan dengan studi Lawson, *et al.* (2000b); Cavallo (1996); Shayer & Adey (1993) (dalam Abdullah & Shariff, 2008:388) yang menemukan bahwa siswa yang memiliki kemampuan bernalar rendah memiliki pemahaman konseptual yang lebih rendah dibandingkan dengan siswa yang memiliki kemampuan bernalar lebih tinggi.

Pemahaman konseptual merupakan pemahaman yang menggambarkan mental seseorang tentang suatu konsep atau cara seseorang dalam mengungkapkan kembali pemahamannya tentang suatu konsep. Pemahaman konsep yang benar sangat penting sebab konsep tersebut memungkinkan terbentuknya landasan pemahaman tentang konsep lain yang berkaitan. Pemahaman yang tidak benar tentang suatu konsep memungkinkan terbentuknya miskonsepsi pada konsep-konsep lain yang berkaitan. Maka dari itu, penting untuk memiliki KBI sebab KBI membantu proses pemerolehan pemahaman konseptual yang benar sehingga miskonsepsi dapat dihindari.

Pemahaman konseptual yang benar dan terhindarnya miskonsepsi tentunya akan berpengaruh pada prestasi akademik. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa KBI yang baik akan memberikan dampak jangka panjang pada peningkatan prestasi akademik. Studi korelasi antara KBI dengan prestasi belajar sains baik pada siswa SMA maupun pada mahasiswa telah banyak dilakukan. Studi yang dilakukan Coletta & Phillips (2005:1175) menemukan adanya korelasi KBI terhadap hasil belajar mahasiswa pada perkuliahan fisika dengan koefisien korelasi sebesar 0,51 ($p < 0.0001$). Coletta, Phillips & Steinert (2007:237) juga melaporkan bahwa KBI memiliki korelasi terhadap hasil belajar fisika pada dengan koefisien korelasi sebesar 0,53. Nnorom (2013:2012) juga melaporkan bahwa siswa dengan KBI tinggi menunjukkan performa yang lebih baik pada bidang studi biologi daripada siswa dengan KBI rendah.

Pentingnya dimiliki KBI tidak hanya terbatas karena membantu peningkatan prestasi akademik saja, melainkan KBI juga berperan penting dalam pembuatan keputusan (*decision-making*) dan pemecahan masalah (*problem-solving*) dalam kehidupan sehari-hari. Penalaran kausal dan probabilitas misalnya, digunakan dalam meramalkan cuaca berdasarkan gejala-gejala fenomena alam yang ditunjukkan. Penalaran hipotetikal-deduktif misalnya, digunakan ketika seseorang mencoba memecahkan masalah remote televisi tidak berfungsi. Hipotesis yang diajukan adalah karena baterai remote tersebut telah mati dan dilakukan eksperimen dengan menggantinya dengan baterai baru. Jika remote kembali berfungsi, maka eksperimen selesai. Akan tetapi, jika remote tetap tidak berfungsi maka perlu dirumuskan hipotesis baru dan merancang eksperimen yang baru pula. Mungkin tidak terpikirkan secara sadar, namun ia menggunakan penalaran hipotetikal-deduktif.

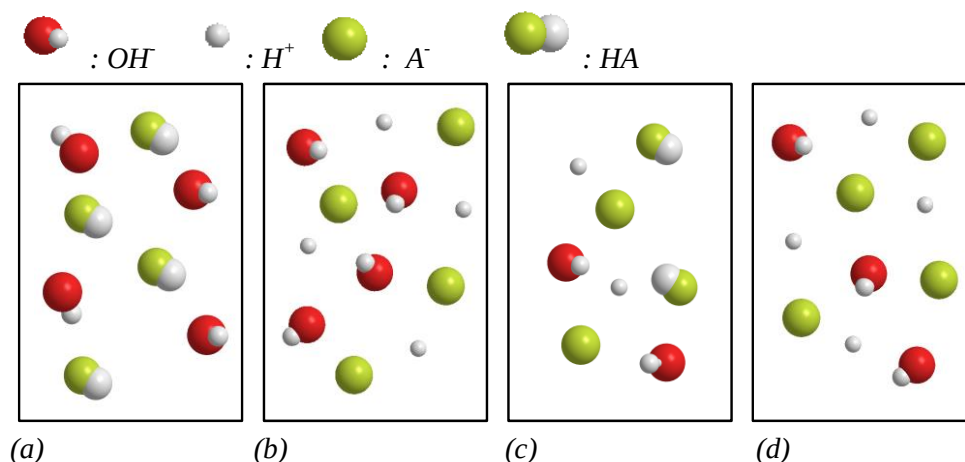
Mengapa Kemampuan Bernalar Ilmiah dalam Pembelajaran Kimia?

Studi mengenai korelasi KBI dengan prestasi akademik dalam pembelajaran sains telah banyak dilakukan (Lawson, *et al.*, 2000b:81; Coletta & Phillips, 2005:1175; Coletta, Phillips & Steinert, 2007:237; Nnorom, 2013:2012). Telah diketahui bahwa kimia merupakan satu diantara cabang ilmu sains, maka dapat diduga bahwa KBI juga dibutuhkan dalam pembelajaran kimia.

Seperti dijelaskan sebelumnya, karakteristik ilmu kimia yang sarat dengan konsep dan teori kompleks, melibatkan proses inkuiri, serta memerlukan pemahaman pada level representasi yang bersifat abstrak maka akan sangat memerlukan KBI. Hal ini didukung berdasarkan studi yang dilakukan Martin (1979 dalam Wiseman, 1981:484) yang menemukan bahwa kimia merupakan bidang studi yang paling meuntut kesanggupan operasi formal ($r_{xy} = 0,76$) dibandingkan dengan fisika ($r_{xy} = 0,56$) dan biologi ($r_{xy} = 0,26$).

Lawson (1975 dalam Cracolice, Deming & Ehlert, 2008:873) menjelaskan rendahnya KBI menyebabkan seseorang tidak dapat memecahkan masalah konseptual. Pemecahan masalah konseptual memerlukan pemahaman dari suatu konsep dan aplikasi dari konsep tersebut (bersifat kualitatif). Penggunaan KBI sangat diperlukan dalam memecahkan masalah konseptual. Berikut contoh soal yang menuntut pemahaman konseptual pada topik titrasi asam-basa.

Suatu asam kuat HA dititrasi dengan larutan NaOH. Manakah dari gambar berikut yang merepresentasikan keadaan sebelum titik ekuivalen? (ion Na^+ dan molekul pelarut tidak digambarkan)



Penyelesaian soal tersebut membutuhkan pemahaman mengenai konsep titik ekuivalen. Sebelum titik ekuivalen tercapai, jumlah OH^- yang ditambahkan belum cukup untuk bereaksi dengan semua H^+ sehingga di dalam larutan jumlah $\text{OH}^- < \text{H}^+$ seperti pada pilihan jawaban (d). Pilihan jawaban (b) menunjukkan bahwa jumlah $\text{OH}^- = \text{H}^+$ yang berarti kondisi tepat pada titik ekuivalen. Sedangkan pilihan jawaban (a) dan (c) menunjukkan adanya asam HX yang tidak terionisasi, yang berarti bahwa HX merupakan suatu asam lemah dengan harga derajat ionisasi sebesar $0 < \alpha < 1$. Pilihan jawaban (a) dan (c) tidak tepat sebab disoal disebutkan bahwa HX merupakan suatu asam kuat.

Gambaran partikulat dalam soal di atas merupakan gambaran representasi sub-mikroskopik yang tidak dapat dilihat atau diamati secara langsung oleh panca indra. Seseorang harus mampu membangun model mental untuk dapat memahami model/analogi seperti yang digunakan dalam soal tersebut. Kemampuan ini membutuhkan kesanggupan berpikir abstrak sebagaimana yang disebut sebagai operasi formal.

Problematika yang terjadi adalah perkembangan KBI siswa dan bahkan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran kimia masih sangat kurang. Studi Cracolice, Deming & Ehlert (2008:873) menemukan bahwa hanya 8% siswa SMA dan 22% mahasiswa tingkat pertama yang memulai pembelajaran kimia dengan kemampuan bernalar yang memadai. Ini berarti masih sangat banyak siswa dan mahasiswa yang tidak mengembangkan KBI mereka hingga operasi formal. Keadaan ini menjadikan siswa atau mahasiswa tidak punya pilihan lain selain menghafal algoritma untuk menyelesaikan masalah-masalah kimia (*algorithmic problem solvers*) karena kemampuan bernalar mereka tidak cukup berkembang untuk memungkinkan mereka berhasil memecahkan masalah konseptual (Cracolice, Deming & Ehlert, 2008:877). Cracolice, Deming & Ehlert (2008:876) menemukan bahwa perbedaan kemampuan bernalar menyebabkan kesenjangan antara kemampuan memecahkan masalah konseptual dan algoritmik. Dengan kata lain, indikasi penyebab kesenjangan antara kemampuan memecahkan masalah konseptual dan algoritmik adalah karena kemampuan bernalar yang rendah. Bila perkembangan KBI yang rendah tersebut berlanjut terus-menerus maka dikhawatirkan akan memberikan dampak jangka panjang pada rendahnya pencapaian prestasi dalam pembelajaran kimia baik. Oleh sebab itu, perlu dirasa perlu dilakukan usaha-usaha untuk mendorong perkembangan KBI khususnya dalam pembelajaran kimia.

KESIMPULAN

Studi mengenai kecenderungan tertinggalnya pemahaman konseptual dibandingkan dengan pemahaman algoritmik pada siswa SMA atau mahasiswa telah banyak dilaporkan (Nakhleh, 1993; Zoller, *et al.*, 1995; Smith dan Metz, 1996; Papaphotis & Tsaparlis, 2008). Berdasarkan uraian yang di atas, diindikasikan bahwa penyebab rendahnya pemahaman konseptual yaitu karena KBI yang rendah pula. Studi mengenai kecenderungan rendahnya pemahaman konseptual pada pembelajaran kimia yang ditinjau dari KBI dirasa masih kurang, khususnya pada topik titrasi asam-basa. Oleh sebab itu,

Penulis menyarankan dilakukannya studi lebih lanjut mengenai pemahaman konseptual yang ditinjau berdasarkan tingkat perkembangan KBI. Apabila ditemukan korelasi yang signifikan antara keduanya, maka perlu dikembangkan pembelajaran kimia yang mendukung pengembangan KBI baik dari SMA hingga level universitas.

Pengajar tidak hanya harus melaksanakan pembelajaran yang disesuaikan dengan tingkat perkembangan KBI siswa yang diajarnya, tetapi juga harus mendorong siswa untuk mengembangkan KBI mereka ke tingkatan yang lebih tinggi. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan masalah-masalah kepada siswa yang membutuhkan KBI sedikit di atas tingkat perkembangan KBI mereka. Strategi ini dirasa efektif siswa akan mengembangkan KBI mereka karena mereka “terpaksa” harus mengembangkannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, S., & Shariff, A., 2008, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4, 4, 387-398.
- Bowen, C. W., & Bunce, D. M., 1997, *The Chemical Educator*, 2, 2, 1-17.
- Coletta, V. P., & Phillips, J. A., 2005, *American Journal of Physics*, 73, 12, 1172-1182.
- Coletta, V. P., Phillips, J. A., & Steinert, J. J., 2007, *The Physics Teacher*, 45, 235-238.
- Cracolice, M. S., Deming, J. C., & Ehlert, B., 2008, *Journal of Chemical Education*, 85, 6, 873-878.
- Gabel, D., 1999, *Journal of Chemical Education*, 76, 4, 548-554.
- Inhelder, B. & Piaget, J., 1958, *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*, New York: Basic Books, 251.
- Lawson, E.A., 1978, *Journal of Research in Science Teaching*, 15, 1, 11-24.
- Lawson, E.A., 2000, *Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning*, Arizona State University.
- Lawson, E.A., 2004, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 307-338.
- Lawson, E.A., Alkhoury, S., Benford, R. Clark, B. R., Falconer, K. A., 2000a, *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 9, 996-1018.
- Lawson, E. A., Clark, B., Cramer-Meldrum, E., Falconer, K. A., Sequist, J. M., Kwon, Y. J., 2000b, *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1, 81-101.
- Nakhleh, M. B, 1993, *Journal of Chemical Education*, 70, 1, 52-55.
- Nnorom, N. R., 2013, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4, 12, 2102-2104.
- Papaphotis, G., & Tsaparlis, G., 2008, *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 323-331.
- Piaget, J., 1972, *Human Development*, 15, 1, 157-164.
- Prain, V., & Waldrip, B., 2006, *International Journal of Science Education*, 28, 15, 1843-1866.
- Schen, M. S., 2007, *Scientific Reasoning Skills Development in The Introductory Biology Courses for Undergraduates*, Disertasi tidak diterbitkan.
- Sheppard, K., 2006, *Chemistry Education Research and Practice*, 2006, 7, 1, 32-45.
- Smith, K., J., & Metz, P. A., 1996, *Journal of Chemical Education*, 73, 3, 233-235.
- Wiseman, F.L. Jr., 1981, *Journal of Chemical Education*, 58, 6, 484-488.
- Zoller, U., Lubezky, A., Nakhleh, M. B., Tessier, B. & Dori, Y. J., 1995, *Journal of Chemical Education*, 72, 11, 987-989.

PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN PENGUASAAN KONSEPTUAL, KETERAMPILAN PROSES SAINS, DAN SIKAP TERHADAP KIMIA UNTUK BAHAN KAJIAN STOIKHIOMETRI

Rima Dhian Pratiwi^{*a}, Sutrisno^a, Munzil^a

^a Pascasarjana Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No.5 Malang, Jawa Timur

* Corresponding author's email: rimadp@yahoo.com

ABSTRAK

Salah satu aspek dalam pembelajaran yang sangat bermanfaat untuk mengetahui ketercapaian kompetensi peserta didik adalah penilaian. Penilaian dalam pembelajaran kimia hendaknya dilakukan secara menyeluruh meliputi aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Hal ini juga menjadi amanat dalam Kurikulum Nasional 2013. Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana mengembangkan instrumen penilaian untuk penguasaan konseptual, keterampilan proses sains, dan sikap terhadap kimia pada bahan kajian Stoikiometri. Berdasarkan hasil kajian diketahui bahwa dalam pengembangan instrumen penilaian penguasaan konseptual diperlukan telaah Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar untuk mengetahui ketercapaian kompetensi dan konsep-konsep yang harus dikuasai peserta didik. Pengembangan instrumen penilaian keterampilan proses sains mengacu pada keterampilan proses sains terpadu. Pengembangan instrumen penilaian sikap terhadap kimia ditentukan dengan menelaah minat, apresiasi peserta didik terhadap kimia, dan kelanjutan pembelajaran kimia di masa yang akan datang. Kajian ini diharapkan dapat menjadi bahan diskusi dalam forum ini.

Kata Kunci: *instrumen penilaian, penguasaan konseptual, keterampilan proses sains, sikap terhadap kimia, stoikiometri*

ABSTRACT

One aspect of learning which is very useful to determine the competence of learners' achievement is assessment. Assessment in chemistry learning should be done thoroughly covering aspects of knowledge, skills, and attitudes. It also recommended in National Curriculum of 2013. This study aims to describe the development model of assessment instruments for conceptual understanding, science process skills, and attitudes toward chemistry on the study material stoichiometry. Based on the results of literature study the conceptual understanding should be based on Core Competencies and Basic Competencies as the criteria of competencies and mastery of concepts that must be studied by learners. The development of science process skills is done with integrated science process skills as the reference. Attitudes toward chemistry is determined by examining interest, students' appreciation of chemistry and the students' wish to continue for further learning in chemistry in the future. The ideas in this study are expected to be shared and discussed in this forum.

Keywords: *assessment instruments, conceptual mastery, attitudes toward chemistry, science process skills, stoichiometry*

PENDAHULUAN

Penilaian merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pembelajaran. Penilaian juga bertindak sebagai komponen kunci dalam menentukan kualitas pembelajaran (Edwards, 2013). Kualitas pembelajaran di Indonesia dilihat dari ketercapaian kompetensi masing-masing bidang studi. Ketercapaian kompetensi yang menjadi tujuan utama dalam suatu pembelajaran dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang datang dari guru, peserta didik itu sendiri, maupun dari sumber belajar yang digunakan. Salah satu aspek yang sangat bermanfaat untuk mengetahui ketercapaian kompetensi dalam pembelajaran tersebut adalah penilaian.

Penilaian dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi tentang sesuatu hal yang akan digunakan untuk tujuan tertentu (Brookhart, 2004). Menurut *Victorian Essential Learning Standards* (2005), ada tiga tujuan utama dari penilaian yaitu penilaian untuk belajar, penilaian sebagai pembelajaran dan penilaian pembelajaran. Penilaian untuk belajar terjadi pada saat guru menggunakan kesimpulan tentang apa yang terjadi pada peserta didik untuk menginformasikan pengajaran mereka kepada guru-guru yang lain. Penilaian sebagai pembelajaran terjadi ketika peserta didik merenungkan dan memantau kemajuan belajar mereka untuk menentukan tujuan belajar mereka di masa yang akan datang. Penilaian pembelajaran terjadi pada saat guru menggunakan bukti-bukti hasil belajar peserta didik untuk membuat penilaian terhadap prestasi belajar mereka.

Bukti-bukti hasil belajar peserta didik dapat diperoleh melalui berbagai macam penilaian. Menurut Brookhart (2004), ada empat macam penilaian yaitu penilaian tertulis (*paper and pencil*), penilaian kinerja, penilaian berbasis komunikasi lisan dan portofolio. Keempat macam penilaian tersebut akan menghasilkan umpan balik yang berbeda-beda.

Penilaian dalam pembelajaran sains memiliki rentangan yang luas dan kompleks (Edwards, 2013). Guru sains perlu mengetahui fokus dari penilaian pembelajaran yang mereka lakukan sehingga memiliki makna dan berguna untuk peserta didik. Menurut Edwards (2013) ada lima fokus yang harus dilakukan dalam menyusun kerangka penilaian dalam pembelajaran sains yaitu guru, peserta didik, bukti belajar, pengambilan keputusan di masa mendatang, dan dampaknya. Kelima fokus penilaian ini nantinya akan menentukan kualitas dari pembelajaran sains yang dilakukan. Pembelajaran sains yang berkualitas dapat menghasilkan penilaian yang lebih dalam tentang pemahaman pengetahuan dan cara memperoleh pengetahuan, keterampilan, dan perilaku. Ketiga cara memperoleh pengetahuan ini selanjutnya dikembangkan menjadi aspek-aspek penilaian tersendiri.

Pembelajaran kimia merupakan bagian dari pembelajaran sains. Penilaian dalam pembelajaran kimia hendaknya dilakukan secara menyeluruh dan terencana sebagaimana penilaian dalam pembelajaran sains lainnya. “Menyeluruh” maksudnya meliputi penilaian pengetahuan, keterampilan, dan sikap. “Terencana” maksudnya harus dipikirkan sejak awal, saat guru sedang merencanakan proses pembelajaran.

Penilaian pengetahuan dilakukan untuk mengukur pemahaman pengetahuan peserta didik. Dalam Permendikbud No.104 Tahun 2014 dikatakan bahwa pengetahuan dibedakan menjadi empat yaitu faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif. Aspek pengetahuan konseptual dideskripsikan sebagai pengetahuan tentang kategori, klasifikasi, keterkaitan antara satu kategori dengan lainnya, hukum kausalita, definisi, dan teori. Kata “penguasaan” dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia didefinisikan sebagai pemahaman atau kesanggupan untuk menggunakan (pengetahuan, kepandaian, dan sebagainya). Sedangkan kata “konseptual” diartikan sebagai segala sesuatu yang berkaitan dengan (bercirikan seperti) konsep. Berdasarkan uraian tersebut dapat dikatakan bahwa penguasaan konseptual yang dimaksudkan di sini adalah pemahaman atau kesanggupan peserta didik untuk menggunakan (pengetahuan, kepandaian, dan sebagainya) yang berkaitan dengan konsep meliputi kategori, klasifikasi, keterkaitan antara kategori satu dengan lainnya, hukum kausalita, definisi, dan teori. Penilaian pengetahuan dapat dilakukan dengan cara tertulis, lisan, penugasan, dan lain-lain.

Penilaian keterampilan dilakukan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam menerapkan pengetahuan, pada saat melakukan tugas tertentu. Dalam pembelajaran sains, penilaian keterampilan yang diukur berhubungan dengan tugas-tugas dalam bidang sains. Oleh karena itu, penilaian keterampilan yang paling baik dilakukan dalam pembelajaran sains adalah keterampilan proses sains. Dalam Permendikbud No. 59 Tahun 2014 dan Ozgelen (2012), disebutkan bahwa keterampilan proses sains merupakan seperangkat keterampilan berpikir yang digunakan para ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah. Menurut Sheeba (2013) keterampilan proses sains

adalah keterampilan proses yang sering digunakan ilmuwan dan ditekankan oleh peserta didik dalam pembelajaran dan yang akan menghasilkan pembelajaran dan pemecahan masalah yang lebih baik.

Keterampilan proses sains dibedakan menjadi dua kategori yaitu keterampilan proses sains dasar dan keterampilan proses sains terpadu. Menurut Sheeba (2013) keterampilan proses sains dasar ini berlaku secara khusus untuk fungsi kognitif dasar terutama pada tingkat sekolah dasar, sedangkan keterampilan proses sains terpadu merupakan keterampilan langsung yang digunakan dalam pemecahan masalah. Istilah “terpadu” dimaksudkan agar peserta didik dapat menggabungkan keterampilan proses dasar untuk keahlian yang lebih besar ketika mereka belajar atau menyelidiki fenomena (Sheeba, 2013). Penilaian keterampilan dapat dilakukan dengan menilai kinerja/praktik, proyek, portofolio, maupun penilaian bentuk lain seperti penilaian tertulis.

Penilaian sikap dilakukan untuk memperoleh informasi deskriptif mengenai perilaku peserta didik. Sikap merupakan reaksi emosional terhadap orang atau benda yang dapat dikembangkan berdasarkan pengalaman suka atau tidak suka (Prakash dan Xavier, 2013). Pendapat lain menyebutkan bahwa sikap merupakan tendensi berpikir, merasa dan bertindak, baik ke arah positif maupun negatif terhadap suatu obyek yang ada dalam suatu lingkungan (Zain *et al.*, 2010). Sikap dibedakan menjadi dua bagian penting, yaitu merupakan bagian dari kognitif yang dapat bertahan lama, dan bagian yang menyangkut emosi dan pola perilaku. Sikap bukanlah pembawaan lahir seseorang, ada banyak faktor yang mempengaruhi pembentukan sikap ini (Kenar *et al.*, 2016). Masih menurut Kenar, ada tiga faktor yang dapat mempengaruhi sikap seseorang terhadap pembelajaran IPA yaitu minat, apresiasi, dan kelanjutan pendidikan di masa yang akan datang. Penilaian sikap dapat dilakukan dengan cara observasi, penilaian diri sendiri dan antar teman.

Ketiga aspek penilaian tersebut tampaknya juga menjadi amanah dalam Kurikulum 2013. Dalam Permendikbud No. 23 Tahun 2016 tentang standar penilaian disebutkan bahwa penilaian adalah proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk mengukur pencapaian hasil belajar peserta didik. Penilaian hasil belajar peserta didik pada pendidikan dasar dan menengah meliputi aspek, pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Prosedur penilaian pada ketiga aspek penilaian tersebut berbeda-beda. Prosedur penilaian pada pengetahuan, keterampilan, dan sikap harus didahului dengan pengembangan instrumen penilaian. Instrumen penilaian menurut Permendikbud No. 104 Tahun 2014 adalah alat yang digunakan untuk menilai capaian pembelajaran peserta didik.

Sejak diberlakukannya Kurikulum 2013, secara tidak langsung guru dituntut untuk menggunakan ketiga macam penilaian dalam mengukur ketercapaian pembelajaran. Hal itu mau tidak mau memaksa masing-masing guru agar dapat mengembangkan ketiga jenis instrumen penilaian tersebut. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa sebagian guru masih terbiasa dengan cara penilaian sebelumnya, yang hanya berfokus pada penilaian pengetahuan, dan sedikit mengabaikan penilaian keterampilan dan sikap. Sejumlah guru yang lain sudah mengembangkan instrumen penilaian tetapi belum menyeluruh. Sebagian besar guru yang lainnya telah mengembangkan instrumen penilaian pada ketiga aspek penilaian secara mandiri, namun pengembangan instrumen yang dilakukan sebatas pemahaman yang dimiliki masing-masing guru tersebut. Dalam pengembangan ini peneliti mencoba mengembangkan instrumen penilaian pengetahuan, keterampilan dan sikap untuk bahan kajian stoikiometri. Tujuannya untuk memberikan deskripsi bagaimana cara mengembangkan instrumen penilaian yang baik untuk ketiga aspek penilaian tersebut.

Peneliti memilih bahan kajian stoikiometri karena merupakan materi dasar dan sebagai landasan konsep dalam pembelajaran kimia (Fach *et al.*, 2007). Selain itu, bahan kajian ini juga dinilai sulit oleh kebanyakan peserta didik (Haryani *dkk.*, 2014). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa kesulitan siswa dalam bahan kajian ini disebabkan oleh ketidakmampuan peserta didik dalam menghubungkan ketiga level representasi kimia dengan konsep berpikir logis sehingga pemahaman konsep berlangsung kurang begitu sempurna (Johnstone, 2000; Haryani *dkk.*, 2014). Peserta didik yang mampu menghubungkan pemahaman kimia kualitatif dan kimia kuantitatif (Dori dan Hameiri, 2003; Sunyono *dkk.*, 2015), serta mampu menghubungkan ketiga representasi dengan konsep berpikir logis, akan dapat memahami konsep stoikiometri dengan baik.

METODE PENELITIAN

Pengembangan instrumen penilaian ini mengadaptasi metode pengembangan 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan, *et al.* (1973) yang meliputi tahap *define* (membatasi), *design*

(merancang), *develop* (mengembangkan), dan *disseminate* (memanfaatkan). Akan tetapi dalam pengembangan ini peneliti hanya membatasi penggunaannya pada tiga tahap awal saja. Tahap terakhir yaitu *disseminate* tidak akan dilakukan dalam pengembangan ini.

Pada tahap *define* (membatasi), peneliti melakukan analisis ujung depan (*front-end*), analisis konsep dan analisis tujuan pembelajaran. Analisis ujung depan dilakukan dengan menelaah kurikulum untuk mengetahui jenis penilaian apa saja yang diharapkan, bagaimana cara melakukan penilaian, dan bagaimana contoh-contoh bentuk instrumen penilaiannya. Setelah itu dilanjutkan dengan analisis kompetensi inti dan kompetensi dasar untuk menentukan indikator ketercapaian kompetensi yang diharapkan pada bahan kajian stoikiometri. Analisis konsep dilakukan dengan menentukan jenis penilaian yang akan dikembangkan, hal-hal apa yang harus diperhatikan dalam setiap pengembangannya, dan menentukan cara mengembangkan masing-masing instrumen penilaian tersebut. Pada analisis konsep ini, peneliti berkesimpulan bahwa untuk mengembangkan masing-masing instrumen penilaian adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Cara Pengembangan Instrumen Penilaian

Aspek Penilaian	Cara Pengembangan
Pengetahuan	➤ Menganalisis ketercapaian kompetensi ➤ Menganalisis tingkatan berpikir menurut Taksonomi Bloom ➤ Memilih tingkatan berpikir menurut Taksonomi Bloom yang sesuai dengan indikator ketercapaian kompetensi
Keterampilan	➤ Menelaah keterampilan proses sains terpadu ➤ Memilih keterampilan proses sains mana yang sesuai dengan indikator ketercapaian kompetensi & kegiatan eksplorasi
Sikap	➤ Menelaah faktor-faktor yang mempengaruhi sikap peserta didik (minat, apresiasi & kelanjutan studi) ➤ Mengembangkan deskripsi sikap yang sesuai dengan faktor-faktor tersebut & indikator ketercapaian kompetensi

Analisis tujuan pembelajaran, dilakukan dengan mengkonversikan hasil analisis konsep menjadi tujuan penilaian pembelajaran.

Pada tahap *design* (merancang), peneliti menentukan tes berbasis kriteria, memilih format instrumen penilaian, dan menyusun rancangan awal. Dalam menentukan tes kriteria, peneliti menentukan tes apa saja yang harus dilakukan untuk mengetahui kualitas instrumen penilaian yang dikembangkan yang meliputi tes validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya beda soal. Format instrumen penilaian yang dipilih untuk penilaian pengetahuan dan keterampilan adalah bentuk soal obyektif dengan lima pilihan jawaban. Skor 1 diberikan jika jawaban benar dan skor 0 diberikan jika jawaban salah. Format instrumen penilaian sikap dalam bentuk penilaian sikap menggunakan skala Linkert 5 tingkatan. Skor 5 jika sangat setuju, skor 4 jika setuju, skor 3 jika netral, skor 2 jika tidak setuju, dan skor 1 jika sangat tidak setuju. Bentuk ini selain memudahkan guru untuk menilai juga melatih pola berpikir peserta didik. Peserta didik dengan tingkat berpikir manapun akan berusaha memilih jawaban yang paling tepat dari setiap soal yang diberikan dan secara tidak langsung melatih kemampuan analisis peserta didik. Selanjutnya peneliti mengembangkan instrumen penilaian berdasarkan format yang dipilih tersebut hingga diperoleh draf awal. Draft ini kemudian divalidasi oleh dosen pembimbing I dan pembimbing II untuk mengetahui validitas isi dan konstruk. Masukan yang berasal dari hasil validitas tersebut digunakan untuk memperbaiki draft awal instrumen penilaian. Kemudian draft yang telah diperbaiki dan dinyatakan valid digunakan sebagai rancangan awal instrumen penilaian.

Tahap *develop* (mengembangkan), dilakukan dengan penilaian ahli dan pengujian rancangan awal instrumen penilaian. Penilaian ahli, dilakukan untuk mengetahui kelayakan dan kevalidan konten (isi) instrumen penilaian dengan bahan kajian stoikiometri serta kesesuaiannya dengan indikator penguasaan konseptual, keterampilan proses sains dan sikap terhadap kimia. Pengujian ahli ini

dilakukan oleh dosen kimia Universitas Negeri Malang yang kompeten di bidangnya. Pengujian instrumen penilaian, dilakukan pada subyek sasaran pengguna instrumen yaitu peserta didik kelas X SMA/MA. Pengujian dilakukan dua tahap yaitu pengujian perseorangan dan pengujian kelompok. Pengujian perseorangan dilakukan pada 6 peserta didik yang memiliki kemampuan tinggi, sedang, dan rendah (*multistage*), sedangkan pengujian kelompok dilakukan pada satu kelompok peserta didik yang dipilih secara random dari sembilan kelompok yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penguasaan Konseptual

Instrumen penilaian pengetahuan dalam pengembangan ini akan disusun berdasarkan Taksonomy Bloom yang terbagi menjadi 6 tingkatan berpikir yaitu pengetahuan, pemahaman, penerapan, analisis, sintesis, dan evaluasi. Pertanyaan dalam instrumen penilaian ini akan dibedakan menjadi 2 yaitu pertanyaan tingkat rendah dan pertanyaan tingkat tinggi berdasarkan tingkatan berpikir yang digunakan oleh peserta didik. Pertanyaan-pertanyaan tingkat rendah diketahui meminta peserta didik berpikir pada tahap pengetahuan dan atau pemahaman saja, sedangkan pertanyaan-pertanyaan tingkat tinggi meminta peserta didik berpikir pada tahap aplikasi dan atau analisis (Soltis, dkk., 2015). Dalam pengembangan instrumen penilaian ini, akan digunakan kedua macam pertanyaan tersebut, hanya saja prosentasenya yang berbeda. Pertanyaan tingkat rendah akan tetap diberikan dengan tujuan untuk melengkapi pemahaman konseptual peserta didik. Hal itu juga akan sangat membantu peserta didik dengan kemampuan sedang atau rendah untuk mengerjakan instrumen penilaian ini. Pertanyaan tingkat tinggi diberikan dengan prosentase lebih banyak untuk mengembangkan pola berpikir peserta didik karena pada tingkatan berpikir ini peserta didik dituntut untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah. Apabila peserta didik terbiasa dengan pola berpikir untuk menyelesaikan masalah, diharapkan kelak peserta didik dapat menggunakan pola berpikir ini untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.

Pada Tabel 2 berikut ini akan diberikan contoh instrumen penilaian penguasaan konseptual untuk bahan kajian stoikiometri yang akan dikembangkan:

Tabel 2. Contoh pengembangan instrumen penilaian penguasaan konseptual

Tingkat Berpikir																	
Indikator Ketercapaian Kompetensi	Taxonomi Bloom						Indikator Soal	Contoh Soal									
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6											
Menjelaskan hubungan massa atom dengan massa atom rata-rata				C-4			Memberikan informasi massa atom dan kelimpahannya di alam, peserta didik di minta menganalisis hubungan massa atom dengan massa atom rata-rata	Litium memiliki 2 isotop yaitu ${}^6\text{Li}$ dan ${}^7\text{Li}$. Data kedua isotop tersebut disajikan dalam tabel berikut. <table><tr><th>Isotop</th><th>Massa (sma)</th><th>Kelimpahan</th></tr><tr><td>${}^6\text{Li}$</td><td>6,015122</td><td>7,59</td></tr><tr><td>${}^7\text{Li}$</td><td>7,016004</td><td>92,41</td></tr></table> Berdasarkan tabel tersebut diketahui: (1) Dari 1000 atom litium, sebanyak 76 merupakan ${}^6\text{Li}$ (2) Dari 1000 atom litium, sebanyak 92 merupakan ${}^7\text{Li}$ (3) Massa rata-rata Li sebesar 6,940 sma (4) Massa rata-rata Li sebesar 6,516 sma Pernyataan yang benar adalah.... a. (1), (2), dan (3) b. (1) dan (3) c. (2) dan (4) d. (4) saja e. (1), (2), (3), dan (4)	Isotop	Massa (sma)	Kelimpahan	${}^6\text{Li}$	6,015122	7,59	${}^7\text{Li}$	7,016004	92,41
Isotop	Massa (sma)	Kelimpahan															
${}^6\text{Li}$	6,015122	7,59															
${}^7\text{Li}$	7,016004	92,41															

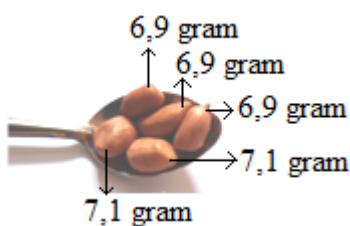
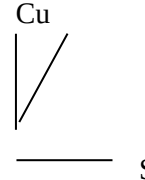
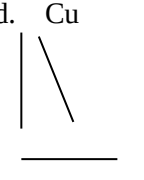
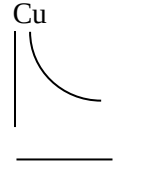
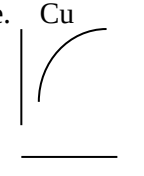
Indikator Ketercapaian Kompetensi	Tingkatan Berpikir Taxonomi Bloom					Indikator Soal	Contoh Soal
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5 C-6		
Menentukan penyetaraan persamaan reaksi sederhana dengan langsung					C-5	Menyajikan deskripsi reaksi kimia dalam suatu percobaan, peserta didik diminta memperkirakan Penyetaraan persamaan reaksi sederhana dengan cara langsung.	Ali mereaksikan logam magnesium dengan larutan asam klorida. Pada saat bereaksi tampak adanya gelembung-gelembung gas. Di akhir reaksi tidak terjadi perubahan warna larutan. Persamaan reaksi setara yang menunjukkan peristiwa tersebut adalah.... a. $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ b. $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ c. $\text{Mg(s)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ d. $\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(l)} \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ e. $\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
Menerapkan perhitungan mol, massa, volume, dan jumlah partikel.			C-3			Memberikan informasi rumus molekul dan massa suatu zat, peserta didik diminta memperlihatkan perhitungan mol, massa, volume, dan jumlah partikel	Urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ banyak digunakan petani untuk mengatasi kekurangan nitrogen dalam tanah. Hitunglah jumlah mol yang terkandung dalam 30 kg urea apabila diketahui $A_r \text{ C} = 12$, $A_r \text{ O} = 16$, $A_r \text{ N} = 14$, dan $A_r \text{ H} = 1$? a. 0,5 mol b. 5 mol c. 50 mol d. 500 mol e. 5000 mol

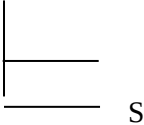
Keterampilan Proses Sains

Dalam pengembangan instrumen penilaian keterampilan proses sains, peneliti berpedoman pada indikator ketercapaian kompetensi, keterampilan proses sains terpadu, dan kegiatan eksplorasi yang direncanakan untuk setiap indikator. Peneliti akan mencocokkan keterampilan proses sains apa yang sesuai untuk masing-masing indikator ketercapaian kompetensi. Kemudian menyusun indikator soal yang sesuai dengan indikator ketercapaian kompetensi, keterampilan proses sains terpadu dan kegiatan eksplorasi yang direncanakan. Contoh pengembangan instrumen penilaian yang dilakukan dalam pengembangan ini, ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Contoh pengembangan instrumen keterampilan proses sains

Indikator Ketercapaian Kompetensi	Keterampilan Proses Sains	Indikator soal	Contoh Butir Soal
Menjelaskan hubungan massa atom dengan massa atom rata-rata	Mengidentifikasi variabel dan menginterpretasi data	Memberikan biji-bijian dalam wadah yang memiliki massa yang berbeda sebagai analogi	Perhatikan gambar berikut!

Indikator Ketercapaian Kompetensi	Keterampilan Proses Sains	Indikator soal	Contoh Butir Soal										
		atom di alam, peserta didik di minta mengidentifikasi hubungan massa atom dengan massa atom rata-rata	 Apabila butiran kacang tanah di atas dianalogikan sebagai atom galium, maka kelimpahan masing-masing isotopnya adalah: (1) 20 % (2) 40 % (3) 30 % (4) 60 % Pernyataan yang benar adalah.... a. (1), (2), dan (3) b. (1) dan (3) c. (2) dan (4) d. (4) saja e. (1), (2), (3), dan (4)										
Menafsirkan komposisi zat menggunakan hukum perbandingan tetap.	Menginterpretasi data dan menyajikan informasi dalam bentuk grafik.	Menyajikan data reaksi kimia dalam suatu percobaan, peserta didik di minta menginterpretasi data tersebut dan menyajikan informasi dalam bentuk grafik untuk menunjukkan komposisi zat sesuai hukum perbandingan tetap	Dalam suatu percobaan direaksikan tembaga dengan belerang berlebih sehingga menghasilkan tembaga(II) sulfida. Dari percobaan tersebut diperoleh data sebagai berikut: <table><thead><tr><th>Massa Cu (gram)</th><th>Massa CuS (gram)</th></tr></thead><tbody><tr><td>4</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>12</td></tr><tr><td>16</td><td>24</td></tr><tr><td>32</td><td>48</td></tr></tbody></table> Grafik manakah yang menunjukkan hubungan antara massa tembaga dengan belerang sesuai dengan hukum perbandingan tetap?... a.  d.  b.  e. 	Massa Cu (gram)	Massa CuS (gram)	4	6	8	12	16	24	32	48
Massa Cu (gram)	Massa CuS (gram)												
4	6												
8	12												
16	24												
32	48												

Indikator Ketercapaian Kompetensi	Keterampilan Proses Sains	Indikator soal	Contoh Butir Soal
			c. Cu 
Menunjukkan hubungan antara mol dengan massa, volume dan jumlah partikel.	Menginterpretasi data	Memberikan informasi massa salah satu zat yang bereaksi dalam suatu percobaan di laboratorium, peserta didik diminta untuk menginterpretasi data dan menunjukkan hubungan antara mol dengan massa, volume dan jumlah partikel.	Dalam suatu percobaan, Ali mereaksikan 6 gram magnesium dengan larutan asam klorida. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut: $\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ Jika massa atom relative (A_r) magnesium, hidrogen, dan klorin berturut-turut sebesar 24, 1, dan 35,5; maka dari percobaan tersebut diperoleh: (1) Diperlukan 11,2 L larutan asam klorida (2) Terbentuk 5,6 L larutan magnesium klorida. (3) Dihasilkan 5,6 L gas H_2 (4) Terbentuk 22,4 L gas H_2 Pernyataan yang benar adalah.... a. (1), (2), dan (3) b. (1) dan (3) c. (2) dan (3) d. (4) e. (1), (2), (3), dan (4)

Sikap Terhadap Kimia

Kimia merupakan bagian dari pembelajaran IPA. Oleh karena itu, peneliti berniat mengembangkan instrumen penilaian sikap untuk mengetahui minat, apresiasi, dan kelanjutan pendidikan para peserta didik di masa yang akan datang yang berhubungan dengan kimia. Peserta didik dapat memilih sikap yang sesuai dengan dirinya menggunakan skala linkert 5 tingkatan, yaitu sangat setuju, setuju, netral, tidak setuju dan sangat tidak setuju. Berikut ini merupakan contoh instrumen penilaian sikap yang telah dikembangkan:

Tabel 4. Contoh pengembangan instrumen penilaian sikap

Indikator Ketercapaian Kompetensi	Faktor	Indikator Sikap	No	Contoh Butir Pengembangan	Penilaian				
					SS	S	N	TS	STS
Menafsirkan hubungan massa atom dengan massa atom rata-rata	Minat	Merasakan kecemasan	1.	Saya merasa gelisah setiap kali belajar kimia.					
			2.	Saya merasa cemas jika ditanyakan hubungan massa atom dengan massa atom rata-rata.					
			3.	...					
		Merasakan kesenangan	1.	Saya sangat suka belajar kimia.					
			2.	Saya suka mempelajari hubungan					

		massa atom dengan massa atom rata-rata
	3.	...
Merasakan keengganan	1.	Saya belajar kimia hanya karena kimia merupakan subyek/ mata pelajaran yang dipelajari di sekolah.
	2.	Saya belajar tentang massa atom hanya karena massa atom merupakan salah satu bahan kajian yang dipelajari di sekolah
	3.	...

KESIMPULAN

Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana mengembangkan instrumen penilaian untuk penguasaan konseptual, keterampilan proses sains, dan sikap terhadap kimia pada bahan kajian Stoikiometri. Berdasarkan hasil kajian diketahui bahwa dalam pengembangan instrumen penilaian penguasaan konseptual diperlukan telaah Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar untuk mengetahui ketercapaian kompetensi yang diharapkan. Setelah itu peneliti mulai merumuskan indikator soal dan mengembangkan soal penguasaan konseptual disesuaikan dengan indikator ketercapaian kompetensi, dan tingkatan berpikir dalam Taxonomi Bloom. Pengembangan instrumen penilaian keterampilan proses sains mengacu pada keterampilan proses sains terpadu. Peneliti harus mengkaji keterampilan proses sains terpadu yang mana yang dirasa cocok untuk setiap indikator ketercapaian kompetensi, dan kegiatan eksplorasi apa yang direncanakan. Setelah itu, peneliti merumuskan indikator soal dan mengembangkan instrumen penilaian berdasarkan indikator ketercapaian kompetensi, keterampilan proses sains yang sesuai dan kegiatan eksplorasi yang direncanakan. Pengembangan instrumen penilaian sikap terhadap kimia ditentukan dengan menelaah faktor-faktor yang mempengaruhi sikap peserta didik seperti minat, apresiasi peserta didik terhadap kimia, dan kelanjutan pembelajaran kimia di masa yang akan datang. Selanjutnya peneliti merumuskan deskripsi sikap yang mencerminkan sikap peserta didik terhadap kimia disesuaikan dengan faktor-faktor tersebut dan indikator ketercapaian kompetensi yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Edwardss, F. 2013. Quality Assessment by Science Teacher: Five Focus Area. *Science Education International*. 24(3): 212-226.
- Brookhart, S., M. 2004. Assessment Theory For College Classrooms. *New Directions for Teaching and Learning*. 2004(100): 5-14.
- _____. 2005. *Current Perspective on Assessment*. (Online), (<http://www.eduweb.vic.gov.au>student>), diakses 30 November 2016.
- _____. 2015. *Materi Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2015 SMA/SMK Mata Pelajaran Kimia*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- _____. 2015. *Panduan Penilaian Untuk Sekolah Menengah Atas*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- _____. 2016. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 23 Tahun 2016 tentang standar penilaian pendidikan*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- _____. 2014. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 104 Tahun 2014 tentang penilaian hasil belajar oleh pendidik pada pendidikan dasar dan menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- _____. 2016. *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 SMA/MA*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Ozgelen, S. 2012. Students' Science Process Skills within a Cognitif Domain Framework. *Eurasia Jurnal of Mathematics, Science & Technology Education*. 8(4): 283-292.

- Sheeba, M.N. 2013. An Anatomy of Science Process Skills In The Light of The Challenges to Realize Science Instruction Leading to Global Excellence in Education. *Educationa Confab.* 2(4): 108-123.
- Prince, M. J. & Felder, R. M. 2006. Induktive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons and Research Bases. *Journal of Engineering Education.* __ (___): 123-138.
- Cracolone. 2009. Guided Inquiry and the Learning Cycle. Dalam Norbert J. Pienta, Melanie M. Cooper & Thomas J. Greenbowe (Eds). *Chemists' Guide of Effective Teaching Volume II.* New Jersey: Pearson Education Inc.
- Sesen, B.A. & Tarhan, L. 2013. Inquiry-Based Laboratory Activities in Electrochemistry: High Schools Students' Achievements and Attitudes. *Research In Science Education.* 43(1): 413-435
- Ural, E. 2016. The Effect of Guided-Inquiry Laboratory Experiments on Science Education Students' Chemistry Laboratory Attitude, Anxiety and Achievement. *Journal of Educations and Training Studies.* 4(4): 217-227.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S., & Semmels, M.I. 1974. *Instructional development for training teachers of exceptional children A Sourcebook.* Indiana: ERIC. Ed. Gov.
- Fach, M., Boer, T., & Parchmann, I. 2007. Result of an Interview Study as Basis for The Development of Stepped Supporting Tools for Stoichiometric Problems. *The Royal Society of Chemistry.* 8(1). 13-31.
- Haryani, S., Prasetya, A. T., & Saptarini. 2014. *Identifikasi Materi Kimia SMA Sulit Menurut Pandangan Guru dan Calon Guru Kimia.* Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI "Pemantapan Riset Kimia dan Assesmen Dalam Pembelajaran Berbasis Pendekatan Saintifik". Surakarta: FKIP UNS,
- Johnstone, A. H. 2000. Teaching of Chemistry – Logical or Psychological?. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe.* 1(1): 9-15.
- Dori, Y.J. & Hameiri, M. 2003. Multidimensional Analysis System for Qualitative Chemistry Problems: Symbol, Macro, Micro and Process Aspect. *Journal of Research in Science Teaching.* 40(3): 278-302.
- Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. 2013. Effectivitas Model Pembelajaran Berbasis Multipel Representasi Dalam Membangun Model Mental Mahasiswa Topik Stoikiometri Reaksi. *Journal Pendidikan Progresif.* 3(1): 65-79.
- Kenar, I., Kose, M., & Demir, H. I. 2016. Determination of Motivation of 5th Grade Students Living in Rural and Urban Environments Toward Science Learning and Their Attitudes Toward Science-Technology Course. *Journal of Education and Training Studies.* 4 (7): 155-166.
- Prakash, S. & Xavier, S. A. 2013. A Study On Attitude of Urban and Rural College Student Teachers Toward Science. *I-manager's Journal on Educational Psychology.* 7 (3): 13-17.
- Zain, A. N. M., Samsudin, M. A., Rohandi, & Jusoh, A. 2010. Using the Rasch Model to Measure Student's Attitudes Toward Science in "Low Performing" Secondary Schools in Malaysia. *International Education Studies.* 3(2): 56-63.
- Soltis, R., Verlinden, N., Kruger, N., Carroll, A., & Trumbo, T. 2015. Instructional Design and Assessment: Process-Oriented Guided-Inquiry Learning Strategy Enhances Students' Higher Level Thinking Skills in a Pharmaceutical Sciences Course. *American Journal of Pharmaceutical Education.* 79 (1): 1-8.

PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES DIAGNOSTIK *TWO-TIER* UNTUK MENGIDENTIFIKASI KESALAHAN KONSEP SISWA PADA MATERI POKOK LARUTAN PENYANGGA

Rezky Miftahul Jannah, Sri Rahayu, Aman Santoso
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang

*Corresponding author's Email: rezky.m.jannah@gmail.com

ABSTRAK

Kesalahan konsep merupakan ketidakcocokan pemahaman yang dimiliki dengan pemahaman ilmu yang disepakati oleh para ilmuwan. Satu diantara instrumen yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesalahan konsep adalah instrumen tes diagnostik *two-tier*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan instrumen tes diagnostik *two-tier* pada materi larutan penyangga. Model penelitian pengembangan yang digunakan adalah model Plomp, terdiri dari: (1) Tahap investigasi, analisis materi; (2) Tahap perancangan (desain); (3) Tahap realisasi/ konstruksi, (4) tahap tes, evaluasi dan revisi, dan (5) implementasi. Soal yang dikembangkan terdiri dari 7 aspek dalam materi larutan penyangga dan dihasilkan 20 butir soal. Subjek Ujicoba adalah siswa SMA Kelas XI sebanyak 30 siswa. Tingkat reliabilitas instrumen yang dikembangkan sebesar 0,754. Hasil penelitian menunjukkan bahwa instrumen tes diagnostik yang dikembangkan layak untuk digunakan.

Kata Kunci: kesalahan konsep, instrumen tes diagnostik *two-tier*, larutan penyangga.

ABSTRACT

Misconception is owned by the mismatch of understanding the science of understanding agreed by scientists. One of the instruments that can be used to identify misconceptions is two-tiered diagnostic instrument. The objectives of this study are to develop a two-tier diagnostic instrument on the concept of buffer solution. The research development model is used a model of Plomp, consisting of: (1) investigation phase, analysis concept; (2) design phase (design); (3) realization / construction phase, (4) the test phase, evaluation and revision, validation phase, and (5) implementation. There are 7 aspects of buffer solution that was developed into 20 questions. Test subjects were high school students class XI as many as 30 students. The level of reliability of the instrument developed at 0.754. The data analysis showed that the diagnostic instrument is eligible to be used.

Keywords: misconceptions, two-tier diagnostic instrument, buffer solution.

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan ilmu tentang perubahan zat (Chang, 2011:1). Ilmu kimia adalah ilmu tentang sifat-sifat zat, perubahan zat, hukum dan prinsip yang menggambarkan perubahan zat, serta konsep-konsep dan teori-teori yang menafsirkan atau menjelaskan perubahan zat (Slabaugh & Parson, 1976: 7). Defenisi yang lebih lengkap dikemukakan oleh Effendy (2011:1) yang mendefinisikan bahwa lmu kimia adalah salah satu cabang ilmu sains yang mempelajari tentang sifat-sifat zat, struktur zat, perubahan suatu zat, hukum dan prinsip yang menjelaskan perubahan tersebut, serta konsep dan teori yang mampu menginterpretasikan semua hal tersebut. Berdasarkan defenisi-defenisi tersebut dapat dilihat bahwa materi kimia menuntut siswa untuk menguasai konsep dengan baik, tetapi di tingkat SMA, kimia merupakan salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit bagi siswa.

Salah satu materi yang diajarkan pada siswa kelas XI SMA yaitu materi larutan penyangga. Materi larutan penyangga meliputi defenisi larutan penyangga, sifat larutan penyangga, faktor-faktor

yang mempengaruhi larutan penyangga, dan aplikasi larutan penyangga dalam industri. (Budi Rahardjo, 2014). Materi larutan penyangga merupakan salah satu materi yang cukup sulit dipahami oleh siswa karena memiliki banyak konsep yang membutuhkan pemahaman yang cukup tinggi (Ihdal, 2014). Sehingga ada kemungkinan terjadinya kesalahan dalam memahami konsep larutan penyangga.

Kesalahan konsep merupakan ketidakcocokan pemahaman yang dimiliki dengan pemahaman ilmu yang disepakati oleh para ilmuan (Nusantari, 2013:52). Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa masih banyak kesalahan konsep yang terjadi pada diri siswa, khususnya pada pembelajaran kimia antara lain: Laju reaksi (Calik, 2010; Barke, 2009; Kaya & Geban, 2012; Kingir & Geban, 2012), Kestimbangan kimia (Barke, 2009), Asam basa (Karolina, 2010; Barke, 2009; Muchtar & Harizal, 2012). Kesalahan konsep juga terjadi pada materi larutan penyangga (Fauziah, 2014; Solihah, 2012; Arofah, 2012). Larutan penyangga adalah larutan yang dapat mempertahankan pH dengan nilai yang hampir konstan jika ditambahkan sedikit asam maupun sedikit basa (Effendy, 2011:35). Larutan penyangga terdiri atas beberapa sub bab materi, yaitu definisi larutan penyangga, pembuatan larutan penyangga, perhitungan pH larutan penyangga asam dan larutan penyangga basa, kapasitas buffer, fungsi larutan penyangga (Effendy, 2011:35-55).

Satu diantara instrumen yang digunakan dalam mengukur kesalahan konsep siswa adalah tes diagnostik *two-tier*. Tes diagnostik *Two-tier* telah dianggap sebagai alat penilaian yang efektif untuk menentukan pemahaman konseptual dan alternatif konsep siswa. (Treagust, 1988: 167).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan Research and Development (R&D) dengan menggunakan metode pengembangan model Plomp. Tahap penelitian ini terdiri atas: (1) Tahap investigasi, analisis materi; (2) Tahap perancangan (desain); (3) Tahap realisasi/ konstruksi, (4) tahap tes, evaluasi dan revisi, dan (5) implementasi.

Tahap investigasi

Pada tahap ini dilakukan analisis materi seperti konsep, sub konsep, indikator serta kesalahan konsep pada materi larutan penyangga. Adapun kesalahan konsep yang telah diidentifikasi oleh beberapa peneliti sebelumnya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini

Tabel 1 Daftar kesalahan konsep dari berbagai sumber

No.	Kesalahan Konsep	Sumber
1.	Defenisi larutan penyangga	
-	Buffer asam adalah campuran dari asam dan basa.	Chiu (1988) ; Khodaryah (2010); Orgill & Sutherland (2008:136); Solihah (2014).
-	Buffer basa adalah campuran dari asam dan basa.	Chiu (1988) ; Khodaryah (2010); Orgill & Sutherland (2008:136); Solihah (2014).
-	Larutan penyangga asam atau basa terdiri dari asam atau basa lemah dan kation dari basa kuat atau anion dari asam kuat.	Chiu (1988) ; Khodaryah (2010); Fauziah (2014)
-	Kesalahan dalam memahami gambaran mikroskopis komponen larutan penyangga.	Fauziah (2014); Solihah (2014)
-	Kesalahan dalam menyebutkan spesi-spesi dalam larutan penyangga.	Fauziah (2014); Orgill & Sutherland (2008:138)
2.	Sifat larutan penyangga	
-	Larutan penyangga memiliki pH netral yaitu pH 7.	Orgill & Sutherland (2008:139)
No.	Kesalahan Konsep	Sumber
-	Sifat asam atau buffer ditentukan oleh asam atau basa kuat sebagai komponen penyusunnya.	Arofah (2012); Orgill & Sutherland (2008:135)

3.	Pembuatan larutan penyangga	
-	Campuran yang menghasilkan larutan penyangga asam atau basa adalah campuran larutan yang pada saat setimbang dihasilkan kelebihan asam lemah dan garam yang dianggap sebagai basa atau asam konjugat.	Solihah (2014)
-	Larutan buffer dapat dibuat dengan mereaksikan asam lemah dan basa kuat atau basa lemah dan asam kuat dengan jumlah mol sama.	Chiu (1988); Khodaryah (2010); Solihah (2014); Orgill & Sutherland (2008:135).
4.	Perhitungan pH larutan penyangga	
-	Kesalahan dalam menghubungkan antara konsep, pH, pKa dan ionisasi.	Orgill & Sutherland (2008:133).
-	Kesalahan dalam menentukan rumus yang akan digunakan karena adanya kesalahan dalam menentukan komponen penyusunnya.	Orgill & Sutherland (2008:138)
-	Ka dan pKa adalah sama	Orgill & Sutherland (2008:139)
5.	Pengaruh penambahan asam kuat, basa kuat dan pengenceran terhadap pH larutan penyangga.	
-	Harga Ka turun jika larutan diencerkan.	Arofah (2012)
-	Asam kuat yang ditambahkan tidak bereaksi dengan buffer yang juga bersifat asam sehingga pH buffer konstan.	Arofah (2012)
-	Spesi basa kuat yang ditambahkan menetralkan buffer yang bersifat asam	Arofah (2012)
-	OH ⁻ dari basa kuat dinetralisasi oleh spesi H ⁺ dari buffer.	Arofah (2012)
-	Penambahan sedikit asam kuat atau basa kuat pada larutan penyangga asam atau basa tidak menggeser kesetimbangan kimia dalam larutan tersebut sehingga pH-nya dapat dipertahankan,	Solihah (2014)
-	Jika ditambahkan sedikit asam pada buffer asam atau basa maka konsentrasi H ₃ O ⁺ atau H ⁺ meningkat, sedangkan konsentrasi asam lemah dan basa konjugatnya tetap.	Fauziah (2014); Solihah (2014)
-	Jika sedikit basa ditambahkan pada buffer asam atau basa maka konsentrasi OH ⁻ meningkat, sedangkan konsentrasi asam lemah dan basa konjugatnya tetap.	Fauziah (2014); Solihah (2014)
-	Kesalahan dalam memahami gambaran mikroskopis perubahan larutan penyangga saat penambahan asam kuat, basa kuat dan pengenceran.	Fauziah (2014); Solihah (2014)
-	Kesalahan dalam menentukan reaksi larutan penyangga.	Orgill & Sutherland (2008:139)
6.	Kapasitas pH	
-	Pada larutan penyangga asam atau basa, jika rasio mol komponen penyusunnya sama maka kapasitas penyangganya sama.	Solihah (2014)
-	Pada larutan penyangga asam atau basa, jika rasio volume campuran dalam larutan penyangga sama maka kapasitas penyangganya sama.	Solihah (2014)
7.	Kegunaan larutan penyangga	

-	Asidosis adalah suatu keadaan dimana pH menurun, maka konsentrasi H_3O^+ atau H^+ juga menurun.	Solihah (2014)
-	Sistem buffer dalam tubuh memiliki pH = 7	Orgill & Sutherland (2008:139)

Tahap perancangan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan soal yang akan digunakan untuk mengukur kesalahan konsep yang telah diidentifikasi pada penelitian sebelumnya. Soal yang di buat berupa soal pilihan ganda dengan kolom alasan di bawah pilihan jawaban. Kemudian dilakukan respon terbuka terhadap siswa. Adanya kesalahan konsep pada alasan yang diberikan siswa dalam memilih jawaban di masukkan ke dalam pilihan jawaban untuk *tier* kedua pada soal.

Tahap realisasi/ konstruksi

Pada tahap ini, peneliti mengembangkan soal diagnostik two tier larutan penyangga yang terdiri dari 2 bagian. Setiap soal pada tier pertama terdapat 4 pilihan jawaban, sedangkan pada tier kedua terdapat 5 pilihan jawaban. Secara keseluruhan dihasilkan 20 soal diagnostik two tier larutan penyangga.

Tahap tes, evaluasi dan revisi

Soal yang telah di kembangkan kemudian di validasi oleh 2 orang ahli dan direvisi, yang kemudian di uji cobakan secara terbatas untuk mengetahui validitas butir soal dan reliabilitas soal.

Tahap Implementasi

Tahap ini merupakan tahap penyebar luasan instrumen yang di kembangkan, tetapi tidak dilakukan karena waktu yang kurang cukup.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan tahap tes, evaluasi dan revisi, didapatkan hasil validasi ahli. Instrumen validasi yang digunakan berupa angket penilaian yang dirancang dalam bentuk pernyataan-pernyataan yang disertai skala penilaian minimal 1 dan maksimum 4. Selain itu, disediakan pula lembar kosong yang digunakan untuk memberi komentar dan saran terhadap indtrumen diagnostik *two-tier* yang dikembangkan. Data hasil validasi tersebut dianalisis menggunakan teknik analisis rerata.

Tabel 1. Data Hasil Validasi Isi

No.	Aspek Larutan Penyangga	Nilai rata-rata	Kriteria
1	Defenisi larutan penyangga	3,3	Valid
2	Komponen larutan penyangga	3	Valid
3	Pembuatan larutan penyangga	3	Valid
4	Cara kerja larutan penyangga	3,3	Valid
5	Sifat larutan penyangga	3	Valid
6	Kapasitas larutan penyangga	3	Valid
7	Peranan larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari	3,6	Sangat valid

Validitas butir soal dari instrumen diagnostik tro tier larutan penyangga yang dikembangkan dihitung dengan bantuan SPSS 20 menggunakan korelasi *product-moment*. Hasil validasi butir soalnya dapat dilihat pada diagram 1 berikut.

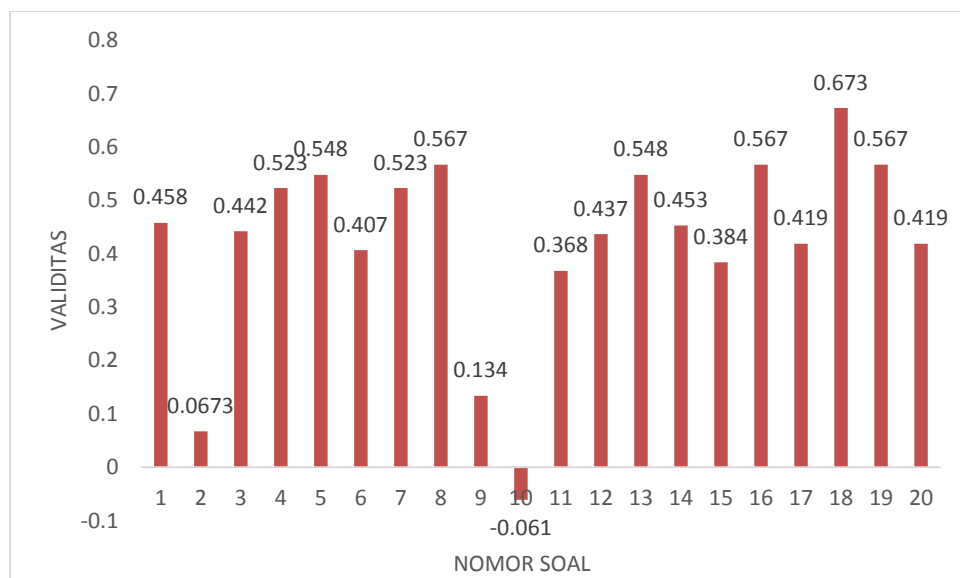


Diagram 1. Validitas butir soal

Reliabilitas

Instrumen tes diagnostik two tier larutan penyangga ini menggunakan uji split-half spearman brown dengan bantuan SPSS 20. Hasil uji coba terbatas menunjukkan bahwa dari 20 soal yang telah dibuat di dapatkan 18 soal yang valid dengan reliabilitas 0,754.

Pada materi larutan penyangga terdapat 7 aspek sub pokok bahasan, diantaranya: (1) definisi larutan penyangga, (2) komponen larutan penyangga, (3) sifat larutan penyangga, (4) cara kerja larutan penyangga, (5) pembuatan larutan penyangga, (6) kapasitas larutan penyangga, dan (7) peranan larutan penyangga dalam kehidupan sehari-hari. Terdapat 2 butir soal pada kesalahan konsep yang terdapat pada masing-masing aspek.

Adapun satu diantara soal two-tier pada aspek komponen larutan penyangga

1. Diantara campuran berikut ($V = 1L$) yang dapat menghasilkan larutan penyangga basa adalah....

- 5 mmol $CH_3COONa(aq)$ + 10 mmol $NaOH(aq)$
- 10 mmol $NH_3(aq)$ + 5 mmol $HCl(aq)$
- 5 mmol $NH_4OH(aq)$ + 5 mmol $NaOH(aq)$
- 5 mmol $NH_4OH(aq)$ + 10 mmol $NH_4Cl(aq)$

Alasan: Karena.....

- Larutan penyangga basa dapat dibuat dengan basa lemah dan asam kuat dengan jumlah mol sama
- Larutan penyangga basa dapat dibuat dengan basa lemah dan asam kuat berlebih.
- Larutan penyangga basa dapat dibuat dengan basa lemah berlebih dan asam kuat.
- Komponen penyusun larutan penyangga basa terdiri dari basa lemah dan asam konjugatnya (akseptor lebih dari satu proton).
- Sifat larutan penyangga ditentukan oleh basa kuat atau asam kuat penyusunnya.

Pedoman penskoran:

- Benar jika tier pertama dan kedua benar.
- Salah tier pertama salah namun tier kedua benar, atau sebaliknya
- Salah jika kedua tier salah.

Pada soal di atas, jawaban yang benar adalah B (3), sehingga jika siswa menjawab tier pertama B dan tier kedua 3 maka dihitung dengan skor 1. Jika jawaban yang dipilih siswa tier pertama atau tier kedua, atau tier pertama dan tier kedua salah maka dihitung dengan skor 0. Soal di atas dibuat kedalam 2 butir soal dengan pertanyaan yang serupa dan dengan pilihan jawaban yang sama. Pada soal di atas jawaban yang merupakan miskonsepsi pada soal tersebut adalah C (1). Sehingga jika siswa memilih jawaban yang sama pada soal 1 dan soal 2 maka siswa dianggap mengalami kesalahan konsep, tetapi jika memiliki pola yang tidak sama maka siswa dianggap tidak paham konsep.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari 20 soal yang dikembangkan terdapat 18 soal yang valid dengan nilai $r = 0,754$. Sehingga 18 soal tersebut dapat digunakan untuk mengukur kesalahan konsep siswa pada materi larutan penyangga.

DAFTAR RUJUKAN

- Arofah, C. 2012. *Identifikasi Konsep Sukar dan Kesalahan Konsep Buffer Pada Siswa Kelas XI IPA SMA Negeri 5 Malang Tahun Ajaran 2011/2012*. Skripsi tidak di terbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Budi Rahardjo, Sentot. 2014. *Kimia Berbasis Eksperimen 2 untuk Kelas XI SMA dan MA*. Solo: PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Barke, H.D., Hazari, A. & Yitbarek, S. 2009. *Misconceptions in Chemistry*. Berlin: Springer.
- Calik, M., Kolomuc, A. & Karagolge, Z. 2010. The Effect of Chonceptual Change Pedagogy on Students' Conceptions of Rate of Reactions. *J Sci Educ Technol* (2010) 19:422-433.
- Chang, R & Overby, J. 2011. *General Chemistry The Essensial Concepts 6th Editions*. New York: Mc Graw Hill.
- Effendy. 2011. *A-Level Chemistry for Senior High Scholl Students Volume 2B*. Malang: Bayumedia Publishing
- Fauziah, I. 2014. *Identifikasi Kesulitan Siswa dalam Memahami Konsep Larutan Penyangga dan Hidrolisis Garam Menggunakan Instrumen Diagnostik Two-Tier*. Skripsi tidak di terbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Ihdal Umam, Y. 2014. *Pengaruh penerpan strategi konflik kognitif untuk mengurangi kesalahan konsep laju reaksi dan kesetimbangan kimia pada siswa kelas XI SMAN 1 sumenep*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Kaya, E. & Geban, O. 2012. Facilitating Conceptual Change in Rate of Reaction Concepts Using Conceptual Change Oriented Instruction. *Education anda Science*, 37(163): 216-225.
- Kingir, S. & Geban, O. 2012. Effect of Conceptual change Approach on Students' Understanding of Reaction Rate Concepts. *Hacettepe University Journal of Education*, 43:306-317.
- Muchtar, Z. and Harizal. 2012. Analyzing of Students' Miscopceptions on Acid-Base Chemistry at Senior High School in Medan. *Journal of Education and Practice*, ISSN 2222-1735 (Paper) ISSN 2222-288X (Online)Vol 3, No 15, 2012.
- Orgill, M & Sutherland, A. (2008). Undergraduate chemistry students' perceptions of and misconceptions about buffers and buffer problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 9: 131-143.
- Solihah, M. 2012. *Penggunaan Instrumen Diagnostik two-tier untuk Mengidentifikasi Perubahan Konsep Siswa Kelas Xi SMA Negeri Se-Kota Malang Pada Materi Larutan Penyangga*. Skripsi tidak di terbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Slabaugh, W.H. & Parsons, T.D. 1976. *General Chemistry, 3rd Ed*. New York: John Wiley & Sons.
- Treagust, David F. 1988. Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 10:2, 159-169.

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KIMIA BERBASIS PENDEKATAN ILMIAH
(SCIENTIFIC APPROACH) POKOK BAHASAN SENYAWA HIDROKARBON
UNTUK SISWA KELAS XI SEKOLAH MENENGAH ATAS**

Muhammad Idris, Sрни M. Iskandar, Aman Santoso
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang

*Corresponding author's Email: idriskimia@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan bahan ajar kimia berbasis pendekatan ilmiah yang layak digunakan dalam pembelajaran, serta mengetahui efektifitas bahan ajar hasil pengembangan, dan persepsi siswa terhadap pembelajaran. Pengembangan bahan ajar mengadopsi model 4D dari Thiagarajan *et al.* (1974). Draf hasil pengembangan divalidasi menggunakan instrumen yang dikembangkan oleh BSNP dan dilakukan oleh dua ahli isi dan dua ahli pembelajaran dengan hasil kelayakan buku guru 86,4% dan buku siswa 87,2%. Keterbacaan bahan ajar diujicobakan terhadap enam siswa dan menunjukkan hasil 89,4% yang berarti bahan ajar layak digunakan pada pembelajaran kimia. Efektifitas penggunaan bahan ajar diketahui berdasarkan pencapaian nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) dan perbedaan skor postes siswa kelas kontrol dengan kelas eksperimen yang diolah menggunakan uji *t*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa 90,5% siswa mencapai skor di atas Kriteria Ketuntasan Minimal. Hasil uji *t* menunjukkan bahwa skor tes siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada skor tes siswa kelas kontrol. Persepsi siswa terhadap pembelajaran menunjukkan hasil 82,3%, yang berarti persepsi siswa sangat baik ketika diajar menggunakan bahan ajar hasil pengembangan.

Kata kunci: bahan ajar kimia, senyawa hidrokarbon, pendekatan ilmiah

ABSTRAK

The purpose of this research are to developed chemistry suitable learning materials based on scientific approach, with to know the effectiveness of the development of learning materials, and students' perceptions of learning. The development of learning materials adopted from the 4D development model of Thiagarajan *et al.* (1974). Developed learning materials was validated using instruments that developed by *Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP)* and is conducted by two experts of content and two experts of learning which the results show the feasibility of teacher books is 86.4% and students' books is 87.2%. Readability of learning materials was also tested for six students and showed the value of 89.4%. This suggests that the developed learning materials is suitable for learning chemistry. The effectiveness of learning materials were known from achieved a value the passing grade and the difference in posttest scores of students between control classes with experimental classes, processed by using independent sample *t*-test. The trial results showed that 90.5% of students achieved score above the passing grade. The result of *t*-test data analyze showed that the test scores of students experimental classes were higher than the students control classes. Students' perceptions of learning result is 82.3%, which means the students' perception is very good when taught using learning materials of development results.

Keywords: chemistry learning materials, hydrocarbon compounds, scientific approach

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan bagian dari sains yang mempelajari tentang komposisi, sifat, perubahan materi serta energi yang menyertai perubahan tersebut. Ilmu kimia diperoleh dan dikembangkan berdasarkan eksperimen untuk mencari jawaban atas apa, mengapa dan bagaimana zat-zat tersusun (Brady, 2012:4; Chang, 2000:4). Dalam ilmu kimia terdapat pemahaman triangle level yaitu level makroskopis, submikroskopis dan simbolik. Level makroskopis berkaitan dengan fenomena-fenomena yang konkrit (Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1988). Level submikroskopik berkaitan dengan gambaran mental pada tingkat molekuler atau partikel (Nakhleh and Krajcik, 1994 dalam Ramnarain dan Joseph, 2012). Level simbolik berkaitan dengan persamaan reaksi, rumus, angka simbol (Raviolo, 2001). Berdasarkan karakteristik tersebut, maka untuk memperoleh pemahaman konsep kimia dengan baik diperlukan suatu pembelajaran yang mengintegrasikan ketiga representasi kimia yaitu makroskopik, submikroskopik dan simbolik (Nakhleh and Krajcik, 1994 dalam Ramnarain dan Joseph, 2012).

Salah satu pokok bahasan yang dipelajari dalam ilmu kimia di Sekolah Menengah Atas kelas XI adalah Senyawa Hidrokarbon Materi senyawa hidrokarbon merupakan materi dasar yang diperlukan untuk mempelajari senyawa karbon. Terdapat beberapa konsep yang dipelajari oleh siswa pada senyawa hidrokarbon, antara lain adalah karakteristik atom karbon, penggolongan senyawa hidrokarbon, dan senyawa haloalkana yang merupakan turunan senyawa hidrokarbon. Karakteristik atom karbon menyangkut susunan dari atom-atom karbon dan atom-atom hidrogen yang terangkai dalam suatu rantai karbon. Trianto (2007:135) berpendapat bahwa konsep-konsep yang terdapat dalam senyawa hidrokarbon cukup sulit dipahami siswa. Rumansyah (2003:349), Herdini (2010:24), dan Sitorus (2009:57) juga berpendapat bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep yang terdapat dalam senyawa hidrokarbon. Hal ini dikarenakan selain harus mengingat jenis-jenis senyawa, siswa juga harus mengenal struktur dasar dari senyawa dan menuliskan atau menggambarkan rumus struktur dari senyawa tersebut serta dituntut untuk memahami berbagai reaksi yang terjadi pada senyawa hidrokarbon..

Kesulitan siswa dalam memahami materi kimia akan menyebabkan siswa kesulitan menguasai konsep-konsep dalam ilmu kimia yang juga berdampak pada rendahnya kemampuan sains siswa. Rendahnya kemampuan sains siswa SMA juga disebabkan karena sebagian besar pembelajaran sains SMA masih berorientasi pada pencapaian produk sains dan mengabaikan proses sains. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurulia (2013) yang menyatakan bahwa rendahnya kemampuan sains siswa SMA di Indonesia disebabkan karena pembelajaran di SMA selama ini masih bersifat pasif, dimana siswa belum mendapatkan pengalaman secara langsung dan belum dilibatkan secara aktif dalam penemuan konsep. Berbagai upaya dilakukan untuk memperbaiki kondisi tersebut salah satunya adalah penerapan pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada produk sekaligus proses belajar. Pendekatan yang dimaksud adalah pendekatan ilmiah.

Pendekatan ilmiah (*scientific approach*) merupakan pendekatan pembelajaran yang diamanatkan dalam kurikulum 2013. Menurut Kemendikbud (2013), pembelajaran dengan pendekatan ilmiah didefinisikan sebagai pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa sehingga peserta didik secara aktif mengkonstruksi konsep, hukum, atau prinsip melalui tahapan-tahapan merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengkomunikasikan. Pendekatan ilmiah merupakan konsep dasar yang melatarbelakangi perumusan metode mengajar dengan menerapkan karakteristik ilmiah, yang meliputi kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, menganalisis informasi dan menyampaikan informasi dalam pembelajaran di kelas (McLelland, 2006; Stolker, 2005; Kemendikbud, 2013; Salirawati, 2013). Carey (2004:5) dan McLelland (2006) menyatakan bahwa pendekatan ilmiah sesuai diterapkan dalam pembelajaran sains termasuk dalam pembelajaran kimia.

Penerapan pendekatan ilmiah dalam pembelajaran tentunya mensyaratkan penggunaan bahan ajar yang sesuai, yaitu bahan ajar yang disusun sesuai dengan pendekatan ilmiah. Bahan ajar merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi efektifitas proses pembelajaran. Menurut Tasleden & Koseoglu (2008:136), keberadaan bahan ajar berperan penting dalam mencapai target kurikulum sebagai sumber informasi termudah bagi siswa untuk mempraktekkan sains dalam kehidupannya. Pannen dan Purwanto (2001:1-2) juga menjelaskan bahwa salah satu ciri bahan ajar yang baik yaitu ditulis dan dirancang sesuai dengan prinsip-prinsip instruksional (langkah-langkah

pembelajaran) artinya susunan dari komponen-komponen bahan ajar dibuat sesuai dengan susunan pendekatan pembelajaran yang digunakan oleh guru. Pada kenyataannya bahan ajar yang ideal untuk pembelajaran kimia di SMA masih sangat sedikit. Menurut Tasleden dan Koseoglu (2008:136) kebanyakan buku-buku ajar saat ini terlalu menyederhanakan isi dan aplikasi serta hanya memberi sedikit informasi untuk mengembangkan proses pembelajaran ke dalam aktivitas kehidupan sehari-hari.

Untuk mengetahui kondisi pembelajaran kimia pokok bahasan senyawa hidrokarbon maka peneliti melakukan observasi di SMA DU 1 Jombang. Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran kimia di SMA DU 1 Jombang masih berorientasi pada produk dan mengabaikan proses pembelajaran. Pembelajaran cenderung dilaksanakan dengan pendekatan konvensional, dimana guru lebih banyak melakukan ceramah di depan kelas dan siswa sebagai pendengar yang pasif, kegiatan percobaan di laboratorium tidak dilakukan karena menyita banyak waktu serta pembelajaran belum menggunakan video karena membutuhkan banyak persiapan. Hasil belajar siswa pada tahun pelajaran sebelumnya menunjukkan bahwa siswa yang mencapai nilai KKM (75) hanya sebesar 40%.

Selain observasi terhadap kegiatan pembelajaran, peneliti juga melakukan analisis terhadap bahan ajar yang digunakan di SMA DU 1 Jombang terutama untuk pokok bahasan senyawa hidrokarbon. Bahan ajar yang dipakai yaitu buku teks karangan Purba (2002), buku teks karangan Suyatno (2014), dan lembar kerja siswa (LKS) PR Kimia yang ditulis Rufaida (2014). Hasil analisis menunjukkan bahwa buku teks: (1) lebih banyak berisi uraian materi, (2) konsep disajikan secara praktis (tidak ada langkah-langkah dalam penemuan konsep), dan (3) kurang menampilkan hubungan kontekstual antara konsep teoritis dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, sedangkan LKS: (1) lebih banyak berisi latihan soal, (2) konsep disajikan secara praktis, (3) tidak menampilkan hubungan kontekstual antara konsep teoritis dan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran di kelas akhirnya lebih banyak pada penyampaian materi dan pengerjaan soal serta mengabaikan proses sehingga menyebabkan motivasi siswa belajar kimia menjadi rendah.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti menganggap perlu dicari solusi untuk mengatasi ketidaktersediaannya bahan ajar yang tepat digunakan dalam pembelajaran. Bahan ajar tersebut adalah bahan ajar yang dikembangkan dengan berbasis pada pendekatan ilmiah dengan mengintegrasikan ketiga representasi kimia, yaitu representasi makroskopik, submikroskopik maupun simbolik. Bahan ajar juga dilengkapi dengan video sebagai salah satu cara untuk menyampaikan materi yang bersifat abstrak menjadi kontekstual. Dengan penggunaan video ini diharapkan informasi yang abstrak dan jauh dari pengamatan siswa menjadi lebih kontekstual. Sesuai dengan penelitian Harwood dan Mc Mahoon (1997), Reid (2006), dan Pace dan Jones (2009) yang menyatakan video dapat memberikan informasi lebih jelas sesuatu yang abstrak atau jauh dari pengamatan siswa sehingga informasi semakin kontekstual. Video yang digunakan dipilih yang berdurasi kurang dari 5 menit, pemilihan durasi video yang pendek berdasar kajian Lee dan Sharma (2008:45) yang menyarankan video pembelajaran sebaiknya tidak terlalu panjang supaya siswa tidak *overload* informasi. Dengan adanya video pembelajaran ini diharapkan pembelajaran menjadi lebih bervariasi sehingga dapat meningkatkan motivasi belajar kimia siswa. Bahan ajar yang dikembangkan pada penelitian ini berbentuk buku ajar yang terdiri dari buku guru dan buku siswa dilengkapi dengan *power point* dan video pembelajaran. Bahan ajar yang dikembangkan berbentuk buku dengan alasan bahwa buku merupakan media yang paling dekat dan paling mudah di akses oleh siswa.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang bertujuan untuk menghasilkan bahan ajar yang berbasis pendekatan ilmiah pada materi senyawa hidrokarbon. Pada penelitian ini terdapat uji efektifitas yang menggunakan penelitian eksperimental semu (*quasy experiment*), yang bertujuan untuk melihat efektifitas dari penggunaan bahan ajar hasil pengembangan. Model pengembangan yang digunakan mengadopsi model *4D* yang dikembangkan oleh Thiagarajan *et al.*, (1974), yang disesuaikan dengan kondisi penelitian pengembangan yang terdiri dari empat tahap yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan) dan *disseminate* (penyebarluasan). Tahap pendefinisian bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan masalah dasar yang muncul pada pembelajaran kimia di SMA DU 1 Jombang, kondisi ideal yang seharusnya dan upaya untuk

mencapai kondisi ideal tersebut. Ada enam langkah dalam tahap pendefinisian yaitu: (1) Analisis ujung depan, (2) Analisis karakteristik siswa, (3) Analisis Tugas, (4) Analisis konsep, (5) Perumusan tujuan pembelajaran, dan (6) Pemilihan pendekatan pembelajaran. Tahap perancangan bertujuan untuk mendesain kerangka dasar produk pengembangan yang akan dihasilkan dan terdiri dari empat langkah yaitu: (1) menyusun tes berbasis kriteria, (2) pemilihan media, (3) pemilihan format bahan ajar, dan (4) Rancangan awal.

Tahap pengembangan bertujuan untuk memodifikasi lebih lanjut draft awal bahan ajar yang siap pakai melalui uji coba produk. Uji coba produk dilakukan untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk perbaikan sehingga dihasilkan produk pengembangan dengan kelayakan dan efektifitas yang tinggi. Uji coba produk dilakukan melalui validasi bahan ajar oleh dua ahli isi dan dua ahli pembelajaran, uji keterbacaan dan uji lapangan terbatas. Angket validasi bahan ajar mengacu pada standar penilaian kelayakan bahan ajar dari BSNP (2008) yang disesuaikan dengan karakter bahan ajar pengembangan dan terdiri dari empat kriteria penilaian yaitu kelayakan isi, penyajian, bahasa, dan kegrafisan. Uji keterbacaan dilakukan terhadap enam orang siswa SMA DU 1 Jombang kelas XII yang telah mendapat materi senyawa hidrokarbon dengan spesifikasi dua siswa berkemampuan tinggi, dua siswa berkemampuan sedang, dan dua siswa berkemampuan rendah.

Uji lapangan terbatas dilakukan untuk mengetahui penilaian dan pendapat siswa terhadap pembelajaran menggunakan bahan ajar dan untuk mengetahui keefektifan bahan ajar hasil pengembangan. Uji lapangan terbatas dilakukan pada 21 siswa kelas X2 sebagai kelompok eksperimen, dan 22 siswa kelas X1 sebagai kelompok kontrol dengan distribusi siswa kemampuan tinggi, sedang, dan rendah yang setara dengan kelas X2. Distribusi kemampuan siswa yang setara antara kelompok kontrol dan eksperimen diketahui berdasarkan uji homogenitas, uji normalitas dan uji *t* yang diolah dari nilai ulangan harian pada materi sebelumnya. Rancangan yang digunakan dalam uji lapangan terbatas adalah eksperimen semu (*quasy experiment*) dengan *posttest only design*. Rancangan eksperimen dalam uji coba lapangan terbatas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rancangan Eksperimen Semu dalam Uji Coba Lapangan Terbatas

Waktu		
		
Kelas Kontrol	Tidak ada perlakuan	Postes
Kelas Eksperimen	Perlakuan eksperimen	Postes

(Sumber: Cresweell, 2012:310)

Angket respon siswa dimodifikasi dari Nurulia (2013). Sebelum digunakan angket persepsi telah divalidasi oleh dua ahli isi dan dua ahli pembelajaran. Kriteria penilaian terdiri dari 4 aspek, yaitu perhatian, relevansi, kepercayaan diri dan kepuasan siswa terhadap pembelajaran menggunakan bahan ajar.

Postes dilakukan untuk mengetahui pencapaian hasil belajar siswa setelah kelompok eksperimen menyelesaikan pembelajaran menggunakan bahan ajar hasil pengembangan dan kelompok kontrol menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan di SMA DU 1 Jombang. Instrumen postes berupa soal pilihan ganda yang terlebih dahulu divalidasi oleh dua ahli isi dan dua ahli pembelajaran dan didapatkan rata-rata nilai dari semua validator adalah 92,4% dengan kriteria sangat layak. Setelah itu soal postes diujicobakan di kelas XII IPA untuk mengetahui nilai validitas dan reliabilitasnya. Uji validitas soal diolah menggunakan teknik korelasi momen produk dan diperoleh 25 soal valid. Uji reliabilitas soal postes menggunakan *internal consistency method* dengan *non split-half technique* dan diolah dengan rumus *Kuder-Richardson (K-R 21)* dan didapatkan nilai koefisien reliabilitas sebesar 0,734 yang berarti soal postes reliabel.

Data yang berupa data kualitatif (masukan dan saran dari validator dan siswa) diolah dengan analisis deskriptif kualitatif. Data yang berupa data kuantitatif diolah dengan analisis deskriptif kuantitatif. Data hasil penilaian pada angket validasi dan angket respon siswa direkapitulasi dan dinyatakan dalam persentase dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\sum \text{skor penilaian angket}}{\sum \text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Keterangan:

Σ skor penilaian angket = jumlah total skor jawaban yang dipilih

Σ skor maksimum = jumlah total skor maksimal item angket

Persentase penilaian yang diperoleh digunakan untuk menentukan kelayakan dan perlu tidaknya dilakukan revisi dengan menggunakan kualifikasi yang diadaptasi dari buku Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan yang disusun oleh Arikunto (2013) yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Pedoman Penilaian Kelayakan Rancangan Program Belajar Siswa

Persentase (%)	Kriteria kelayakan	Keterangan
80 – 100	Sangat layak	Tidak revisi
66 – 79	Layak	Tidak revisi
55 – 65	Cukup layak	Tidak revisi
40 – 54	Kurang layak	Revisi
30 – 39	Tidak layak	Revisi

(Sumber: Arikunto, 2013:281)

Untuk menguji efektifitas bahan ajar hasil pengembangan dilakukan postes setelah pembelajaran. Data nilai postes kelas eksperimen dan kelas kontrol diuji dengan *independent sample t test* dengan bantuan program *SPSS 20 for Windows*. Dalam uji ini diasumsikan kedua kelompok mendapat perlakuan berbeda hanya dalam penggunaan bahan ajar sedangkan perlakuan yang lain seperti kedalaman materi dan alokasi waktu sama. Pengambilan keputusan pada tingkat kepercayaan 0,05 dilakukan berdasarkan nilai signifikansi uji *t*. Jika nilai signifikansi uji $t \leq 0,05$, maka ada perbedaan rata-rata nilai postes antara kelas kontrol dengan kelas eksperimen. Jika nilai signifikansi uji $t > 0,05$, maka tidak ada perbedaan rata-rata nilai postes antara kelas kontrol dengan kelas eksperimen. Selain dengan uji *t*, efektifitas bahan ajar pengembangan dapat diketahui dengan mengukur pencapaian kompetensi siswa yang ditentukan dengan nilai kriteria ketuntasan minimal (KKM) yaitu ≥ 75 . Apabila 80% siswa dapat mencapai nilai KKM maka bahan ajar hasil pengembangan dapat diartikan memiliki efektifitas tinggi, baik, dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran.

HASIL

Penelitian ini telah menghasilkan bahan ajar kimia berbasis pendekatan ilmiah pada pokok bahasan senyawa hidrokarbon untuk siswa kelas X sekolah menengah atas. Bahan ajar yang dikembangkan berupa buku ajar yang berisi paparan yang disajikan menurut pendekatan ilmiah, dimulai dengan penyajian fakta kemudian observasi (pengamatan), membuat pertanyaan, mengumpulkan informasi, menganalisis informasi dan menyampaikan informasi. Bahan ajar terdiri dari buku guru dan buku siswa yang dilengkapi dengan *power point* dan video pembelajaran. Materi yang dikembangkan dalam bahan ajar adalah senyawa hidrokarbon yang terdiri dari beberapa sub pokok bahasan.

Hasil penilaian validator ahli isi dan ahli pembelajaran terhadap bahan ajar menyatakan bahwa bahan ajar sangat layak digunakan dalam pembelajaran. Kelayakan ini ditinjau dari kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafisan dimana buku guru memperoleh nilai rata-rata 86,4% dan buku siswa 87,2%. Apresiasi yang besar juga ditunjukkan validator melalui komentar dan saran yang menyatakan isi dan tampilan buku ajar yang disertai gambar dan warna yang menarik dapat meningkatkan minat siswa belajar kimia. Selain itu penggunaan video dalam pembelajaran dapat membuat pembelajaran lebih bervariasi sehingga siswa tidak akan jenuh dalam mengikuti pembelajaran. Kelayakan bahan ajar hasil juga dapat dilihat berdasarkan penilaian siswa terhadap bahan ajar pada uji keterbacaan yaitu rata-rata 89,4%. Komentar siswa secara umum menyatakan bahwa bahan ajar sangat menarik karena banyak membahas dan menyajikan contoh-contoh yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari sehingga kimia terasa lebih bermanfaat. Selain itu desain,

gambar-gambar dan video pembelajaran yang ada dalam bahan ajar sangat menarik dan membuat belajar terasa lebih menyenangkan. Persepsi siswa terhadap pembelajaran menggunakan bahan ajar hasil pengembangan dalam uji coba lapangan terbatas sangat baik dengan nilai rata-rata 82,3%. Komentar siswa secara umum menyatakan bahwa pembelajaran menggunakan bahan ajar sangat menarik karena adanya gambar-gambar dan video pembelajaran.

Uji efektifitas bahan ajar menunjukkan bahwa bahan ajar efektif digunakan dalam pembelajaran. Hal ini dapat diketahui dari pencapaian nilai KKM kelas eksperimen dan hasil uji-*t* skor postes antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil pengujian bahan ajar menunjukkan bahwa 90,5% siswa kelas eksperimen mencapai KKM yang berarti bahan ajar efektif digunakan dalam pembelajaran. Penghitungan perbedaan skor postes kelas eksperimen dan kelas kontrol yang dihitung dengan *independent t-test* menunjukkan nilai signifikansi $0,021 < 0,05$ yang berarti terdapat perbedaan signifikan rata-rata skor postes kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hal ini membuktikan bahwa bahan ajar efektif digunakan dalam pembelajaran.

KAJIAN DAN SARAN

Pengembangan bahan ajar mengadopsi model 4D dari Thiagarajan *et al.* (1974). Draft hasil pengembangan divalidasi menggunakan instrumen yang dikembangkan oleh BSNP dan dilakukan oleh dua ahli isi dan dua ahli pembelajaran dengan hasil kelayakan buku guru 86,4% dan buku siswa 87,2%. Keterbacaan bahan ajar diujicobakan terhadap enam siswa dan menunjukkan hasil 89,4% yang berarti bahan ajar layak digunakan pada pembelajaran kimia. Efektifitas penggunaan bahan ajar diketahui berdasarkan pencapaian nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) dan perbedaan skor postes siswa kelas kontrol dengan kelas eksperimen yang diolah menggunakan uji *t*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa 90,5% siswa mencapai skor di atas Kriteria Ketuntasan Minimal. Hasil uji *t* menunjukkan bahwa skor tes siswa kelas eksperimen lebih tinggi daripada skor tes siswa kelas kontrol. Persepsi siswa terhadap pembelajaran menunjukkan hasil 82,3%, yang berarti persepsi siswa sangat baik ketika diajar menggunakan bahan ajar hasil pengembangan.

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka saran yang diajukan sebagai berikut: Bahan ajar hasil pengembangan telah dinyatakan layak digunakan sehingga dapat dipakai sebagai alternatif sumber belajar dalam pembelajaran dengan kurikulum 2013, bahan ajar hasil pengembangan terbukti efektif sehingga dapat dipakai dalam pembelajaran pokok bahasan senyawa hidrokarbon, bahan ajar hasil pengembangan menurut persepsi siswa sangat menarik sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan minat siswa dalam belajar kimia, penerapan bahan ajar hasil pengembangan membutuhkan waktu yang lebih lama dari waktu yang tersedia dalam kurikulum sehingga guru harus menyiapkan waktu tambahan diluar jam pelajaran misalnya setelah waktu pulang sekolah.

DAFTAR RUJUKAN

- Andriani, F. 2011. *Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia untuk Kelas XI Semester III Program Kejuruan Teknik Mekanik Otomotif dengan Pendekatan Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL)*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang
- Arikunto, S. 2013. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara
- Brady, J.E. 2012. *General Chemistry Principles and Structure*. New York: John Wiley & Sons.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. 1988. Theories, Principles and Laws, *Education in Chemistry*, 25: 89-92.
- BSNP. 2008. *Bahan Ajar Perencanaan Pembelajaran*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Carey, S.S. 2004. *A Beginner's Guide to Scientific Method*. Canada: Thomson Wadsworth
- Chang, R. 2000. *Chemistry Sixth Edition*. Amerika: The Mc-Graw Hill Companies.
- Creswell, J.W. 2012. *Educational Research: Planning, conducting and evaluating Quantitative and Qualitative Research Fourt Edition*. Boston: Pearson
- Eswindro, T. 2012. *Pengembangan Modul pembelajaran Kimia Fuels for Light Vehicle System dengan Pendekatan Kontekstual untuk Siswa RSMKBI Kompetensi Keahlian Teknik Kendaraan Ringan*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang
- Garnett, P. J. & Treagust, D.F. 1992. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Student of Electrochemistry: Electric Circuits and Oxidation-Reduction Equation. *Journal of Reserach and Science Teaching*, 29(2): 121-142.

- Garnett, P. J. & Treagust, D.F. 1992. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells. *Journal of Research and Science Teaching*, 29(10): 1079-1099.
- Harwood, W.S. & McMahon, M.M. 1997. Effects of Integrated Video Media on Students Achievement and Attitudes in High School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6): 617-631.
- Herdini, 2010. Upaya Peningkatan Kualitas Pembelajaran Melalui Pemberian Tugas Membuat Peta Pikiran (Mind Map) pada Mata Kuliah Kimia Organik I. *Journal of Education*, 1(2): 23-31.
- Kemendikbud, 2013. *Dalam Rangka Implementasi Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Konsep Pendekatan Scientific*. 2013. Jakarta: Kemdikbud.
- Lase, A.D.S. 2010. *Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing pada Materi Termokimia untuk Siswa Kelas XI IPA*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Lee, K.J. & Sharma, M.D. 2008. Incorporating Active Learning With Videos: A Case Study From Physics. *Teaching Science*, 54(4): 45-47
- McLelland, C.V. 2006. *The Nature of Science and The scientific method*. The Geological Society of America
- Nurulia, F.E. 2013. *Pengembangan Modul elektronik Senyawa Hidrokarbon Berbasis Mind Map dengan Pendekatan Learning Cycle untuk Siswa Kelas X SMA*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: PPs UM.
- Obomanu, B. J & Onuoha, C. O. 2012. Students Conceptual Difficulties in Electrochemistry in Secondary Schools. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*, 3(1): 99-102.
- Pace, G.B. & Jones, L.C. 2009. Teaching With Web-Based Videos Helping Students Grasp the Science in Popular Online Resources. *The Science Teacher*, 76(1):47-51.
- Pannen, P. & Purwanto. 2001. *Penulisan Bahan Ajar*. Jakarta: Universitas Terbuka (PAU-PPAI-UT)
- Primasari, M.D. 2011. *Pengembangan Bahan Ajar Reaksi Redoks dan Elektrokimia berdasarkan Model 4D dari Thiagarajan untuk Blended Learning*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang
- Purba, M. 2002. *Kimia untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Erlangga
- Rahardjo, S.B. 2013. *Kimia Berbasis Eksperimen untuk Kelas X SMA dan MA*. Solo: Tiga Serangkai
- Ramnarain, U & Joseph, A. 2012. Learning Difficults Experienced by Grade 12 South African Students in the Chemical Representation of Phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 13:462-470.
- Raviolo, A. 2001. Assesing Students' Conceptual Understanding of Solubility Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(5): 629-631.
- Reid, N. 2008. A Scientific Approach to The Teaching of Chemistry. *Journal of The Royal Society of Chemistry*, 9(1): 51-59.
- Rumansyah. 2003. *Meningkatkan Pemahaman Siswa terhadap Konsep Kimia Karbon melalui Sinergi Peta Konsep (Concept Mapping)*. 9(042): 348-349.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.I., & Semmel, M.I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Bloomington, Indiana: Decenter for innovation on Teaching the Handicapped, Indiana University.
- Salirawati, D. 2013. *Pendekatan saintifik dan Metode Pembelajaran*. Yogyakarta: PPS UNY
- Sitorus, L. 2009. Penerapan Media Komputer pada Pengajaran Senyawa Hidrokarbon untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 4(2): 56-59.
- Stolker, C.J.J.M. 2005. Legal Journals: In Pursuit Of A More Scientific Approach. *European Journal of Legal Education*. 2(2):77-94
- Tasleden, U. & Koseoglu, F. 2008. Learner-Friendly Textbooks: Chemistry Texts Based on a Contructivist View of Learning. *Asia Pasific Education Review*, 9(2): 136-147.
- Trianto, 2007. *Model Pembelajaran Terpadu dalam Teori dan Praktek*. Jakarta: Prestasi Pustaka

PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES PEMAHAMAN KONSEP KESETIMBANGAN KIMIA

Muhammad Ali Kurniawan*, Sri Rahayu, Fauziatul Fajarah
Universitas Negeri Malang

*Corresponding author's Email: aliwawan90@hotmail.com

ABSTRAK

Miskonsepsi menyebabkan siswa kesulitan dalam menghubungkan konsep yang dimiliki dengan konsep lain yang terkait. Hal ini juga terjadi pada konsep kesetimbangan kimia. Kesetimbangan kimia merupakan salah satu konsep yang menjadi prasyarat untuk mempelajari konsep lain seperti asam basa dan kelarutan. Oleh karena itu, miskonsepsi pada konsep kesetimbangan kimia perlu diidentifikasi sedini mungkin. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia yang berupa tes diagnostik two-tier. Metode pengembangan yang digunakan adalah metode Plomp yaitu (1) investigasi awal; (2) desain; (3) realisasi; (4) tes, evaluasi, dan revisi; dan (5) implementasi. Sebanyak 20 soal tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia berhasil dikembangkan. Sebelum digunakan, tes pemahaman konsep kesetimbangan perlu diuji cobakan untuk mengetahui validitas dan reliabilitasnya.

Kata Kunci: tes pemahaman, kesetimbangan kimia

ABSTRACT

Misconceptions cause difficulties in linking concepts students have with other concepts related. It also occurs in the chemical equilibrium concept. Chemical equilibrium is one concept which is a prerequisite for studying other concepts such as acid-base and solubility. Therefore, misconceptions on chemical equilibrium concept should be identified as early as possible. This research aims to develop tests understanding of the concept of chemical equilibrium that form is two-tier diagnostic tests. The development method used is the Plomp method, (1) the initial investigation; (2) design; (3) the realization; (4) test, evaluation, and revision; and (5) implementation. A total of 20 questions test understanding of chemical equilibrium concept successfully developed. Before use, test understanding of the concept of equilibrium needs to be tested to determine its validity and reliability.

Keywords: comprehension tests, chemical equilibrium

PENDAHULUAN

Kesetimbangan kimia merupakan salah satu konsep dalam kimia yang berhubungan dengan konsep lainnya. Untuk mempelajari kesetimbangan kimia dengan baik, siswa dituntut untuk memahami konsep-konsep sebelumnya seperti stoikiometri, termokimia dan laju reaksi. Apabila siswa mengalami kesulitan pada konsep-konsep tersebut maka kemungkinan besar siswa juga akan mengalami kesulitan pada kesetimbangan kimia. Selain itu, kesetimbangan kimia juga menjadi dasar untuk mempelajari konsep-konsep berikutnya seperti asam basa, hidrolisis, penyangga, dan kelarutan (Voska dkk, 2000) sehingga kesetimbangan sering kali dianggap salah satu konsep penting yang ada dalam pembelajaran kimia. Oleh karena itu diperlukan pemahaman yang baik terhadap konsep kesetimbangan kimia agar siswa mampu memahami konsep-konsep yang terkait.

Konsep dalam kesetimbangan kimia memiliki karakteristik abstrak (Garnett dkk, 1985; Quilez dkk, 1995; Ozmen, 2008) dan kompleks (Bilgin, 2003; Sendur dkk, 2010) sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep kesetimbangan dengan baik. Hal ini diperparah dengan adanya buku-buku yang berorientasi pada pemecahan masalah-masalah algoritmik (Quilez, 2004). Siswa yang

mengalami kesulitan dalam memahami kesetimbangan kimia akan melakukan kesalahan baik dalam memecahkan masalah maupun menerima informasi baru terkait konsep kesetimbangan. Berg (dalam Effendy, 2002) menjelaskan bahwa kesalahan siswa dalam mempelajari kimia dibedakan menjadi (1) kesalahan secara acak, (2) kesalahan dalam menghafal atau mengingat, dan (3) kesalahan yang terjadi secara terus menerus serta menunjukkan kesalahan dengan sumber tertentu yang pada akhirnya disebut dengan miskonsepsi.

Miskonsepsi diartikan sebagai pandangan terhadap suatu konsep yang berbeda dengan pandangan umum yang diterima oleh masyarakat ilmiah (Nakhleh, 1992). Miskonsepsi disebabkan oleh ketidakmampuan siswa menggunakan operasi formal, kurangnya kumpulan pengetahuan benar yang diperlukan untuk belajar bermakna, dan tidak adanya konsep yang relevan dalam memori jangka panjang siswa (Ozmen, 2007). Dalam teori konstruktivistik dijelaskan bahwa pengetahuan dibangun sendiri oleh siswa berdasarkan struktur pengetahuan yang ada dalam diri siswa sendiri (Iskandar, 2011). Jika siswa mengalami miskonsepsi, maka pengetahuan yang baru akan sulit diterima sehingga pemahaman konsep siswa menjadi lemah. Selain itu, miskonsepsi juga bersifat resisten dan sukar diubah atau dihilangkan (Iskandar, 2011; Chandrasegaran, dkk, 2007; Yuruk, 2007). Oleh karena itu, diperlukan adanya instrumen yang dapat mengukur pemahaman konsep siswa dan miskonsepsi yang terjadi.

Banyak cara untuk mengukur pemahaman dan miskonsepsi yang terjadi pada siswa, misalnya melalui teknik wawancara dan tes tertulis (Tüysüz, 2009). Salah satu instrumen yang telah digunakan untuk mengukur pemahaman dan mengidentifikasi miskonsepsi dengan menggunakan tes tertulis adalah tes diagnostik *two-tier* yang dikembangkan oleh Treagust (1988). Instrumen diagnostik ini terdiri dari 2 lapis (*tier*). Lapis (*tier*) pertama berisi pilihan jawaban atas pokok soal, sedangkan lapis (*tier*) kedua berisi pilihan alasan untuk jawaban yang dipilih. Melalui tes diagnostik *two-tier* dapat diketahui alasan jawaban siswa sehingga guru mengetahui dengan tepat letak miskonsepsi siswa. Informasi mengenai miskonsepsi siswa tersebut dapat digunakan guru dalam merencanakan strategi belajar mengajar yang sesuai, referensi yang cocok serta evaluasi yang tepat untuk meningkatkan pemahaman siswa. Berdasarkan uraian di atas, peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Instrumen Tes Pemahaman Konsep Kesetimbangan Kimia”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen tes yang mampu mengukur pemahaman dan mengidentifikasi miskonsepsi yang terjadi pada siswa.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode pengembangan Plomp (2007) yang terdiri dari lima fase yaitu investigasi awal; desain; realisasi; tes, evaluasi, dan revisi; dan implementasi. Berikut deskripsi dari tiap fase pengembangan Plomp.

Investigasi Awal

Fase investigasi awal merupakan fase pertama dalam pengembangan Plomp. Kegiatan utama dalam fase ini adalah analisis masalah dan analisis kebutuhan seperti yang dikatakan oleh Plomp (1997) bahwa kegiatan terpenting dalam sebuah investigasi adalah mengumpulkan dan menganalisis informasi, merumuskan masalah, dan merencanakan proyek lanjutan. Pada penelitian ini, fase investigasi awal dilakukan dengan membuat peta konsep kesetimbangan kimia sehingga diperoleh gambaran total sub konsep yang ada dan harus dipahami siswa pada konsep kesetimbangan. Selanjutnya peneliti melakukan kajian literatur mengenai miskonsepsi yang sering terjadi pada siswa SMA. Berdasarkan hasil kajian literatur, diperoleh data beberapa miskonsepsi yang sering pada siswa SMA sebagai berikut.

Tabel 1 daftar miskonsepsi pada konsep kesetimbangan kimia.

No.	Miskonsepsi	Sumber Rujukan
1	Konsentrasi zat, pada saat kondisi setimbang adalah sama	Tyson dkk (1999),
2	Tidak terjadi reaksi pada saat kesetimbangan	Griffiths (1994)
3	Laju reaksi ke kanan akan meningkat hingga tercapai kesetimbangan	Hackling dkk (1985)
4	Harga Kc yang besar menunjukkan reaksi yang	Banerjee dkk (1991)

	cepat	
5	Penambahan zat berfase padat akan menggeser kesetimbangan	Ozmen (2008), Quilez dkk (1995), Barke dkk (2009)
6	Penambahan katalis akan mengubah konsentrasi produk dan reaktan	Griffiths (1994)
7	Jika tekanan diperbesar, konsentrasi reaktan dan produk akan sama	Banerjee dkk (1991)
8	Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan tidak bergeser	Barke dkk (2009)
9	Harga K akan meningkat jika temperatur dinaikkan pada reaksi eksoterm	Ozmen (2008)
10	Harga K akan meningkat apabila pada kesetimbangan ditambahkan katalis	Bilgin dkk (2003)

Daftar miskonsepsi yang telah diperoleh kemudian dianalisis sebagai dasar pada tahap selanjutnya yaitu desain.

Desain

Fase desain bertujuan untuk mendesain instrumen yang dapat mengukur pemahaman konsep kesetimbangan kimia siswa. Fase desain meliputi tiga tahap yaitu penyusunan tes terbuka, penyusunan tes pilihan ganda dengan alasan terbuka, dan penyusunan tes pilihan ganda dua tingkat (*two-tier*).

a. Penyusunan tes terbuka

Hasil dari kajian literatur kemudian dianalisis untuk menyusun tes terbuka. Tes terbuka berupa soal berbentuk esai yang memungkinkan siswa menjawab bebas sesuai pengetahuan mereka masing-masing. Penggunaan tes terbuka dimaksudkan untuk mengetahui seberapa dalam pengetahuan siswa mengenai konsep kesetimbangan kimia sekaligus mencari pola-pola jawaban sebagai dasar penyusunan pilihan ganda. Selain menggunakan soal esai, tes terbuka juga dilakukan dengan teknik wawancara. Hal ini dilakukan untuk mengetahui secara mendalam alasan siswa menjawab pertanyaan yang diberikan dan mencari informasi awal adanya miskonsepsi sesuai dengan kajian literatur.

b. Penyusunan tes pilihan ganda dengan alasan terbuka

Hasil dari tes terbuka dikumpulkan dan dianalisis untuk melihat pola-pola jawaban yang kemudian dibentuk menjadi pilihan ganda (*tier* pertama). Soal pilihan ganda yang telah dikembangkan kemudian diujikan sekaligus meminta alasan siswa memilih jawaban tersebut. Penulisan alasan ini ditujukan untuk mengetahui kemungkinan miskonsepsi yang terjadi pada siswa. Setelah beberapa kali dilakukan tes diperoleh informasi pola alasan siswa.

c. Penyusunan tes pilihan ganda dua tingkat (*two-tier*)

Alasan-alasan yang diperoleh pada tes pilihan ganda dengan alasan terbuka kemudian dijadikan dasar penulisan pilihan alasan pada *tier* kedua. Pemilihan alasan dalam *tier* kedua disesuaikan dengan alasan yang paling banyak dipilih siswa. Selain itu pemilihan alasan juga mempertimbangkan miskonsepsi yang banyak terjadi. Di akhir tahap ini, diperoleh soal pilihan ganda dua tingkat (*two-tier*) pertama kali sehingga harus diuji coba terlebih dahulu.

Realisasi

Tes pilihan ganda dua tingkat (*two-tier*) yang telah berhasil dikembangkan kemudian diuji cobakan. Siswa diminta untuk menjawab dengan cara memilih jawaban dan alasan yang dianggap paling tepat. Hal ini dilakukan untuk melihat keterbacaan dan keterpilihan setiap jawaban maupun alasan yang dibuat. Berdasarkan hasil uji coba diketahui ada beberapa jawaban (*tier* pertama) dan alasan (*tier* kedua) yang tidak dipilih sama sekali oleh siswa. Revisi dilakukan pada jawaban dan alasan tersebut dengan cara mengganti opsi pilihan maupun alasan. Setelah dilakukan revisi, tes *two-tier* diuji coba kembali hingga semua pilihan jawaban dan alasan terpilih. Di akhir fase ini, diperoleh tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia yang tersusun atas 20 soal pilihan ganda dua tingkat (*two-tier*).

Tes, Evaluasi, dan Revisi

Setelah soal pemahaman konsep kesetimbangan kimia dikembangkan, soal tersebut kemudian divalidasi ahli oleh dosen jurusan kimia. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa 17 soal telah valid dan 3 soal perlu dilakukan revisi. Selanjutnya, soal direvisi berdasarkan saran dari validator. Soal-soal yang telah direvisi kemudian diuji coba pada siswa dan siap digunakan.

Implementasi

Pada fase ini, tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia hendaknya di-implementasikan untuk mengetahui seberapa tinggi pemahaman konsep siswa terhadap konsep kesetimbangan kimia. Namun fase ini tidak dilakukan karena tujuan dari penelitian hanya sampai dengan pengembangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia meliputi beberapa sub konsep yaitu ciri kesetimbangan, jenis kesetimbangan, pergeseran kesetimbangan dan tetapan kesetimbangan. Tes ini juga dikembangkan berdasarkan representasi yang harus dipahami siswa yaitu representasi makroskopis, submikroskopis, dan simbolik. Berikut contoh soal tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia yang telah berhasil dikembangkan.

Jika pada suatu reaksi kesetimbangan $A(aq) + B(s) \rightleftharpoons C(aq)$ ditambahkan zat B, maka kesetimbangan akan

(A) bergeser ke kiri (C) tidak bergeser*

(B) bergeser ke kanan

Alasan :

(i) penambahan zat B tidak merubah harga Q, sehingga kesetimbangan tidak bergeser*

(ii) penambahan zat B akan membuat harga $Q > K$ sehingga reaksi bergeser ke produk

(iii) penambahan zat B akan membuat harga $Q > K$ sehingga reaksi bergeser ke reaktan

(iv) penambahan zat B akan membuat harga $Q < K$ sehingga reaksi bergeser ke produk

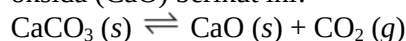
(v) penambahan zat B akan membuat harga $Q < K$ sehingga reaksi bergeser ke reaktan

(vi)

Soal di atas merupakan contoh soal dalam tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia pada sub konsep jenis kesetimbangan. Pada soal tersebut diberikan tiga pilihan jawaban yaitu A, B, dan C serta lima pilihan alasan yaitu i, ii, iii, iv, dan v. Kunci jawaban pada soal tersebut adalah jawaban C dengan alasan i. Kriteria penskoran pada soal pemahaman konsep kesetimbangan kimia adalah skor satu apabila siswa memilih jawaban dan alasan yang benar dan skor nol apabila siswa salah memilih jawaban, alasan, atau keduanya. Berdasarkan kriteria penskoran ini, dapat ditentukan siswa yang memiliki pemahaman konsep baik dan kurang baik.

Pada tes ini, setiap sub konsep kesetimbangan kimia diwakili minimal dua soal yang berpasangan. Hal ini digunakan untuk mengetahui miskonsepsi yang terjadi pada siswa. Siswa yang mengalami miskonsepsi percaya bahwa konsep yang dimilikinya adalah benar sehingga dia yakin dengan jawabannya. Berg dalam Effendy (2002) menyatakan bahwa siswa yang mengalami miskonsepsi akan terus-menerus salah pada suatu konsep dan menunjukkan kesalahan dengan sumber-sumber tertentu. Berdasarkan fakta inilah miskonsepsi dapat dilihat dan ditentukan dari kekonsistenan jawaban salah siswa pada suatu konsep. Berikut contoh pasangan soal pada sub konsep jenis kesetimbangan.

Perhatikan reaksi kesetimbangan antara kalsium karbonat (CaCO_3), karbon dioksida dan kalsium oksida (CaO) berikut ini!



Jika pada sistem kesetimbangan tersebut ditambahkan padatan kalsium karbonat, maka konsentrasi karbon dioksida

(A) tetap*

(C) bertambah

(B) berkurang

Alasan :

(i) penambahan CaCO_3 tidak merubah harga Q sehingga kesetimbangan tidak bergeser*

(ii) penambahan CaCO_3 membuat $Q > K$ sehingga kesetimbangan bergeser ke arah produk

- (iii) penambahan CaCO_3 membuat $Q > K$ sehingga kesetimbangan bergeser ke arah reaktan
- (iv) penambahan CaCO_3 membuat $Q < K$ sehingga kesetimbangan bergeser ke arah produk
- (v) penambahan CaCO_3 membuat $Q < K$ sehingga kesetimbangan bergeser ke arah reaktan
- (vi)

Soal tersebut merupakan pasangan dari soal sebelumnya dimana kekonsistenan jawaban salah siswa akan mengindikasikan miskonsepsi pada siswa. Miskonsepsi pada siswa tidak dapat dilakukan dengan kriteria penskoran seperti melihat pemahaman siswa. Untuk melihat miskonsepsi pada siswa, peneliti harus mencocokkan pasangan soal yang mewakili sub konsep tertentu. Siswa dikatakan miskonsepsi apabila siswa memilih jawaban dan alasan yang konsisten dan salah. Misalnya siswa menjawab penambahan zat yang berfasa padat akan menggeser kesetimbangan ke arah kanan karena harga Q lebih besar dari K . Pada soal pasangannya, siswa menjawab karbon dioksida bertambah karena kalsium karbonat akan meningkatkan harga Q sehingga Q lebih besar dari K . Hal ini mengindikasikan bahwa siswa tersebut mengalami miskonsepsi. Akan tetapi jika siswa menjawab ke kanan karena harga Q lebih besar dari K dan pada soal pasangannya siswa menjawab karbon dioksida berkurang karena kalsium karbonat akan menurunkan harga Q sehingga Q lebih kecil dari K maka siswa ini terindikasi mengalami kesalahan acak bukan miskonsepsi.

Pengembangan tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia menghasilkan 20 soal tes yang terdiri dari empat soal ciri kesetimbangan, dua soal jenis kesetimbangan, dua belas soal pergeseran kesetimbangan, dan dua soal tetapan kesetimbangan. soal yang telah berhasil dikembangkan kemudian dilakukan validasi ahli pada dosen kimia untuk melihat kebenaran konsep sekaligus kekomunikatifan bahasa. Dari hasil validasi diperoleh bahwa 17 soal telah valid dan tiga soal perlu direvisi baik bahasa maupun kebenaran konsepnya. Tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia ini selanjutnya diujicobakan pada siswa untuk melihat validitas butir soal dan reliabilitasnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh simpulan yaitu tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia yang dihasilkan telah mencakup semua konsep yang ada dalam kesetimbangan dan termasuk dalam kategori baik berdasarkan validasi ahli. Oleh karena itu, tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia layak digunakan untuk mengetahui pemahaman siswa pada materi pokok kesetimbangan kimia. Selain digunakan untuk mengetahui pemahaman siswa, tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia juga dapat digunakan untuk melihat ada tidaknya miskonsepsi yang terjadi pada siswa. Sebaiknya sebelum digunakan, tes pemahaman konsep kesetimbangan kimia diuji validitas dan reliabilitasnya sehingga instrumen ini makin sah.

DAFTAR PUSTAKA

- Banerjee, A.C. & Power, C.N. 1991. The Development of Modules for the Teaching of Chemical Equilibrium. *International Journal of Science and Education*. 13, 358
- Barke, H-D., Hazari, Al, & Yitbarek, S. 2009. *Misconception in Chemistry: Addressing Perception in Chemical Education*. Berlin : Springer
- Bilgin, I., Uzuntiryaki, E. & Geban, O. 2003. Student's Misconceptions on the Concept of Chemical Equilibrium. *Education and Science*. 28, 127 (10-17)
- Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F. & Mocerino, M. 2007. The Development of a two-tier multiple-choice diagnostikinstrumens for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple level of representation. *Journal of Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3),293-307.
- Effendy. 2002.Upaya untuk Mengatasi Kesalahan Konsep dalam Pengajaran Kimia dengan Menggunakan Strategi Konflik Kognitif. *Media Komunikasi Kimia*, 6(2): 1-22
- Griffiths, A. K. & Preston, K. R. 1992. Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (6), 611-628

- Hackling, M.W. und Garnett, P.J.1985. Misconceptions of Chemical Equilibrium. *European Journal of Science Education*. 7, 205
- Iskandar, S. M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivistik* (Ibnu, S. et, Ed). Malang: Bayumedia Publishing.
- Nakhleh, M.B. 1992. Why Some Students Don't Learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*. Volume 69 Number 3 March 1992
- Ozmen, H. 2007. The Effectiveness of Conceptual Change Texts in Remediating High School Students' Alternative Conceptions Concerning Chemical Equilibrium. *Journal of Asia Pacific Education Review*, Vol. 8, No.3, 413-425
- Ozmen, H. 2008. Determination of Students' Alternative Conceptions about Chemical Equilibrium: a Review of Research and the Case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*. 9, 225-233
- Plomp, Tj. 1997. Educational Design: Introduction. From Tjeerd Plomp (eds). *Educational & Training System Design: Introduction*. Design of Education and Training (in Dutch).Utrecht (the Netherlands): Lemma. Netherland.Faculty of Educational Science and Technology, University of Twente.
- Quilez J., 2004. Changes in Concentration and in Partial Pressure in Chemical Equilibria: Students' and Teachers' Misunderstandings *Chemistry Education Research and Practice*, 5, 281-300
- Quilez P. J. & Solaz P. J. 1995. Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 939-957
- Sendur, G., Toprak, M., & Pekmez, E.A. 2010. *Analyzing of Students' Misconceptions About Chemical Equilibrium*. International Conference on New Trends in Education and Their Implications.
- Tüysüz, C. 2009. Development of Two-Tier instrument and Assess Students' Understanding in Chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4 (6): 626- 631.
- Tyson, L., Treagust, D.F. 1999. The Complexity of Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*. 76, 554
- Yuruk,N. 2007. The Effect of Supplementing Instruction with Conceptual Change Texts on Students' Conceptions of Electrochemical Cells. *Journal of Science Education and Technology*, 16:515-523
- Voska K. W. and Heikkinen, H. W.2000. Identification and Analysis of Students' Conceptions Used to Solve Chemical Equilibrium Problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 160-176

PENGEMBANGAN PERANGKAT TES PENGUKUR TINGKAT KONFLIK KOGNITIF SISWA SMA

Wiwin Putriawati¹⁾, Suyono²⁾, Wasis³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Pendidikan Sains, Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya

^{2), 3)}Dosen Pascasarjana Prodi Pendidikan Sains Universitas Negeri Surabaya

* Corresponding author's email: wian_libio@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah dihasilkannya paket tes untuk mengukur tingkat konflik kognitif siswa. Paket perangkat tes terdiri atas tiga komponen tes, yaitu: (1) tes diagnosis miskonsepsi siswa, (2) tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi, dan (3) tes tingkat konflik kognitif siswa. Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga instrumen tes telah memenuhi syarat validitas teoretik dan empirik.

Kata kunci: Konflik Kognitif, Miskonsepsi, Asam-Basa

ABSTRACT

The aim of this research was produce test package to measure student's cognitive conflict level. The equipment of test consisted of three components, i.e: (1) student's misconception diagnostic tests, (2) belief test about the result of demonstration, and (3) test of student's cognitive conflict level. This research was kind of development research study. The result show that the third test equipment was feasible of theoretical and empirical validity.

Keywords: *Cognitive Conflict, Misconception, Acid-Base.*

PENDAHULUAN

Ketidakberhasilan upaya merubah konsepsi siswa sangat berhubungan dengan perbedaan cara pandang siswa menghadapi suasana konflik yang diciptakan guru. Trumper (1997) menemukan bahwa siswa bereaksi terhadap suasana konflik dalam beberapa cara yang berbeda yang kemudian tidak menyebabkan perubahan konseptual, antara lain: (a) siswa gagal mengenali konflik, (b) siswa mengenali dan mengakui adanya konflik tetapi kemudian mencoba menyelesaikannya dengan pasif, lebih menggantungkan kepada orang lain, (c) siswa mencoba menyelesaikan konflik tidak menyeluruh, menyelesaikan sebagian saja, dan (d) siswa menyelesaikan konflik menggunakan konsepsi alternatif. Peneliti-peneliti lain yang memiliki kesejajaran dengan pikiran Trumper adalah McCloskey (1983), Maria & MacGinitie (1981), dan Marshall (1989) yang menyatakan bahwa beberapa siswa "mengabaikan" informasi baru yang mungkin bertentangan dengan keyakinan yang dimiliki sebelumnya. Niaz (1995) menemukan bahwa beberapa siswa "melindungi" konsepsinya dengan mengabaikan konflik konseptual.

Bagi para pendidik yang tangguh tidak boleh kemudian menyerah dengan kegagalan itu. Perbaikan lebih lanjut, lebih dalam tetap harus dipikirkan dan dilakukan. Prinsip dasar yang dapat diacu oleh pendidik adalah bahwa "pengubahan konsepsi siswa tidak selalu berhasil, tetapi masih terdapat peluang menghilangkan sama sekali miskonsepsi pada siswa dengan pengubahan cara pandang siswa," sebagaimana dinasehatkan Duit (2002). Oleh sebab itu penting untuk dicari tahu tingkat konflik kognitif bagi siswa yang masih miskonsepsi agar dapat dipikirkan tindakan lanjutan yang lebih tepat dalam perbaikan miskonsepsi siswa. Dengan demikian sangatlah diperlukan penjelasan yang memadai mengenai efek pembelajaran konflik kognitif pada pengubahan konsepsi siswa, keberadaan, dan tingkat konflik kognitif harus dapat diukur (Lee *et al.*, 2003).

Tingkat konflik kognitif siswa harus dapat diukur. Persoalannya adalah belum tersedia instrumen untuk mengukur tingkat konflik kognitif siswa berbahasa Indonesia yang telah divalidasi. Untuk menjawab persoalan ini perlu dikembangkan paket instrumen tes penetapan tingkat konflik kognitif siswa. Paket instrumen tes yang akan dikembangkan mengacu kepada rambu-rambu yang ditulis oleh Lee *et al.* (2003). Penetapan tingkat konflik kognitif dilakukan melalui tahapan penetapan siswa yang memiliki beban miskonsepsi kimia, penetapan siswa dengan beban miskonsepsi ini berkonflik atau tidak, dan penetapan tingkat konflik kognitif siswa yang berkonflik secara kognitif. Berdasar tahapan ini, paket tes penentuan tingkat konflik kognitif siswa terdiri dari tiga komponen tes, yaitu: (1) tes diagnosis miskonsepsi siswa, (2) tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi, dan (3) tes tingkat konflik kognitif. Tujuan penelitian ini adalah dihasilkannya paket instrumen tes untuk mengukur tingkat konflik kognitif siswa SMA dalam pelajaran kimia yang berbahasa Indonesia dan dinyatakan valid baik dari segi validitas logis (validitas konstruk dan validitas isi), kelugasan bahasa, dan validitas empiris.

Validasi konstruk ditujukan untuk mengetahui kelayakan butir-butir pertanyaan atau pernyataan dalam suatu daftar (konstruk) pertanyaan dalam menggambarkan apa yang hendak diukur. Untuk memenuhi validitas konstruk ini terlebih dahulu harus didefinisikan atau diidentifikasi ranah isi perilaku konstruk teoritis terkait dengan tingkat konflik kognitif yang hendak diukur. Pekerjaan ini ditempuh dengan strategi khusus yang disebut eksplikasi konstruk (Supratiknya, 2014). Jadi, eksplikasi konstruk terhadap suatu atribut psikologis diawali dengan perumusan definisi konseptual atau definisi teoretis terkait konflik kognitif siswa. Rumusan konseptual yang masih abstrak tersebut kemudian dikonkritkan dengan cara merumuskan definisi operasionalnya. Inti perumusan definisi operasional adalah mengidentifikasi jenis-jenis tingkah laku yang dipandang sebagai indikator pengukur konflik kognitif siswa. Dengan demikian kisi-kisi (konstruksi) yang dihasilkan berisi rancangan perilaku-perilaku khusus yang akan menjadi dasar penyusunan pertanyaan atau pernyataan. Artinya, penulisan butir-butir pertanyaan atau pernyataan dalam instrumen harus berpedoman pada kisi-kisi yang telah dibuat. Produk tabel spesifikasi beserta pertanyaan yang telah ditulis diberikan kepada *expert* untuk ditelaah dan divalidasi. Inilah yang dalam penelitian ini disebut dengan validitas konstruk. Instrumen dikatakan memenuhi syarat validitas konstruk, jika butir-butir pertanyaan yang membangun instrumen dinilai oleh ahli dan dinyatakan telah menggambarkan apa yang hendak diukur (Arikunto, 2002).

Validitas isi (*content validity*) merupakan validitas yang diperhitungkan melalui pengujian terhadap isi alat ukur dengan analisis rasional. Dalam penelitian ini validitas isi lebih diarahkan kepada penilaian kebenaran isi atau kebenaran konsep-konsep yang terkandung di dalam instrumen. Cara yang ditempuh untuk memperoleh data validitas ini adalah didasarkan pada penilaian ahli terhadap isi instrumen. Apabila substansi isi instrumen telah diketahui tidak mengandung fakta, konsep, prinsip yang salah (miskonsepsi), maka dapat dikatakan validitas isi telah terpenuhi. Selain kebenaran isi yang terkandung di dalam pertanyaan, kalimat yang digunakan untuk mengkomunikasikan pesan yang tersirat di dalam pertanyaan atau pernyataan harus sederhana dan mudah dipahami (lugas).

Instrumen pengukur tingkat konflik kognitif, selain harus memenuhi syarat validitas isi dan konstruk harus juga memenuhi syarat validitas empiris. Validitas empiris terutama dimaknai sebagai kemudah-pengoperasiannya. Validitas empiris ditetapkan melalui uji coba instrumen pada sasaran terbatas (Supratiknya, 2014).

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan

Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah perangkat tes pengukur tingkat konflik kognitif.

Prosedur Penelitian

Pengembangan instrumen dalam penelitian ini mengikuti tahapan yang diadaptasi dari Suryabrata (2000).

Pengembangan Instrumen Penelitian

Instrumen yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah:

Instrumen Tes Diagnosis Miskonsepsi dengan CRI

Tes diagnosis miskonsepsi dalam penelitian ini berupa soal-soal pilihan ganda yang dilengkapi CRI (*Certainty of Response Index*). Pilihan jawaban siswa atas pertanyaan tes dan derajat keyakinan terhadap jawaban yang diberikan mencerminkan konsepsi siswa. Pengelompokan konsepsi siswa dilakukan dengan menggunakan metode CRI yang telah dikembangkan oleh Hasan *et al.* (1999). Indeks keyakinan seseorang dalam menjawab pertanyaan konsep diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks Keyakinan Seseorang dalam Menjawab Pertanyaan Konsep

Skala	Tingkat Keyakinan	Keterangan
0	<i>Totally Guessed Answer</i>	Jika menjawab soal 100% dengan menebak
1	<i>Almost Guess</i>	Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakan antara 75% - 99%
2	<i>Not Sure</i>	Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakan antara 50% - 74%
3	<i>Sure</i>	Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakan antara 25% - 49%
4	<i>Almost Certain</i>	Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakan antara 1% - 24%
5	<i>Certain</i>	Jika dalam menjawab soal tidak ada unsur tebakan sama sekali (0%)

Sumber: Hasan *et al.* (1999)

Konsepsi siswa berdasar metode CRI dikategorikan ke dalam tahu konsep (TK), tidak tahu konsep (TTK), dan miskonsepsi (MK) mengikuti sistem tabulasi Hasan *et al.* (1999) seperti disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Penetapan Status Seseorang Tergolong TK, TTK, atau MK

Indeks CRI Status Jawaban	Indeks CRI Rendah ($\leq 2,5$)	Indeks CRI Tinggi ($> 2,5$)
Jawaban Benar	Tidak Tahu Konsep (TTK)	Tahu Konsep (TK)
Jawaban Salah	Tidak Tahu Konsep (TTK)	Miskonsepsi (MK)

Sumber: Hasan *et al.* (1999)

Instrumen Tes Kepercayaan terhadap Hasil Demonstrasi

Instrumen ini berupa instrumen tes yang dirancang untuk memperoleh informasi tentang siswa yang mengalami konflik atau tidak mengenai materi asam-basa. Siswa yang mengalami miskonsepsi atau memiliki beban miskonsepsi pada tes sebelumnya akan diikutkan pada tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi. Jawaban siswa terhadap butir-butir pertanyaan tes ini harus dapat mencerminkan siswa yang berkonflik atau tidak yang dapat dikategorikan ke dalam dua kriteria: (1) Siswa membuat prediksi benar (prediksi siswa sama dengan hasil demonstrasi) dan (2) Siswa membuat prediksi salah (prediksi siswa tidak sama dengan hasil demonstrasi). Pilihan jawaban siswa dan kriteria jawaban siswa mengenai demonstrasi asam-basa diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria dan Interpretasi Jawaban Siswa terhadap Tes Kepercayaan terhadap Hasil Demonstrasi Asam-Basa

No	Kriteria	Pilihan Jawaban Siswa	Interpretasi
1	Siswa membuat prediksi benar (prediksi sama dengan hasil demonstrasi).	-	Siswa dianggap sudah memahami konsep (siswa tidak perlu melanjutkan mengisi instrumen tes tingkat konflik kognitif).
2	Siswa membuat prediksi salah (tidak sama dengan hasil)	a	Siswa berkonflik secara kognitif.
		b	Siswa tidak berkonflik secara kognitif.

N o	Kriteria	Pilihan Jawaban Siswa	Interpretasi
	demonstrasi).	c	Siswa status cemas, berada di antara status konflik dan tidak konflik.

(Adaptasi dari Lee *et al.*, 2003)**Instrumen Tes Tingkat Konflik Kognitif Siswa**

Tes ini digunakan untuk menetapkan tingkat konflik kognitif siswa dengan memilih pernyataan-pernyataan yang mewakili perasaan siswa terhadap hasil demonstrasi yang telah siswa lihat pada tes sebelumnya (Tes Kepercayaan terhadap Hasil Demonstrasi). Tes ini juga disertai dengan tingkat keyakinan siswa terhadap pernyataan-pernyataan yang dipilih oleh siswa dengan menggunakan skala Likert 5 poin (0-4) dengan makna (0 = sangat tidak benar, 1 = tidak benar, 2 = ragu-ragu, 3 = benar, 4 = sangat benar). Empat komponen yang digunakan dalam membuat pernyataan-pernyataan dalam tes ini adalah: (1) Pengenalan Anomali, (2) Ketertarikan, (3) Kecemasan, dan (4) Penilaian Kembali. Setiap komponen terdiri atas tiga pernyataan sub tes. Kriteria dan interpretasi tes ini diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria dan Interpretasi Tingkat Konflik Kognitif Siswa

N o	Kriteria	No Btr	Skala Likert 5 Poin	Rtg Skor	Interpretasi
1	Siswa mengenali situasi anomali	1, 2, 3	0-4 (0 = sangat tidak benar, 1 = tidak benar, 2 = ragu-ragu, 3 = benar, 4 = sangat benar)	0-3	Tingkat pengenalan terhadap situasi anomali rendah
				4-8	Tingkat pengenalan terhadap situasi anomali sedang
				9-12	Tingkat pengenalan terhadap situasi anomali tinggi
2	Siswa tertarik dengan hasil demonstrasi	4, 5, 6	0-4 (0 = sangat tidak benar, 1 = tidak benar, 2 = ragu-ragu, 3 = benar, 4 = sangat benar)	0-3	Tingkat ketertarikan terhadap hasil demonstrasi anomali rendah
				4-8	Tingkat ketertarikan terhadap hasil demonstrasi anomali sedang
				9-12	Tingkat ketertarikan terhadap hasil demonstrasi anomali tinggi
3	Siswa cemas dengan hasil demonstrasi anomali	7, 8, 9	0-4 (0 = sangat tidak benar, 1 = tidak benar, 2 = ragu-ragu, 3 = benar, 4 = sangat benar)	0-3	Tingkat kecemasan terhadap hasil demonstrasi anomali rendah
				4-8	Tingkat kecemasan terhadap hasil demonstrasi anomali sedang
				9-12	Tingkat kecemasan terhadap hasil demonstrasi anomali tinggi
4	Siswa menilai kembali situasi anomali secara kognitif	10, 11, 12	0-4 (0 = sangat tidak benar, 1 = tidak benar, 2 = ragu-ragu, 3 = benar, 4 = sangat benar)	0-3	Tingkat penilaian kembali terhadap situasi anomali secara kognitif rendah
				4-8	Tingkat penilaian kembali terhadap situasi anomali secara kognitif sedang
				9-12	Tingkat penilaian kembali terhadap situasi anomali secara kognitif tinggi

(Adaptasi dari Lee *et al.*, 2003)**Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data adalah cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik non Tes.

Metode non tes digunakan untuk mengumpulkan data selama proses pemberian instrumen berlangsung dengan cara validasi.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah:

Data dari Para Ahli Melalui Validasi Expert Judgment

Validasi instrumen dalam penelitian ini meliputi validasi konstruk, isi, dan kelugasan kalimat yang digunakan (bahasa). Nilai kelayakan dari aspek konstruksi untuk setiap butir instrumen oleh para ahli dijumlah dan dihitung persentasenya dengan cara sebagai berikut:

$$P(\%) = \frac{\text{Jumlah skor hasil pengumpulan data}}{\text{Skor total kriteria}} \times 100\%$$

Skor total kriteria = jumlah skor tertinggi aspek yang diukur

Persentase skor diinterpretasikan dengan menggunakan kategori persentase menurut Arikunto (2010), yaitu:

Tabel 5. Kategori Persentase

Kategori	Skala	Persentase
Sangat valid	4	76% - 100%
Valid	3	56% - 75%
Cukup valid	2	40% - 55%
Kurang valid	1	Kurang dari 40%

Berdasarkan persentase ini dapat diperoleh simpulan yang menunjuk pada apakah butir instrumen yang dimaksud memenuhi persyaratan valid berdasarkan penilaian ahli sehingga dapat digunakan.

Reliabilitas Instrumen

Perhitungan reliabilitas instrumen oleh pengamat/para ahliterhadap instrumen yang dikembangkan sebagai berikut:

$$\text{Percentage of agreement} = \left[1 - \frac{A-B}{A+B} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

A : frekuensi aspek yang teramati oleh pengamat yang memberikan frekuensi tinggi.

B : frekuensi aspek yang teramati oleh pengamat yang memberikan frekuensi rendah.

Instrumen yang dikembangkan dikatakan reliabel jika mempunyai persentase $\geq 75\%$ (Borich, 1994).

Analisis Data Ujicoba Instrumen

a. Indeks Validitas Item Tes

Semakin tinggi koefisien korelasi yang dihasilkan oleh tiap butir tes, maka semakin tinggi juga tingkat validitas tes tersebut. Dalam menginterpretasikan nilai r_{xy} tersebut dibagi ke dalam klasifikasi berikut berdasarkan kriteria Guilford (dalam Herlanti, 2006).

Tabel 6. Klasifikasi Koefisien Korelasi

Nilai r_{xy}	Interpretasi
$0,80 < r_{xy} \leq 1,00$	Validitas sangat tinggi
$0,60 < r_{xy} \leq 0,80$	Validitas tinggi
$0,40 < r_{xy} \leq 0,60$	Validitas sedang
$0,20 < r_{xy} \leq 0,40$	Validitas rendah
$0,00 < r_{xy} \leq 0,20$	Validitas sangat rendah
$r_{xy} \leq 0,00$	Tidak valid

Uji validitas tes dihitung menggunakan rumus korelasi biserial *Pearson* melalui program SPSS.

b. Reliabilitas Tes

Uji reliabilitas instrumen dalam penelitian ini menggunakan program SPSS dengan metode *alpha Cronbach*. Adapun kategori reliabilitas menurut Guilford (dalam Herlanti, 2006) adalah sebagai berikut:

0,00 – 0,20	reliabilitas sangat rendah
0,20 – 0,40	reliabilitas rendah
0,40 – 0,70	reliabilitas sedang

0,70 – 0,90 reliabilitas tinggi
0,90 – 1,00 reliabilitas sangat tinggi

c. Indeks Kesukaran Tes

Angka yang dapat memberikan petunjuk mengenai tingkat kesukaran item dikenal dengan istilah *difficulty index* (angka indeks kesukaran item) diberi lambang P dan angka indeks kesukaran item itu besarnya berkisar antara 0,00 sampai dengan 1,00. Menurut ketentuan yang sering diikuti, indeks kesukaran sering diklasifikasikan oleh Arikunto (2012) sebagai berikut:

Soal dengan P 0,00 – 0,30 adalah soal sukar

Soal dengan P 0,30 – 0,70 adalah soal sedang

Soal dengan P 0,70 – 1,00 adalah soal mudah

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir penelitian ini adalah paket tes pengukur tingkat konflik kognitif siswa yang telah dikembangkan yang terdiri atas tiga komponen tes yaitu: (1) tes diagnosis miskonsepsi, (2) tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi, dan (3) tes tingkat konflik kognitif. Adapun rincian hasil penelitian ini dapat dilaporkan sebagai berikut:

A. Validitas Instrumen Tes

1. Instrumen Tes diagnosis Miskonsepsi

a. Validitas Teoretik

1) Validitas Konstruk

Hasil validitas konstruk yang telah divalidasi oleh empat dosen ahli (*expert*) dapat disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Validasi Instrumen Tes Diagnosis Miskonsepsi

No. Soal	Skor Validator				Percentage of Agreement	Persen Skor (%)	Kriteria
	V1	V2	V3	V4			
1	3	3	4	4	93	87,5	Valid
2	3	3	4	4	93	87,5	Valid
3	4	4	4	4	100	100	Valid
4	3	3	4	4	93	87,5	Valid
5	3	3	4	4	93	87,5	Valid
6	3	3	3	4	100	81,25	Valid
7	4	3	4	4	93,33	94	Valid
8	4	4	4	4	100	100	Valid
9	4	3	4	4	93,33	94	Valid
10	4	4	4	4	100	100	Valid
11	3	3	4	4	93	87,5	Valid
12	4	4	3	4	93,33	94	Valid
13	3	4	4	4	93,33	94	Valid
14	4	4	4	4	100	100	Valid
15	4	3	4	4	93,33	94	Valid
16	4	4	4	4	100	100	Valid
17	3	4	3	4	93	87,5	Valid
18	4	4	4	4	100	100	Valid
19	4	4	4	4	100	100	Valid
20	4	4	4	4	100	100	Valid

Berdasarkan data dalam Tabel 7, hasil penilaian para ahli atas kelayakan butir-butir soal yang jawabannya menggambarkan konsepsi siswa terhadap konsep asam-basa adalah bahwa dari 20 soal pemahaman konsep siswa telah dinilai valid secara keseluruhan oleh para ahli, meskipun belum mencapai kevalidan 100% yang artinya belum mencapai derajat kevalidan tertinggi. Menurut Arikunto (2010) bahwa butir instrumen yang dimaksud telah memenuhi syarat valid berdasarkan penilaian ahli sehingga dapat digunakan dan telah memenuhi syarat validitas teoretik secara konstruk.

Selain itu, dilihat dari nilai *percentage of agreement*, keempat validator memiliki kesepahaman yang tinggi (di atas angka 75%) dalam memberikan penilaian terhadap setiap butir soal yang dibuat untuk setiap indikator konsep yang diukur sehingga dapat dikatakan bahwa instrumen yang dikembangkan dinyatakan baik sesuai dengan apa yang dinyatakan oleh Borich (1994).

2) Validitas Isi

Hasil penilaian ahli (*expert*) atas kebenaran isi atau kebenaran konsep-konsep yang terkandung dalam butir-butir tes yang ditulis peneliti didasarkan kepada catatan tertulis yang diberikan ahli. Tidak didapat catatan atau komentar dari keempat validator yang mengarah pada simpulan adanya konsep-konsep yang tidak benar. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa perangkat tes diagnosis miskonsepsi pada asam dan basa yang dikembangkan telah memenuhi syarat validitas isi.

3) Kelugasan Kalimat yang Digunakan (Bahasa)

Catatan dari validator mengenai kelugasan kalimat dan tata tulis dituliskan di dalam lembar validasi. Keempat validator tidak ada yang menuliskan adanya kalimat yang tidak lugas dan berbelit-belit sehingga persyaratan dari sisi kelugasan kalimat telah terpenuhi.

b. Validitas Empirik

1) Validitas Setiap Butir Tes

Berdasar kepada nilai korelasi biserial, dapat disimpulkan bahwa dari 20 butir soal yang ditulis, semua butir soal dinyatakan valid. Selanjutnya, dalam proses pemetaan beban miskonsepsi siswa digunakan semua butir soal yang dinyatakan valid.

2) Indeks Kesukaran Setiap Butir Tes

Hasil perhitungan tingkat kesukarandari kedua-puluh butir soal tes diagnosis miskonsepsi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Indeks Kesukaran dan Nilai Validitas Instrumen Tes Diagnosis Miskonsepsi Siswa

No.	No. Soal	Indeks Kesukaran	Kriteria	Nilai Validitas	Kriteria
1	1	0,12	sukar	0,41	Valid
2	2	0,15	sukar	0,54	Valid
3	3	0,19	sukar	0,46	Valid
4	4	0,03	sukar	0,43	Valid
5	5	0,50	sedang	0,55	Valid
6	6	0,43	sedang	0,46	Valid
7	7	0,62	sedang	0,44	Valid
8	8	0,51	sedang	0,48	Valid
9	9	0,22	sukar	0,55	Valid
10	10	0,25	sukar	0,45	Valid
11	11	0,45	sedang	1,00	Valid
12	12	0,02	sukar	0,86	Valid
13	13	0,82	mudah	0,92	Valid
14	14	0,61	sedang	0,89	Valid
15	15	0,65	sedang	0,86	Valid
16	16	0,05	sukar	0,44	Valid
17	17	0,57	sedang	0,79	Valid
18	18	0,45	sedang	0,80	Valid
19	19	0,11	sukar	0,65	Valid
20	20	0,02	sukar	0,75	Valid

Berdasarkan data dalam Tabel 8 dapat diberikan analisis bahwa dari 20 butir soal yang dinyatakan valid, terdapat 10 butir soal sukar, sembilan butir soal sedang, dan satu butir soal mudah. Proporsi soal sukar melebihi proposi soal dengan indeks kesukaran sedang dan soal mudah. Hal demikian sesuai harapan atau rencana peneliti karena soal yang dikembangkan ditujukan untuk penapisan (*screening*) siswa yang memiliki beban miskonsepsi dan siswa yang tidak memiliki beban

miskonsepsi. Angka indeks kesukaran item berkisar antara 0,00 sampai dengan 1,00 sesuai dengan ketentuan indeks kesukaran yang diklasifikasikan oleh Arikunto (2012). Butir-butir soal yang membangun instrumen tes diagnosis miskonsepsi siswa mampu menunjukkan perbedaan antar subyek dari aspek kemampuan membangun konsep sehingga dapat dikatakan baik dan telah memenuhi syarat validitas empirik.

3) Reliabilitas Tes Diagnosis Miskonsepsi

Nilai koefisien alfa Cronbach yang diperoleh adalah $r = 0,902$. Berdasarkan nilai ini dapat disimpulkan bahwa perangkat tes diagnosis miskonsepsi siswa telah memenuhi syarat reliabilitas, instrumen dinyatakan memiliki karakteristik ajeg untuk digunakan dalam pengukuran atribut psikologis konsepsi/miskonsepsi siswa. Hal ini sesuai dengan pendapat Arikunto (2012) dan Herlanti (2006) yang menyatakan bahwa instrumen yang memenuhi syarat validitas dan reliabilitas dinyatakan sebagai instrumen yang baik.

2. Instrumen Tes Kepercayaan terhadap Hasil Demonstrasi

a. Validitas Teoretis

1) Validitas Konstruk

Hasil validasi konstruk disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Validasi Instrumen Tes Kepercayaan terhadap Hasil Demonstrasi

No	Skor Validator				Percentage of Agreement	Persen Skor (%)	Kriteria
	V1	V2	V3	V4			
1	4	3	4	3	93	87,5	Valid
2	3	4	4	4	93,33	94	Valid
3	4	3	4	4	93,33	94	Valid
4	4	4	3	4	93,33	94	Valid
5	4	4	3	4	93,33	94	Valid

Berdasarkan data dalam Tabel 9 dapat dilaporkan bahwa hasil validasi konstruk atas instrumen tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi pada materi asam-basa telah dinilai valid oleh keempat validator, sehingga instrumen yang dikembangkan hampir mencapai derajat kevalidan tertinggi (100%) dan dinilai telah layak digunakan sebagai instrumen tes untuk mengukur kemampuan pengetahuan siswa dengan menggambarkan apa yang hendak diukur (Arikunto, 2010). Butir-butir pertanyaan yang dikembangkan telah memenuhi batas-batas kelayakan untuk menggiring siswa berkonflik sehingga instrumen yang dikembangkan telah reliabel dengan persentase $\geq 75\%$ (Borich, 1994) dan telah memenuhi syarat validitas teoretik.

2) Validitas Isi

Hasil penilaian ahli (*expert*) atas kebenaran isi yang terkandung dalam butir-butir tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi yang ditulis peneliti didasarkan kepada catatan tertulis yang diberikan ahli. Tidak didapat catatan atau komentar dari keempat validator yang mengarah pada simpulan adanya substansi isi yang tidak benar, oleh karena itu dapat dinyatakan bahwa perangkat tes penentu siswa berkonflik secara kognitif dan yang tidak berkonflik yang dikembangkan telah memenuhi syarat validitas isi.

3) Kelugasan Kalimat yang Digunakan (Bahasa)

Catatan validator mengenai kelugasan kalimat dan tata tulis tidak ditemukan, sehingga persyaratan dari sisi kelugasan kalimat dan tata tulis telah terpenuhi.

3. Instrumen Tes Tingkat Konflik Kognitif

a. Validitas Teoretis

1) Validitas Konstruk

Hasil validasi konstruk disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Validasi Instrumen Tes Tingkat Konflik Kognitif

No	Skor Validator				Percentage of Agreement	Persen Skor (%)	Kriteria
	V1	V2	V3	V4			
1	4	3	4	4	93,33	94	Valid
2	4	3	4	4	93,33	94	Valid
3	4	3	4	4	93,33	94	Valid
4	4	4	2	4	93	87,5	Valid
5	4	4	4	4	100	100	Valid
6	4	3	2	4	92	81,25	Valid
7	4	3	4	4	93,33	94	Valid
8	4	4	4	4	100	100	Valid
9	3	4	4	4	93,33	94	Valid
10	4	4	4	4	100	100	Valid
11	3	3	4	4	93	87,5	Valid
12	4	4	4	4	100	100	Valid

Berdasarkan data dalam Tabel 10 dapat dijelaskan bahwa validitas konstruk ditujukan untuk mengetahui kelayakan butir-butir pernyataan dalam suatu daftar konstruk pernyataan dalam menggambarkan apa yang hendak diukur. Hasil validasi konstruk atas instrumen tes tingkat konflik kognitif telah dinilai valid oleh keempat validator sehingga peneliti berkesimpulan bahwa instrumen tes tingkat konflik kognitif telah memenuhi batas-batas kelayakan untuk mengukur tingkat konflik kognitif siswa sehingga instrumen yang dikembangkan telah reliabel dengan persentase $\geq 75\%$ (Borich, 1994) dan telah memenuhi validitas teoretik.

Terpenuhinya validitas konstruk itu karena dilakukan eksplikasi konstruk dengan memanfaatkan literatur relevan yang diadaptasi dari hasil penelitian Lee *et al.* (2003). Eksplikasi konstruk terhadap tes tingkat konflik kognitif siswa diawali dengan perumusan definisi konseptual atau definisi operasional komponen konflik kognitif. Penetapan definisi konseptual diadaptasikan dari definisi yang diterapkan oleh Lee *et al.* (2003).

2) Validitas Isi

Tidak didapat catatan atau komentar dari keempat validator yang mengarah pada simpulan adanya substansi yang tidak benar, sehingga dapat dinyatakan bahwa perangkat tes penentu tingkat konflik kognitif siswa yang dikembangkan telah memenuhi syarat validitas isi.

3) Kelugasan Kalimat yang Digunakan (Bahasa)

Catatan validator mengenai kelugasan kalimat dan tata tulis tidak ditemukan, sehingga persyaratan dari sisi kelugasan kalimat dan tata tulis telah terpenuhi.

SIMPULAN

Telah dihasilkan paket (tiga perangkat tes) tes pengukur tingkat konflik kognitif siswa dengan penjabaran simpulan atas ketiga perangkat tes yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

- Perangkat tes diagnosis miskonsepsi pada konsep asam basa yang dikembangkan telah memenuhi syarat validitas teoretis, yaitu validitas konstruksi, validitas isi, dan menggunakan bahasa yang lugas. Perangkat tes ini juga telah memenuhi validitas empiris ditinjau dari tingkat kesukaran, validitas setiap butir, dan reliabilitasnya.
- Perangkat tes kepercayaan terhadap hasil demonstrasi sebenarnya adalah tes untuk penentuan siswa yang mengalami konflik kognitif atau tidak. Tes ini telah memenuhi syarat validitas teoretik. Hal yang sama juga berlaku pada perangkat tes tingkat konflik kognitif. Kedua perangkat tes ini tidak ditujukan untuk mengukur capaian (*achievement*) sehingga tidak dipaksakan untuk memberlakukan persyaratan validitas psikometrik sebagaimana yang diberlakukan pada tes pemahaman konsep.
- Dengan demikian, ketiga perangkat tes yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengukur tingkat konflik kognitif siswa yang memiliki beban miskonsepsi kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2012). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Borich, G. (1994). *Observation skill for effective teaching*. New York: Mac Millan Publishing Company.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*. 63(1), 1-49.
- Demircioglu, G. (2005). Conceptual Change Achieved Through a New Teaching Program on Acids and Bases. *Chemistry Education Research and Practice*. 6(1), 36-51.
- Duit, R. (2002). *Conceptual change – still a powerful frame for improving science teaching and learning?* Paper presented in the third European Symposium on Conceptual Change, June 26-28. 2002, Turku, Finland.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*. 25 (6): pp. 671-688.
- Effendy. (2002). Upaya untuk Mengatasi Kesalahan Konsep dalam Pengajaran dengan Menggunakan Strategi Konflik Kognitif. *Media Komunikasi Kimia*, 2(6): 1-19.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconception and The Certainty of Response Index. *IOPScience*. Retrieved from www.iopscience.iop.org.
- Herlanti, Y. (2006). *Tanya Jawab Seputar Penelitian Pendidikan Sains*. Science Education Research. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*. Volume 20, Issue 8, pages 731–743.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. (1984). The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and Design of Science Instruction. *Instructional Science*, 13. 1-3.
- Ibrahim, M. (2012). *Seri Pembelajaran Inovatif: Konsep, Miskonsepsi dan Cara Pembelajarannya*. Surabaya: Unesa University Press.
- Kang, S., Scharmann, L.C., & Noh, T. (2004). “Reexamining the Role of Cognitive Conflict in Science Concept Learning”. *Research in science education*. 34: 71-96, 2004.
- Lee, G., Kwon, J., Park, S.S., Kim, J.W., Kwon, H.G., & Park, H.K. (2003). Development of an Instrument for Measuring Cognitive Conflict in Secondary –Level Sciences Classes. *Research in Science Teaching*. Vol. 40, No. 6, PP 585-603. Wiley Interscience.
- Maria, K., & MacGinitie, W. R. (1981). *Prior knowledge as a handicapping condition*. Paper presented at the meeting of the National Reading Conference, Dallas, TX.
- Mariawan, M. I. (2001). Strategi Konflik Kognitif Sebagai Strategi Perubahan Konseptual dalam Pembelajaran Konsep Usaha dan Energi di SUP Negeri 2 Singaraja. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran FKIP Negeri Singaraja*. Departemen Pendidikan Nasional RI, Jakarta.
- Marshall, J. D. (1989). Foucault and Education. *Australian Journal of Education*, Vol. 33, No. 2, PP. 99-113 Aug 1989.
- McCloskey, M. (1983). Intuitive Physics. *Scientific American*, Vol. 248, No. 4.
- Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic–constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*. Volume 32, Issue 9, pages 959–970, November 1995.
- Supratiknya, A. (2014). *Pengukuran Psikologis*. Jakarta: Diandra Primamitra.
- Suryabrata, S. (2000). *Pengembangan Alat Ukur Psikologis*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Suyono & Rahmawati, L. (2011). *Penerapan Model Pembelajaran Conceptual Change untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa pada Materi Pokok Asam dan Basa di Kelas XI IPA SMAN 2 Bojonegoro*. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*, Surabaya. hal. 114-120.
- Trumper, R. (1997). Applying Conceptual Conflict Strategies in the Learning of the Energy Concept. *Research in Science and Technological Education*, Vol.15 No.1, PP. 5-18.
- Wang, H. K. (2007). “The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental Models in General Chemistry Students’ Understanding About Molecular Polarity.” A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri-Columbia.

Pengaruh Penerapan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Bentuk Molekul

Nur Sa'adah¹, Effendy², Suhadi Ibnu²

SMAN 1 Situbondo¹ - Jl Pb Sudirman 5a Situbondo

123Program Studi Pendidikan Kimia, Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Malang.

Jl. Semarang 5, Malang 65145, Telp: 0341-551345

E-mail: n.saadahkim@yahoo.co.id No HP 081249948989

ABSTRAK

Materi bentuk dan kepolaran molekul senyawa kovalen merupakan salah satu dari sekian banyak materi ilmu kimia yang bersifat abstrak sehingga banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahaminya. Sehubungan dengan itu, untuk memahami materi kimia diperlukan kemampuan pandang ruang yang baik dan pendekatan pembelajaran yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengetahui apakah ada perbedaan hasil belajar pada pokok bahasan bentuk molekul antara siswa yang diajar dengan pendekatan inkuiri terbimbing dan pendekatan verifikasi (2) mengetahui apakah terdapat interaksi antara pendekatan pembelajaran Inkuiri terbimbing dan verifikasi dengan kemampuan pandang ruang siswa. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan eksperimental, berupa rancangan faktorial 2X2. Subjek penelitian adalah 2 kelas yaitu X- 9 dan X-10 dengan jumlah 58 siswa di SMA Negeri 1 Situbondo. Data hasil belajar siswa dikumpulkan dengan menggunakan tes pilihan ganda yang terdiri dari 35 butir soal dengan validitas isi sebesar 100% dan koefisien reliabilitas, dihitung dengan persamaan Alpha Cronbach, sebesar 0,83. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) ada perbedaan hasil belajar siswa yang diajar dengan cara inkuiri terbimbing dan verifikasi. Hasil belajar siswa yang diajar dengan cara inkuiri terbimbing lebih baik dibanding dengan siswa yang diajar dengan cara verifikasi (2) tidak ada interaksi antara pendekatan pembelajaran inkuiri terbimbing dan verifikasi dengan kemampuan pandang ruang siswa.

Kata kunci: pendekatan inkuiri terbimbing, kemampuan pandang ruang, hasil belajar.

ABSTRACT

The molecular save and polar molecule subject is one of the many materials in chemistry subject which was abstract. It made the students difficult in understanding it. The students must have visibility good space and appropriate learning approaches for understanding the subject.. The purpose of this study were: (1) to know the differences of learning achievment on the molecular shape subject between the students who taught by inquiry learning and verification (2) to know the interaction between the inquiry learning and verification teaching with the students' ability in visibilty space. This research methodology was experimental designs, namely 2 X 2 factorial design. The subject of the research were 2 classes, there were X-9 and X-10 around 58 students in Public Senior High School 1 Situbondo. Student learning achievment data was collected by multiple-choice test consisting of 35 items with 100% content validity and reliability coefficient, calculated by Cronbach Alpha equation, of 0.83. The results showed that: (1) there were differences in learning achievment of students who were taught by inquiry learning and verification. The students' learning achievment of students who were taught by inquiry learning better than students who were taught by verification (2) there were not interaction between inquiry learning and verification methods with the students' ability in visibilty space..

Keywords : Inquiry learning, Visibility space Learning Achievment

PENDAHULUAN

Salah satu bidang kajian dalam ilmu kimia adalah bentuk molekul sederhana. Menurut Effendy (2010), Bentuk molekul suatu senyawa diperoleh berdasarkan fakta eksperimen, baik yang diperoleh dengan menggunakan metode difraksi, khususnya difraksi sinar-X, maupun yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi seperti spektroskopi sinar infra merah. Dari bentuk molekul yang berhasil diperoleh, disusunlah suatu teori untuk menjelaskan mengapa molekul tersebut mengadopsi suatu bentuk tertentu dan bukan bentuk yang lain. Salah satu teori yang berhasil menjelaskan bentuk molekul dengan baik adalah teori Tolakan Pasangan elektron valensi (VSEPR). Keakuratan daya prediksi teori VSEPR sangat tinggi, khususnya untuk molekul-molekul yang memiliki atom pusat atom non logam. Teori VSEPR merupakan teori yang dianggap mudah untuk dipelajari, baik oleh siswa sekolah menengah maupun mahasiswa di perguruan tinggi. Meskipun demikian, beberapa penelitian melaporkan masih adanya kesulitan siswa dalam mempelajari bentuk molekul.

MacKinnon (1996) melaporkan bahwa dari 302 siswa yang diteliti, 22% siswa dapat menentukan bentuk molekul NH_3 dengan benar yaitu trigonal pyramidal, sedangkan 78% siswa yang menyatakan bahwa bentuk molekul NH_3 adalah trigonal planar.. Habiba (2008) melaporkan bahwa sebanyak 56,1% siswa masih mengalami kesulitan dalam menggambarkan bentuk molekul. Sumarni (2010) dalam penelitiannya terhadap mahasiswa jurusan pendidikan kimia di Universitas Negeri Semarang melaporkan bahwa 74,2% mahasiswa mengalami miskonsepsi dalam menggambarkan bentuk molekul berdasarkan jumlah pasangan elektron disekitar atom pusat. Sebagian besar dari mereka memahami bentuk piramida sebagai segi tiga, tetrahedral sebagai segi empat dan trigonal bipiramidal sebagai segi lima serta masih ada beberapa yang lainnya.

Materi bentuk molekul bersifat abstrak, untuk memahami materi bentuk molekul diperlukan kecerdasan visual spasial. Kecerdasan visual spasial ini berhubungan dengan kemampuan berpikir melalui imajinasi dan gambar. Kecerdasan visual-spasial disebut juga kemampuan pandang ruang karena kecerdasan jenis ini mengutamakan kemampuan siswa dapat mengimajinasikan struktur tiga dimensi (3D). Kemampuan pandang ruang memiliki peranan penting guna membantu siswa untuk menggunakan imajinasinya dalam memahami suatu konsep yang bersifat abstrak .

Selama ini materi bentuk molekul di SMAN 1 Situbondo diberikan dengan menjelaskan bentuk-bentuk molekul menurut teori domain elektron, dengan bantuan gambar bentuk molekul dan model molekul sederhana. Ternyata dengan pendekatan pembelajaran tersebut, hasil belajar siswa kurang maksimal, masih ada siswa yang kesulitan memahami bentuk molekul. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan alternatif pendekatan pembelajaran yang efektif untuk materi bentuk molekul yang bersifat abstrak yang didasarkan pada kemampuan pandang ruang sehingga siswa SMA 1 Situbondo dapat memahaminya dengan baik.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa untuk mengajarkan bentuk molekul dengan memaksimalkan pemanfaatan kemampuan pandang ruang siswa diperlukan pendekatan pembelajaran yang tepat. Salah satu pendekatan pembelajaran yang menganut paham konstruktivisme di mana siswa membangun sendiri kemampuannya adalah pendekatan pembelajaran inkuiri yaitu suatu rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan (Sanjaya, 2008).

Pembelajaran dengan pendekatan inkuiri terbimbing dipilih dalam penelitian ini karena pembelajaran ini memiliki banyak kelebihan. Pemilihan pendekatan inkuiri terbimbing berdasarkan pada beberapa hasil penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran dengan pendekatan inkuiri terbimbing lebih efektif untuk meningkatkan hasil belajar siswa. Merujuk pendapat Steiner, dalam usaha menemukan konsep atau prinsip apabila tidak terdapat suatu eksperimen yang mungkin untuk dilaksanakan, siswa langsung menganalisa data-data yang dikemukakan oleh pengajar, sehingga dalam pembelajaran inkuiri pada materi VSEPR tidak memerlukan pembuktian bentuk molekul yang sebenarnya, tetapi cukup dengan memahami konsep VSEPR saja, sehingga langkah-langkah dalam pendekatan inkuiri terbimbing menggunakan urutan yang dikemukakan oleh Hanson (2005), yaitu: Orientasi, eksplorasi, pembentukan konsep, aplikasi dan penutup.

Berdasarkan latar belakang di atas, Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui apakah ada perbedaan hasil belajar pada pokok bahasan bentuk molekul antara siswa yang diajar dengan pendekatan inkuiri terbimbing dan dengan pendekatan verifikasi (2) Mengetahui apakah ada interaksi

pengaruh antara pendekatan pengajaran dengan kemampuan pandang ruang terhadap hasil belajar siswa.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain faktorial 2×2 . Desain penelitian memperhatikan adanya variabel moderator yang mempengaruhi perlakuan (variabel bebas) terhadap hasil (variabel terikat). Desain faktorial 2×2 diberikan seperti pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Desain Faktorial 2×2

Variabel moderator	Variabel bebas	
	Pembelajaran Terbimbing (Y_1)	Pembelajaran Verifikasi (Y_2)
Kemampuan Pandang ruang Tinggi (X_1)	X_1Y_1	X_1Y_2
Kemampuan Pandang ruang Rendah (X_2)	X_2Y_1	X_2Y_2

Keterangan :

X_1Y_1 = Hasil belajar siswa yang berkemampuan pandang ruang tinggi dengan Penerapan inkuiri terbimbing

X_1Y_2 = Hasil belajar siswa yang berkemampuan pandang ruang tinggi dengan Penerapan Pembelajaran verifikasi

X_2Y_1 = Hasil belajar siswa yang berkemampuan pandang ruang rendah dengan Penerapan inkuiri terbimbing

X_2Y_2 = Hasil belajar siswa yang berkemampuan pandang ruang rendah dengan Penerapan Pembelajaran verifikasi

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari 2 variabel bebas, variabel moderator dan variabel terikat.

1. Variabel bebas adalah pendekatan pembelajaran yaitu inkuiri terbimbing dan verifikasi
2. Variabel moderator adalah kemampuan pandang ruang
3. Variabel terikat adalah hasil belajar.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa SMA Negeri 1 Situbondo kelas X yang terdiri atas 10 kelas dengan jumlah total 297 siswa.

Sampel penelitian ini adalah siswa kelas X-8 dengan jumlah 29 siswa dan X-10 dengan jumlah 29 siswa. Teknik pengambilan sampel ini dilakukan dengan mengambil subyek penelitian, bukan didasarkan atas strata, random atau daerah tetapi didasarkan atas tujuan tertentu (Arikunto, 2006: 140). Alasan penggunaan teknik ini karena keterbatasan waktu dan kelas telah disusun berdasarkan peraturan sekolah dan tidak boleh diacak.

Instrumen Penelitian

Instrumen pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen pengukuran hasil belajar kognitif dan instrumen pengukuran kemampuan pandang ruang siswa.

Instrumen yang digunakan berupa tes pilihan ganda (*multiple choice*) terdiri dari 35 item tes. Untuk setiap item tes diberikan 5 kemungkinan jawaban dengan satu alternatif pilihan jawaban benar. Untuk jawaban benar diberikan skor 1, sedangkan untuk jawaban salah diberikan skor 0. Setelah instrumen dibuat, dilakukan validasi isi oleh ahli yaitu dua dosen Kimia Universitas Negeri Malang dan satu guru kimia SMA Negeri 1 Situbondo. Uji validitas isi bertujuan mengungkapkan apakah

instrumen tes sudah sesuai untuk mengukur konsep yang ingin diukur. Para validator dalam proses penilaian diberi lembar kisi-kisi instrumen, lembar soal dan lembar validitas instrumen. Lembar validitas instrumen berisi kolom-kolom untuk menilai komunikatif soal dan kesesuaian soal terhadap materi. Validator diminta memberikan catatan perbaikan bila diperlukan. Teknik penskorannya mengikuti beberapa aturan, yaitu (a) skor 1 apabila soal belum sesuai dengan indikator dan bahasanya tidak komunikatif ; (b) skor 2 apabila soal sesuai dengan indikator tetapi bahasa yang digunakan kurang komunikatif ; (c) skor 3 apabila soal sudah sesuai dengan indikator dan bahasanya komunikatif. Kemudian, skor-skor yang diberikan validator dinyatakan dalam persentase dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_n = \frac{\Sigma \text{ soal yang mendapat skor } n}{\Sigma \text{ jumlah soal keseluruhan}} \times 100\%$$

diperoleh hasil validasi soal dengan penilaian skor rata-rata 100%, maka dapat dikatakan bahwa instrumen yang digunakan adalah valid.

Reliabilitas tes menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data karena instrumen itu sudah baik yang diharapkan dapat memperoleh hasil belajar yang sama (Arikunto, 2006:178). Dalam penelitian ini, reliabilitas untuk instrumen tes soal bentuk molekul dihitung dengan menggunakan model *Alpha Cronbach's SPSS 17 for Windows*. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh harga koefisien reliabilitas sebesar 0,83. Dari tabel *r product moment* diketahui bahwa dengan $N = 30$, harga $r_{\text{tabel}} = 0,36$. Karena $r_a > 0,36$, maka instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori reliabel.

Instrumen yang digunakan untuk mengukur kemampuan pandang ruang, yaitu kemampuan siswa mengenali suatu objek/gambar dengan tepat, dalam konteks keruangan. Instrumen ini berasal dari *Lembaga Psikologi Center UM*. Variabel kemampuan pandang ruang tidak dapat dimanipulasi sehingga peneliti hanya mengelompokkan berdasarkan tingkat kemampuan pandang ruang tinggi dan rendah.

Langkah-langkah utama dalam penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut: Mempersiapkan instrumen penelitian. Melakukan uji validitas dan reliabilitas instrument. Menentukan subjek penelitian. Mengatur jadwal pelaksanaan penelitian. Melaksanakan tes kemampuan pandang ruang (oleh PC UM). Pemberian perlakuan pembelajaran inkuiri untuk siswa kelompok eksperimen dan Pendekatan pembelajaran verifikasi untuk kelompok kontrol. Melakukan pengumpulan data dengan tes tertulis. Melakukan analisis data dari hasil tes.

Setelah semua data terkumpul, dibandingkan hasil dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Data yang dianalisis adalah data kemampuan pandang ruang siswa dan data hasil belajar siswa setelah perlakuan. Data Kemampuan pandang ruang siswa dan data hasil belajar sebelum dianalisis diadakan uji persyaratan untuk mengetahui apakah data tersebut dapat digunakan sebagai dasar estimasi dengan uji t-test. Adapun persyaratan tersebut adalah :

Uji Normalitas dan Uji homogenitas

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini menggunakan uji ANAVA dua jalur, yang dihitung dengan program *SPSS 17 for windows*.

HASIL

Data kemampuan pandang ruang siswa diberikan pada Tabel 1. data ini diambil sebelum penelitian

Tabel 4.1. Deskripsi Kemampuan Pandang Ruang

Kemampuan Pandang Ruang	Kelas Eksperimen		Kelas kontrol	
	Jumlah	%	Jumlah	%

Rendah	18	37.9%	8	27.4%
Tinggi	11	62.1%	21	72.4%

Deskripsi mengenai hasil belajar menyajikan mengenai distribusi frekuensi jumlah siswa berdasarkan hasil belajar pada setiap kategori. Penyajian deskripsi dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2. Hasil Belajar kognitif Siswa

Kelompok	Kelas Eksperimen	Kelas kontrol
X	83,3	72,9
N	29	29
Sd	9,2	10,7

Selanjutnya untuk dapat melakukan uji statistik terhadap data hasil penelitian. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis dilakukan dulu uji normalitas dan uji homogenitas untuk mengetahui syarat dilakukannya uji hipotesis. Uji normalitas menggunakan uji normal *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test* dengan taraf signifikansi 95%, dengan menggunakan program *SPSS 17 for windows*. Output dari *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test* ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.4. Ikhtisar Uji Normalitas Hasil Belajar

Kelas	α	Sig	Kriteria	Kesimpulan
Eksperimen	0,05	.079	$\alpha < \text{Sig}$	Normal
Kontrol	0,05	.200	$\alpha < \text{Sig}$	Normal

Berdasarkan Tabel 4.4. diperoleh nilai *signifikansi* kelas eksperimen dan kelas verifikasi $> 0,05$, hal ini menunjukkan bahwa data hasil belajar yang diperoleh dari kelas eksperimen dan kelas kontrol terdistribusi normal. Selanjutnya, dilakukan uji homogenitas varian data hasil belajar.

Uji homogenitas data hasil belajar kedua kelas digunakan uji *Levene* dengan bantuan program *SPSS for Windows versi 17*. Hasil dari uji homogenitas ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.5. Hasil Uji Homogenitas Data Skor Hasil belajar dengan lavene test.

	α	Sig	Kriteria	Kesimpulan
Hasil belajar	0,05	0,157	$\alpha < \text{Sig}$	Homogen

Berdasarkan Tabel 4.6 diatas, diperoleh nilai *Signifikansi* sebesar 0,157, oleh karena nilai *signifikansi* $> 0,05$, yang artinya distribusi data antara kelas eksperimen dan kelas kontrol bersifat homogen atau memiliki varian yang sama.

Hipotesis penelitian 1: ada perbedaan hasil belajar pada pokok bahasan bentuk molekul antara siswa yang diajar dengan pendekatan inkuiri terbimbing dan pendekatan verifikasi diuji melalui hipotesis nol, H_0 : tidak ada perbedaan hasil belajar pada pokok bahasan bentuk molekul antara siswa yang diajar dengan pendekatan inkuiri terbimbing dan pendekatan verifikasi. Ikhtisar hasil pengujian hipotesis diberikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Ikhtisar Hasil Uji Hipotesis Pengaruh Pendekatan Pembelajaran terhadap hasil belajar siswa

	Kriteria	F_{amatan}	$F_{\text{tabel (0,05)}}$	Kesimpulan
Hipotesis 1	$F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$	25,811	3,16	H_0 ditolak/ H_1 diterima

Hasil uji hipotesis seperti diberikan pada Tabel 4.6 sampai pada kesimpulan bahwa H_0 dapat di gagalkan, berarti hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan inkuiri terbimbing lebih tinggi daripada siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan verifikasi.

Hipotesis penelitian 2: tidak ada interaksi antara pendekatan pembelajaran dan kemampuan pandang ruang siswa terhadap hasil belajar siswa diuji melalui hipotesis nol, H_0 : Tidak ada interaksi antara pendekatan pembelajaran inkuiri dan kemampuan pandang ruang siswa terhadap hasil belajar siswa.

Tabel 4.8. Ikhtisar Hasil Uji Hipotesis Interaksi Pendekatan Pembelajaran dengan Kemampuan Pandang Ruang

	Kriteria	F_{amatan}	$F_{\text{tabel (0,05)}}$	Kesimpulan
Hipotesis 3	$F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$	0,47	3,16	H_0 diterima / H_1 ditolak

Hasil uji hipotesis seperti diberikan pada Tabel 4.8 kesimpulannya adalah bahwa H_0 diterima, berarti tidak ada interaksi antara pendekatan pembelajaran inkuiri dengan kemampuan pandang ruang siswa terhadap hasil belajar siswa.

PEMBAHASAN

Hasil belajar dalam penelitian ini berupa hasil belajar kognitif. Hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan, hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan inkuiri terbimbing lebih tinggi dari pada hasil belajar siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan verifikasi.

Didapatkan hasil belajar yang lebih tinggi ini disebabkan ketika siswa dibelajarkan dengan pendekatan inkuiri terbimbing siswa diberikan kesempatan untuk menemukan konsep sendiri dengan bantuan pertanyaan guru. Siswa digiring untuk bisa menjawab pertanyaan dengan benar, sehingga dapat menjelaskan mengapa sesuatu hal bisa terjadi, dapat mencari hubungan satu dengan yang lain hal, mereka juga melakukan kegiatan mengamati bentuk molekul hasil ramalan secara tiga dimensi, menganalisis dan menggambar bentuk molekul yang diperoleh dari hasil praktikum yang mereka lakukan, sehingga dari apa yang diindranya siswa dapat memperoleh suatu pengertian yang ditemukan-nya sendiri. Pengertian yang diperoleh dengan cara seperti ini akan tertanam lama dalam ingatan siswa, yang akibatnya dapat meningkatkan daya ingat siswa. Meningkatnya daya ingat siswa ini ditunjukkan oleh nilai hasil belajar mereka.

Pembelajaran dengan pendekatan inkuiri terbimbing pada penelitian ini, siswa terlihat lebih aktif dalam mengambil inisiatif untuk menanyakan, mencari tahu jawaban dari pertanyaan “mengapa?” menganalisis, memperagakan penjelasan dan menyimpulkan hasil percobaan sehingga pada akhirnya mereka menemukan konsep sendiri. Mereka terlihat lebih bersemangat dalam kegiatan pembelajaran, ini berarti motivasi berfikir mereka juga semakin lebih baik jika dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan verifikasi.

Penelitian ini sesuai dengan kajian beberapa teori bahwa pembelajaran dengan inkuiri terbimbing memiliki keunggulan dalam meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan pembelajaran verifikasi dengan alasan sebagai berikut: 1) cara pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan pembelajaran konstruktivistik yang dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa dalam mempelajari kimia dan dapat mendorong siswa untuk berpikir sendiri, berdiskusi dan menganalisa pada tahap-tahap menanyakan, mencari tahu jawaban dengan melaksanakan eksperimen(dry lab), sehingga dapat menemukan konsep berdasarkan proses dan hasil percobaan . 2) pembelajaran inkuiri terbimbing mengubah pembelajaran yang berpusat pada guru ke pembelajaran yang berpusat pada siswa. Dengan pembelajaran inkuiri terbimbing ini memungkinkan siswa yang kurang pandai dapat terbantu oleh siswa yang lebih pandai, dan cenderung meningkatkan keberanian mereka untuk aktif dalam pembelajaran. 3)Kemampuan bekerjasama dari siswa dalam kelompok pada pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan tuntutan pembelajaran agar mendapatkan pengalaman belajar yang akan berguna dalam kehidupan bermasyarakat saat sekarang maupun dimasa yang akan datang.

Villagonzalo (2014) meneliti tentang perbandingan kinerja siswa selama pembelajaran yang diterapkan model Inkuiri Terbimbing versi Hanson dan model tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang diterapkan model Inkuiri Terbimbing versi Hanson memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang diterapkan pembelajaran konvensional. Sehingga Villagonzalo menyimpulkan bahwa model Inkuiri Terbimbing versi Hanson merupakan suatu model pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan performansi dan kinerja akademis siswa.

Menurut Straumanis²⁸ dijelaskan bahwa kelebihan metode pembelajaran Inkuiri Terbimbing versi Hanson ini adalah peserta didik dapat mengolah informasi, berpikir kritis, memecahkan masalah, komunikasi, kerja sama tim, manajemen dan self-assessment, sedangkan guru itu sebagai fasilitator yaitu mengamati kerja kelompok kognitif maupun dalam ranah afektif. Maka pembelajaran dengan menggunakan Inkuiri Terbimbing versi Hanson ini dapat memberikan kontribusi hasil belajar yang lebih baik sebab di dalam kelas terjadi diskusi antar peserta didik untuk membahas suatu masalah sehingga terjadi interaksi tatap muka dan keterampilan dalam menjalin hubungan interpersonal.

Penerapan model Inkuiri Terbimbing versi Hanson di Indonesia juga menunjukkan hasil positif. Widyaningsih (2012) menyatakan bahwa model Inkuiri Terbimbing versi Hanson memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar kognitif, afektif dan kreatifitas siswa. Ningsih (2012) juga menyatakan bahwa model Inkuiri Terbimbing versi Hanson dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta meningkatkan aspek berhipotesis, menganalisis dan menyimpulkan. Terlihat bahwa berbagai hasil penelitian menunjukkan hasil positif dari penerapan model Inkuiri Terbimbing versi Hanson.

Berdasarkan hasil analisis anava dua jalan menggunakan taraf signifikansi 0,05 diperoleh nilai F_{hitung} lebih kecil dari pada F_{tabel} maka H_0 diterima. Hipotesis terakhir pada penelitian ini untuk mengetahui ada tidaknya interaksi antara cara pengajaran dan kemampuan pandang ruang siswa terhadap hasil belajar kimia khususnya pada materi bentuk molekul. Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tidak ada interaksi antara cara pengajaran dan kemampuan pandang ruang siswa terhadap hasil belajar kimia khususnya pada materi bentuk molekul.

Tidak adanya interaksi antara cara pengajaran dengan kemampuan pandang ruang siswa berarti pembelajaran dengan inkuiri terbimbing memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa. Kemampuan pandang ruang rendah siswa yang diajar dengan cara inkuiri terbimbing memiliki skor hasil belajar rata-rata lebih tinggi dari pada yang diajar dengan cara verifikasi. Hal ini menunjukkan pengaruh cara pengajaran inkuiri terbimbing lebih baik terutama bagi siswa yang memiliki kemampuan pandang ruang rendah. Pada pembelajaran inkuiri terbimbing, siswa akan memperoleh manfaat dari kemampuan pandang ruangnya dan komunikasi antar teman yang akan membentuk pengetahuan mereka sendiri sehingga retensi pengetahuan lebih lama dan mendalam. Menurut hasil penelitian Tiel (2011), Beberapa penyandang *visual spatial learner* (pebelajar yang menggunakan kemampuan pandang ruangnya) bercerita, bahwa jika ia mendengarkan guru memberikan pelajaran yang banyak menggunakan metoda verbal, pada awalnya ia masih bisa mendengarkan tetapi beberapa menit kemudian yang ia lihat hanya mulut gurunya yang komat kamit, dan ia tak tahu lagi apa yang tengah dijelaskan oleh guru. Sehingga tidak heran jika kita sering menerima dugaan bahwa seperti ini adalah penyandang gangguan konsentrasi atau mempunyai rentang perhatian yang rendah, *attentiondeficit disorder* (ADD). Padahal jika ia tengah bermain komputer ia akan sangat intens melakukan konsentrasi. Karena komputer adalah bentuk sarana yang diciptakan oleh kelompok *visual learner* (*visual spatial learner*) dan lebih banyak menggunakan metoda visual. Hal inilah yang perlu menjadi perhatian kita bahwa betapa pentingnya kita menghargai keberadaan siswa. Menurut Silverman (2002) bahwa semakin tinggi inteligensia anak akan lebih ke arah perkembangan *visual spatial learner* yang memiliki ciri-ciri: Secara primer berpikir dalam bentuk imej, mempunyai kekuatan dalam hal visual, mempunyai kemampuan yang baik tentang ruang, mempelajari konsep secara keseluruhan, mampu mempelajari konsep yang rumit secara mudah, tetapi kesulitan dalam pekerjaan yang mudah, melihat gambaran besarnya, kehilangan gambaran detilnya, harus melalui visualisasi untuk mengeja kata-kata, sangat baik dalam visual memory atau memori jangka panjang, mempelajari konsep sekali saja dan mampu menguasai secara permanen; tidak memerlukan pengulangan-pengulangan, membangun metoda pemecahan masalah dengan caranya sendiri, sangat baik dalam melihat berbagai hubungan.

Berdasarkan hal tersebut diatas, sangat penting sekali kita memperhatikan jenis kecerdasan (kemampuan) yang dimiliki oleh siswa sehingga dapat menyesuaikan cara pembelajaran yang tepat bagi mereka, agar diperoleh pemahaman yang lebih baik dan tertanam lebih lama dalam ingatan mereka.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil belajar siswa yang diajar menggunakan cara inkuiri terbimbing lebih tinggi dari pada hasil belajar siswa yang diajar dengan cara verifikasi.
2. Tidak ada interaksi antara cara pembelajaran dengan kemampuan pandang ruang siswa.

Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil penelitian tersebut, dapat diajukan saran-saran kepada pihak-pihak yang berkepentingan di bawah ini. Adapun saran-saran yang perlu peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Kepada guru agar lebih sering memanfaatkan penggunaan pendekatan inkuiri terbimbing, karena terbukti mampu mendorong situasi belajar yang lebih bermakna dan dapat memunculkan kecakapan hidup (*life skill*) yang dimiliki siswa.
2. Kepada guru agar memanfaatkan data kecerdasan ganda yang dimiliki siswa sebagai dasar dipilihnya cara pengajaran yang tepat untuk meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Abraham, Michael R. and Pavelich J. Michael. 1979. *Inquires into Chemistry*. Illinois: Waveland Press Inc.
- Ahmadi, Abu dan Joko Tri Prasetya. *Strategi Belajar Mengajar*. Bandung : Pustaka Setia
- Alias. M.: Black. T, R.: dan Gray, D. E. (2002). *Effect of Instruction on Spatial Visualization Ability in Civil Engineering Students*, International Education Journal Vol. 3, No. 1. 2002. Online. <http://iei.cjb.net> diakses tgl. 10 Januari 2013
- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Bumi Aksara
- Asrori, Muhammad. 2007. *Pskologi Pembelajaran*. Bandung : Wacana Prima
- Azwar, S. (2008). *Penyusunan Skala Psikologi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Azwar, Saifiiddin, 2003, *Reliabilitas dan Validitas*, Yogyakarta ,Pustaka Pelajar
- Azwar. S. (2008). *Penyusunan Skala Psikologi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Barke. H. D. dan Engida, T. (2001). *Structural Chemistry and Spatial Ability- in Different Cultures*, Research in Europe: University of Muenster
- Black, A. A. (2005). *Spatial Ability and Earth Science Conceptual Understanding*. Springfield: Missouri State University tersedia: aab208f@smsu.edu diakses tgl. 10 Januari 2013
- BNSP. 2006a. *Petunjuk Teknis Pengembangan Silabus dan Contoh Model Silabus SMK* . Jakarta: Depdiknas.
- BNSP. 2006b. *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Depdiknas.
- Campbell, L., Campbell, B., dan Dickinson, D. 2002. *Multiple Intelligences: Metode Terbaru Melesatkan Kecerdasan*. Depok: Inisiasi Press.
- Chatib, Munif. 2010. *Sekolahnya Manusia: Sekolah Berbasis Multiple Intelligences di Indonesia*. Bandung: Kaifa.
- Clements, D. H. dan Battista, M. T. (1992). *Geometry and Spatial Reasoning. Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, editor:Douglas A. Grouws. New York: Macmillan Library Reference
- Dahar, R. W. 1989. *Teori-teori Belajar*. Jakarta : Erlangga

- Dasna, I.W. & Sutrisno. 2006. *Model-model Pembelajaran Konstruktivistik dalam Pembelajaran Sains-Kimia*. Malang: Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang.
- Dasna, I.W. 2008. *Pembelajaran Berbasis Masalah*. Makalah tidak diterbitkan. Malang: FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Depdiknas. 2003. *Standar Kompetensi Mata Pelajaran Kimia Sekolah Menengah Atas dan Madrasah Aliyah*. Pusat Kurikulum, Balitbang Depdiknas.
- Depdiknas. 2006. *Permendiknas No 22, 23, 24 Th. 2006. Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Depdiknas.
- Deratzou, Susan Sheila Vaidya. 2006. A Qualitative Inquiry into the Effects of Visualization on High School Chemistry Students' Learning Process of Molecular Structure. Thesis. Drexel University: Pensilvania. Tesis diterbitkan online http://dspace.drexel.edu/bitstream/1860/1217/Deratzou_susan.pdf diakses 10 Januari 2012
- Desmita. 2008. *Psikologi Perkembangan*. Bandung: Rosda
- Ditjen Dikti. 2007. *Pembelajaran Inovatif & Partisipatif*. Jakarta. Direktorat Pembinaan Pendidikan Tenaga Kependidikan dan Ketenagaan Perguruan Tinggi
- E. Mulyasa. 2003. *Kurikulum Berbasis Kompetensi. Konsep; Karakteristik dan Implementasi*. Bandung : P.T. Remaja Rosdakarya.
- Effendy. 2010. *Teori VSEPR, Kepolaran dan gaya antar Molekul (Edisi 3)*. Malang : Bayu Media
- Erman dan Mintarto, E. 2006. *Memacu Kemampuan Berpikir Formal Siswa Melalui Pembelajaran IPA Sejak Dini*. Laporan Penelitian FIK Unesa. www.unesa.ac.id/.../Memacu_Kemampuan_Berpikir_Formal_Siswa_Melalui_Pembelajaran_IPA_Sejak_Dini.pdf Diakses 10 Januari 2013
- Fudyartanta, Ki. 2004. *Tes Bakat dan Perskalaan Kecerdasan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gardner. D. V. (2006). Spatial Visualization, Visual Imagery, and Mathematical Problem Solving of Students with Varying Abilities. *Journal of Learning Disabilities*, Vol. 39 no. 6. December 2006 p. 496-506
- Giaquinto (2007). *Visual Thinking in Mathematics An epistemológica! study*. New York: Oxford University Press
- Gutierrez, A. (1997). Visualization in 3-Dimensional Geometry. In Search of a Framework Valencia (Spain): Universidad de Valencia
- Hanson DM. 2006. *Instructor's Guide to Process-Oriented Guided-Inquiry Learning*. Lisle: Pacific Crest.
- Hannafin, R. D.: Mary. P. Tnixaw; Jennifer, R. V.: dan Yingjie, L. (2008). *Effects of Spatial Ability and Instructional Program on Geometry Achievement*. University of Connecticut, Online: robeit.hannafin@uconn.edu diakses tgl. 18 Maret 2013
- Hegarty. M. dan Maria, K.. (1999). Types of Visual-Spatial Representations and Mathematical Problem Solving. *Journal of Educational Psychology* Vol. 91 No. 4. 684-689. Tersedia: hegarty@psvch.ucsb.edu diakses tgl. 18 Maret 2013
- Hindun dan Liliasari. 2002. *Pengembangan Model-model Pembelajaran IPA pada Pendidikan Dasar untuk Meningkatkan Keterampilan Guru*. Laporan Penelitian, Hibah Bersaing. Jakarta: DIKTI.
- Kean, E & Middle Camp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta : Gramedia
- Lindawati, Sri. 2010. *Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman dan Matematis Siswa Sekolah Menengah Pertama*. (http://abstrak.digilib.upi.edu/Direktori/TESIS/PENDIDIKAN_MATEMATIKA/0809421_%20SRI%20LINDAWATI/T_MTK_0809421_Chapter1.pdf). diakses 3 Desember 2012
- Manohar, Uttara. 2008. *Reciprocal Teaching Strategies*. <http://www.buzzle.com/articles/reciprocal-teaching-strategies.html> diakses pada tanggal 12 Januari 2013
- Margono. 2009. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Rhineka Cipta.
- Meitarini, Ratna. 2008. *Pengaruh Pendekatan Inkuiri Terbimbing (guided inquiry) dalam Pembelajaran Ilmu Kimia terhadap Prestasi Belajar dan Persepsi siswa kelas XI-IPA SMAN*

- 2 Malang pada materi larutan asam-basa. Skripsi tidak diterbitkan. Malang Jurusan Kimia FPMIPA UM.
- Moehnilabib., Mukadis, A., Ibnu, S., Suparno. & Rof'iuddin. 1997. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian*. Malang: Lembaga Penelitian IKIP Malang.
- Moleong, L.J. 2010. *Metodology Penelitian Kualitatif*. Bandung. Remaja Rosdakarya
- Muhail . 2010. *Pembelajaran Kimia Melalui Model STAD dengan menggunakan Media Elektronik dan Alat Sederhana ditinjau dari kemampuan pandang ruang (spasial) dan Kemampuan Memori (Studi Kasus Pembelajaran Bentuk Molekul (Ikatan Kimia) kelas XI IPA semester 1 SMA Negeri 1 Pecangaan Tahun Pelajaran 2009/2010)*. Abstrak Tesis : Program Studi Pendidikan Sains, Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. (<http://pasca.uns.ac.id/?p=839>, diakses 3 Februari 2012.
- Mukhadis, A. 2002. Dialektika Pembelajaran Berbasis Eksplorasi Masalah dan Penelitian Tindakan Kelas di Sekolah Menengah Kejuruan Tipikal Teknologi Industri. *Jurnal Teknobel*. Malang: Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Malang.
- Nasution. 2009. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Nemeth, B. (2007). Measurement of the Development of Spatial Ability! by Mental Cutting Test. *Amiales Mathematicae et Infonnaticae* 34 pp. 123-128 tersedia: <http://www.ektf.hu/tanszek/matematika/ami>. diakses tgl. 10 Januari 2013
- Nurhadi.dkk (2004). *Pembelajaran Kontekstual dan Penerapannya dalam KBK Malang*: UM Press.
- Olkun. S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering DrawingActivities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*. Tersedia: <http://www.ex.ac.uk/cimt/ijmtl/ijabout>. diakses tgl. 10 Januari 2013
- Orlich, et al. 1998. *Teaching Strategy: A Guide to Better Instruction*. New York: Houghton Mifflin Company.
- Paulina, P. 2001a. *Konstruktivisme dalam Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Depdiknas
- Paulina, P. 2001b. *Penulisan Bahan Ajar*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Depdiknas

**PROSPEK TEKNIK *CERTAINTY OF RESPONSE INDEX* (CRI) TERMODIFIKASI
DALAM MENGIDENTIFIKASI MISKONSEPSI DAN TEKNIK *ARGUMENT
DRIVEN INQUIRY* (ADI) DALAM MEMPERBAIKI MISKONSEPSI PADA MATERI
ASAM-BASA**

Anjamputra A. Embisa*, Subandi, dan Fauziatul Fajaroh
S2 Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No 5 Malang

*Corresponding author's: poetra.embisa@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pembelajaran asam-basa sering terjadi miskonsepsi, tetapi untuk mengidentifikasinya tidaklah sederhana. Beberapa teknik untuk mengidentifikasi miskonsepsi telah sering dilakukan, tetapi teknik CRI sebagai teknik dalam mengidentifikasi miskonsepsi dan teknik (ADI) dalam memperbaiki miskonsepsi masih jarang dilakukan. Beberapa keunggulan dari teknik CRI adalah dapat mengidentifikasi siswa yang paham konsep, salah konsep, dan tidak paham konsep, namun teknik ini dirasa tidak cocok untuk diterapkan di Indonesia, karena karakteristik siswa Indonesia yang cenderung tidak percaya diri dengan jawabannya. Untuk mengatasi hal tersebut, Hakim *et al* (2012) mengembangkan teknik CRI termodifikasi yang merupakan gabungan dari CRI dengan teknik pengumpulan data pilihan ganda dan alasan terbuka.

Disisi lain model pembelajaran ADI memberi kesempatan untuk terlibat dalam sains dengan banyak aktivitas seperti inkuiri, argumentasi dan menulis. Sebagai contoh, keterlibatan dalam inkuiri, siswa melakukan eksperimen, membuat observasi, menggambar grafik dan lain sebagainya, serta mengumpulkan data dengan tujuan menjelaskan fenomena. Selanjutnya, sesi argumentasi mendorong siswa untuk berinteraksi dengan teman dan berkontribusi untuk meningkatkan interaksi sosial. Hal ini sesuai dengan karakteristik materi asam-basa.

Tujuan dari penulisan makalah ini ialah untuk mengetahui prospek teknik CRI termodifikasi dalam menemukan miskonsepsi pada materi asam-basa dan mengetahui prospek model ADI dalam memperbaiki kesalahan konsep asam-basa. Kajian ini bersifat deskriptif dan merupakan kajian literatur yang dilengkapi dengan pengalaman pribadi dalam pembelajaran asam-basa.

Kata kunci : Miskonsepsi, *Certainty of Response Index* (CRI), *Argument Driven Inquiry* (ADI), Asam-Basa.

ABSTRACT

Misconceptions of the acid-base learning is often the case, but to identify it is not as simple as expected. Some techniques to identify misconceptions have often done, but the CRI technique as a technique to identify misconceptions and ADI Learning Model in misconceptions remedial is still rarely performed. Some of the advantages of the CRI technique is able to identify students who: understand the concept, misconception, and do not understand the concept, due to the characteristics of Indonesian students who tend to be confident with the answer, however, the effectiveness of technique is still need to be revised for Indonesian students,. To overcome this, Hakim *et al* (2012) has developed a modified CRI technique which is a combination of CRI with data collection techniques of multiple-choice with open reasoning.

ADI learning model provides an opportunity to engage in science with many activities such as inquiry, argumentation and writing. For example, the involvement of inquiry, students conduct experiments, make observations, draw graphs and other collected data, to explains the phenomenon.

Furthermore, the argument session encourages students to interact with friends and contribute to improving social interaction. This is in accordance with the characteristics of acid-base topic.

The purpose of this paper is to know the prospects of CRI modified technique in finding misconceptions on acid-base content and know the prospects of ADI models in fixing the concept of acid-base error. This is a descriptive study and a review of the literature that comes with personal experience in learning the acid-base.

Keywords: Misconceptions, Certainty of Response Index (CRI), Argument Driven Inquiry (ADI), Acid-Base

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari sifat dan perubahan zat, hukum, dan prinsip yang berkaitan dengan perubahan zat serta teori yang menafsirkan perubahan tersebut (Slaubough & Parsons, 1976). Materi kimia yang sangat luas menyebabkan kimia mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi. Hal ini disebabkan ilmu kimia memiliki beberapa karakteristik, antara lain: (1) sebagian besar konsep kimia bersifat abstrak, (2) konsep-konsep kimia pada umumnya merupakan penyederhanaan dari keadaan sebenarnya, (3) konsep dalam kimia bersifat berurutan dan berkembang dengan cepat, (4) ilmu kimia tidak hanya sekedar memecahkan soal-soal, (5) bahkan yang harus dipelajari dalam kimia sangat banyak (Kean & Middlecamp, 1985).

Tabar dalam Sirhan (2007) mengungkapkan bahwa kurikulum kimia menggabungkan banyak konsep abstrak yang selanjutnya akan dipelajari baik di kimia maupun ilmu pengetahuan lainnya. Dengan begitu, maka memungkinkan bila pada proses belajar akan muncul berbagai tanggapan dari peserta didik terkait materi yang di sampaikan. Adanya berbagai tanggapan ini disebabkan karena setiap anak memiliki daya tangkap yang berbeda. Seorang pengajar tidak dapat memaksakan seluruh peserta didik untuk paham seperti mereka, karena pengetahuan tidak didapatkan langsung dengan transfer pengetahuan dari pengajar kepada peserta didik (Iskandar, 2011).

Hasil belajar kimia siswa yang tidak sesuai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) di sekolah, menjadi bahan pertimbangan guru untuk menganalisis kemampuan siswa dalam memahami konsep kimia. Adapun hasil wawancara guru kimia di SMAN 9 Ternate, menerangkan bahwa pencapaian hasil ulangan harian kimia siswa pada materi asam basa tidak lebih dari 50% untuk memenuhi KKM yang telah ditentukan, agar siswa dapat memperoleh hasil belajar melebihi KKM, maka siswa perlu diberikan remedial. Penelitian kesalahan konsep pada materi asam basa telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Khariani (2006) dalam penelitian terhadap siswa SMAN 4 Malang menemukan bahwa: 54,4% siswa mengalami kesalahan konsep pada asam-basa Bronsted-Lowry; 56,6 % siswa mengalami kesalahan konsep pada asam-basa konjugat; 49,9% siswa mengalami kesalahan konsep pada kekuatan asam-basa; dan 16,2% siswa mengalami kesalahan konsep pada spesies-spesies dalam larutan asam basa.

Menurut Nakhleh (1992) kesulitan-kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar dengan tepat akan menghambat siswa dan mahasiswa mengkaitkan konsep-konsep dasar tersebut dengan konsep-konsep lain yang berkaitan. Kondisi ini dapat memungkinkan timbulnya pemahaman yang salah terhadap suatu konsep. Kesulitan tersebut memungkinkan untuk dipahaminya konsep-konsep kimia secara tidak tepat oleh siswa yakni tidak sesuai dengan pemahaman yang secara umum diterima oleh masyarakat ilmiah (Helm, 1980; Hewson & Hewson, 1984). Pemahaman yang tidak tepat ini dapat berlangsung secara sporadis atau konsisten. Pemahaman tidak tepat yang berlangsung secara konsisten disebut dengan miskonsepsi (Effendy, 2002). Dampaknya, hasil belajar siswa menjadi rendah (Sendur & Toprak, 2013).

Kesulitan dalam pembelajaran kimia juga dapat disebabkan oleh faktor lain yaitu situasi belajar mengajar di kelas, strategi pembelajaran yang digunakan guru, kesiapan siswa dan konsep-konsep kimia itu sendiri (Kirkwood & Symington, 1996). Menurut Suparno (2005) ada lima hal yang menjadi penyebab miskonsepsi yaitu siswa, guru, buku teks, konteks, dan metode mengajar. Oleh karena itu, pembelajaran dan penilaian hasil belajar kimia harus memperhatikan karakteristik ilmu kimia sebagai proses (yaitu kerja ilmiah) dan produk (yaitu pengetahuan kimia yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) yang melibatkan keterampilan dan penalaran. Dalam hal ini, guru

tidak hanya menjelaskan materi tetapi menstimulus siswa agar dapat bernalar dan menghasilkan keterampilan-keterampilan yang harus dimiliki siswa (Depdiknas, 2006).

Materi asam basa adalah salah satu materi kimia yang sering mengalami miskonsepsi, alasannya karena materi asam basa sangat kompleks yang berhubungan dengan beberapa materi penting lainnya, seperti stoikiometri, kesetimbangan, buffer, hidrolisis, dan materi titrasi asam basa. Kompleksnya materi asam basa dipertegas oleh Artdej *et al* (2010), dan Sesen & Tarhan (2011) bahwa pemahaman asam basa bersifat menyeluruh pada beberapa materi bahasan penting kimia termasuk kesetimbangan kimia, reaksi kimia, stoikiometri, hakikat materi, dan larutan. Mengingat bahwa miskonsepsi sangat sukar dihilangkan (Yuruk, 2007; Iskandar, 2011) maka dapat dikatakan bahwa penelitian tentang miskonsepsi sangat penting terkait upaya mencegah miskonsepsi yang berlangsung secara konsisten.

Pendekatan pembelajaran yang masih sering digunakan oleh guru di beberapa sekolah adalah metode konvensional (teacher center). Pembelajaran konvensional yaitu pembelajaran yang membuat pendidik sebagai tokoh utama di dalam kelas. Kelebihan dari metode ini menurut Gayles (2012) di antaranya (1) menghidupkan gagasan-gagasan yang terkesan kaku ketika hanya disajikan dalam sajian cetakan; (2) berfungsi untuk menyelaraskan pemikiran seluruh siswa pada tujuan tertentu sambil memberikan klarifikasi dan penekanan pada konsep-konsep penting; (3) dapat disesuaikan dengan karakter, kebutuhan, minat, kemampuan, dan pengetahuan awal siswa serta isu-isu terkini; (4) efektif dari segi waktu dan bahan.

Kurniati dan Wahyuningrum (2011) menyatakan bahwa “ilmu kimia tumbuh dan berkembang melalui eksperimen, sehingga pembelajaran kimia di sekolah perlu dilakukan dengan kegiatan praktikum. Melalui kegiatan praktikum dapat memberikan pengalaman langsung sebagai hasil pembelajaran bermakna dan membangkitkan minat belajar serta memberikan bukti-bukti bagi kebenaran teori yang telah dipelajari siswa. Sehingga, keberadaan laboratorium di sekolah dibutuhkan untuk menunjang proses pembelajaran dan dapat membentuk sikap ilmiah siswa (Anderson, 2001). Panduan praktikum kimia yang digunakan sebaiknya berbasis inkuiri terbimbing karena memiliki beberapa langkah yang sesuai dengan kegiatan praktikum. Inkuiri terbimbing menjadikan siswa melakukan proses dan menemukan dengan bantuan guru sebagai fasilitator (Sulistina, 2010). Menurut Dimiyati dan Mudjiono (2006), pembelajaran inkuiri terbimbing dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mempelajari cara menemukan fakta, konsep, dan prinsip melalui keterampilan berpikir dan ilmiah. Kegiatan praktikum berbasis inkuiri terbimbing merupakan kegiatan laboratorium yang membangun pengetahuan kognitif siswa, mengembangkan sikap afektif siswa dan melatih kemampuan aspek psikomotorik siswa untuk mendapatkan pengalaman belajar secara langsung. Strategi belajar konstruktivis menyarankan untuk menggunakan aktivitas berbasis inkuiri karena dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis siswa dan pemahaman konsep dalam belajar sains (Chiappetta & Adams, 2004). Inkuiri dapat disisipkan dalam berbagai metode pembelajaran (Keys & Bryan, 2000).

Inkuiri adalah suatu proses untuk memperoleh dan mendapatkan informasi dengan melakukan observasi atau eksperimen untuk mencari jawaban atau memecahkan masalah, dengan menggunakan kemampuan berpikir kritis dan logis. Siswa yang melakukan eksperimen akan mendapatkan kesempatan untuk mengamati sendiri proses kimia yang terjadi, mengambil kesimpulan terhadap peristiwa yang dihadapi dan memverifikasi konsep-konsep yang telah dikenalnya (Barnea, Dori & Hofstein, 2010; Sihaloho, 2008; Smasal, 2005). National Science Teacher Association (Wenning, 2011) menjelaskan bahwa inkuiri ilmiah adalah cara yang sangat kuat untuk memahami konten sains. Siswa belajar bagaimana memberikan pertanyaan dan menggunakan bukti untuk menjawabnya. Dalam proses pembelajaran, siswa belajar untuk mengadakan investigasi dan mengumpulkan bukti dari berbagai sumber, mengembangkan penjelasan dari informasi yang diperoleh, dan mengkomunikasikan serta mempertahankan kesimpulan mereka.

Selain model pembelajaran, banyak kajian yang menekankan pentingnya argumentasi sains untuk memahami pengetahuan sains dalam pendidikan sains (Driver et al., 1994; Dushcl & Osborne, 2002; Mason, 1996). Kajian ini menekankan pentingnya argumentasi saintifik dalam belajar sains dan itu akan mendukung serta meningkatkan lingkungan belajar (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Kelly, Druker & Chen, 1998). Argumentasi saintifik memiliki cara yang sama dengan teori konstruktivisme sosial yang memandang belajar sebagai proses sosial. Teori belajar ini muncul

karena aktivitas melalui interaksi dengan orang lain (Schunk, 2008). Penggunaan teori konstruktivis sosial dalam pembelajaran melibatkan interaksi antar teman sebaya dan petunjuk guru juga proses argumentasi saintifik.

Argumentasi adalah tujuan utama pendidikan sains yang melibatkan siswa dalam praktek ilmiah yang kompleks untuk membangun dan membenarkan klaim pengetahuan (Duschl, 2008). Argumentasi mengacu pada proses membangun pendapat (claim) yang didasari data, melalui warrant sebagai justifikasi, sehingga klaim yang dikemukakan menjadi akurat dan tak terbantahkan kebenarannya. Billig dan Kuhn (Osborne, 2010) menyatakan bahwa argumentasi merupakan proses berpikir yang dapat dikembangkan melalui penalaran siswa dalam kegiatan diskusi kelompok. Melalui argumentasi, siswa terlibat dalam memberikan bukti, data, serta teori yang valid untuk mendukung pendapat (klaim) mereka terhadap suatu permasalahan.

Kajian model pembelajaran Argument-Driven Inquiry (ADI) yang digunakan adalah kombinasi argumentasi sains dan inkuiri (Walker, Sampson, Grooms, Zimmerman, & Anderson, 2012; Walker, Sampson, & Zimmerman, 2011). Model pembelajaran ADI adalah praktikum berdasarkan model yang memasukan inkuiri dan eksplorasi dalam pendidikan sains yang menyokong pentingnya argumentasi dalam sains (Osborne, Simon, Christodoulou, Howell- Richardson, & Richardson, 2012; Walker et al., 2012). Model ini memberikan pandangan luas dengan mengombinasikan argumentasi dalam praktikum berdasarkan pembelajaran (Walker & Sampson, 2013). Model pembelajaran ADI bersumber dari teori konstruktivis sosial karena ADI meningkatkan berpikir kritis dan keterampilan penalaran melalui inkuiri berbasis aktivitas pratikum melalui kerja kelompok (Walker & Sampson, 2013). Model pembelajaran ini memberikan siswa kesempatan untuk mengembangkan metode saintifik yang bertujuan mengumpulkan data, mendesain dan melakukan penyelidikan dan menggunakan data yang diperoleh untuk menjawab pertanyaan penelitian dan review teman sebaya (Sampson, Grooms, & Walker, 2011).

Sampson, Grooms, & Walker (2009) serta Walker, Sampson, & Zimmerman (2011) menjelaskan proses ADI yang terdiri dari tujuh langkah berikut: (1) Identifikasi tugas atau pertanyaan penelitian, (2) Menghasilkan data melalui observasi dan eksperimen sistematis, (3) Menghasilkan argumen sementara, (4) Sesi argumentasi, (5) Menulis laporan investigasi, (6) Tinjauan (review) teman sebaya, dan (7) Revisi laporan berdasarkan review teman sebaya. Model pembelajaran ADI memberikan siswa kesempatan untuk terlibat dalam sains dengan banyak aktivitas seperti inkuiri, argumentasi dan menulis. Sebagai contoh, keterlibatan dalam inkuiri, siswa melakukan eksperimen, membuat observasi, menggambar grafik dan lain-lain serta mengumpulkan data dengan tujuan menjelaskan fenomena alam. Hal lainnya, selama argumentasi saintifik, siswa menghasilkan klaim dan mendukung klaim mereka dengan alasan dan bukti yang mereka kumpulkan selama investigasi. Sehingga siswa dapat mengembangkan argumen saintifik yang lebih baik untuk mendukung penjelasan berkaitan dengan fenomena alam (Groom, 2011). Selanjutnya, sesi argumentasi mendorong siswa untuk berinteraksi dengan teman dan berkontribusi untuk meningkatkan interaksi sosial. Dengan memperhatikan proses menulis sains, siswa belajar untuk meletakkan kata-kata apa yang mereka pikir jelas dan gagasan nyata kepada yang lain (Walker et al, 2012). Pada penelitian terbaru, model pembelajaran ADI meningkatkan kesempatan siswa untuk terlibat dalam argumentasi dan inkuiri sains yang digunakan.

Prospek dari kajian ini adalah untuk menganalisis miskonsepsi siswa pada materi asam basa dengan teknik *Certainty of Response Index* (CRI) yang dikembangkan oleh Hasan et al (1999) untuk mengidentifikasi siswa yang salah konsep sekaligus untuk membedakannya dengan siswa yang paham konsep dan tidak paham konsep, kemudian memperbaikinya dengan menggunakan model pembelajaran ADI.

METODE

Kajian ini bersifat deskriptif dan merupakan kajian literatur yang dilengkapi dengan pengalaman pribadi dalam pembelajaran asam-basa.

Teori Miskonsepsi

Pemahaman setiap orang terhadap suatu konsep berbeda dan tafsiran seseorang terhadap suatu konsep disebut dengan konsepsi, namun tafsiran tersebut terkadang salah dan hal inilah yang disebut

miskonsepsi Van den Berg dalam Adisendjaja dan Romlah (2007). Menurut Yuyu (dalam Rahayu, 2011) konsepsi yang dimiliki mahasiswa terkadang tidak sesuai dengan konsepsi yang dimiliki oleh para ilmuwan. Jika konsepsi yang dimiliki mahasiswa sama dengan konsepsi yang dimiliki para ilmuwan, maka konsepsi tersebut tidak dapat dikatakan salah. Namun jika konsepsi yang dimiliki mahasiswa tidak sesuai dengan konsepsi para ilmuwan, maka mahasiswa tersebut dikatakan mengalami miskonsepsi.

Miskonsepsi dapat diartikan sebagai perbedaan pemahaman antara apa yang dipahami siswa dengan yang dimaksudkan dalam buku acuan atau masyarakat ilmiah (Ibnu, 1989). Menurut Suparno (2005;4) miskonsepsi menunjuk pada suatu konsep yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah atau pengertian yang diterima para pakar dalam bidang itu. Abraham et al, (1992) menggolongkan derajat pemahaman siswa menjadi enam kategori berdasarkan soal yang diberikan padanya yaitu: (1) Tidak ada respon, dengan kriteria tidak menjawab dan atau menjawab “saya tidak tahu”; (2) Tidak memahami, dengan kriteria mengulang pertanyaan, menjawab tetapi tidak berhubungan dengan pertanyaan dan atau jawaban tidak jelas; (3) Miskonsepsi, dengan kriteria menjawab tetapi penjelasannya tidak benar atau tidak logis; (4) Memahami sebagian dan terjadi miskonsepsi, dengan kriteria jawaban menunjukkan ada konsep yang dikuasai, namun ada pernyataan yang menunjukkan miskonsepsi; (5) Memahami sebagian, dengan kriteria jawaban menunjukkan hanya sebagian konsep yang dipahami tanpa miskonsepsi; (6) Memahami konsep, dengan kriteria jawaban menunjukkan konsep dikuasai dengan benar.

Selanjutnya derajat pemahaman 1 dan 2 dikategorikan tidak memahami, 3 dan 4 termasuk miskonsepsi, 5 dan 6 termasuk memahami. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan Feldsine, 1987 (dalam Salirawati, 2010) bahwa miskonsepsi sebagai suatu kesalahan akibat hubungan tidak benar antara konsep, dan pendapat Fowler & Jaoude, 1987 (dalam Salirawati, 2010) yang menyatakan salah satu bentuk miskonsepsi adalah adanya hubungan hirarkhis konsep-konsep yang tidak benar.

Certainty of Response Index (CRI)

Certainty of Response Index (CRI) merupakan suatu teknik yang dikembangkan oleh Hasan *et al* (1999) untuk mengidentifikasi siswa yang salah konsep sekaligus untuk membedakannya dengan siswa yang paham konsep dan tidak paham konsep. Teknik ini mencerminkan ukuran tingkat keyakinan/kepastian siswa dalam menjawab setiap pertanyaan yang diberikan. Dalam menjawab soal, siswa diminta untuk memilih jawaban yang tepat dari pilihan yang telah disediakan dan memberikan nilai tingkat kepastian dalam memberikan jawaban tersebut.

Seorang siswa yang paham konsep, salah konsep atau tidak paham konsep dapat dibedakan secara sederhana dengan membandingkan benar/tidaknya jawaban dan tinggi/rendahnya kepastian jawaban yang diberikan (Tayubi, 2005). Kepastian jawaban siswa/CRI dinyatakan dalam skala Likert antara 0 sampai 5. Kriteria CRI disajikan dalam tabel 2.2.

Tabel. Kriteria CRI

CRI	Kriteria Jawaban
0	Semata-mata diterka (totally guessed)
1	Hampir diterka (almost guessed)
2	Tidak yakin (not sure)
3	Yakin (sure)
4	Hampir pasti (almost certain)
5	Pasti (certain)

Hasan *et al* (1999)

Rendahnya derajat kepastian yang diberikan (CRI 0 – 2) mengindikasikan bahwa faktor terkaan memainkan peran yang signifikan dalam menentukan jawaban. Tanpa memandang benar atau salahnya jawaban yang diberikan siswa, rendahnya nilai CRI menunjukkan bahwa siswa hanya menebak jawaban semata atau dengan kata lain siswa tidak paham (lack of knowledge) dengan konsep yang ditanyakan. Sebaliknya, tingginya nilai CRI yang diberikan (3–5) menandakan siswa percaya diri dengan jawabannya. Hal ini mengindikasikan bahwa kebenaran konsep yang dimiliki siswa telah

teruji (justified) dengan baik. Namun jika jawaban yang diberikan salah, tingginya kepercayaan diri siswa dalam menjawab pertanyaan menunjukkan bahwa siswa memiliki kesalahan konsep. Secara lebih ringkas, tabel 2.2 menampilkan matriks pengambilan keputusan siswa.

Tabel. Matriks pengambilan keputusan

Jawaban	CRI Rendah ($< 2,5$)	CRI Tinggi ($> 2,5$)
Benar	Tidak paham konsep (kebenaran pemilihan jawaban dikarenakan faktor keberuntungan)	Menguasai konsep dengan baik
Salah	Tidak paham konsep	Salah konsep

(Hasan *et al*, 1999)

Meskipun teknik CRI memiliki kelebihan dalam membedakan antara siswa yang paham konsep, salah konsep dan tidak paham konsep, teknik CRI tidak cocok untuk diaplikasikan di Indonesia (Hakim *et al*, 2012). Hal tersebut terjadikarena sifat/karakter siswa-siswa di Indonesia yang cenderung kurang percaya diri atas jawaban yang diberikan. Siswa yang dapat menjawab soal dengan benar namun tidak yakin terhadap jawabannya sendiri akan tergolong ke dalam siswa yang tidak paham konsep. Kebenaran pilihan jawaban yang diberikan akan dianggap sebagai hasil terkaan saja.

Guna mengatasi permasalahan tersebut, Hakim *et al* (2012) mengembangkan teknik CRI termodifikasi. Teknik ini merupakan gabungan dari teknik CRI dan teknik pengumpulan data pilihan ganda dengan alasan terbuka. Di jawaban soal, selain diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dan memberikan nilai CRI, siswa juga diminta memberikan alasan dalam memilih jawaban dan alasan yang benar meskipun ia tidak yakin dengan jawabannya, akan tetap dikategorikan sebagai siswa yang paham konsep.

Pada penggunaan teknik CRI termodifikasi, siswa dikatakan paham jika siswa memilih jawaban yang benar, alasan yang benar, dan nilai CRI yang diberikan lebih dari 2,5. Selain itu siswa yang memberikan jawaban dan alasan yang benar, serta nilai CRI yang kurang dari 2,5 juga dikategorikan sebagai siswa yang paham konsep. Siswa dikategorikan salah konsep jika: (1) siswa memberikan jawaban yang salah dengan alasan benar dan nilai CRI yang diberikan lebih dari 2,5, (2) siswa memberikan jawaban yang salah dengan alasan salah dan nilai CRI yang diberikan lebih dari 2,5, dan (3) siswa memberikan jawaban yang benar dengan alasan yang salah dan nilai CRI yang diberikan lebih dari 2,5. Siswa termasuk ke dalam golongan siswa yang tidak paham konsep jika :

- (1) siswa menjawab salah dengan alasan benar namun nilai CRI kurang dari 2,5.
- (2) siswa menjawab salah dengan alasan salah dan nilai CRI kurang dari 2,5, serta
- (3) siswa menjawab benar dengan alasan salah dan nilai CRI kurang dari 2,5.

Tabel berikut menampilkan ketentuan CRI termodifikasi untuk berbagai kemungkinan jawaban yang diberikan.

Tabel ketentuan CRI untuk masing-masing jawaban

Jawaban	Alasan	Nilai CRI	Kategori
Benar	Benar	$> 2,5$	Paham konsep dengan baik
Benar	Benar	$< 2,5$	Paham konsep namun tidak percaya diri dengan jawaban yang berikan
Benar	Salah	$> 2,5$	Salah konsep
Benar	Salah	$< 2,5$	Tidak paham konsep
Salah	Benar	$> 2,5$	Salah konsep
Salah	Benar	$< 2,5$	Tidak paham konsep
Salah	Salah	$> 2,5$	Salah konsep
Salah	Salah	$< 2,5$	Tidak paham konsep

(Hasan *et al*, 2012)

Argument Driven Inquiry (ADI)

Model pembelajaran ADI mulai dikembangkan terhadap mahasiswa pada tahun 2009 (Walker et al., 2012). Model ini adalah model yang didasarkan pada praktikum dengan memasukan inkuiri dan eksplorasi serta menambahkan argumentasi dalam pendidikan sains (Osborne *et al.*, 2012; Walker et al., 2012). Model ini memberikan pandangan luas dengan mengombinasikan argumentasi dan praktikum dalam pembelajaran (Walker & Sampson, 2013). Berdasarkan pendapat Sampson *et al.* (2013), model ini dikembangkan agar inkuiri saintifik menjadi upaya meningkatkan argumen yang memberikan dukungan dan penjelasan untuk pertanyaan penelitian yang dapat dijawab (Sampson & Gleim, 2009).

Model pembelajaran ADI bersumber dari teori konstruktivis sosial karena ADI meningkatkan berpikir kritis dan keterampilan penalaran melalui inkuiri berdasarkan aktivitas praktikum dengan kolaborasi kelompok (Walker & Sampson, 2013). Kolaborasi teman sebaya adalah ide model pembelajaran ADI. Ketika siswa menyelesaikan masalah secara bersama, terjadi interaksi sosial yang dapat menuntun belajar dan merupakan akar teori konstruksi sosial. Model pembelajaran ADI juga mendorong siswa untuk mengemukakan metode saintifik yang harus diikuti selama penyelidikan yang dengan tujuan menjawab pertanyaan penelitian melalui proses belajar konsep saintifik dengan inkuiri, argumentasi dan menulis sains dan melibatkan tinjauan teman sebaya (Sampson, Grooms, & Walker, 2010; Sampson & Gleim, 2009). Sebagai bagian dari model ini, guru dapat membantu siswa dengan menyediakan lingkungan belajar yang lebih edukatif dan bermanfaat untuk siswa karena struktur model disajikan sebagai petunjuk oleh guru (Sampson et al., 2013). Tujuh langkah pembelajaran ADI dikemukakan untuk menghubungkan belajar konsep saintifik dengan inkuiri, argumentas dan menulis (Walker & Sampson, 2013).

Sampson, Grooms, & Walker (2009) serta Walker, Sampson, & Zimmerman (2011) menjelaskan proses ADI yang terdiri dari tujuh langkah berikut:

Tahap I: Identifikasi tugas atau pertanyaan penelitian

Tahap ini didesain untuk memperkenalkan topik dan menarik perhatian siswa (Walker *et al.*, 2012). Siswa diberikan lembar kerja, yang berisi informasi tentang topik dan pertanyaan penelitian untuk dijawab dengan menggunakan materi yang diberikan dalam lembar kerja selama penyelidikan praktikum. Lembar kerja juga termasuk daftar bahan yang akan digunakan selama penyelidikan dan beberapa petunjuk atau rekomendasi untuk membantu siswa memulai penyelidikan (Sampson *et al.*, 2011). Siswa diminta untuk mengajukan metode penyelidikan yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian. Pada bagian ini, siswa diharapkan mengemukakan pendapat tentang solusi dari pertanyaan penelitian dan mereka diminta untuk mengusulkan metode praktikum.

Tahap II: Menghasilkan data melalui observasi dan eksperimen sistematis

Pada tahap ini, siswa bekerja dalam kelompok untuk membangun metode guna memperoleh jawaban terhadap pertanyaan penelitian (Walker *et al.*, 2011; Walker & Sampson, 2013). Siswa diberikan kesempatan untuk belajar mendesain penyelidikan dan bagaimana menggunakan alat-alat yang disediakan dan mengumpulkan data melalui kerja empiris. Agar jelas, guru memberikan pertanyaan penelitian dan siswa diharapkan mendesain metode untuk menguji pertanyaan dan memperoleh penjelasan. Pada dasarnya, penyelidikan ini merujuk pada “inkuiri terbimbing”. Selanjutnya, tahap ini memberikan pengalaman pertama pada siswa yang tidak pernah membangun metode mereka sendiri untuk menjawab pertanyaan penelitian (Walker, 2011).

Tahap III: Menghasilkan argumen sementara

Pada tahap ini, siswa mengonstruksi argumen sebagai solusi terhadap pertanyaan penelitian termasuk menjelaskan bukti-bukti dan alasan yang mendukung klaim berdasarkan data hasil observasi. Siswa perlu memahami dan mengikuti cara saintis menggunakan teori-teori dan model untuk mendesain penyelidikan baru dengan tujuan menginterpretasikan data empiris dan mendukung klaim mereka dengan alasan dan bukti yang tepat. Langkah ini berfokus pada pentingnya argumentasi dalam konteks sains (Walker, 2011; Walker *et al.*, 2011, 2012; Walker & Sampson, 2013). Selanjutnya, siswa diberi kesempatan untuk menyampaikan ide, bukti dan alasan rasional yang jelas kepada siswa yang lain. Kemudian, mereka dapat saling mengevaluasi penjelasan, klaim dan data untuk memutuskan alternatif mana yang lebih dapat diterima atau mana yang tidak akurat berkaitan dengan pengumpulan data dalam tahap berikutnya dalam model pembelajaran (Walker, 2011).

Tahap IV: Sesi argumentasi

Pada tahap ini, siswa diberikan kesempatan untuk mengevaluasi penjelasan, klaim dan data dari kelompok lain untuk memutuskan mana yang lebih dapat diterima. Masing-masing kelompok menyampaikan jawaban mereka, di lain pihak siswa menjustifikasi klaim mereka sendiri; di lain pihak mereka menolak beberapa elemen argumen yang diklaim oleh kelompok lain yang menurut mereka tidak tepat. Penyisipan sesi argumentasi dalam model pembelajaran ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar bagaimana menginterpretasi teori dan hukum saintifik untuk mencocokkan dengan data dan menghilangkan data yang tidak tepat serta tidak konsisten dengan data yang tersedia. Siswa juga mendapat kesempatan untuk mengubah atau meningkatkan ide atau metode pertama mereka. Ini juga memberikan guru kesempatan untuk memperhatikan ide-ide siswa dan mendorong mereka berpikir tentang sesuatu yang mungkin dapat dihilangkan (Walker, 2011).

Tahap V: Menulis laporan investigasi

Tujuan laporan adalah untuk memahami tujuan penyelidikan dan belajar menulisnya dalam sains. Menurut Wallace *et al.* (2004), proses menulis mendorong metakognisi dan meningkatkan pemahaman siswa tentang konten dan pengembangan pemahaman konseptual dalam inkuiri saintifik. Laporan penyelidikan yang ditulis dalam formal ADI berbeda dengan laporan praktikum tradisional dalam banyak cara. Metode pembelajaran ADI memberikan siswa kesempatan untuk berpartisipasi dalam penyelidikan laboratorium sebagai bagian dari proses karena mereka dituntut mendesain metode untuk menjawab pertanyaan penelitian yang diberikan dan melakukan penyelidikan dengan tepat. Dalam model pembelajaran ADI, siswa mengajukan klaim dan didukung dengan bukti serta alasan. Model pembelajaran ADI memberikan formal laporan bukan tradisional karena banyak siswa tidak memiliki konten pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk menulis sains dengan baik (Kelly *et al.*, 2007). Jadi, laporan ADI didesain untuk mendukung siswa belajar menulis dalam sains dan membantu mereka memahami konten lebih baik (Sampson, Walker, & Grooms, 2009). Dengan tujuan untuk mendukung belajar siswa untuk menulis sains, laporan ADI terdiri dari enam bagian dengan enam pertanyaan penting: (1) Metode manakah yang kamu ikuti selama penyelidikan? (2) Apa yang kamu observasi dan apa datanya? (3) Apa klaim kamu? (4) apa bukti yang mendukung klaim kamu? (5) apa alasan untuk membuktikan klaim kamu? (6) Ide manakah yang berubah?

Tahap VI: Tinjauan (review) teman sebaya

Langkah keenam dalam ADI disebut “review teman sebaya” untuk memastikan kualitas laporan. Setelah siswa melengkapi laporan investigasi mereka, guru secara random membagikan laporan kelompok ke kelompok lain. Dengan tujuan melibatkan dalam proses evaluasi dimasukkan dalam model, siswa menilai laporan kelompok lainnya dengan lembar review teman sebaya sebagai bagian dari review teman sebaya. Masing-masing kelompok review melaporkan dan kemudian mengevaluasi, apakah laporan perlu direvisi dengan memperhatikan pertanyaan pada lembar review sebaya. Lembar review sebaya berisi sederetan kriteria untuk mengevaluasi kualitas laporan praktikum kelompok lain dan disusun dalam tiga pertanyaan utama: (1) Apakah kelompok memberikan klaim yang tepat didasarkan pada pertanyaan penelitian? (2) Apakah kelompok memberikan alasan yang tepat untuk mendukung klaim mereka? (3) Apakah kelompok memberikan alasan tepat untuk mendukung bukti mereka? Masing-masing kelompok mereview laporan kelompok lainnya dan kemudian memutuskan apakah laporan valid atau harus direvisi berdasarkan daftar kriteria penilaian. Agar jelas, tahap ini melibatkan umpan balik edukatif untuk siswa. Siswa diminta untuk membaca, memahami dan mengevaluasi kualitas tulisan sains. Untuk memenuhi harapan ini, siswa perlu belajar bagaimana mengevaluasi kualitas argumen sains. Ketika mereka berhasil, mereka dapat mengembangkan keterampilan metakognisi selama proses ini. Sehingga, mereka dapat memutuskan validitas maupun menerima klaim atau bukti sebagai bagian dari penyelidikan ketika mengkritik setiap tulisan teman.

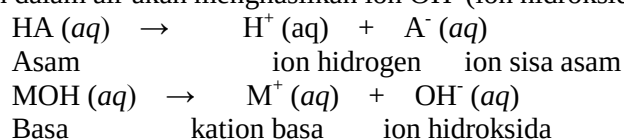
Tahap VII: Revisi laporan berdasarkan review teman sebaya

Tahap ketujuh atau tahap akhir pada model ini adalah modifikasi laporan penyelidikan dengan memperhatikan hasil review teman sebaya (Walker, 2012). Pada tahap ini, semua siswa diberikan kesempatan untuk menuliskan laporan mereka dengan cara berbeda berdasarkan kritik dari kelompok lain (Walker, 2011, 2012). Laporan investigasi yang belum tepat akan direvisi berdasarkan saran dan umpan balik teman sekelas. Tujuan utama langkah ini adalah memberikan siswa kesempatan untuk memperbaiki tulisan mereka, bernalar dan membangun pemahaman yang lebih baik dalam sains dengan melibatkan proses menulis dalam konteks sains (Walker, 2011).

1. Asam-Basa.

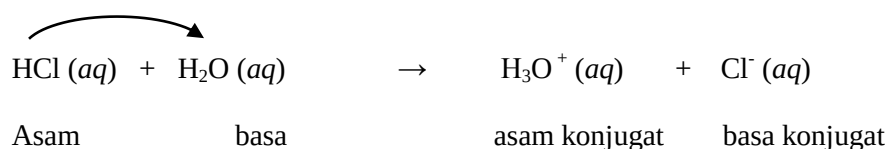
Konsep asam dan basa merupakan salah satu konsep dasar yang penting dalam mempelajari ilmu kimia. Konsep asam dan basa berhubungan dengan banyak konsep dalam ilmu kimia misalnya larutan, kesetimbangan kimia, redoks, stoikiometri, dan reaksi kimia yang terjadi di alam sebagian besar merupakan reaksi asam basa.

Banyak siswa mengalami kesulitan dan kesalahan konsep dalam mempelajari asam basa. Monangin (1999) menemukan siswa SMU mengalami kerancuan dalam memahami pengertian asam-basa Arrhenius dan Bronsted-Lowry. Khairani (2006) melaporkan bahwa siswa mengalami kesalahan konsep dalam mendefinisikan pengertian asam dan basa Bronsted-Lowry. Siswa mengatakan bahwa asam adalah zat yang dapat menghasilkan ion H^+ dan basa adalah zat yang tidak dapat berlaku sebagai donor dan akseptor proton, contohnya NaOH. Berdasarkan penelitian tersebut siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep asam basa Bronsted-Lowry karena lebih mengenal atau menerima informasi konsep asam basa Arrhenius terlebih dahulu sehingga dalam mempelajari atau memahami teori asam basa Bronsted-Lowry siswa sulit mengembangkan atau merekonstruksi skemata yang ada dalam pikirannya akibatnya salah mendefinisikan dan mengalami kerancuan dalam memahami teori asam basa Bronsted-Lowry. Hal ini juga dinyatakan oleh Sumfleth dan Geisier (1999) yaitu gagasan tentang transfer proton pada teori Bronsted-Lowry sulit diaplikasikan pada siswa khususnya untuk menjelaskan suatu basa mereka cenderung selalu menggunakan konsep Arrhenius. Menurut teori asam basa Arrhenius bila suatu asam atau basa dilarutkan dalam air maka ada yang mengalami ionisasi dan ada yang mengalami disosiasi menjadi ion-ion. Menurut Arrhenius, asam adalah spesies yang jika dilarutkan air dapat melepaskan ion H^+ (ion hidrogen), sedangkan basa adalah spesies yang jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan ion OH^- (ion hidroksida).



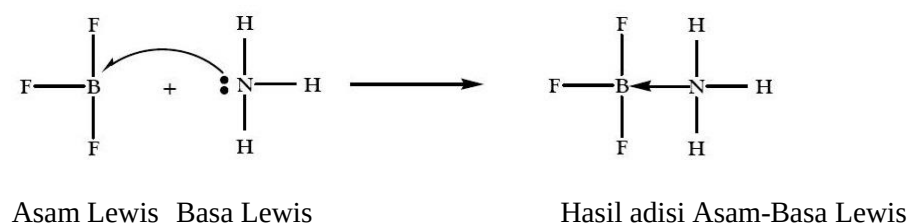
Menurut Bronsted-Lowry, asam adalah spesies yang dapat mendonorkan proton, sedangkan basa adalah spesies yang dapat menerima proton. Reaksi asam basa Bronsted-Lowry dapat terjadi dalam pelarut air atau pelarut bukan air. Contoh berikut adalah reaksi asam-basa dalam air:

Transfer proton



Pada reaksi di atas, HCl memberikan satu proton (H^+) kepada H_2O sehingga HCl berlaku sebagai asam sedangkan yang menerima proton H_2O yang menerima proton berlaku sebagai basa. Menurut Bronsted-Lowry jika suatu asam memberikan suatu proton akan membentuk basa konjugat dan jika suatu basa menerima satu proton akan membentuk asam konjugat. Pada reaksi di atas H_3O^+ merupakan asam konjugat karena berasal dari basa H_2O yang menerima suatu proton, dan Cl^- merupakan basa konjugat karena berasal dari HCl yang melepaskan satu proton.

Teori asam basa lain yang dipelajari di SMA adalah teori asam basa Lewis yang berdasarkan transfer pasangan elektron bebas dan membentuk ikatan kovalen koordinasi. Hal ini dapat dijelaskan pada reaksi antara NH_3 dan BF_3 di bawah ini:



Menurut Lewis, asam adalah spesies yang menerima pasangan elektron bebas. Berdasarkan reaksi di atas, NH_3 memberikan pasangan elektron bebas pada BF_3 sehingga NH_3 berlaku sebagai basa Lewis dan BF_3 berlaku sebagai asam Lewis. Kelebihan dari asam basa Lewis daripada asam basa Bronsted-Lowry dan teori asam basa Arrhenius adalah dapat menjelaskan reaksi asam basa yang berlangsung di dalam pelarut air, bukan pelarut air, bahkan tanpa pelarut, dan mampu menjelaskan reaksi asam basa yang tidak melibatkan proton (H^+).

Beberapa penelitian kesalahan konsep tentang kekuatan asam antara lain, Banerjee (1999) menemukan kesalahan konsep pada siswa yaitu dengan konsentrasi yang sama larutan asam asetat mempunyai pH lebih rendah dari larutan asam klorida. Bradley dan Mosimege (1998) melaporkan bahwa mahasiswa mengalami kesalahan konsep yaitu indikator dapat digunakan untuk mengetahui suatu asam kuat atau lemah. Ross dan Munby (1991) melaporkan kesalahan konsep yang menyatakan bahwa asam kuat mempunyai pH lebih tinggi dari asam lemah. Chiu (2002) menemukan bahwa siswa menganggap kekuatan asam atau basa dapat ditentukan jumlah H atau OH dalam rumus kimia suatu senyawa.

Kekuatan asam berkaitan dengan sifat daya elektrolitnya berupa derajat ionisasi atau derajat disosiasi (α). Asam kuat merupakan elektrolit kuat pula sedangkan asam lemah merupakan elektrolit lemah pula. Kekuatan asam ditentukan oleh derajat ionisasinya dalam larutan. Asam kuat pada umumnya terionisasi sempurna atau mempunyai derajat ionisasi sama dengan satu, sedangkan asam lemah terionisasi sebagian atau mempunyai derajat ionisasi mendekati nol. Semua molekul asam kuat dalam larutannya akan terionisasi menghasilkan ion H^+ . Persamaan ionisasi asam kuat menggunakan tanda panah satu arah, sebagai contoh ionisasi larutan HCl adalah sebagai berikut:



Asam lemah dalam larutannya hanya sebagian kecil molekul akan terionisasi menghasilkan ion H^+ . Persamaan reaksi ionisasi asam lemah menggunakan tanda panah dua arah, sebagai contoh ionisasi larutan CH_3COOH adalah sebagai berikut:

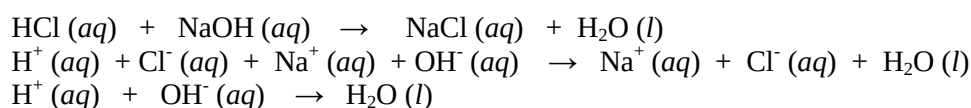


pH suatu larutan didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen (dalam ol per liter).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

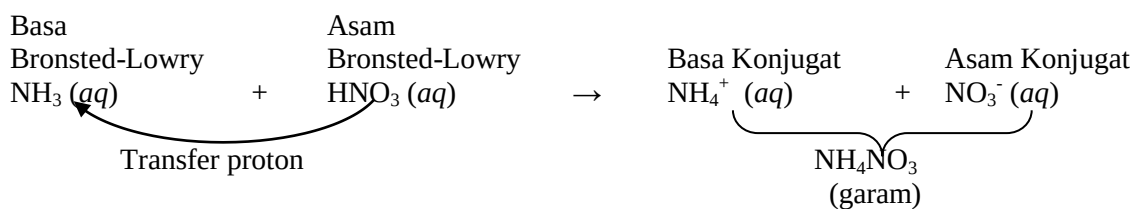
Dengan konsentrasi yang sama suatu asam kuat akan menghasilkan ion H^+ yang lebih banyak dari pada asam lemah sehingga konsentrasi ion H^+ lebih besar dan nilai logaritma negatifnya atau pH-nya akan lebih kecil.

Penelitian tentang hasil reaksi asam basa telah dilakukan oleh Meyta (2004), dia menemukan bahwa 31,7% siswa kelas XII SMAN 4 Malang menganggap reaksi asam basa selalu menghasilkan garam. Fariati (2009) juga mengemukakan bahwa 40% mahasiswa yang menempuh mata kuliah Kimia Dasar II tahun ajaran 2008/2009 menjawab salah hasil reaksi asam basa Lewis selalu garam. Reaksi asam dan basa dapat ditinjau dari reaksi menurut Arrhenius, Bronsted-Lowry, dan Lewis. Pada teori asam basa Arrhenius, reaksi asam basa selalu menghasilkan garam dan air. Hal ini terjadi karena reaksi asam basa Arrhenius selalu melibatkan ion H^+ (ion hidrogen) dan ion OH^- (ion hidroksida) yang bergabung membentuk satu molekul air, sedangkan kation dari basa bergabung dengan anion dari asam membentuk garam. Berikut contoh reaksi asam basa Arrhenius:

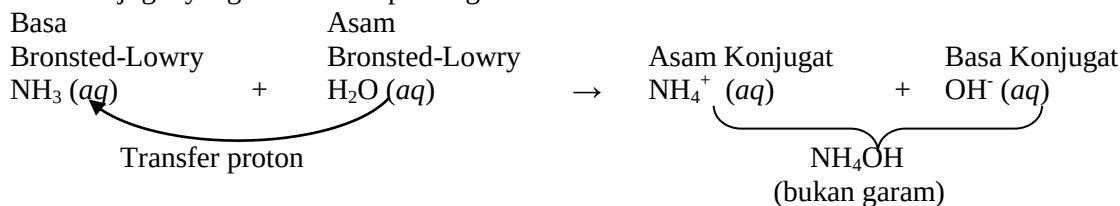


Reaksi asam basa Bronsted-Lowry menghasilkan asam konjugat dan basa konjugat. Asam konjugat dan basa konjugat yang dihasilkan dapat bergabung membentuk garam dan juga yang

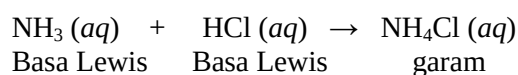
membentuk senyawa bukan garam. Berikut adalah contoh reaksi asam basa Bronsted-Lowry yang menghasilkan asam basa konjugat yang jika bergabung merupakan garam:



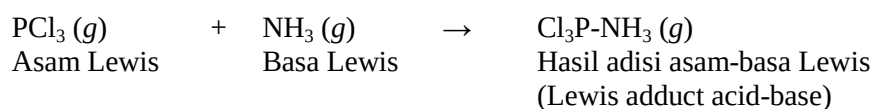
Basa konjugat yang bukan merupakan garam:



Reaksi asam dan basa Lewis menghasilkan *adduct* asam basa Lewis. Reaksi asam dan basa Lewis tidak selalu menghasilkan garam, akan tetapi menghasilkan hasil adisi asam basa Lewis (*Lewis acid-base adduct*) (Effendy, 2008). Berikut adalah contoh reaksi asam basa Lewis yang menghasilkan garam:



Reaksi asam dan basa Lewis yang menghasilkan hasil adisi asam basa Lewis, contohnya sebagai berikut:



Pada beberapa buku pelajaran kimia SMA misalnya buku kimia 2 SMA Kelas XI karangan Muchtaridi dan Sandri Justiana yang diterbitkan Yudhistira Quadra dan buku bilingual Chemistry 2 Year XI for Senior High School dengan pengarang yang sama dituliskan bahwa reaksi asam dan basa akan menghasilkan garam dan air yang dikenal dengan reaksi netralisasi karena sifat asam dan basa hilang. Pernyataan ini tidak salah tetapi perlu dijelaskan lebih lanjut karena tidak semua reaksi asam basa menghasilkan larutan yang bersifat netral (pH sama dengan 7) dan hal ini tidak dijelaskan dalam buku tersebut. pH larutan yang dihasilkan tergantung pada kekuatan asam dan basa yang bereaksi serta jumlah zat masing-masing asam dan basa yang bereaksi. Pemahaman bahwa reaksi asam basa selalu menghasilkan larutan yang netral atau netralisasi ini merupakan pemahaman yang salah.

Pemahaman tersebut pernah ditemukan oleh para ahli, antara lain Schmidt (1991) yang menyatakan bahwa siswa berpikir reaksi netralisasi selalu menghasilkan larutan yang netral karena garam yang terbentuk tidak mengandung ion hidrogen dan ion hidroksida. Ada pula siswa yang mencampuradukkan konsep kenetralan asam basa dengan kenetralan muatan listrik. Pada reaksi antara HCl dan NaOH menghasilkan NaCl, NaCl bersifat netral karena ion Na^+ dan ion Cl^- berikatan dan saling menetralkan, jumlah ion Na^+ dan ion Cl^- sama dalam kristal sehingga senyawanya netral seperti yang ditemukan oleh Barke (1990) pada siswa SMA di Jerman, juga ditemukan oleh Chiu (2002) pada siswa SMA di kota Taipei.

Garam hasil reaksi asam basa tidak selalu bersifat netral (pH sama dengan 7). Sifat garam yang dihasilkan tergantung pada kekuatan asam dan basa yang bereaksi.

KESIMPULAN

Teknik CRI dapat mengidentifikasi siswa yang paham konsep, salah konsep, dan tidak paham konsep, namun teknik ini dirasa tidak cocok untuk diterapkan di Indonesia, karena karakteristik siswa Indonesia yang cenderung tidak percaya diri dengan jawabannya. Untuk mengatasi hal tersebut, Hakim *et al* (2012) mengembangkan teknik CRI termodifikasi yang merupakan gabungan dari CRI dengan teknik pengumpulan data pilihan ganda dan alasan terbuka.

Model pembelajaran ADI memberikan siswa kesempatan untuk terlibat dalam sains dengan banyak aktivitas seperti inkuiri, argumentasi dan menulis. Sebagai contoh, keterlibatan dalam inkuiri, siswa melakukan eksperimen, membuat observasi, menggambar grafik dan lain-lain serta mengumpulkan data dengan tujuan menjelaskan fenomena alam. Hal lainnya, selama argumentasi saintifik, siswa menghasilkan klaim dan mendukung klaim mereka dengan alasan dan bukti yang mereka kumpulkan selama investigasi. Sehingga siswa dapat mengembangkan argumen saintifik yang lebih baik untuk mendukung penjelasan berkaitan dengan fenomena alam (Groom, 2011).

DAFTAR RUJUKAN

- Artdej, R., et. Al. 2010. Thai Grade 11 Students' Alternative Conceptions For Acid-Base Chemistry. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 28, No. 2, July 2010, 167-183.
- Barnea, N., Dori, Y.J. & Hofstein, A. 2010. Development and Implementation of Inquiry Based and Computerized-Based Laboratories: *Reforming High School Chemistry in Israel*. *Chemistry Education Reserch and Practice*, 11(3), 2018-22.
- Berg, V.D. 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi. Sebuah Pengantar berdasarkan lokakarya di Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga*, 7 – 10 Agustus 1990. Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana.
- Dahar, R.W. 2011. *Teori-teori Belajar & pemeblajaran (Y. S. Haryati, Ed)*. Jakarta : Erlangga
- Dhindsa, H.S. & Treagust, D.F. 2009. *Conceptual Under- standing of Bruneian Tertiary Students: Chemical Bonding and Structure*. Brunei International Jour- nal of Science & Math Education, 1(1): 33-51.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*. *Science Education*, 84, 287-312.
- Duschl, R. 2008. Science Education in Three-Part Harnomy: Balancing Conceptual. *Epistemic, and Social Learning Goals, Review of Research in Education* (32), 268-291.
- Effendy. 2002. Upaya untuk mengatasi kesalahan konsep dalam pengajaran kimia dengan menggunakan strategi konflik kognitif. *Media Komunikasi Kimia*, 2(6): 1-19.
- Effendy. 2006. *A-Level Chemistry for Senior High School Student*. Vol 2A.. Malang. Bayumedia.
- Effendy, 2008. *Teori VSEPR (Kepolaran dan Gaya Antarmolekul) Edisi 3*. malang Bayumedia.
- Furio, C., & Catalayud, L. M. 1996. *DIFFICULTIES With the Geomentry and Polarity of Molecules*. *Journal of Chemical Education*. 73(1) 36-41.
- Gayles, A. R. 2012,. Lecture vs Discussion. *Improving College and University Teaching*, 14(2) : 95-99.
- Hakim, A., Liliarsari, & Kadarohman, A. 2012. Student Concept Understanding of Natural Products Chemistry in Primary and Secodary Metabolites Using the Data Collecting Technique of Modified CRI. *International Online Journal of Educational Sciences*. 4(3) : 544–553.
- Hall, J.F. 1989. *Learning and Memory*. Boston-London-Sydney-Toronto. Allyn and Bacon.
- Hasancebi, F. 2012. Overview of Obstacles in the Implementation of the Argumentation Based Science Inquiry Approach and Pedagogical Suggestions. *Mevlana International Journal of Education* 2 (3), 79- 94.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E.L. 1999. *Misconceptions and the Certainty Response Index (CRI)*. *Physics Education*, 34(5) : 294–299.
- Helm, H. 1980. Misconception in physics amongst South African students. *Physics Education* 15: 91-97.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. 1984. The role of conteptual conflict in conceptual change and the desing of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Iskandar, S. M. 2011. *Pendekatan Pembelajaran Sains Berbasis Konstruktivis (Ibnu, S et, Ed)*. Malang: Bayumedia Publishing.

- Kean, F. & Middlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Terjemahan oleh Handyana Pudjaatmaka. Jakarta: PT Gramedia.
- Keys, C., et al. 1999. Using the Science Writing Heuristic as a Tool for Learning from Laboratory Investigations in Secondary Science. *Journal of Research in Science Teaching* 36 (10), 1065–1084.
- Khariani. 2006. *Kesalahan Konsep Larutan Asam Basa serta Keterkaitannya dengan Ikatan Kimia pada SMUN 4 Malang dan Upaya Perbaikannya dengan Menggunakan Strategi Konflik Kognitif*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: PPS Universitas Negeri Malang.
- Kirkwood, V & Symington, D. 1996. Lecturer Perception of Student Difficulties in a First Year Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 73(4), 339-343.
- Mayer, R.E. 1999. Designing Instruction for Constructivist Learning. Dalam Charles M. Reigeluth (Ed), *Instruction-Design Theories and Models (Volume II) A New Paradigm of Instructional Theory*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Nakhleh, M.B. 1992. "Why Some Students Don't Learn Chemistry (Chemical Misconceptions)". *International Journal of Chemical Education*, 69 : 191.
- Osborne, J. 2010. Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *American Association for the Advancement of Science*. 1200 New York Avenue, Washington, DC 2005.
- Oxtoby, G. & Nachtrieb. 1999. *Principles of Modern Chemistry, Fourth Edition*. Florida: Saunders College Publishing.
- Pranata, M. 2006. *Pengaruh Desain Pesan Multimedia dan Tipe Literasi terhadap Kemampuan Retensi dan Transfer*. Disertasi tidak dipublikasikan. Malang : PPs UM.
- Rose, C. 2007. *Super Accelerated Learning : Revolusi Belajar Cepat Abad 21*. Bandung : Jabal.
- Sampson, V., & Clark, D. (2008). *Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions*. *Science Education*, 92(3), 447-472.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). *Argument-Driven Inquiry to promote learning during laboratory activities*. *The Science Teacher*, 76(7), 42-47.
- Sampson, V. (2009, April). *The impact of Argument- Driven Inquiry on three scientific practices*. Paper presented at Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Garden Grove, CA.
- Sampson, V., & Gleim, L. (2009). *Argument-driven inquiry to promote the understanding of important concepts & practices in biology*. *The American Biology Teacher*, 71(8), 465-472.
- Sampson, V., Walker, J., Dial, K., & Swanson, J. (2010, March). *Learning to write in undergraduate chemistry: The impact of argument-driven inquiry*. Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, PA.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). *Argument- driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study*. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). *Argument-Driven Inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry*. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443-1485.
- Sesen, B. A. & Tarhan, L. 2011. Active-Learning Versus Teacher-Centered Instruction For Learning Acid and Base. *Research in Science & Technological Education*, Vol. 29, No. 2, July 2011, 205-226.
- Sihaloho, M. 2008. Analisis Pemahaman Konsep Pergeseran Keseimbangan pada Tingkat Makroskopik dan Submikroskopis Siswa di SMA Negeri Gorontalo. *Jurnal Penelitian dan Pendidikan* 5.
- Sirhan, G. 2007. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education Volume 4, Issue 2, September 2007*.
- Slaubaugh, W. H. & Parsons, T. D. 1976. *General Chemistry*. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.

- Smasal, G. 2005. Promoting Science Literasi Through Inquiry. *Iowa Science Teachers Journal*, 33(1), 12-18
- Sukarna, I. 2000. *Karakteristik Ilmu Kimia dan Keterkaitannya dengan Pembelajaran di Tingkat SMU*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional FMIPA UNY dan JCA-IMSTEP, Yogyakarta, 17 Oktober.
- Suparno, P. 2005. *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Pendidikan Fisika*. Jakarta. Grasindo
- Suwolo, T.R. 2005. *Identifikasi Kesalahan Konsep Ikatan Kovalen pada Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Gorontalo dan Upaya Memperbaikinya dengan Menggunakan Model Molekul*. Tesis tidak diterbitkan Malang: PPS UM.
- Tayubi, Y.R. 2005. *Identifikasi Miskonsepsi pada Konsep-konsep Fisika menggunakan Certainty of Response Index (CRI)*. *Mimbar Pendidikan*, 24(4) : 4–9.
- Unal, S., Costu, B., & Ayas, A. 2010. Secondary School Students' Misconception of Covalent Bonding. *Journal of Turkish Science Education*. 7(2), 3-29.
- Uzuntiryaki, E. & Geban, O. 2004. *Effectiveness of Instruction Based on Constructivist Approach on Students' Understanding of Chemical Bonding Concepts*. *Science Education International*, 15(3): 185-200.
- Wang, C., & Barrow, L. H. 2013. Exploring Conceptual Framework of Models of Atomic Structures and Periodic Variations, Chemical Bonding, and Molecular Shape and Polarity; A Comparison of Undergraduate General Chemistry Student with High and Low Levels of Content Knowledge. *Journal Chemistry Education Research and Practice*. 14 : 130 – 146.
- Wenning, C., J. 2011. Scientific Inquiry in Introductory Physics Courses. *Journal of Physics Teacher Education Online* 6 (2), 2-8.
- Winkel, W.S. 2009. *Psikologi Pengajaran*. Yogyakarta : Sambilegi.
- Wirth, K.R & Perkins, D. 2008. Learning to Learn, (Online), (<http://www.malester.edu.geology/wirth/CourseMaterials.html>), diakses tanggal 22 April 2015).
- Wu, C. & Foos, J. 2010. Making Chemistry Fun to Learn. *Literacy Information and Computer Education Journal (LICEJ)*, 1 (1):3-7
- Walker, J., Sampson, V., & Zimmerman, C. (in review). Argument-Driven Inquiry: An introduction to a new instructional model and how it can be used in undergraduate chemistry labs. *Journal of Chemical Education*.
- Yuruk, N. 2007. The Effect of Supplementing Instruction with Conceptual Change Texts on Students' Conceptions of Electrochemical Cells. *Journal of Science Education and Technology*, 16: 515-523.
- Zahari, F. 2010. *Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle Terhadap Kualitas Proses, Hasil Belajar, dan Retensi Hasil Belajar Siswa pada Materi Pokok Asam Basa Kelas XI IPA SMAN 1 Indrapuri Aceh Besar*. Tesis tidak diterbitkan. Malang : PPs UM.

**MAKALAH
PEMAKALAH BIDANG
NON PENDIDIKAN KIMIA**

STUDI KELAYAKAN BAHAN BAKU BIOGAS DI SEKITAR KOTA KENDARI

Prima Endang Susilowati 1^{a,*}, Ahmad Zaeni 2^a, Harlia3^a, Novianti Rasmin 4^a, Darwis5^b

^a Prodi Kimia, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Halu Oleo

Jl. Kampus Hijau Bumi Tri Dharma Anduonohu, Kendari

^b Jurusan Argonomi Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo

Jl. Kampus Hijau Bumi Tri Dharma Anduonohu, Kendari

*Correspondence author's email: primaendangsusilowati@gmail.com

ABSTRAK

Meningkatnya tumpukkan sampah di berbagai wilayah menjadi permasalahan yang sangat penting, maka perlu dipikirkan solusi penanganannya, seperti menjadikan sampah memiliki nilai tambah. Salah satu penanggulangan banyaknya sampah organik di sekitar Kota Kendari yaitu dengan mengolahnya menjadi biogas secara fermentasi anaerob. Beberapa manfaat dari biogas diantaranya adalah mengurangi volume sampah yang tidak termanfaatkan, mengurangi pencemaran lingkungan dan sumber bahan bakar alternatif. Jumlah dan kualitas biogas yang dihasilkan berbeda-beda tergantung dengan jenis dan jumlah bahan baku yang digunakan, komposisi masukan dan waktu fermentasi. Variabel yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah jenis sampah organik, yaitu kotoran sapi, sampah organik rumah tangga dan limbah pengolahan sagu. Penelitian ini bertujuan mengetahui biogas yang dapat dihasilkan dari limbah organik tersebut. Diharapkan limbah ini dapat dimanfaatkan untuk mengatasi kelangkaan energi dan mengurangi pencemaran lingkungan. Metode penelitian yang dilakukan adalah (1) produksi biogas dengan berbagai jenis limbah, sumber mikroorganisme, dan waktu inkubasi; (2) analisis gas metana yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan biogas yang dihasilkan dari limbah organik tersebut mampu menghasilkan gas metana pada berbagai variasi masukan, mikroorganisme dan waktu inkubasi. Biogas yang dihasilkan dari bahan baku kotoran sapi, diperoleh optimum setelah waktu inkubasi 10 hari, dengan variasi perbandingan 1:3 (kotoran sapi: air). Biogas dari sampah organik rumah tangga diperoleh optimum pada 35 hari, proses fermentasi dengan bakteri dari air selokan dan rumen sapi. Sedangkan biogas dari limbah cair pengolahan sagu diperoleh dari hasil fermentasi limbah cair sagu dengan bakteri dari rumen sapi, dengan waktu inkubasi optimum 77 hari.

Kata kunci: *Anaerob, biogas, kotoran sapi, limbah pengolahan sagu, sampah organik*

ABSTRACT

The increasing pile of garbage in different areas is a problem that is very important, it is necessary about solution how to handle. Many countermeasures organic wastes around town Kendari are making biogas use anaerobic fermentation. Some of the benefits of biogas of which is to reduce the volume of waste that is not utilized, reduce environmental pollution and alternative fuel sources. Quality of the biogas produced is different depending on the kind and amount of raw materials use, composition of input and fermentation times. The variable is the object of this research is a kind of organic waste, i.e. manure, organic waste and household wastes sago processing. In this study, biogas produced from organic wastes. This waste can be used to overcome the scarcity of energy and reduce environmental pollution. The research method is (1) production of biogas with different kinds of waste, source of microorganisms, and incubation time; (2) analysis of methane produced. The results

showed biogas produced from waste such organic able to produce methane gas at a wide variety of inputs. Biogas produced from cow manure raw materials, optimum obtained after incubation period of 10 days, with ratio of 1:3 (cow dung: water). Biogas from household organic wastes obtained optimum at 35 days, fermentation with bacteria from sewage and cow's rumen. While biogas from wastewater treatment sago obtained from fermentation liquid waste sago with bacteria from cow's rumen incubation time of 77 days.

Keywords: Anaerobic, biogas, cow manure, sago waste, organic waste

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan, sebagai contoh pada tahun 2012 jumlah pemakaian minyak bumi mencapai 11.488 juta, tahun 2013 pemakaian minyak bumi mencapai 13.294 juta, dan tahun 2014 jumlah pemakaian minyak bumi naik hingga mencapai 14.639 juta rupiah (BPS, 2015). Akhir-akhir ini mulai terjadi kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) yang disebabkan tingkat konsumsi BBM sangat tinggi dan cenderung meningkat setiap tahunnya, sementara minyak bumi jumlahnya terbatas dan membutuhkan waktu yang lama untuk proses pembentukannya (Wahyuni, 2011). Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk mencari sumber energi alternatif.

Indonesia memiliki beragam sumber energi alternatif, antara lain air, angin, pasang surut, biomassa, biogas dan gas alam. Salah satu energi alternatif yang saat ini banyak dikembangkan adalah biogas. Keunggulan biogas adalah energi yang dihasilkan lebih tinggi daripada gas alam dan emisinya yang lebih rendah karena tidak mengandung sulfur dan karbon dioksida yang dihasilkan lebih rendah (Rahayu dkk., 2009).

Biogas merupakan gas hasil proses fermentasi material organik oleh bakteri secara anaerobik. Bahan baku biogas berasal dari kotoran hewan (ayam, sapi, babi) atau sampah organik. Hasil penelitian Yenni dkk. (2012), menunjukkan pembentukan biogas dari substrat sampah sayur dan buah dengan stater limbah rumen sapi, waktu fermentasi 16 hari, diperoleh biogas 33,23%. Penelitian Harlia (2012), fermentasi sampah rumah tangga dengan bantuan mikroba dari rumen sapi dan air sedimen selokan, waktu fermentasi 35 hari, menghasilkan gas metana 75,89%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Susilowati (2009), menunjukkan hasil fermentasi kotoran sapi dengan starter rumen sapi, waktu fermentasi 20 hari, menghasilkan gas metana 38,20%. Hartono (2009), juga telah melakukan fermentasi campuran jerami padi dan kotoran ternak selama 1 bulan, menghasilkan gas metana sebesar 59,6%. Fermentasi berbahan baku limbah tapioka dengan penambahan stater air limbah tapioka, lama fermentasi 1 bulan, menghasilkan biogas sebesar 58,8% (Rahadiangoro dkk., 2011).

Proses pembentukan biogas berlangsung optimal, bila limbah yang digunakan memiliki persyaratan, yaitu kandungan karbon 42,32% dan nitrogen 0,76%, temperatur 4-60°C, pH 6,4-7,4 dan C/N berkisar 25-30% (Rokaheski, 2012). Komponen yang harus ada dalam substrat biogas yaitu unsur hara, seperti nitrogen, fosfor, karbon, karbohidrat, protein, lemak, dan senyawa organik lainnya. Semua komponen ini harus terdapat dalam sistem untuk menjamin ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan bakteri penghasil biogas (Iqbal dkk, 2012).

Fermentasi biogas dilakukan dengan bantuan mikroba anaerob. Komposisi biogas hasil fermentasi oleh mikroba anaerob yaitu CH₄, CO₂, H₂S, H₂O dan gas-gas lain. Gas metana (CH₄) inilah yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar, karena gas metana memiliki nilai kalor atau panas yang tinggi (Wahyuni, 2009). Mikroba dalam pembentukan biogas sangat berperan penting, karena perombakan materi organik menjadi biogas ini merupakan hasil kerja berbagai jenis bakteri yang bekerja secara konsorsium. Dalam proses pembentukan biogas terjadi empat tahap yaitu tahap hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Jenis mikroba yang terlibat dalam proses pembentukan biogas yaitu bakteri fermentatif, bakteri asetogenik, dan bakteri metanogenik. Kelompok bakteri fermentatif, antara lain *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan

Enterobacteriaceae. Kelompok bakteri asetogenik yaitu *Desulfovibrio*. Kelompok bakteri metanogenik adalah *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus* (Suardana dan Suarsana, 2007).

Kota Kendari adalah ibu kota Provinsi Sulawesi Tenggara. Disekitar kota Kendari banyak ditemukan limbah organik, antara lain dari limbah peternakan dan pertanian, sampah rumah tangga, serta limbah dari pengolahan sagu. Berdasarkan pengamatan selama ini limbah tersebut baru sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai pupuk. Diketahui limbah tersebut mengganggu lingkungan, seperti timbul bau tak sedap, tidak baik dilihat, juga bila dibuang ke badan sungai dapat meningkatkan kadar COD dan BOD (Bull dkk., 2007). Oleh karena itu diperlukan upaya pengolahan limbah tersebut. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan proses biologis sistem anaerob, aerob, dan kombinasi anaerob-aerob. Pengolahan limbah secara anaerob, akan menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka salah satu cara untuk menangani hal tersebut yaitu dengan menggunakan jasa mikroorganisme untuk mendegradasi limbah untuk mengurangi pencemaran dan menghasilkan energi. Pada penelitian ini mikroorganisme yang dimanfaatkan berasal dari rumen dan kotoran sapi.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sampel: kotoran sapi, sampah organik rumah tangga, limbah cair pengolahan sagu. Sumber mikroorganisme: rumen dan kotoran sapi. Media LB (Luria Bertani): pepton 0,08 gr, yeast extract 0,08 gr, NaCl 0,25 gr, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,15 gr, $CaCl_2$ 0,005 gr. Zat kimia: H_2SO_4 pekat, NaOH 40% b/v HCl 0,75 N, larutan Mc Farland dan kertas pH indikator. Bahan untuk mengukur kandungan gas CO_2 adalah $Ba(OH)_2$ 0,25 M.

Peralatan

Timbangan analitik (Ohaus), oven (Mettler), spektrofotometer UV-Vis (Jasco V-360), sentrifuge (MPW-350), hot plate (Corning), digester anaerob volume 1.500 mL, thermometer. Alat gelas: Labu Kjeldahl, labu ukur, Erlenmeyer, gelas kimia, cawan porselin, gelas ukur, pipet volume, pipet ukur, buret, labu refluks, desikator.

Prosedur

Persiapan mikroba dari rumen sapi

Rumen sapi dari sapi yang baru dipotong ditimbang 100 gram. Selanjutnya dipotong-potong dan ditambahkan aquades 150 mL (diperlakukan secara aseptik). Campuran dikocok 60 menit pada suhu ruang. Setelah itu dipisahkan menggunakan sentrifuge, supernatan diambil untuk digunakan sebagai sumber mikroba.

Perhitungan jumlah sel menggunakan metode Mc Farland (Khan dkk, 2006). Mikroba dari filtrat rumen sapi, ditumbuhkan dalam medium cair *Luria Bertani* (LB) pada suhu ruang selama 24 jam. Kekeruhan mikroba diukur dan disesuaikan dengan standar Mc Farland 0,5.

Produksi Biogas

Sampel limbah organik (sampah rumah tangga dan limbah cair pengolahan sagu), dicampur dengan filtrat dari rumen sapi pada berbagai variasi perbandingan. Selanjutnya dimasukkan dalam digester biogas anaerob. Setiap minggu, dilakukan pengukuran volume gas total, pH dan suhu.

Analisis Gas yang Dihasilkan

Biogas yang dihasilkan selama proses fermentasi dialirkan melalui selang ke dalam gelas ukur yang dipenuhi air dan dipasang terbalik. Volume biogas dihitung dengan cara mengukur volume air yang terdesak, dimana volume air yang terdesak sebanding dengan biogas yang dihasilkan.

Volume gas CO_2 dalam gas yang dihasilkan ditentukan dengan cara gas dialirkan ke dalam larutan $Ba(OH)_2$ 0,25 M. Endapan yang terbentuk disaring, dikeringkan dan ditimbang. Endapan yang terbentuk merupakan endapan $BaCO_3$. Berdasarkan perbandingan koefisien, mol $CO_{2(g)}$ dan mol

BaCO_3 ekuivalen, sehingga berat endapan BaCO_3 sama dengan berat $\text{CO}_{2(g)}$. Persamaan: $\text{CO}_{2(g)} + \text{Ba(OH)}_{2(aq)} \rightarrow \text{BaCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$.

Berat $\text{CO}_{2(g)}$ dikonversi ke dalam volume (mL) dengan persamaan gas ideal $PV = nRT$.

Analisis Cairan Sisa Fermentasi Dari Reaktor Biogas

Analisis dilakukan sebelum dan setelah perlakuan. Analisis meliputi penentuan COD, BOD, TSS, dan C:N:P total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia limbah organik

Komposisi kimia limbah yang akan dijadikan bahan baku produksi biogas dilakukan untuk mengetahui kelayakan dijadikan substrat bagi mikroorganisme pendegradasi limbah. Mikroorganisme membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhannya. karbon dan nitrogen merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan mikroorganisme dalam menghasilkan energi (Bahrin dkk., 2011).

Sampah organik rumah tangga

Hasil analisis jenis sampah di salah satu tempat pembuangan sampah di kota Kendari menunjukkan komposisi terbesar sampah adalah sampah organik 45,8% (b/b). Sampah organik ini merupakan campuran sisa-sisa makanan, sayuran, buah, dan daun-daunan yang dapat membusuk sehingga dapat didegradasi oleh mikroorganisme dalam waktu relatif singkat. Sampah organik telah diketahui dapat digunakan sebagai bahan baku dan sumber karbon bagi pertumbuhan bakteri penghasil biogas (Soewarno dkk., 2009). Hasil analisis proksimat sampah organik, memiliki kadar abu, serat kasar, protein serta lemak yang cukup tinggi (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi Kimia Sampah Organik Rumah Tangga

Komponen	Nilai (%)
Air	61,8
Abu	5,26
Serat kasar	21,5
Protein	5,95
Lemak	6,2

Limbah cair pengolahan sagu

Komponen-komponen yang dimiliki oleh limbah cair sagu memenuhi kriteria untuk bisa dijadikan sebagai bahan baku produksi biogas yang ditunjukkan dengan hasil penelitian. Komponen tersebut digunakan oleh mikroorganisme sebagai nutrisi, sehingga dapat terbentuk biogas (Tabel 2). Berdasarkan hasil analisis, menunjukkan bahwa jumlah karbon dan nitrogen yang terkandung dalam limbah cair sagu sebanyak 2412 mg/L dan 980,20 mg/L (Tabel 2). Phang dkk., (2000) dalam Singhal dkk., (2008) mengemukakan bahwa, tingginya kandungan bahan organik yang seperti ini akan mempunyai tingkat keberhasilan yang cukup untuk pengelolaan limbah dalam memperoleh energi alternatif berupa biogas.

Tabel 2. Komposisi Kimia Limbah Cair Pengolahan Sagu

Komponen	Nilai
Karbohidrat	0,69%
Lemak	0%
Karbon	2412 mg/L
Nitrogen	980,20 mg/L
C/N	2,46 mg/L
Protein	3,69%
Abu	4,05%

Sumber mikroorganisme

Mikroorganisme penghidrolisis sampah organik secara garis besar ada 2 jenis, tergantung pada jenis produk yang ingin dihasilkan. Untuk menghasilkan kompos, dibutuhkan mikroorganisme yang bersifat aerob (membutuhkan oksigen untuk hidup) sedangkan untuk menghasilkan biogas, diperlukan mikroba yang bersifat anaerob (tidak membutuhkan oksigen untuk hidup). Mikroorganisme anaerob dapat diperoleh dari tempat-tempat yang kedap udara (Soewarno, dkk., 2009).

Sumber mikroorganisme pada penelitian ini diambil dari rumen sapi. Rumen sapi digunakan sebagai sumber mikroba anaerob karena rumen sapi kondisinya kedap udara. Selain itu pada rumen sapi terdapat bakteri dan protozoa yang mampu menghasilkan enzim selulase yang berfungsi untuk mencerna selulosa menjadi asam-asam organik serta dapat menghasilkan biogas (Susilowati, 2009). Oleh karena itu, mikroba dari rumen sapi baik digunakan sebagai starter untuk pembuatan biogas (Wahyuni, 2009).

Jumlah bakteri dalam isi rumen sapi setiap mL berkisar 10^9 CFU/mL dan protozoa sekitar 10^5 - 10^6 CFU/mL (Tamminga, 1991). Mikroba yang terdapat di dalam rumen sapi diklasifikasikan dalam delapan kelompok, yaitu bakteri selulolitik, proteolitik, amilolitik, lipolitik, hemiselulolitik, bakteri yang memfermentasikan gula, dan bakteri pemanfaatan asam. Selain itu terdapat beberapa jenis protozoa dalam rumen sapi yaitu *Isotricha intestinalis*, *Dasytricha ruminantia*, *Entodinium caudatum*, dan *Diplodinium sp* (Yokoyama dan Johnson, 1998). Jumlah mikroorganisme yang berada di dalam rumen sapi berperan besar dalam menghasilkan biogas (Ranjhan dan Pathak, 1979).

Produksi biogas

Biogas diproduksi oleh bakteri secara anaerob dengan memanfaatkan substrat organik (Fauziah, 1998). Proses ini memerlukan instalasi khusus yang disebut biodigester agar perombakan dapat berlangsung dengan baik. Produksi biogas akan optimum jika komponen di dalam biodigester telah terpenuhi. Komponen tersebut adalah karbohidrat, lemak, karbon, nitrogen, fosfor, protein, dan senyawa organik lainnya. Zat ini digunakan oleh mikroorganisme sebagai nutrisi bagi pertumbuhan sel dan menghasilkan biogas (Iqbal dkk., 2012).

Pembentukan biogas sangat dipengaruhi oleh nilai pH dan suhu (Ni'mah, 2014). Hal ini disebabkan bakteri anaerob hidup pada rentang pH 6,6-7,5 dan pada suhu 25-30°C (Lay dkk., 2010). Berdasarkan hasil penelitian, nilai pH dan suhu dalam sampah rumah tangga dan limbah cair sagu berada pada kisaran pH 7 dan suhu 29°C. Kondisi ini baik untuk pertumbuhan mikroorganisme anaerob.

Biogas dari sampah organik rumah tangga

Produksi biogas akan optimum jika komponen-komponen yang berperan di dalam digester biogas telah optimum. Komponen-komponen tersebut adalah mikroorganisme sebagai starter, sampah organik sebagai sumber karbon dan pupuk seperti pupuk urea dan NPK sebagai sumber nitrogen. Pada penelitian produksi biogas dari sampah rumah tangga telah dilakukan beberapa variasi eksperimen untuk memperoleh kondisi optimum. Eksperimen yang dilakukan yaitu, variasi konsentrasi sampah organik dan Penambahan pupuk Urea dan NPK.

Konsentrasi sampah organik dalam digester sangat menentukan banyaknya biogas yang dihasilkan, karena sampah organik dalam digester merupakan sumber karbon bagi mikroorganisme penghasil biogas. Variasi konsentrasi sampah organik dilakukan untuk mengetahui konsentrasi sampah organik yang sesuai untuk pertumbuhan optimum mikroba dan menghasilkan biogas paling banyak. Hasil eksperimen menunjukkan konsentrasi optimum sampah organik diperoleh pada konsentrasi sampah organik 7% (b/v). Konsentrasi sampah organik di bawah 7% (b/v) menyebabkan terjadinya akumulasi amoniak karena mikroorganisme kekurangan sumber karbon, sehingga pH terus naik pada keadaan basa hingga pH 9. Kondisi ini dapat meracuni bakteri metanogen (Susilowati, 2009). Akibatnya volume biogas yang dihasilkan relatif sedikit. Apabila konsentrasi sampah organik di atas 7% (b/v) dapat menyebabkan terjadinya laju konsumsi oleh bakteri metanogenesis karena terjadi peningkatan sumber karbon bagi mikroorganisme, sehingga biogas yang dihasilkan juga sedikit.

Urea dan NPK merupakan sumber nitrogen bagi mikroorganisme pendegradasi sampah. Selain sumber karbon, mikroba juga membutuhkan unsur N sebagai sumber nitrogennya. Unsur karbon (C) digunakan untuk energi dan unsur nitrogen (N) digunakan untuk membangun struktural sel bakteri. Dalam penelitian ini dilakukan usaha untuk meningkatkan produksi biogas dengan cara peningkatan kadar nitrogen dalam digester biogas dengan penambahan urea dan NPK. Hasil eksperimen diperoleh penggunaan pupuk urea lebih baik dibandingkan dengan NPK. Pada penambahan pupuk urea 1% (b/v) diperoleh volume biogas total sebesar 399 mL dengan kadar CH_4 61,64% (v/v), waktu fermentasi 49 hari. Penambahan pupuk NPK 1% (b/v) diperoleh volume biogas total 270 mL dengan kadar CH_4 52,32% (v/v), waktu fermentasi 49 hari.

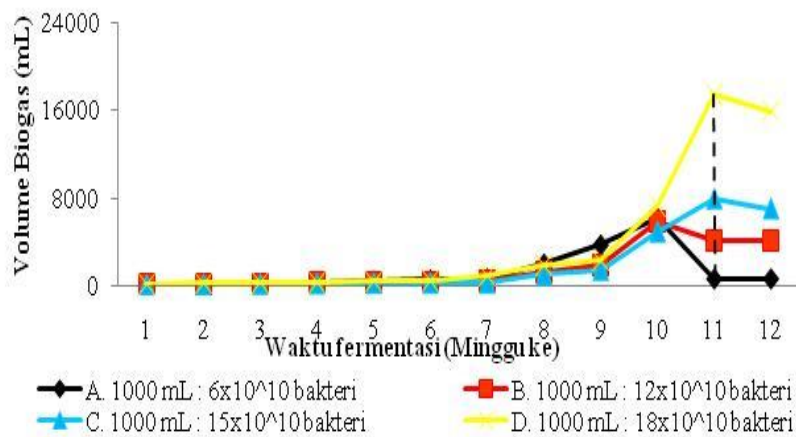
Biogas dari limbah cair pengolahan sagu

Pada penelitian ini telah dilakukan beberapa perlakuan dengan berbagai variasi campuran limbah cair sagu dan mikroorganisme dari cairan rumen sapi. Variasi campuran bertujuan untuk memperoleh kondisi optimum dalam produksi biogas. Biogas merupakan hasil akhir dari proses anaerobik dengan komponen utama CH_4 , CO_2 , serta H_2 , N_2 , dan H_2S (Lestari dkk., 2012). Berdasarkan hasil penelitian, jumlah biogas yang dihasilkan dari beberapa perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Produksi Biogas dari Campuran Limbah Cair Sagu dan Penambahan Bakteri dari Rumen Sapi

Perlakuan	Limbah cair sagu (mL)	Jumlah sel bakteri	Volume Biogas (mL)	Gas metana (%)	36
A	1000	6×10^{10}	6197	98,86	
B	1000	12×10^{10}	5901	98,60	
C	1000	15×10^{10}	7881	98,96	
D	1000	18×10^{10}	17.481	99,39	

Produksi biogas dari hasil campuran limbah cair sagu dan mikroorganisme dari cairan rumen sapi, menunjukkan jumlah volume biogas yang dihasilkan berbeda-beda. Volume gas yang dihasilkan bervariasi jumlahnya. Gambar 1, menunjukkan pada minggu pertama sampai ketujuh gas yang dihasilkan masih relatif sedikit, karena merupakan tahap awal terbentuknya biogas. Tahap ini biasa disebut tahap hidrolisis, mikroorganisme mengurai bahan organik kompleks menjadi bentuk molekul sederhana. Pada minggu ke 8-10 terjadi peningkatan biogas yang signifikan. Hal ini disebabkan karena terjadi fermentasi monomer sederhana menjadi asam organik pendek seperti asam propionat, asam butirat, asam laktat, alkohol dan biogas oleh bakteri pembentuk asam seperti *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, dan *Alcaligenes* (Lang, 2007). Selain itu, terjadi pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri. Pada minggu ke sebelas volume biogas naik hingga mencapai kondisi optimum.



Gambar 1.produksi biogas pada berbagai waktu fermentasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan sampah organik sebagai sumber karbon untuk produksi biogas adalah sampah organik konsentrasi 7% (b/v), dengan penambahan urea 0,5% (b/v). Kandungan gas metana yang diperoleh yaitu 75,89% (v/v).
2. Produksi biogas dari limbah cair pengolahan sagu optimal, pada komposisi campuran limbah cair sagu dan cairan rumen sapi yaitu 1000 mL : 18×10^{10} bakteri. Volume total biogas optimal setelah fermentasi pada minggu ke-11, yaitu 17.481 mL.

DAFTAR PUSTAKA

- Harlia, 2012, *Pemanfaatan Mikroorganisme Pendegradasi Sampah Organik Rumah Tangga Untuk Produksi Biogas*, Skripsi, Universitas Halu Oleo, Fakultas MIPA Jurusan Kimia, Kendari.
- Iqbal, M.A., Ahmad., dan Irdoni., 2012, *Efisiensi Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Reaktor Hibrid Anaerob Dengan Variabel Laju Alir*, Karya Ilmiah, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Lang, L.Y., 2007, *Treatability of Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Black Liquor in a Anaerobic Treatment Process*, Thesis, University Sains Malaysia, Malaysia.
- Lay, A.F., Tondak., dan M, Patrik., 2010, *Optimalisasi Pengolahan Sagu (*Metroxylon sp*) Menjadi Biofuel*, Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman.
- Lestari, A., Ahmad, A., dan Zahrina, I., 2012, *efisiensi pemyisihan chemichal oxygen demand (COD) limbah pabrik sagu dan produksi biogas menggunakan bioreaktor hibrid anaerob pada kondisi start up*, Prosiding SNTK TOPI, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ni'mah, L., 2014, *Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect*, *Jurnal Teknik Kimia*, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Vol(1).

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Rahayu, S., Purwaningsih, D., dan Pujiyanto., 2009, pemanfaatan kotoran ternak sapi sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan beserta aspek sosio kulturalnya, *Jurnal Energi Alternatif*, Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi, Universitas Negeri Yogyakarta, **Vol (13)**.
- Ranjhan, S.K., dan Pathak, N.N., 1979, *Management and Feeding of Buffalo*, Vikas Publ House put, New Delhi.
- Susilowati, E., 2009, *Uji Potensi Pemanfaatan Cairan Rumen Sapi untuk Meningkatkan Kecepatan Produksi Biogas dan Konsentrasi Gas Methan dalam Biogas*, Thesis, Universitas Gadjah Mada Jurusan Teknik, Yogyakarta.
- Wahyuni, S., 2011, *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. PT. Agromedia, Jakarta.
- Yenny, D.Y., dan Sari, S.M., 2012, Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan KO-Substrat Limbah isi Rumen Sapi, *Jurnal Teknik Lingkungan*, UNAND, **Vol (9)**.
- Yokoyama, M.T., dan Johnson, K.A., 1988, *Microbiology of The Rumen and Intestin*, Prentice Hall, New Jersey.

PRODUKSI VITELOGENIN IKAN ARWANA PINOH (*Scleropages macrocephalus*) DENGAN STIMULASI HORMON ESTRADIOL SECARA INJEKSI DAN ORAL

Ahmad Musa* dan Rina Hirnawati

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias

Jln. Perikanan No. 13, Pancoran Mas, Depok, Jawa Barat, 16436, Telp. 021-7520482

*Correspondence author's email: ahmadmusasaid@kkp.go.id

ABSTRAK

Ikan arwana pinoh (*Scleropages macrocephalus*) merupakan hias komersil asli Indonesia yang sebarannya terdapat di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Vitelogenin merupakan protein prekursor kuning telur yang dapat dimanfaatkan untuk proses deteksi kelamin maupun kematangan gonad ikan betina. Penelitian ini bertujuan untuk merangsang sintesis Vitelogenin pada ikan arwana pinoh melalui rangsangan hormon Estradiol baik secara injeksi maupun oral. Tiga ekor ikan arwana diberi rangsangan hormon Estradiol 50 mg/kg bobot badan, dua ekor melalui injeksi pada bagian *intraperitoneal* dan seekor secara oral melalui akumulasi pada pakan. Sampel plasma diambil sebelum (kontrol), tujuh dan sepuluh hari setelah stimulasi rangsangan hormon. Pengujian sampel plasma hari ke-7 dengan SDS-PAGE pada gel 7.5 % *Acrylamide* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pita pada sumur yang berisi plasma kontrol dan setelah perlakuan. Sumur yang berisi plasma setelah injeksi maupun oral menunjukkan pita tebal yang berbeda dari kontrol pada berat molekul 180 kiloDalton. Hasil ini menunjukkan bahwa stimulasi hormon secara oral selain lebih mengacu ke *animal welfare* juga efisien untuk proses produksi Vitelogenin ikan arwana. Proses stimulasi hormon estradiol secara oral untuk produksi Vitelogenin merupakan metode baru yang dapat digunakan selain secara injeksi.

Kata kunci: *Vitelogenin, arwana pinoh, Scleropages macrocephalus, estradiol, oral*

ABSTRACT

Arowana pinoh (*Scleropages macrocephalus*) is an Indonesian native commercial ornamental fish which its spreading are was in Sumatra, Kalimantan and Papua. Vitellogenin is an egg yolk protein precursor which can be utilized for the detection of female fish sex and gonadal maturity. This study was aimed to stimulate the synthesis of Vitellogenin on arowana pinoh through Estradiol stimulation either by induction or oral. Three arowana fishes was given Estradiol stimulation 50 mg/kg body weight, two of them through intraperitoneal induction and one through orally by accumulation in feed. Plasma samples were taken before (control), seven and ten days after hormonal stimulation. Investigation using SDS-PAGE on a 7.5% *Acrylamide* gel showed that there was band difference on wells that contain plasma control and after treatment. Wells containing plasma after oral and induction showed a thick band that is different from the control on 180 kiloDalton of the molecular weight. These results indicated that orally Estradiol stimulation in addition to referring more to animal welfare was also efficient for the Vitellogenin production process of arowana pinoh. The process of orally estradiol stimulation to produce Vitellogenin was a new method that can be used rather than induction.

Keywords: *Vitellogenin, arowana pinoh, Scleropages macrocephalus, Estradiol, oral*

PENDAHULUAN

Ikan arwana (*Scleropages sp*) merupakan spesies monomorfik, yaitu hewan yang secara fisik tidak dapat atau tidak mudah dibedakan antara jantan dan betina. Indonesia memiliki lima spesies ikan arwana yaitu arwana hijau (*S. formosus*), arwana super red (*S. legendrei*), arwana pinoh (*S. macrocephalus*), arwana golden (*S. aureus*) dan arwana papua (*S. jardinii*).

Untuk memecahkan masalah monomorfisme pada arwana dibutuhkan proses identifikasi Vitelogenin. Salah satu fase pematangan gonad pada ikan betina adalah terjadinya vitelogenesis. Vitelogenesis adalah sintesis vitelogenin (Vtg) atau prekursor kuning telur yang terjadi di dalam hati. Vitelogenesis dipicu oleh adanya pengaruh hormon estrogen 17β -estradiol (Brion *et al.* 2000) melalui proses fosforilasi, glikosilasi dan lipidasi di dalam hati yang kemudian menghasilkan Vtg (Parks *et al.* 1999). Vtg adalah glikofosfoprotein yang terdiri dari sekitar 20 % lemak, terutama fosfolipid, trigliserida dan kolesterol (Tyler 1991). Protein ini diangkut menuju ovarium oleh darah dan dimasukkan ke dalam oosit yang sedang berkembang lalu terdegradasi menjadi lipovitelin pada kuning telur (Parks *et al.* 1999).

Vtg yang merupakan prekursor kuning telur merupakan ciri spesifik induk betina hingga bila terdeteksi pada seekor ikan, maka dipastikan ikan tersebut betina. Vtg sebagai parameter kematangan gonad telah diamati pada ikan *Arapaima gigas* dan berhasil ditemukan perbedaan jantan dan betinanya berdasarkan kadar Vtg ini (Chu-Koo *et al.* 2008).

Proses awal untuk dapat mengidentifikasi Vtg adalah mengisolasi Vtg yang berasal dari ikan arwana pinoh, dimana untuk isolasi ini dibutuhkan stimulasi hormon yang gunanya untuk merangsang produksi Vtg pada ikan. Selama ini proses stimulasi hormon Estradiol untuk memproduksi Vtg pada ikan digunakan dengan cara penyuntikan atau injeksi pada bagian *intraperitoneal* (rongga perut). Dikarenakan metode ini menyebabkan luka dan kemungkinan berakibat pada kematian ikan, perlu dicoba metode lain untuk memberikan stimulasi hormon. Salah satu alternative yang akan diuji pada penelitian ini adalah melalui metode oral yaitu hormon diberikan melalui pakan yang diberikan. Tujuan penelitian ini adalah menguji hasil stimulasi hormon baik melalui injeksi maupun oral.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan untuk stimulasi hormon adalah hormon Estradiol (Sigma), Ethanol absolut dan *cocoa butter*. Bahan untuk pengambilan sampel darah adalah Heparin sebagai anti koagulan dan *Phenoxy ethanol* sebagai bahan anestesi. Sedang untuk proses elektroforesis bahan yang digunakan adalah *Bio-Rads 30% Acrylamide/Bis solutions 37.5:1 mixture*, Tris-HCl, pH 8.8 1.5 M, Tris-HCl, pH 6.8 0.5 M, SDS 10%, Sample buffer (3.8 mL H₂O; 1.0 mL 0.5 M Tris-HCl, pH 6.8; 0.8 mL Glycerol; 1.6 mL 10% (w/v) SDS, 0.4 mL β mercapto ethanol, dan 0.4 mL 1% (w/v) bromophenol blue). 5x electrode (running) buffer, pH 8.3 (Tris base 15 g/L; Glycine 72 g/L; SDS 5 g/L), *Ammonium persulphate* 10%, Larutan staining (0.1% coomassie blue dalam Metanol 40% dan asam asetat 10%), larutan fiksatif (Metanol 40% dan asam asetat 10%) dan Standar berat molekul protein (Bio-Rad). Stacking gel (Akuades 3.05 mL; tris-HCl < pH 6.8 0.5 M 1.25 mL; SDS 10% (w/v) 50 μ L; Acrylamide/bis (30% stock) 0.665 mL; ammonium persulphate 10% 25 μ L dan TEMED 5 μ L). Separating gel (Akuades 4.85 mL; tris-HCl < pH 8.8 1.5 M 2.5 mL; SDS 10% (w/v) 100 μ L; Acrylamide/bis (30% stock) 2.5 mL; ammonium persulphate 10% 50 μ L dan TEMED 5 μ L).

Selain bahan tersebut juga digunakan etanol teknis dan akuades. Ikan uji yang digunakan adalah tiga ekor arwana pinoh yaitu A, B dan C dengan bobot masing-masing 397; 381,2 dan 440 gram. Percil (anak katak) digunakan sebagai pakannya sebanyak dua ekor perhari.

Peralatan

Peralatan umum yang digunakan adalah sentrifugator, timbangan, magnetic stirrer, waterbath, dan botol falcon. Peralatan untuk penyuntikan hormon dan pengambilan darah adalah spuit 1 mL dan mikrotube 1.5 mL. Peralatan yang dipergunakan untuk proses SDS-PAGE adalah Bio-Rad Miniprotein 3. Peralatan lainnya yang digunakan adalah botol larutan, wadah perendaman gel dan kamera untuk dokumentasi. Mikropipet yang digunakan berukuran 0.5-10 μ L; 2 – 20 μ L; 10 – 100

μL ; 20 – 200 μL ; 100 – 1000 μL ; 0,5 – 5 mL dan 1 – 10 mL. Mikrotip yang digunakan adalah 20 μL , 200 μL , 1000 μL , 5 mL dan 10 mL. Selain perlengkapan di atas juga digunakan Gelas piala 100, 250, 500 dan 1000 mL; gelas ukur 100, 500 dan 1000 mL. Tissue halus dan lap kasar sebagai alat pelengkap.

Prosedur

Pemingsanan ikan

Pemingsanan ikan uji dilakukan sebelum pengukuran panjang dan bobot badan, pengambilan darah dan penyuntikan hormon. Pemingsanan dilakukan dengan menggunakan *Phenoxyethanol* 0.4 mL/L air. Ikan sadar beberapa menit setelah dimasukkan ke wadah yang terisi air yang diaerasi.

Pengambilan dan preservasi sampel darah

Darah diambil dengan cara penyuntikan pada bagian pangkal ekor (Gambar 1) kemudian dimasukkan ke dalam plastik *tube* tipe *centrifuge* yang telah diberi heparin sebagai anti koagulan.



Gambar 1 Pengambilan sampel darah ikan pada bagian pangkal ekor.

Pengambilan darah dilakukan sebelum stimulasi hormon (0), hari ketujuh dan kesepuluh. Darah yang telah diambil lalu disentrifugasi dengan kecepatan 10000 *rotation per minute* (rpm) selama lima menit pada suhu 4 °C. Plasma kemudian dibuat dalam alikuot dan disimpan pada suhu -20 °C.

Penyiapan hormon estradiol

250 mg hormon Estradiol dilarutkan dalam 5 mL etanol absolut pada botol falcon, larutan dihangatkan pada suhu maksimal 62.5 °C dan divortex hingga larutan berwarna bening. Larutan dibiarkan menguap hingga jenuh, lalu ditambahkan dengan cairan cocoa butter yang hangat hingga volume 8 mL lalu divortex. Setelah merata suspensi didiamkan hingga membentuk padatan. Sebelum digunakan, suspensi dihangatkan hingga mencair lalu disuntikkan secepatnya baik ke perut ikan langsung maupun ke percil.

Stimulasi hormon

Stimulasi hormon diberikan sebanyak 50 mg/kg bobot ikan pertama dengan cara injeksi langsung ke bagian *intraperitoneal* (rongga perut). Kedua adalah secara oral dengan menyuntikkan hormon ke bagian perut percil yang selanjutnya diberikan ke ikan sebagai pakan sebanyak 2 ekor perhari.

Karakterisasi ekspresi protein

Karakterisasi Vtg dilakukan dengan membandingkan kandungan protein plasma darah sebelum dan sesudah rangsangan hormon dengan menggunakan metode *Sodium Dodecyl Sulphate – Polyacrylamide Gel Electrophoresis* (SDS-PAGE) (Laemli, 1970) yang dilakukan dengan memigrasikan sampel melalui *stacking gel* dan *separating gel*.

5 μL sampel dilarutkan dalam 100 μL buffer sampel lalu dimasukkan ke dalam sumur gel sebanyak 10 μL per sumur. Migrasi protein dilakukan selama 45 – 60 menit atau hingga sampel mencapai bagian terbawah dari gel. Gel lalu direndam dengan menggunakan larutan *staining* selama 2 jam lalu dibilas dengan larutan fiksatif. Pita yang terlihat pada sampel yang diberi rangsangan hormon lalu dibandingkan dengan pita sampel kontrol. Pita yang berbeda dapat dianggap sebagai Vtg.

Penentuan berat molekul Vtg dilakukan melalui perbandingan dengan standar protein yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemingsanan ikan

Ikan pingsan rata-rata setelah 3 menit perendaman di air yang telah diberi *phenoxy etanol*. Ciri pingsan akan terlihat ketika tubuh ikan telah miring dan tak dapat tegak, kibasan ekor dan sirip melambat serta pergerakan insang yang menurun. Setelah pengambilan darah ataupun pengukuran bobot, ikan dipindahkan ke air yang diberi aerasi agar segera pulih dan siaman.

Pengambilan dan preservasi sampel darah

Darah yang diambil dari setiap ikan uji berkisar antara 1 – 1,5 mL. Setelah disentrifugasi maka plasma yang dihasilkan sekitar 0,5 – 1 mL (Gambar 2).



Gambar 2 Plasma setelah disentrifugasi

Penyimpanan pada suhu 4 °C dapat menjaga kesegaran plasma hingga analit-analit berupa vitelogenin tidak rusak dan tetap awet. Penyimpanan dalam aliquot memudahkan pengambilan agar menghindari pemanasan berulang-ulang setiap akan menggunakan sampel plasma.

Penyiapan hormon estradiol

Hormon estradiol akan larut dalam etanol jika disertai pemanasan larutan. Larutnya estradiol ditandai dengan berubahnya larutan dari warna putih susu menjadi bening. Penguapan dilakukan agar semakin sedikit etanol dan semakin tinggi konsentrasi estradiol dalam larutan. Semakin tinggi konsentrasi estradiol maka akan semakin sedikit pelarut (etanol) yang akan diinjeksikan ke ikan maupun yang dikonsumsi. Pencampuran dengan cocoa butter membentuk emulsi yang lebih mudah dimasukkan ke perut ikan maupun percil. Cocoa butter yang merupakan lemak akan memudahkan penyerapan estradiol ke dalam tubuh ikan.

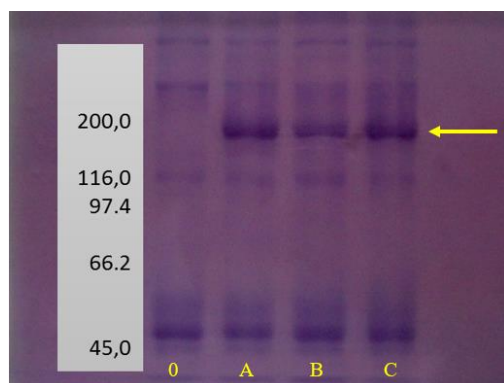
Selain itu sifat cocoa butter yang akan mengeras pada suhu ruang membantu agar larutan estradiol bertahan dalam rongga perut ikan dan percil sebelum diserap. Jika estradiol masih berupa larutan dalam etanol maka akan besar resiko larutan tersebut keluar dari tubuh ikan maupun percil. Efek samping lainnya jika diberikan langsung etanol maka akan beresiko bagi ikan dan dapat menyebabkan kematian ikan. Bagian tubuh dalam ikan yang terpapar etanol biasanya menunjukkan gejala mengering dan mengeras seperti terkena luka bakar.

Stimulasi hormon

Ikan yang diberi stimulasi hormon melalui injeksi langsung menunjukkan gejala klinis yang kurang sehat. Pergerakan lambat dan respon terhadap pakan kurang. Pada bagian perut terlihat agak membengkak dan lembek. Ikan yang diberi secara oral menunjukkan kondisi yang sehat dimana respon terhadap pakan agresif dan bergerak lincah. Setelah pengambilan darah terakhir, ikan yang diberikan stimulasi hormon secara injeksi mengalami kematian sedangkan yang secara oral bertahan dan dapat dipelihara untuk penelitian lanjutan.

Karakterisasi ekspresi protein

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik protein pada plasma antara sebelum dan sesudah induksi hormon (Gambar 3). Gambar menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pita protein yang muncul pada plasma ikan uji sebelum (0) dan sesudah induksi hormon. Hal ini terjadi pada semua ikan uji (A, B dan C). Pada hari ketujuh ini telah muncul protein spesifik hasil respon terhadap hormon estradiol. Belum terlihat perbedaan ketebalan pita sebagai ciri banyaknya kuantitas Vtg yang dihasilkan pada setiap ikan uji. Respon ketiga ikan uji terhadap estradiol masih relatif sama pada hari ketujuh.



Gambar 3 Ekspresi protein pada gel 7.5 % acrylamide. Keterangan gambar : 0 merupakan control, A, B dan C merujuk pada ikan uji, tanda panah kuning mengacu pada protein spesifik yang dihasilkan. Angka 45 – 200 mengacu pada berat molekul (kDa)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses produksi Vtg berhasil dilakukan. Estradiol efektif untuk merangsang Vitelogenesis dan menghasilkan banyak vitelogenin yang diproduksi pada hati ikan (Magalhaes *et al.*, 2004; Brion *et al.*, 2000). Jenis protein yang muncul pada sampel sebelum (0) dan sesudah (A, B dan C) induksi hormon ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Berat molekul (Dalton), Dugaan protein berdasarkan standar molekul dan jenis protein yang terdapat pada sampel control (0) dan sesudah ketiga ikan uji (A, B dan C). Keterangan tabel : tanda ✓ menunjukkan adanya protein dan tanda – menunjukkan tidak ada.

Berat molekul (dalton)	Dugaan Protein	0	A	B	C
>200.000	-	✓	✓	✓	✓
200.000	Myosin	-	-	-	-
116.250-200.000	-	-	✓	✓	✓
116.250	B-galactosidase	✓	✓	✓	✓
97.400-116.250	-	-	-	-	-
97.400	Phosphorylase b	-	-	-	-
66.200	Serum albumin	-	-	-	-
45.000-66.200	-	✓	✓	✓	✓
45.000	Ovalbumin	✓	✓	✓	✓

Perbedaan pita terlihat mencolok pada berat molekul 200 kiloDalton (kDa) dan 116 kDa. Terdapat pita pada A, B dan C namun tidak terdapat pada kontrol. Hasil pengukuran menunjukkan protein tersebut berada pada berat molekul 180 kDa yang dapat dipastikan sebagai Vtg. Vtg tunggal dengan berat 180 kDa ini sama dengan Vtg pada patin albino (*Pangasianodon hypophthalmus*) dan gurame padang (*Osphronemus goramy*) juga dengan berat 180 kDa (Musa dan Hirnawati, 2016). Berbeda dengan spesies *Arapaima gigas* yang memiliki 2 Vtg yaitu Vtg 1 dan Vtg 2 (Chu-Koo *et al.*, 2008) dengan dugaan berat molekul masing-masing adalah 180 kDa dan 110 kDa. Dua jenis Vtg juga ditemukan pada ikan Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) yaitu pada 390 dan 176 kDa (Bon *et al.*, 1997). Ikan ringau (*Datnioides microlepis*) memiliki dua jenis Vtg dengan berat molekul 180 dan 110 kDa (Musa, 2016).

Vtg yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk proses immunoassay yang kedepannya sangat berguna untuk proses deteksi Vtg baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Permasalahan di arwana pinoh yang bersifat monomorfik dengan diperolehnya Vtg ini akan dapat dipecahkan dan didapatkan jalan keluarnya. Jika kelamin ikan arwana dapat dibedakan maka akan memudahkan proses budidaya secara efektif. Pemasangan induk jantan dan betina dengan rasio tertentu dapat dilakukan untuk memudahkan proses pemijahan.

KESIMPULAN

Stimulasi hormon secara oral selain lebih mengacu ke *animal welfare* juga efisien untuk proses produksi Vitelogenin ikan arwana. Proses stimulasi hormon estradiol secara oral untuk produksi Vitelogenin merupakan metode baru yang dapat digunakan selain secara injeksi. Rangsangan hormon melalui oral disarankan dilakukan untuk menghindari resiko kematian pada ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bon E, Barbe U, Nuñez RJ, Cuisset B, Pelissero C, Sumpter JP, Le Menn F. 1997. Plasma vitellogenin levels during the annual reproductive cycle of the female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Establishment and validation of an ELISA. *Comp Biochem Physiol.* 117 B : 75–84.
- Brion F, Rogerieux F, Noury P, Migeon B, Flammarion P, Thybaud E, Porcher JM. 2000. Two-step purification method of vitellogenin from three teleost fish species: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), gudgeon (*Gobio gobio*) and chub (*Leuciscus cephalus*). *J Chromatography B.* 737 : 3-12.
- Chu-Koo F, Dugue R, Aguilar MA, Daza AC, Bocanegra FA, Veintemilla CC, Duponchelle F, Renno JF, Tello S, Nunez J. 2008. Gender determination in the Paiche or Pirarucu (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin, 17 β -estradiol, and 11-ketotestosterone levels. *Fish Physiol Biochem.* 35(1):125-136. doi:10.1007/s10695-008-9211-8.
- Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227(5259): 680-685.
- Magalhães I, Ledrich ML, Pihan JC, Falla J. 2004. One-step, non-denaturing purification method of carp (*Cyprinus carpio*) vitellogenin, *J Chromatography B.* 799(1):87-93.
- Musa A, 2016, Uji Koaglutinasi untuk Deteksi Vitelogenin dan Penentuan Kelamin Ikan Ringau (*Datnioides microlepis*). Tesis. Pasca Sarjana IPB. Hal 10.
- Musa A dan Hirnawati R, 2016, Uji Spesifisitas Anti-Vitelogenin Ikan Gurami Padang (*Osphronemus goramy*) dan Patin Albino (*Pangasianodon hypophthalmus*), Jurnal Riset Akuakultur, (Status review).
- Parks LG, Cheek AO, Denslow ND, Hepell SA, McLachlan JA, LeBlanc GA, Sullivan CV. 1999. Fathead minnow (*Pimephales promelas*) vitellogenin: purification, characterization and quantitative immunoassay for the detection of estrogenic compounds. *Comp Biochem Physiol* C. 123:113–125.
- Tyler C R. 1991. Vitellogenesis in Salmonids. Di dalam : Scott AP, Sumpter JP, Kime D, Rolfe J, editor. *Proceedings of the Fourth International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish.* 1991 July 7-12; Norwich, United Kingdom. Norwich (UK). University of East Anglia Press. p 295-299.

AKTIVITAS SARI, EKSTRAK DAN ISOLAT FLAVONOID DARI BIJI KEDELAI (*Glycine max. L*) SEBAGAI INHIBITOR LIPASE PANKREAS

Subandi¹⁾, Nuril Muhamad Zidni Amin¹⁾, and Tatas P. Broto Sudarmo²⁾

¹⁾ Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

²⁾ MRCCP Universitas Machung

*Corresponding author's Email: subandi.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Obesitas merupakan masalah yang menyebabkan kenaikan angka kesakitan dan kematian karena mudahnya orang menderita terkena penyakit. Obesitas dapat ditanggulangi dengan diet rendah lemak dan karbohidrat atau dengan minum obat anti obesitas misalnya orlistat/xenical (produk roche) yang berfungsi sebagai inhibitor terhadap lipase pankreas sehingga menghambat absorpsi lemak ke dalam tubuh. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kedelai memiliki kandungan senyawa isoflavin sebagai salah satu subkelas dari flavonoid yang diduga juga memiliki aktivitas sebagai inhibitor terhadap lipase pankreas. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengidentifikasi serta menguji aktifitas senyawa flavonoid dalam menghambat lipase pankreas. Penelitian ini terdiri dari 5 tahapan: 1) preparasi serbuk kedelai 2) ekstraksi senyawa yang larut dalam metanol dengan metode maserasi, kemudian dipekatkan sehingga diperoleh ekstrak kental, 3) penentuan eluen dengan kromatografi lapis tipis (KLT) kualitatif, 4) isolasi komponen dengan kromatografi lapis tipis (KLT) preparatif, 5) Uji fitokimia dan uji aktivitas isolat flavonoid dalam kedelai, serta 5) karakterisasi isolat flavonoid dalam kedelai dengan spektrofotometri UV-Vis dan spektrofotometri FT-IR. Uji aktivitas inhibitor menggunakan metode titrimetri dengan menggunakan pankreatin (produk Sigma) sebagai enzim, minyak zaitun sebagai substrat, orlistat/ xenical (produk roche) sebagai inhibitor standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) ada tiga jenis senyawa flavonoid yang terkandung dalam kedelai yang mampu menghambat lipase pankreas 2) dari 0,01 gram ekstrak kental metanol kedelai yang berasal dari 0,08 gram biji kedelai, telah diisolasi 3 jenis flavonoid dengan daya inhibisi masing-masing 67,3%, 67,3 %, dan 56,4 % relatif terhadap 1 tablet orlistat (120 mg). 3) berdasarkan hasil spektroskopi UV-Vis dan FT-IR diprediksi bahwa isolat senyawa yang diperoleh mempunyai struktur yang mirip dengan glycitein

Kata kunci : Senyawa Flavonoid, Inhibitor Lipase Pankreas, biji kedelai

ABSTRACT

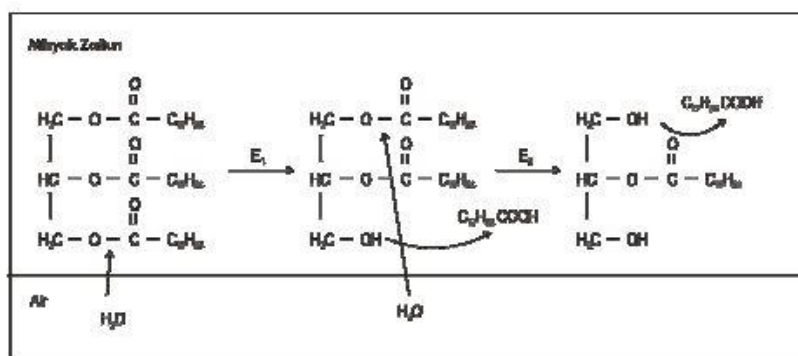
Obesity is a problem which caused increase in morbidity and mortality due to ease people suffer from the disease. Obesity can be overcome with a diet low fat and carbohydrates or drink anti-obesity drug, for example orlistat / Xenical (product roche) that serves as a pancreatic lipase inhibitor to prevent the absorption of fat into body. Past research has shown that soy contains isoflavones compounds as one subclass of flavonoids are thought to also have activity as a pancreatic lipase inhibitor. This research aims to isolate, identify and test activity of flavonoid compound inhibits pancreatic lipase. This research consisted of six stages: 1) preparation of soybean powder 2) extraction of soluble compounds methanol by maceration method, then concentrated to obtain the extract thick, 3) determination of the eluent by thin layer chromatography (TLC) qualitative, 4) isolation of components by thin layer chromatography (TLC) preparative, 5) Test phytochemicals and test activity isolate flavonoid in soybean, 6) characterization of flavonoids in soybean isolates with UV-Vis spectrophotometry and FT-IR spectrophotometry. Lipase used lipase porcine pancreas (Sigma products), olive oil as a substrate, as well as inhibitor standard is orlistat / Xenical (Roche product). The results of this research show that 1) there are three types of flavonoids contained in soy that is able to inhibit pancreatic lipase, 2) 0.01 grams of soy extract condensed methanol from 0.08 grams of soy beans, have isolated three types of flavonoids with the power of inhibition respectively 67.3%, 67.3%, and 56.4% relative to orlistat, 3) with UV-Vis and FT-IR result can be predicted that the compound is glycitein.

Keywords : Flavonoid compound, pancreatic lipase inhibitor, test phytochemicals

PENDAHULUAN

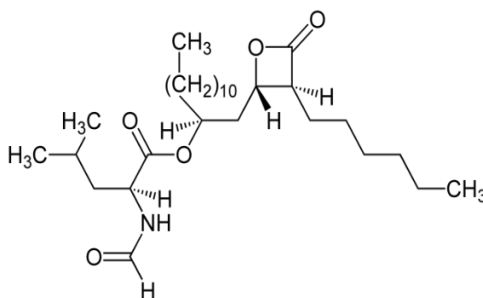
Obesitas merupakan masalah yang menyebabkan kenaikan angka kesakitan dan kematian karena mudahnya orang menderita terkena penyakit (Hendrawan, 2010). Pencegahan obesitas yang biasanya dilakukan oleh masyarakat ialah dengan mengkonsumsi obat penurun kolesterol, salah satu yang sering digunakan adalah orlistat. Orlistat atau bisa disebut dengan tetrahidrolipstatin merupakan obat yang dibuat untuk menurunkan kolesterol dan mencegah obesitas. Orlistat menghambat enzim lipase sehingga mencegah penyerapan asam lemak dari makanan dan mereduksi jumlah kalori di dalam tubuh (Rhamadevi Bimavarapu *et al*, 2011). Mekanisme inhibisi orlistat ialah dengan menghambat enzim lipase dan menonaktifkan sisi aktif enzim lipase. Namun pengkonsumsian orlistat secara berlebihan dapat menimbulkan efek samping, seperti sering mual, buang air kecil, buang angin (flatulensi), diare, kotoran berminyak atau berlemak, meningkatkan buang air besar dan kulit menjadi kering (Filippatos *et al*, 2008). Adanya efek samping yang disebabkan oleh orlistat membuat para peneliti merasa perlu untuk menemukan obat alternatif lain yang aman dan tidak memiliki efek samping. Salah satunya adalah menggunakan bahan organik seperti buah-buahan atau biji-bijian yang memiliki kemampuan aktivitas inhibitor lipase, seperti dari kelompok *cucurbitaceae* atau kedelai.

Biji kedelai umumnya berbentuk bulat atau bulat pipih sampai bulat lonjong. Warna kulit biji bervariasi antara lain kuning, hijau, coklat atau hitam. Ukuran biji berkisar antara 6-30 gram/100 biji. Di Indonesia ukuran biji kedelai diklasifikasikan dalam 3 kelas, yaitu biji kecil (6-10 gram/100 biji), sedang (11-12 gram/100 biji) dan besar (13 gram atau lebih/100 biji). Biji-biji kedelai dapat digunakan sebagai bahan perbanyakan tanaman secara generatif. Ketahanan simpan biji pada kadar air 8-12% yang disimpan pada suhu kamar berkisar antara 2-5 bulan (Rukmana *et al*, 1996). Kandungan senyawa dalam kedelai adalah protein, karbohidrat, lemak, vitamin, serat, dan isoflavon (subkelas flavonoid). Isoflavon diprediksi sebagai senyawa yang berfungsi menghambat lipase pankreas. Enzim Lipase diproduksi di pankreas dan menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak dan monoasil gliserol di usus halus, kemudian asam lemak ini diserap ke aliran darah. Berdasarkan tipe reaksinya, enzim lipase termasuk kelompok enzim hidrolase, yaitu katalis reaksi hidrolisis suatu substrat.



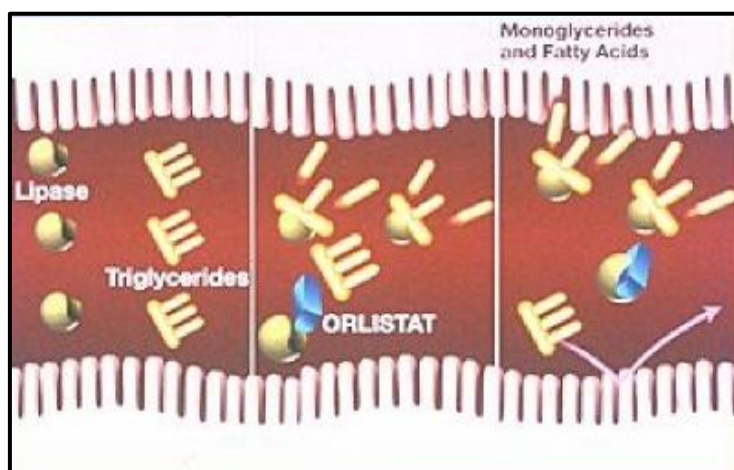
Gambar 1. Reaksi Hidrolisis Trigliserida oleh lipase (sumber : Heri Hermansyah(2010))

Orlistat (Xenical) adalah salah satu obat produk Roche yang digunakan untuk mengatasi obesitas. Orlistat (Xenical) merupakan produk hidrogenasi senyawa turunan lipostatin yang dinilai dari streptomyces toxitricini (Sirinamarattana *et al*, 2010). Orlistat dengan berat molekul 495,7 memiliki struktur molekul yang memungkinkan untuk mengikat lipase dan menghambat aktivitasnya (Roche, 2008).



Gambar 2 Struktur Senyawa Orlistat

Mekanisme penyerapan lemak dalam bentuk monogliserida dan asam lemak di dalam tubuh. Orlistat bekerja pada lumen lambung dan usus halus dengan membentuk suatu ikatan kovalen pada bagian serin yang aktif dari lipase pankreas dan lambung. Enzim yang di non-aktifkan tersebut tidak dapat menghidrolisis trigliserida makanan menjadi asam lemak bebas dan monogliserida yang dapat diserap oleh tubuh. Bila tidak terjadi penyerapan trigliserida, maka lemak yang tidak tercerna akan terus menuju akhir saluran pencernaan dalam bentuk tidak berubah dan keluar bersama feses (RxList,2011).



Gambar 3 Mekanisme Orlistat sebagai inhibitor lipase pancreas (Sumber: Genentech, 2010)

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Kedelai didapatkan dari Pasar Merjosari Kecamatan Sukun Kota Malang. Kedelai dikeringkan dengan cara diangin-anginkan di udara terbuka dengan sinar matahari. Kedelai yang telah kering lalu dihaluskan dengan blender lalu diayak ukuran mesh 50 sehingga menjadi serbuk. Serbuk yang berasal dari kedelai tersebut dimaserasi dengan pelarut metanol dengan alokasi waktu 1x24 jam disertai pengocokan dengan *magnetic stirrer*. Disaring, filtrat dipekatkan dengan *rotary evaporator* dengan suhu 50°C untuk mendapatkan ekstrak kental metanol kedelai kemudian diuji flavonoid dan diuji inhibisinya terhadap lipase pankrea kemudian dianalisis menggunakan kromatografi lapis tipis. Ekstrak kental kedelai yang diperoleh dianalisis dengan kromatografi lapis tipis (KLT).

Pengujian aktivitas lipase dimulai dengan membuat substrat minyak dan substrat kontrol. Substrat minyak dibuat dengan cara 2,5 mL minyak zaitun+ 22,5 mL larutan gum arabik 10 % dihomogenkan selama t=10 menit, ditambah 20 mL H₂O, 15 mL CaCl₂ 0,075 M, dan 10 mL NaCl 3M kemudian dihomogenkan kembali, dan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas. Sedangkan substrat kontrol dengan mengganti 2,5 ml minyak zaitun menggunakan air 2,5 ml. Pengujian aktivitas lipase dengan cara diambil 25 mL substrat minyak dan ditempatkan dalam Erlenmeyer. Kondisi pH substrat diatur dengan buffer fosfat sampai pH 7,5. Ekstrak metanol dari 50 g kedelai atau hasil KLT dimasukkan dalam larutan campuran, selanjutnya 1 tablet Vitazym (sumber lipase) yang telah dihaluskan ditambahkan ke dalam substrat, kemudian dikocok selama 30 detik. Campuran diinkubasi pada T= 37°C selama 25 menit. Hidrolisis substrat oleh enzim lipase dihentikan dengan memanaskan Erlenmeyer ke dalam penangas air pada suhu 100°C selama 10 menit. Campuran substrat- enzim ditambah 3 tetes indikator pp kemudian dititrasi dengan NaOH 0,1 N. Langkah sama dilakukan terhadap substrat kontrol (air).

Metode Analisis data terdiri dari :

Aktivitas Lipase Pankreas

Berdasarkan penelitian Irawan dkk (2008:287), aktivitas lipase dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Aktivitas Lipase Pankreas} = \frac{(V_{sm}(\text{mL}) - V_{sa}(\text{mL})) \times N_{\text{NaOH}} \times 1000}{V_s(\text{mL}) \times 25 \text{ menit}}$$

Keterangan :

- V_{sm} = Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi substrat minyak
 V_{sa} = Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi substrat air (kontrol)
 N_{NaOH} = Normalitas NaOH yang digunakan (mmol/mL)
 1000 = faktor konversi dari mmol ke μmol
 V_s = volume minyak zaitun (mL)
 25 = waktu inkubasi (menit)

Daya Inhibisi Lipase

Daya inhiibisi Orlistat maupun ekstrak dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Daya Inhibisi Lipase} = \frac{\text{ALP tanpa Inhibitor} - \text{ALP dengan Inhibitor}}{\text{ALP tanpa Inhibitor}} \times 100\%$$

Daya Inhibisi Lipase Relatif pada Orlistat

$$\text{Daya Inhibisi Lipase Relatif pada Orlistat} = \frac{\text{Daya Inhibisi lipase dengan Inhibitor}}{\text{Daya Inhibisi Lipase dengan 1 tablet Orlistat}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 250 gram kedelai kuning yang telah dikeringkan dibawah sinar matahari, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam kedelai lalu diblender hingga halus kemudian diayak dengan menggunakan ayakan ukuran *mesh* 50 yang berfungsi untuk menyamakan ukuran serbuk kedelai dan memperluas luas permukaan kedelai sehingga lebih mudah diekstraksi, dalam proses pengayakan ini didapatkan serbuk kedelai sebesar 233,733 gram. Sebanyak 100 gram serbuk kedelai diambil dan dimaserasi dengan menggunakan metanol p.a sebanyak 300 mL disertai dengan pengocokan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3x24 jam dan pelarut diganti secara bertahap setiap 1x24 jam. Kemudian Ekstrak metanol kedelai dipekatkan dengan *rotary evaporator* menghasilkan ekstrak kental metanol kedelai sebanyak 12,054 gram.

Berdasarkan hasil analisis KLT diketahui bahwa eluen metanol : kloroform : N-Heksana (1:6:3) dapat memisahkan sampel menjadi sebanyak 4 spot, pada lampu uv dengan panjang gelombang 254 nm hanya terlihat 3 spot. Namun saat menggunakan lampu uv dengan panjang gelombang 312 nm terlihat ada satu spot baru yang terlihat. Spot pertama memiliki nilai R_f 0,65, spot kedua memiliki nilai R_f 0,77, spot ketiga memiliki R_f 0,9 dan spot keempat memiliki nilai R_f 0,97. Dari keempat spot ini kemudian dikerok dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Selanjutnya dilakukan pemisahan secara KLT preparatif dengan eluen metanol:kloroform:N-Hekasana (1:6:3) sebagai fasa gerak dan silika gel sebagai fasa diam. Setelah KLT preparative kemudian hasil yang diperoleh diuji apakah mengandung senyawa flavonoid, Komponen metabolit sekunder pada ekstrak kental metanol kedelai diuji kualitatif untuk menentukan adanya kandungan flavonoid. Pereaksi yang digunakan adalah H_2SO_4 pekat dan diamati dengan adanya perubahan warna. Bagian yang akan diuji fitokimia yaitu ekstrak kental metanol kedelai dan hasil KLT-preparatif. Berikut data tabel hasil uji fitokimia.

Tabel 1. Data Hasil Uji Fitokimia Flavonoid pada Ekstrak kental metanol kedelai dan Hasil KLT-preparatif.

Sampel	Perubahan Warna	Hasil Uji
Ekstrak kental metanol kedelai	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif flavonoid
Spot 1 hasil KLT-preparatif	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif flavonoid
Spot 2 hasil KLT-preparatif	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif flavonoid
Spot 3 hasil KLT-preparatif	Tidak Berwarna menjadi Ungu	Positif flavonoid

Berdasarkan hasil tabel diketahui bahwa ekstrak dan spot yang diperoleh positif flavonoid sehingga dilakukan uji aktivitas tiap komponen dan mendapatkan hasil seperti pada tabel berikut

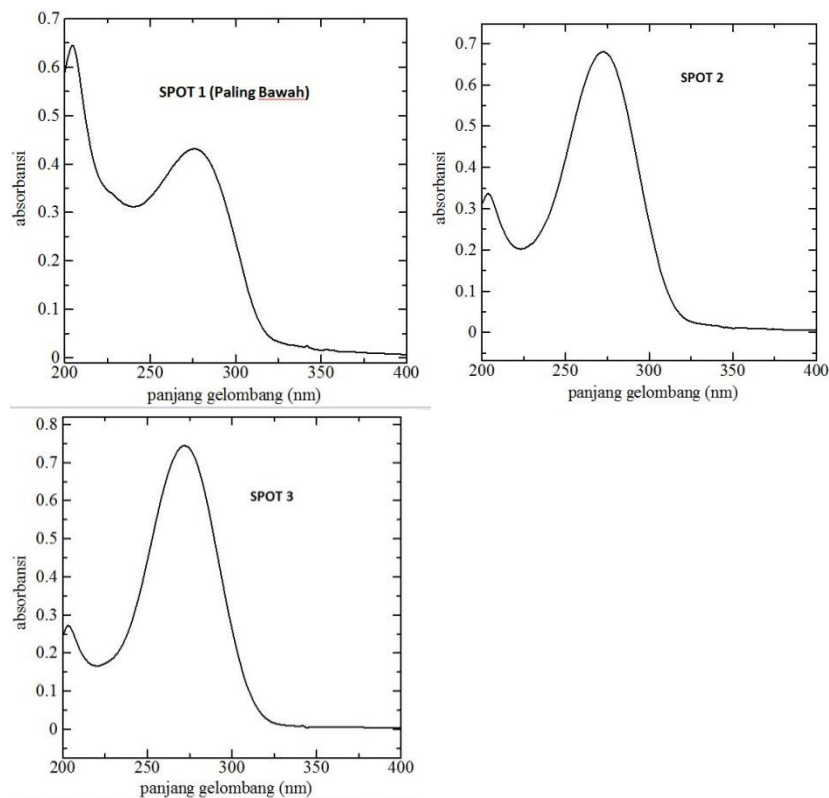
Tabel 2. Data Hasil Perbandingan Persentase Daya Inhibisi Sari, Serbuk, Ekstrak Kental dan Isolat Hasil KLT Preparatif Kedelai.

No.	Daya Inhibisi dari	Massa Awal yang didapat (g)	Daya Inhibisi Lipase (%)	Daya Inhibisi Relatif terhadap Orlistat (%)	Massa sampel Agar setara dengan 1 tablet orlistat
1	1 kapsul orlistat (120 mg)		81,5%	100%	0,12 g
2	Sari kedelai dari 1,07 gram kedelai	250 g kedelai	57,2%	70,2%	1,52 g
3	1 gram serbuk kedelai dari 1,07 gram kedelai	100 g serbuk	54,8%	67,3%	1,48 g
4	0,12 gram Ekstrak kental kedelai dari 1,07 gram kedelai	12,054 g Ekstrak kental	54,8%	67,3%	0,17 g
5	0,01 gram Ekstrak Kental Hasil KLT-P dari 0,085 gram kedelai				
	a. Spot 1 Hasil KLT-P $\pm 0,003$ gram		54,8%	67,3%	0,0062 g
	b. Spot 2 hasil KLT-P $\pm 0,003$ gram		54,8%	67,3%	0,0062 g
	c. Spot 3 hasil KLT-P $\pm 0,003$ gram		45,9%	56,4%	0,0062 g

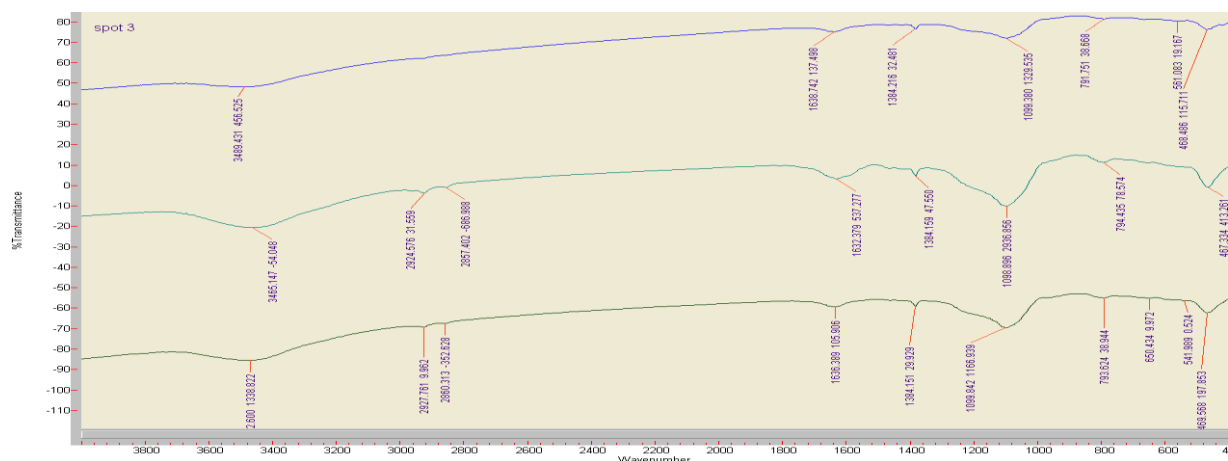
* KLT-P = Kromatografi Lapis Tipis Preparatif

Hasil Uji aktivitas menunjukkan bahwa sari biji kedelai memiliki daya inhibisi lipase pankreas relatif terhadap orlistat 70,2% per 1,07 gram maka sari kedelai memiliki daya inhibisi yang lebih efektif dibandingkan dengan serbuk kedelai dan ekstrak kentalnya. Isolat flavonoid juga memiliki daya inhibisi yang sama dengan ekstrak kental dan serbuk kedelai, pada spot 1 dan 2 memiliki daya inhibisi sebesar 67,3% sedangkan spot 3 daya inhibisinya sebesar 56,4%, berdasarkan hasil uji aktivitas dapat ditentukan bahwa isolat flavonoid lebih efektif dibandingkan dengan sari, serbuk dan ekstrak kental karena dengan massa yang lebih sedikit yaitu 0,08 gram, isolat flavonoid memiliki daya inhibisi yang sama dengan 1,07 gram biji kedelai sehingga jika massa isolat ditambah atau sama dengan massa sari diduga memiliki daya inhibisi yang lebih besar, jadi lebih efektif.

Beberapa Isolat flavonoid mampu menghambat aktivitas enzim lipase pankreas, penelitian Gabriela Clementine Ranti dkk (2013) yang dilakukan secara *in vivo* pada tikus putih menunjukkan bahwa Ekstrak Flavonoid dari gedi dapat menurunkan bobot tikus sebesar 7,85%. Hasil penelitian lainnya Meilinah Hidayat (2015) juga menunjukkan bahwa ekstrak kental kedelai dapat menghambat kenaikan berat badan pada tikus wistar, dari kenaikan sebesar 21 % menjadi hampir 18,45 % setelah makanannya diberi 20 mg ekstrak kental kedelai selama 28 hari. Hasil-hasil uji *in vivo* ini sejalan dengan penelitian kami, dalam arti penurunan berat badan tikus wistar disebabkan oleh daya inhibisi flavonoid dalam biji kedelai terhadap lipase pankreas sehingga menghambat penyerapan lemak.



(a)



(b)

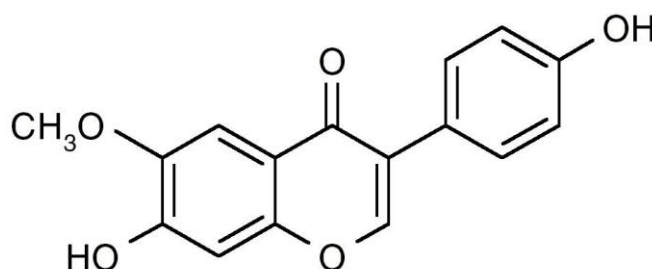
Gambar 5. a) Spektrum UV-Vis, b) Spektrum FT-IR (dari atas : spot 2, spot 1 dan spot 3)

Tabel 3. Interpretasi Spektrum IR Hasil Isolat Ekstrak Kental Metanol Kedelai

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Perkiraan Gugus	Spot 1	Spot 2	Spot 3
3200-3600	Vibrasi Ulur Gugus O-H	✓	✓	✓
2800-3000	Vibrasi Ulur Gugus C-H sp ³	✓	✓	-
1600-1700	Vibrasi Ulur Gugus C=C dan C=O	✓	✓	✓
1200-1400	Vibrasi Tekuk Gugus C-H	✓	✓	✓
1000-1100	Vibrasi Ulur Gugus C-O		✓	✓
700-900	Vibrasi Ulur Gugus C-H Aromatik		✓	✓

Dari hasil UV-Vis didapat kan dua spektrum yang berbeda tapi menunjukkan pola yang hampir sama dalam serapannya yaitu ada pada panjang gelombang 205 nm dan 272 nm, sedangkan pada spektroskopi FT-IR dari ketiga spot didapatkan spektrum yang sama tetapi berbeda intensitasnya. Berdasarkan data yang diperoleh, diprediksikan senyawa tersebut adalah Glycitein karena sesuai dengan hasil FT-IR. Berikut gambar struktur glycitein:

Gambar 5. Glycitein



Struktur senyawa

SIMPULAN

Ada 3 jenis senyawa flavonoid yang terkandung di dalam biji kedelai yang memiliki aktivitas sebagai inhibitor lipase pankreas. 0,01 gram ekstrak kental metanol kedelai yang berasal dari 0,08 gram biji kedelai, telah diisolasi 3 jenis flavonoid dengan daya inhibisi masing-masing 67,3%, 67,3 %, dan 56,4 % relatif terhadap orlistat. Berdasarkan hasil spektroskopi UV-Vis dan FT-IR ketiga jenis isolat flavonoid diprediksi merupakan senyawa glycitein

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Yudhi Utomo yang mengizinkan penulisan untuk lembur di laboratorium penelitian, Terimakasih kepada Kepala Laboratorium Tanah Teknik Sipil yang telah mengizinkan penulis untuk meminjam alat mesh 50 , dan Terimakasih kepada kepala Lab MRCPP universitas Ma Chung yang telah mengizinkan penulis untuk melaksanakan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Filippatos, T. D., Derdemezis, C. S., Gazi I. F., Na-kou, E. S., Mikhalidis, D. P., & Elisaf M. S. 2008. Orlistat associated adverse effects and drug interactions: a critical review. *Drug Safety*, Vol. 1, pp. 53-65.
- Hidayat Meilinah, Sylvia Soeng, Roro Wahyudianingsih , Jeanny Ervie Ladi , Yonathan Ari Krisetya , Vera Elviora. 2015. *Ekstrak Kedelai Detam 1, Daun Jati Belanda Serta Kombinasinya Terhadap Berat Badan Dan Histopatologi Hepar Tikus Wistar*.
- Neena N. Gandhi. 1997. *Applications Of Lipase*. Faculty of Engineering University of Waterloo.

- Ranti C. Gabriela, Fatimawali, Frenly Wehantouw. 2013. *Uji Efektivitas Ekstrak Flavonoid Dan Steroid Dari Gedi (Abelmoschus Manihot) sebagai Anti Obesitas dan Hipolipidemik Pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar*. Farmasi Fakultas MIPA UNSRAT Manado.
- Rhamadevi Bimavarapu, chitra priya Karuna, N. Gowthami, Manasa Anne, Kanikanti Dhavani, M. Haritha. 2011. *A novel formulation of orlistat solid dispersions using solvent evaporation technique*. 435-443 Roche. 2008. *Xenical*. (Online), (http://www.pharmcom.com/xenical_clinical_studies.htm), diakses 07 oktober 2015.
- Roche. 2008. *Xenical*. (Online), (http://www.pharmcom.com/xenical_clinical_studies.htm), diakses 07 September 2015.
- Rukmana Rahmat, Yuyun Yuniarsih. 1996. *Kedelai Budidaya dan Pasca Panen*. (online). https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=gfof4R0hk34C&oi=fnd&pg=PA22&dq=produksi+kedelai+di+indonesia&ots=UEUDIwOFhF&sig=VEPQ6Py39VajU4FMi0GQ0_eGsMY&redir_esc=y#v=onepage&q=produksi%20kedelai%20di%20indonesia&f=false. Diakses pada tanggal 25 juni 2016.
- RxList, 2011. *Xenical*. (Online), (<http://www.rxlist.com/xenical-drug.htm>), diakses 07 oktober 2015.
- Sirinamarattana, A., Bavovada, A., Pengsuparp, T. & Phongtananikron, S. 2010. Pancreatic Lipase Inhibitory Activity of Thai Medicinal Plant. *Journal Of Pharmacy Research*, (Online), 3 (10): 2402-2403, (jpronline.info/article/download/3859/1919), diakses 07 September 2015.

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR (CJCO) DENGAN DENGAN GELOMBANG ULTRASONIK

Aman Santoso¹, Subandi²

Jurusan Kimia, FMIPA, UM, Malang, Indonesia

*Corresponding author's Email: aman.santoso@um.ac.id

subandi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Sebagai negara agraris sebenarnya Indonesia kaya akan bahan baku biodiesel seperti misalnya minyak sawit, nyamplung, minyak jarak pagar atau *Crude Jatropa Curcas Oil* (CJCO). Teknologi gelombang ultra sonik dapat meningkatkan laju reaksi kimia. Reaksi transesterifikasi dengan pengaduk mekanis berlangsung 1-2 jam dengan ultrasonik reaksi dapat berlangsung dalam 2-20 menit. Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi sintesis biodiesel pada skala laboratorium dari minyak jarak dengan gelombang ultra sonik.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen di laboratorium dan scale up sintesis biodiesel pada skala pilot plant dengan gelombang ultrasonik dari minyak jarak pagar. Secara garis besar penelitian ini terdiri (1). Menentukan ALB dari minyak jarak pagar (2). Esterifikasi minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel (3). Efisiensi/optimasi sintesis biodiesel dengan memvariasi pengaruh fraksi methanol dan persen katalis KOH terhadap rendemen hasil dari bahan baku minyak jarak. dengan metode gelombang ultra sonic. (5). Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan dari minyak jarak dengan gelombang ultrasonik.

Hasil Penelitian menunjukkan (1). Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) minyak jarak sangat tinggi berskisar 10-12 dengan warna kuning jernih, dan tidak dapat ditransesterifikasi secara langsung. (2). Esterifikasi minyak jarak dengan metanol dikatalis asam untuk satu, dua dan tiga tahap esterifikasi berturut-turut mampu menurunkan kadar ALB menjadi 7 % dan 4% dan 2,5 %. (3). Dengan bahan baku minyak jarak pagar (CJCO), metode konvensional mencapai kondisi optimum pada fraksi mol metanol 1:8, katalis KOH 0,7 % dan waktu 1 jam dengan rendemen 96%, sedangkan jika menggunakan metode ultrasonik mencapai kondisi optimum pada fraksi mol metanol 1:7, katalis KOH 0,7% dan waktu 5 menit dengan rendemen 97%. Dengan demikian disamping rendemennya meningkat, penggunaan ultrasonik mampu memperpendek waktu sintesis biodiesel dari 1 jam menjadi hanya 5 menit saja.(4). CJCO memiliki viskositas sekitar 29-30 cps, biodiesel hasil sintesis dari minyak jarak memiliki viskositas berturut-turut sekitar 5-6 cps, dalam hal ini terjadi penurunan viskositas hingga tinggal 20% saja, dan sudah mendekati viskositas SNI untuk biodiesel, yaitu maksimum 6.

Kata Kunci: Minyak jarak, efisiensi, biodiesel, viskositas, ultrasonic

ABSTRACT

As an agricultural country that Indonesia is rich in raw materials such as palm oil biodiesel, nyamplung, oil or *Crude Jatropa Curcas Oil* Jatropa (CJCO). Ultra sonic waves of technology can increase the rate of chemical reactions. Transesterification with a mechanical stirrer lasts 1-2 hours with ultrasonic reaction may take place within 2-20 minutes. The purpose of this research is to improve the efficiency of biodiesel synthesis at the laboratory scale of castor oil with ultra-sonic waves. This study was an experimental study in the laboratory and scale up the synthesis of biodiesel on a pilot plant scale with ultrasonic waves of oil castor oil. Broadly speaking, this study comprises (1). Determining ALB of castor oil (2). Esterification of castor oil as a biodiesel feedstock (3).

Efficiency / optimization synthesis of biodiesel by varying the effect of the methanol fraction and percent of KOH catalyst to yield a result of raw material castor oil. with ultra sonic wave method. (5). Characterization of biodiesel produced from castor oil with ultrasonic. Results showed (1). Esterification of castor oil with methanol catalyzed acid for one, two and three consecutive esterification stages can lower the levels of ALB to 7% and 4% and 2.5%. (3). Transesterification of Jatropha oil (CJCO), conventionally optimum condition is reached on the mole fraction of methanol 1: 8, 0.7% KOH concentration and reaction time of 1 hour with a yield of 96%, while using ultrasound in a mole fraction of methanol 1: 7, with KOH 0.7% and 5 minutes with a yield of 97%. CJOC viscosity of 29-30 cps, biodiesel synthesis product has a viscosity in a row r 5-6 cps, where viscosity approached SNI to biodiesel, ie a maximum of 6.

Keywords: Castor Oil, efficiency, biodiesel, viscosity, ultrasonic

PENDAHULUAN

Tanaman jarak (*Jatropha Curcas L*) sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku biodiesel, (Dewi, dkk., 2005), karena kandungan minyaknya relatif tinggi dalam kisaran 30-40% dari biji kering (Hariadi, MS. 2005.). Minyak jarak merupakan non edible oil (bukan bahan pangan) selama ini digunakan antara lain sebagai bahan baku lampu penerangan, kosmetik, sabun dan farmasi namun dalam jumlah tidak besar. Minyak jarak merupakan trigliserida, sedikit mengandung asam lemak bebas, air dan pengotor lain. Kandungan air dalam minyak dapat menyebabkan hidrolisis dan menyebabkan kadar asam lemak bebasnya (ALB) terus meningkat dalam proses penyimpanannya. Minyak jarak pagar dalam waktu simpan satu bulan ALB nya mencapai 12 % dan pada penyimpanan lebih 2 bulan ALB-nya sekitar 22%. Kadar ALB yang tinggi mengakibatkan minyak tidak dapat transesterifikasi secara langsung menjadi biodiesel, tetapi harus diturunkan melalui reaksi esterifikasi.

Telah banyak dilakukan penelitian bahwa minyak jarak dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel, dimana pembuatan biodiesel secara konvensional dengan sistem bath dengan pengaduk mekanis, memerlukan waktu 2-8 jam. Minyak nabati dengan reaksi transesterifikasi dengan alkohol dikatalis asam atau basa menghasilkan bentuk alkil ester dari asam lemaknya, yang dapat menurunkan viskositas minyak nabati hingga 85% (Alamu, 2007), (Demirbas, 2007) sehingga dapat digunakan bahan bakar mesin diesel pengganti solar (Anonim Warta Pertamina, 2006). Minyak nabati umumnya memiliki viskositas yang tinggi, sehingga tidak dapat digunakan secara langsung untuk bahan bakar nabati (BBN) sehingga harus diturunkan viskositasnya. Pemanfaatan gelombang ultrasonik dapat mengaktifkan tahap penentu reaksi transesterifikasi (Stavarache and Vinatoru, 2007), sehingga dapat mempercepat laju dan tercapainya kesetimbangan reaksi (Deshmane, et.al 2008).

Berdasarkan uraian yang telah dilakukan perlu dilakukan serangkaian penelitian yang dapat meningkatkan efisiensi dalam sintesis biodiesel dari minyak jarak pagar. Dengan diketahuinya kombinasi dan kondisi yang tepat mulai dari bahan baku, proses pembuatan maka diharapkan dapat diperoleh sistem produksi yang efektif dan efisien dalam pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak jarak. Maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

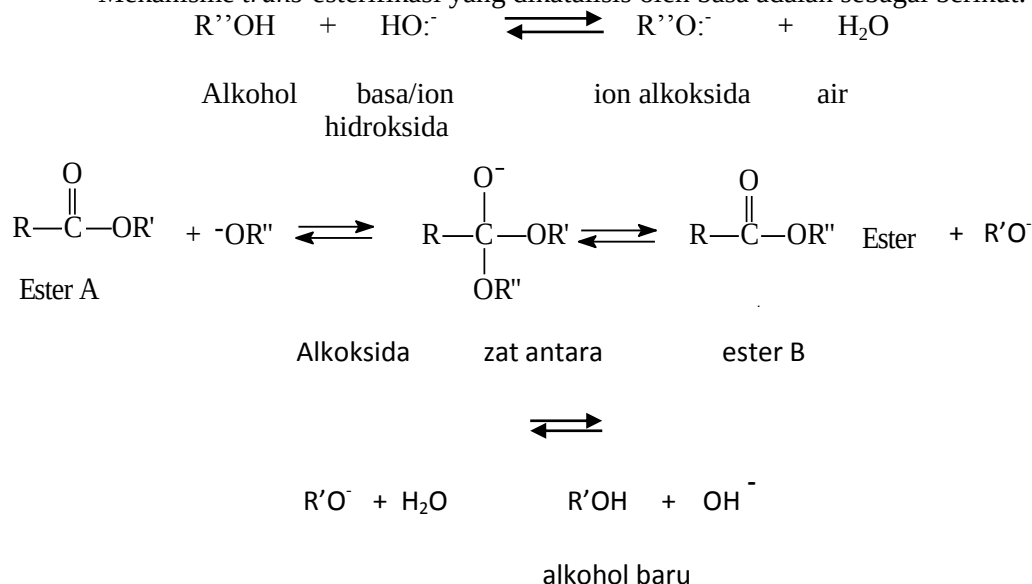
- 1) Bagaimanakah pengaruh esterifikasi terhadap kadar asam lemak bebas pada minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel?
- 2) Bagaimanakah pengaruh fraksi mol alkohol terhadap rendemen biodiesel dari minyak jarak pagar dengan metode gelombang ultrasonik ?
- 3) Bagaimanakah pengaruh persen katalis KOH terhadap rendemen biodiesel dari minyak jarak pagar dengan metode gelombang ultrasonik ?
- 4) Bagaimanakah efisiensi penggunaan gelombang ultrasonik pada sintesis biodiesel dari minyak jarak pagar?

Trans-esterifikasi Minyak

Trans-esterifikasi adalah suatu reaksi antara ester dengan alkohol membentuk ester baru dan alkohol baru, dalam hal ini terjadi pertukaran bagian alkohol suatu ester (Santoso, 1998). Shantha (1992) menyebutkan bahwa pereaksi-pereaksi *trans* esterifikasi secara umum dapat dibagi menjadi

dua golongan yaitu pereaksi katalis asam dan basa. Katalis asam yang biasa digunakan adalah asam klorida dalam metanol, asam sulfat dalam metanol dan borontrifluorida dalam metanol. Katalis basa yang biasa digunakan adalah natrium metoksida dalam metanol dan Natrium hidroksida dalam metanol.

Mekanisme *trans*-esterifikasi yang dikatalisis oleh basa adalah sebagai berikut:



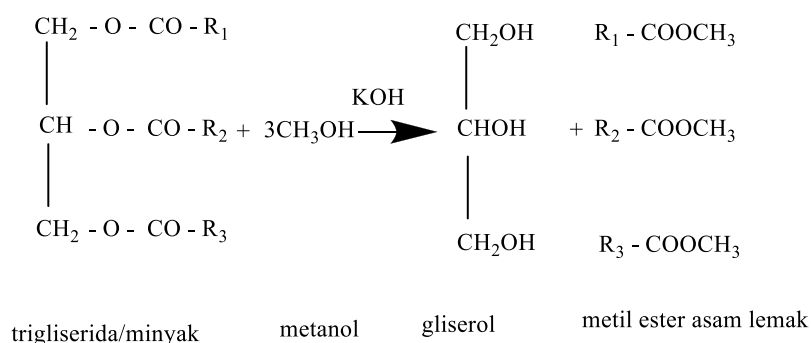
Mekanisme *trans*-esterifikasi dengan katalis basa diawali dengan reaksi antara ion hidroksida (OH^-) dengan alkohol membentuk alkoksida. Selanjutnya alkoksida yang terbentuk menyerang gugus karbonil (dengan gugus karbonil sp^2) pada ester A membentuk zat antara tetrahedral (dengan atom C sp^3) yang sangat tidak stabil, tahap selanjutnya eliminasi menghasilkan ester (B) baru dan alkohol baru ($\text{R}'\text{OH}$)

Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat menggantikan bahan bakar solar yang renewable (Demirbas, 2007). Dengan semakin mahalnya dan terbatasnya BBM fosil di alam maka harus dicari energi alternatif yang dapat diperbaharui yang antara lain biofuel misalnya biodiesel. Beberapa kajian seperti yang dikemukakan oleh Robert Manurung ITB bahwa minyak jarak (minyak nabati) dapat langsung digunakan sebagai minyak diesel. Namun demikian banyak penelitian lain menunjukkan bahwa minyak nabati memiliki viskositas yang sangat tinggi (Demirbas, 2007) dapat 10-20 kali minyak solar, dan tingginya viskositas minyak nabati dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan menimbulkan kerak pada ruang pembakaran. Sehingga minyak nabati agar dapat digunakan sebagai bahan bakar harus diturunkan viskositasnya sehingga mendekati viskositas solar (Anonim Warta Pertamina, 2006).

Reaksi transesterifikasi dari lemak/minyak dapat dilakukan untuk menurunkan viskositas minyak nabati sehingga dihasilkan metil ester asam lemak. Dengan Transesterifikasi dapat menurunkan viskositas minyak nabati sampai 85% (Alamu, 2007), (Demirbas, 2007). Reaksi transesterifikasi minyak nabati dapat dilakukan dengan mereaksikan minyak yang merupakan trigliseride dengan alkohol (metanol/etanol) dengan katalis asam atau basa, dan dihasilkan alkil ester asam lemak dengan hasil samping gliserol.

Transformasi dari minyak/lemak menjadi gliserin dan ester dari asam lemak dengan reaksi



Pembuatan biodiesel secara konvensional dengan pengadukan mekanis dilakukan dengan reaksi transesterifikasi dengan mereaksikan minyak nabati dengan metanol atau etanol dengan pengadukan mekanis, cara ini menghasilkan rendemen tidak terlalu tinggi dan memerlukan waktu relatif lama dan kendala lain umumnya kesulitan dalam memisahkan produk.

Reaksi transesterifikasi dengan teknologi ultra sonik dapat berlangsung lebih cepat dan menurunkan penggunaan katalis hingga 50 %, serta pemisahan hasil lebih mudah (Hielscher, 2000), dengan gelombang ultra sonic tanduk getar dapat berlangsung dalam satu menit saja (Bambang Susilo, 2008). Dengan kemajuan teknologi yang ada secara nyata dapat meningkatkan laju reaksi pembuatan biodiesel, namun demikian apakah dapat lebih efisien untuk pengembangan biodiesel di Indonesia masih diperlukan kajian yang mendalam, karena teknologi yang dimaksud cukup mahal.

Minyak Jarak

Tumbuhan jarak yang banyak terdapat di pelosok nusantara. Kandungan minyak pada jarak kepyar (*Ricinus Communis*) 47-49%, lebih tinggi dari pada jarak pagar (*Jatropha Curcas*) 36 % (Jawa Post, 2008). Namun jarak kepyar dapat hidup 1-3 tahun, sedangkan jarak pagar dapat tumbuh sampai 50 tahun dengan produktifitas stabil setelah tahun pertama, dengan produktivitas 8-15 ton/ha/thn, (Anonim Bojonegoro Post, Mei 2007). Sehingga untuk keperluan bahan baku biodiesel dalam jumlah yang besar jarak pagar (*Jatropha Curcas*) lebih memungkinkan dari pada jarak kepyar. Biodiesel berbahan baku minyak jarak sangat prospektif dikembangkan di Indonesia karena memiliki beberapa keunggulan dari bahan baku biodiesel yang lainnya. Sebagai alternatif bahan baku biodiesel disarankan untuk dikembangkan adalah minyak jarak (*Jatropha Curcas*) (Dewi dkk, 2005), (Soerawidjaya dan Tohar, 2003), Keunggulan jarak pagar dapat tumbuh di lahan kritis, dimana lahan kritis di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan berkisar lebih dari 22 juta hektar (Deptan, 2006), (Amalia Sintawati, 2006).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian: Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang, Laboratorium Teknologi Industri Pertanian Universitas Brawijaya Malang yang dilaksanakan mulai Bulan Januari 2009 sampai dengan Januari 2010. Identifikasi komponen utama asam-asam lemak yang menyusun minyak jarak dilakukan di Laboratorium Kimia UGM, nilai kalor diukur dengan DSC Lab bersama MIPA UM.

Alat dan bahan yang digunakan: Peralatan yang digunakan dalam penelitian laboratorium adalah: Beaker Glass, corong pisah, blender, pipet volume, pipet tetes, centrifuge, *Rotary vacuum Evaporator*, set alat ekstraksi soxhlet, expeler, pengukur flash point, seperangkat alat titrasi, refraktometer Abbe, Viskometer, Erlenmeyer, botol penampung, gelas arloji, pengaduk, gelas ukur, mantel pemanas, dan GC-MS apparatus, pembangkit ultrasonic kapasitas 3 dan 20 L, microwave kapasitas 6 kg.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: biji jarak kadar air kurang 7% (BALITTAS), n-heksana teknis, klorofom p.a, etanol (p.a dan teknis), kertas saring Whatman,

akuades, metanol dan metanol (p.a dan teknis), magnesium sulfat anhidrous, natrium sulfat anhidrous, kalium hidroksida (p.a dan teknis), Natrium hidroksida (p.a dan teknis), asam klorida p.a, indicator metil merah, indicator phenolftalein, dietil eter (p.a dan teknis), asam asetat glacial (p.a), kalium iodida, reagen Hanus, Asam Klorida, arang aktif, clay.

Perlakuan Bahan Baku

Penentuan FFA (kadar asam lemak bebas/ALB) minyak

Sebanyak 1 g minyak jarak pagar dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, ditambahkan 5 g alkohol dan 3 tetes indikator pp. Selanjutnya dilakukan reflus sambil diaduk selama 15 menit. Campuran hasil reflus didinginkan dan selanjutnya dititrasi dengan NaOH 0,1 N. Dilakukan langkah yang sama seperti di atas untuk menentukan kadar FFA terhadap minyak sawit, minyak jarak hasil esterifikasi dan biodiesel hasil transesterifikasi dimana dengan mengganti sampel dengan minyak sawit, minyak jarak hasil esterifikasi dan biodiesel hasil transesterifikasi.

Esterifikasi minyak jarak

Sebanyak 100 g minyak jarak dimasukan kedalam labu leher tiga, ditambahkan 8 g metanol dan 1 ml asam Sulfat pekat. Campuran reaksi direflus sambil diaduk dengan magnetik stirer pada suhu 70°C selama 2-3 jam. Campuran hasil reflus didinginkan kemudian dipindahkan ke dalam corong pisah. Lapisan bagian bawah dipisahkan dan lapisan organik bagian atas dicuci dengan 2x100 ml air hangat, kemudian dievaporasi untuk menghilangkan air yang terperap dalam minyak. Hasil yang diperoleh ditimbang untuk menentukan rendemen dan keberhasilan esterifikasi dapat dilihat dengan mengukur penurunan kadar ALBnya. Hasil esterifikasi minyak jarak apabila kadar ALB masih lebih 3%, maka harus dilakukan esterifikasi ulang dengan langkah yang sama seperti di atas.

Sintesis Biodiesel dari Minyak Jarak Skala Laboratorium

(1). Pembuatan biodiesel dengan transesterifikasi dari minyak jarak pagar (CJCO) dengan pengaduk mekanis

Pembuatan Kalium metoksida : Sebanyak 28 g metanol (1:7) dituangkan kedalam Beaker Glass, kemudian ditambahkan dengan hati-hati 1 g Kalium Hidroksida (KOH) untuk katalis 1%. Campuran di aduk dengan pengaduk elektrik atau pengaduk magnet dengan hati-hati sampai semua KOH larut sempurna dan terbentuk kalium metoksida.

Reaksi transesterifikasi: Sebanyak 100 g minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*) yang telah diesterkan dimasukkan ke dalam labu alas bulat, dipanaskan pendahuluan pada suhu 60°C selama 30 menit sambil diaduk mekanis, dengan hati-hati ditambahkan larutan Kalium metoksida yang telah dibuat. Selanjutnya diaduk dengan pengaduk elektrik dengan kecepatan 300-400 rpm selama 2 jam, suhu reaksi dipertahankan 60-65°C. Campuran didinginkan, selanjutnya di pindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 2-8 jam. Akan terjadi dua lapisan dimana metil ester berada di lapisan atas dan gliserol serta sisa reaksi yang terletak pada lapisan bawah, dan lapisan bawah dipisahkan. Biodiesel/metil ester yang dihasilkan di cuci dengan dengan air sampai netral. Metil ester yang dihasilkan dikeringkan dengan destilasi/evaporasi dan ditambahkan natrium sulfat anhidrous. Biodiesel yang diperoleh ditimbang dan ditentukan rendemennya. (Alamu, 2007).

Tahapan reaksi di atas diulangi dengan langkah yang sama dengan mengubah konsentrasi katalis KOH dari 1 % menjadi 0,6%, 0,7%, 0,8% . Selain memvariasi konsentrasi katalis juga dilakukan variasi terhadap fraksi alkohol yakni selain dengan fraksi 1:7 seperti di atas juga dilakukan fraksi alkohol 1:6 ; 1:8. Pengaruh pengaruh lama reaksi terhadap rendemen hasil di lakukan dengan tahapan seperti di atas tetapi dengan merubah waktu reaksi dari 2 jam menjadi 0,5 ; 1 dan 2 jam

(2). Pembuatan biodiesel dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi minyak jarak pagar dengan gelombang ultra sonic

Pembuatan Kalium metoksida : Sebanyak 28 g metanol (1:7) dituangkan kedalam Beaker Glass, kemudian ditambahkan dengan hati-hati 1 g Kalium Hidroksida (KOH) untuk katalis 1%. Campuran di aduk dengan pengaduk atau magnetic stirer dengan pelan-pelan sampai semua KOH larut dengan sempurna dan terbentuk kalium metoksida.

Sebanyak 100 g jarak pagar yang telah diesterkan dimasukkan dalam Beaker Glass, dipanaskan sampai pada suhu 65 °C kemudian dengan hati-hati ditambahkan larutan Kalium metoksida yang telah dibuat. Campuran reaksi ditempatkan dalam pengaruh sumber ultrasonik sambil diaduk secara perlahan dengan kecepatan 200-300 rpm, selama 5 menit. Campuran didinginkan kemudian dipindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 1-2 jam, sampai terjadi pemisahan sempurna menjadi dua lapisan. Metil ester terletak pada lapisan atas dipisahkan dari gliserol dan dicuci dengan air sampai netral. Air yang tersisa dalam biodiesel dihilangkan dengan destilasi vakum atau evaporasi, dikeringkan dengan menambahkan natrium sulfat anhidrous, kemudian didekantasi, biodiesel yang diperoleh ditimbang untuk menentukan rendemennya.

Tahapan reaksi di atas diulangi dengan langkah yang sama, yakni tetap dalam pengaruh gelombang ultrasonik, namun dengan mengubah konsentrasi katalis KOH dari 1 % menjadi 0,6%, 0,7%, 0,8%. Selain memvariasi konsentrasi katalis juga dilakukan variasi terhadap fraksi alkohol yakni dari fraksi 1:7 seperti di atas diganti dengan fraksi alkohol dengan fraksi 1:6 dan 1:8. Untuk mengetahui pengaruh lama reaksi dengan gelombang mikro terhadap rendemen hasil reaksi dilakukan langkah yang sama seperti di atas, dengan waktu reaksi dari 5 menit menjadi 2,5 ; 7,5 dan 10 menit.

Metode Analisis

Analisis kualitas dilakukan terhadap semua produk yang dihasilkan misalnya dalam tahapan rafiansi atau pengolahan awal baku biodiesel baik minyak sawit maupun minyak jarak pagar, disesuaikan standar kualitas bahan baku biodiesel. Sedangkan dalam tahapan pembuatan biodiesel analisis kualitas dilakukan terhadap parameter-parameter dasar yang harus dipenuhi dalam produk biodiesel, mengacu pada SNI. Karakterisasi sifat fisika maupun kimia dilakukan baik terhadap bahan baku yakni minyak sawit dan minyak jarak pagar, juga dilakukan terhadap biodiesel yang dihasilkan yang meliputi karakter warna, viskositas, indeks bias, berat jenis, kadar asam lemak bebas, bilangan penyabunan, bilangan iod, pH

(1). Penentuan Indeks Bias

Pengukuran indeks bias dilakukan dengan menggunakan refraktometer Abbe di Laboratorium Biokimia FMIPA UM pada temperatur pengukuran 27,8°C. Sampel diteteskan pada lensa yang terdapat pada rangkaian peralatan refraktometer Abbe. Pembacaan indeks bias dilakukan pada garis pisah antara daerah terang gelap yang berada tepat pada posisi silang dari lensa pengamatan refraktometer tersebut. Indeks bias hasil pengamatan (R') dikonversikan menjadi indeks bias pada suhu 25°C dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R = R' + K(T' - T)$$

Dengan: R = Pembacaan skala indeks bias pada suhu T°C (25°C)
 R' = Pembacaan skala indeks bias pada suhu T' (27,8°C)
 K = Faktor koreksi untuk minyak (0,000385)
 T' = Suhu pengamatan (27,8°C)

(2). Penentuan viskositas minyak

Menuangkan sebanyak 250 ml minyak jarak kedalam gelas ukur 250 ml , masukkan viscometer yang sesuai dan dibaca skala yang ada dan angka yang terbaca dicatat sebagai kekentalan dari cairan yang diukur.

(3). Penentuan bilangan asam

Penentuan asam lemak bebas dalam bahan yang akan digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah sangat penting. Kadar asam lemak bebas terlalu tinggi yakni lebih dari 5%, pembuatan biodiesel dengan katalis basa secara langsung tidak dapat dilakukan, karena akan terjadi proses penyabunan sehingga sabun yang terbentuk akan melapisi molekul minyak. Bahan dengan asam lemak bebas (FFA) tinggi, harus diesterkan dahulu baru ditransesterifikasi. Prosedur kerja penentuan asam lemak bebas adalah sepuluh gram sampel dalam Erlenmeyer 100 ml selanjutnya ditambahkan 15 ml alkohol dan ditambahkan 5 tetes indikator pp, dipanaskan sampai mendidih, didinginkan. Larutan ini kemudian ditambah indikator pp dan dititrasi dengan KOH 0,1N sampai terbentuk warna

merah jambu yang tidak hilang selama 10 detik. Bilangan asam merupakan banyaknya mg NaOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 g minyak/lemak. (Sudarmadji, 1996).

$$\text{Bil asam} = \frac{\text{mL KOH} \times \text{N KOH} \times 56,1}{\text{Berat sampel}}$$

(4). Penentuan Bilangan Penyabunan

Sebesar 1 gram minyak dimasukkan dalam Erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 12,5 mL kalium hidroksida alkoholis 0,5 N dengan pipet. Labu erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin tegak dan dididihkan dengan hati-hati sampai semua minyak tersabunkan, setelah itu ditambahkan 5 tetes indikator fenolftalein pada larutan tersebut kemudian dititrasi dengan asam klorida 0,5 N sampai warna merah hilang. Untuk mengetahui kelebihan larutan kalium hidroksida, dibuat larutan blanko sesuai prosedur di atas hanya saja tanpa penambahan minyak. Bilangan penyabunan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(A - B) \times N_{\text{HCl}} \times \text{Mr KOH}}{G}$$

Dengan:

A = Volume larutan asam klorida 0,5 N untuk titrasi blanko (mL)

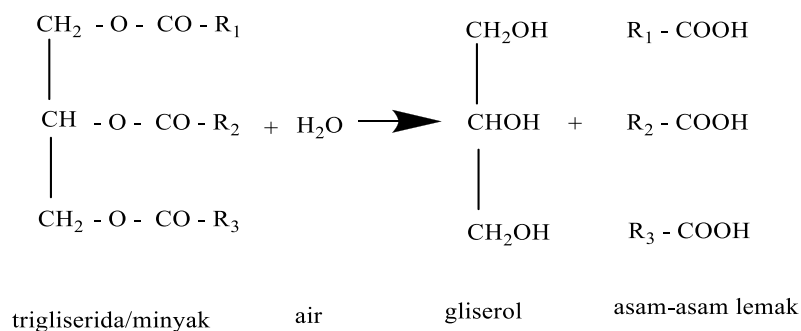
B = Volume larutan asam klorida 0,5 N untuk titrasi sampel (mL)

G = Berat sampel minyak (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

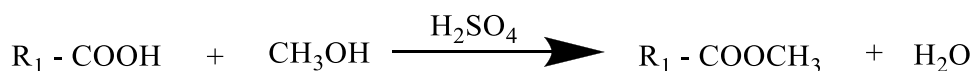
Esterifikasi minyak jarak

Reaksi hidrolisis hidrolisis merupakan reaksi reversibel dari minyak menghasilkan asam-asam lemak bebas.



Secara kuantitatif asam lemak bebas dalam minyak dapat ditentukan dengan kadar asam lemak bebas (ALB). Semakin besar kadar ALB artinya semakin besar asam lemak bebas dalam minyak, dan sebagai bahan baku biodiesel adanya asam lemak bebas akan mempengaruhi proses reaksi pembuatan biodiesel. Agar reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel berjalan sempurna kadar ALB harus diturunkan hingga di bawah 3%.

Minyak jarak pagar memiliki kadar ALB cukup tinggi, untuk menurunkan dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi dengan mereaksikan minyak dengan metanol dikatalis asam sulfat, dengan reaksi sebagai berikut :



Penurunan kadar ALB dengan esterifikasi dipengaruhi frekuensi atau jumlah pengesteran yang dilakukan dan lama reaksi esterifikasi. Data pengaruh waktu terhadap ALB dan jumlah tahapan esterifikasi hubungannya dengan ALB seperti Tabel 1, sedangkan hasil minyak jarak sebelum dan sesudah esterifikasi seperti pada Gambar 1 dan 2



Gambar 1 Minyak jarak



Gambar 2 Hasil esterifikasi minyak jarak

Tabel 2 Hasil estrifikasi minyak jarak

ALB Minyak (%)	Esterifikasi ke	waktu esterifikasi (jam)	ALB setelah esterifikasi
11-12	1	1	7,5
11-12	1	2	4,8
11-12	1	1	7,5
	2	1	3,8
	3	1	2,5

Berdasarkan data dalam tabel 1 tersebut tampak bahwa waktu/lama reaksi pengesteran mempengaruhi penurunan ALB, dimana dalam reaksi esterifikasi satu tahap untuk 1 jam dan 2 jam berturut-turut mampu menurunkan ALB dari 12 % menjadi 7,5 dan 4,8 %. Minyak dengan kadar masih di atas 3% masih belum bisa dilanjutkan transesterifikasi menjadi biodiesel. Sehingga untuk dapat digunakan sebagai bahan baku harus dilakukan esterifikasi kembali, agar kadar ALB di bawah 3%.

Jumlah tahapan penambahan reagen dalam esterifikasi berpengaruh besar dalam menurunkan kadar ALB minyak jarak, dimana seperti pada Tabel 2 esterifikasi 1,2,3 tahapan dengan waktu masing-masing tahapan 1jam mampu menurunkan ALB berturut-turut dari 11-12% menjadi 13 ; 7,4 ; 4,0 dan 2,8 %. Kadar ALB kurang dari 3% sudah dapat ditransesterifikasi. Penambahan reagen secara bertahap tersebut artinya sangat berpengaruh dalam keberhasilan reaksi esterifikasi, terutama untuk bahan dengan ALB yang tinggi.

Sintesis biodiesel dengan reaksi transesterifikasi dari minyak Jarak secara konvensional

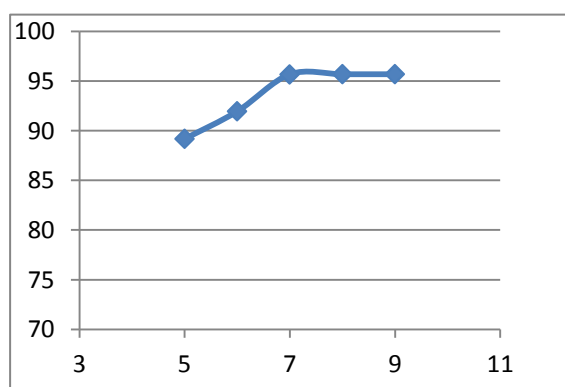
(1). Hasil Transesterifikasi minyak jarak Konvensional.

Setelah harga FFA minyak jarak tidak lebih dari 3 %, dapat ditransesterifikasi dengan methanol dikatalis menghasilkan metil ester minyak jarak. Sintesis biodiesel dilakukan variasi terhadap fraksi mol alkohol, konsentrasi katalis, waktu reaksi. Serta dilakukan dengan kondisi reaksi secara

konvensional dengan pengadukan mekanis, gelombang mikro, dan gelombang ultrasonic. Pengaruh fraksi alkohol, persen katalis dan lama reaksi pada reaksi transesterifikasi minyak jarak secara konvensional seperti pada Tabel 3, 4 dan lebih jelasnya hubungan dengan rendemen seperti pada Gambar 5 ; 6

Tabel 3 Pengaruh Fraksi Metanol dalam Transesterifikasi minyak jarak Konvensional

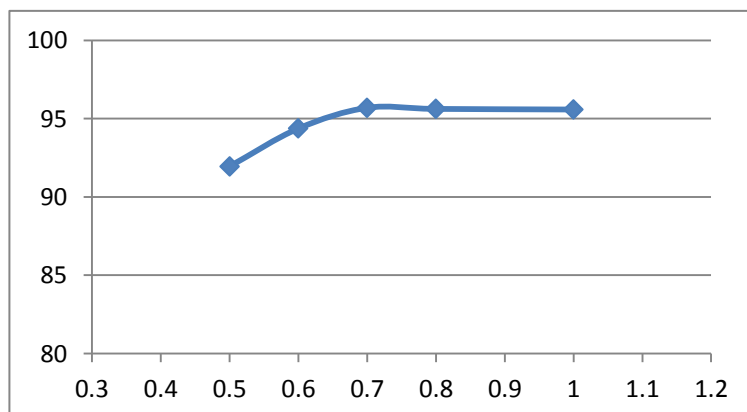
Fraksi Metanol	% Katalis KOH	% hasil biodiesel
1:5	0,7	89,18
1:6	0,7	91,95
1:7	0,7	95,69
1:8	0,7	95,68
1:9	0,7	95,68



Gambar 5 Hubungan fraksi alkohol dengan rendemen biodiesel dari jarak pagar konvensional

Tabel 4 Pengaruh % Katalis KOH Transesterifikasi minyak jarak Konvensional

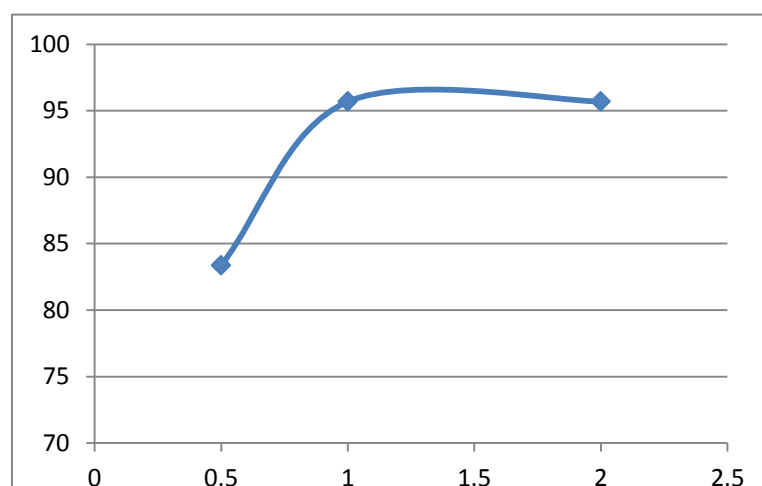
Fraksi Metanol	% Katalis KOH	% hasil biodiesel
1:7	0,5	91,95
1:7	0,6	94,37
1:7	0,7	95,69
1:7	0,8	95,62
1:7	1	95,58



Gambar 6 Hubungan % KOH dengan rendemen biodiesel dari minyak jarak dengan proses konvensional

Tabel 5 Pengaruh Waktu Transesterifikasi minyak jarak secara konvensional

	30 menit	60 menit	120 menit
Fraksi Metanol 1 : 7 dengan % Katalis KOH 0,7	83,37%	95,68%	95,69%



Gambar 7. Hubungan lama reaksi dengan rendemen biodiesel minyak jarak dengan cara konvensional

ditandai dengan terbentuknya gliserin berwarna coklat tua yang mengendap pada lapisan bawah corong pisah seperti terlihat pada Gambar 8. Selanjutnya gliserin dipisahkan dan lapisan organik dicuci dengan air hangat, kemudian metal ester sebagai biodiesel dievaporasi airnya. Hasil biodiesel dari minyak jarak yang dibuat dengan cara ini seperti pada Gambar 9 memiliki karakteristik :

Warna : kuning muda
Viskositas : 5,6 (5-6) cps



Gambar 8. Hasil biodiesel dari jarak sebelum pemisahan



Gambar 9. Hasil biodiesel dari jarak setelah pencucian

Pembuatan biodiesel yang dilakukan dengan pengaduk mekanis yang diperoleh pada Gambar 6;; 7 menunjukkan hasil rendemen biodiesel tertinggi pada komposisi fraksi alkohol 1:8 dan konsentrasi katalis KOH pada 0,7 %. Waktu reaksi yang diperlukan pada reaksi transesterifikasi dengan pengaduk mekanis dalam rentangan 60 menit sampai 120 menit.

5.8. Transesterifikasi minyak jarak dalam dengan gelombang Ultrasonik

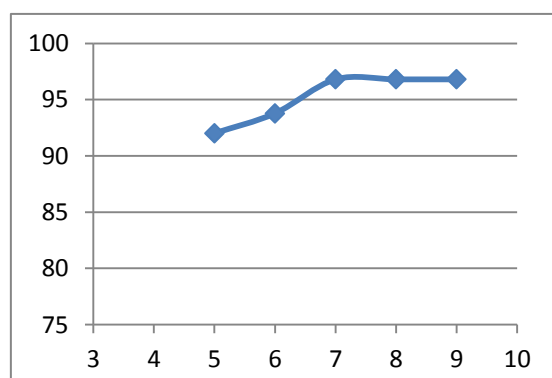
Transesterifikasi dengan gelombang ultrasonik dilakukan pada berbagai variasi terhadap fraksi mol alkohol, konsentrasi katalis, waktu reaksi. Hal tersebut untuk menentukan optimasi reaksi dalam

sintesis biodiesel dari minyak jarak dengan ultrasonic. Rendemen biodiesel dari minyak jarak pada berbagai fraksi alkohol dapat dilihat pada Tabel 6 dan hubungan lebih jelasnya seperti pada Gambar 9

Tabel 6 Pengaruh fraksi alkohol pada sintesis biodiesel dari minyak jarak dengan ultrasonic

Fraksi Metanol	% Katalis KOH	% hasil biodiesel
1:5	0,7	92,01
1:6	0,7	93,78
1:7	0,7	96,80
1:8	0,7	96,80
1:9	0,7	

Hubungan fraksi mol alkohol dengan rendemen biodiesel dari minyak jarak dengan gelombang ultrasonic seperti pada gambar berikut



Gambar 9 Pengaruh fraksi mol dan rendemen biodiesel minyak jarak

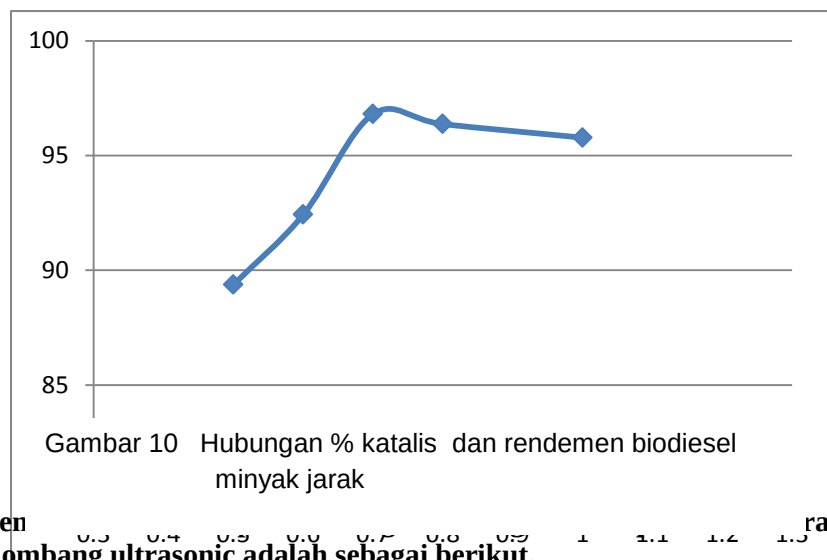
Rendemen biodiesel dari minyak jarak pada berbagai konsentrasi KOH pada reaksi transesterifikasi dengan gelombang mikro seperti pada Tabel 7

Tabel 7 Persen katalis terhadap rendemen biodiesel

Fraksi Metanol	% Katalis KOH	% hasil biodiesel
1:7	0,5	89,37
1:7	0,6	91,99
1:7	0,7	96,80
1:7	0,8	96,67

1:7	1	95,78

Pengaruh % Katalis KOH terhadap rendemen biodiesel dari minyak jarak dengan gelombang mikro agar lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10 Hubungan % katalis dan rendemen biodiesel minyak jarak

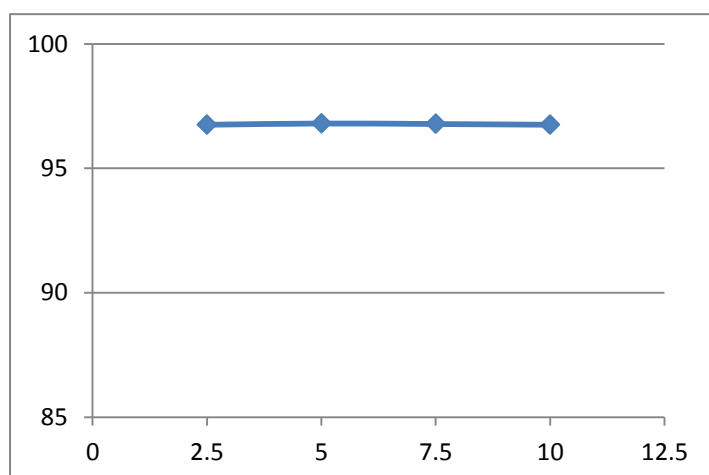
(3). Rendemen biodiesel yang dihasilkan setelah proses transesterifikasi dengan gelombang ultrasonic adalah sebagai berikut.

Pengaruh lama reaksi terhadap rendemen biodiesel dari minyak jarak dengan gelombang ultrasonic seperti pada tabel 8

Tabel. 8. Hubungan rendemen biodiesel dari minyak jarak dengan ultrasonic dengan waktu

Fraksi Metanol	% Katalis KOH	2,5 menit	5 menit	7,5 menit	10 menit
1:7	0,7	96,75%	96,80%	96,78%	96,75%

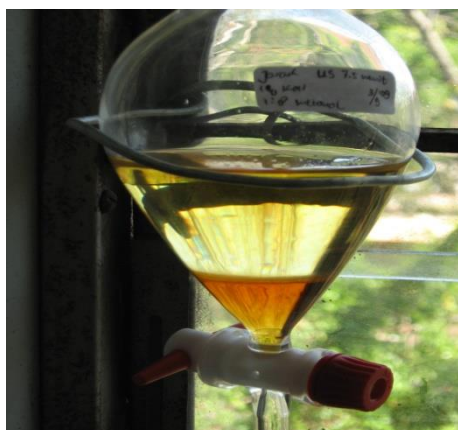
Pengaruh lama reaksi terhadap rendemen biodiesel dari minyak jarak dengan gelombang ultrasonic lebih jelasnya seperti pada gambar 11 berikut:



Gambar 11 Hubungan waktu reaksi dan rendemen biodiesel minyak jarak

Transesterifikasi minyak jarak dengan gelombang ultrasonik, ditandai dengan terbentuknya gliserin, berwarna coklat tua yang mengendap pada lapisan bawah campuran seperti terlihat pada Gambar 12. Selanjutnya gliserin dipisahkan dan lapisan organik dicuci dengan air hangat, kemudian metil ester sebagai biodiesel dievaporasi airnya. Hasil biodiesel dari minyak jarak yang dibuat dengan cara ini seperti pada Gambar 13 memiliki karakteristik :

Warna : kuning muda, dengan viskositas = 5 – 6 cps



Gambar 12 Lapisan biodiesel dengan gliserin hasil dari minyak jarak dengan ultrasonik



Gambar 13. Hasil biodiesel dari minyak jarak dengan ultrasonik

Pembuatan biodiesel dari minyak sawit dengan gelombang ultrasonik berdasarkan data seperti pada Gambar 9 ; 10 ; 11 menunjukkan hasil rendemen biodiesel tertinggi pada komposisi fraksi alkohol 1:7 atau 1:8 dan konsentrasi katalis KOH pada 0,7%. Waktu reaksi yang diperlukan pada reaksi transesterifikasi dengan ultrasonik hanya 5 menit. Perbedaan yang paling menonjol dalam sintesis biodiesel dengan ultrasonik dibandingkan dengan cara konvensional adalah waktu yang dibutuhkan dalam reaksi, dimana waktu reaksi yang dibutuhkan untuk reaksi dengan ultrasonik (5 menit) jauh lebih cepat dibandingkan dengan cara konvensional (60 menit) sehingga terjadi percepatan reaksi ditinjau dari waktu yang diperlukan 10 kalinya. Sehingga dapat dikatakan sintesis biodiesel dari minyak sawit dengan ultrasonik lebih efisien dari segi waktu dibandingkan dengan cara konvensional.

Karakter Biodiesel dari minyak Sawit dan minyak jarak

Perbedaan minyak nabati seperti minyak jarak dan minyak sawit kenapa tidak dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar karena mempunyai viskositas tinggi. Tingginya viskositas minyak nabati dapat membuntuti nossel, timbul kerak, oleh karena itu minyak nabati agar dapat digunakan sebagai bakar harus diturunkan viskositasnya. Penurunan viskositas dapat dilakukan dengan mentransesterifikasi minyak nabati, seperti hasil eksperimen pada Tabel 9

Tabel. 9 Viskositas Minyak Jarak Dan CPO

Viskositas	Sebelum	Setelah
	Trans.	Trans.
Minyak Jarak	29 – 30	5 – 6

Sementara itu viskositas solar produk Pertamina yang dijual di Malang dalam rentangan 6-7 cps. Sedangkan menurut SNI, viskositas biodiesel maksimum 6 poise. Viskositas biodiesel yang dipersyaratkan menurut SNI 2006 adalah : maksimum = 6 cps. Berdasarkan Data pada tabel di atas viskositas nya minyak jarak maupun minyak sawit yang semula 29-30 dan 33-34 cps setelah ditransesterifikasi mengalami penurunan viskositas sekitar menjadi sekitar 5 kali lebih kecil dari viskositas bahan baku minyak sawit atau minyak jarak. Hal tersebut menunjukkan bahwa ditinjau dari viskositasnya biodiesel yang disintesis dengan cara ini sudah mendekati atau dalam rentangan standar SNI biodiesel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Esterifikasi minyak jarak dengan metanol dikatalis asam untuk satu, dua dan tiga tahap esterifikasi berturut-turut mampu menurunkan kadar ALB dari 11-12% menjadi sekitar 7 % ; 4% dan 2,5 %.
2. Dengan bahan baku minyak jarak pagar (CJCO), metode konvensional mencapai kondisi optimum pada fraksi mol metanol 1:7, katalis KOH 0,7% dan waktu 1 jam dengan rendemen 97 %, sedangkan jika menggunakan metode ultrasonik mencapai kondisi optimum pada fraksi mol metanol 1:7, katalis KOH 0,7% dan waktu 2,5 menit dengan rendemen 97%,.
3. Minyak jarak pagar (CJCO) memiliki viskositas sekitar 29-30 cps, sedangkan biodiesel hasil sintesis dari minyak jarak menggunakan gelombang ultrasonik viskositasnya sekitar 5-6 cps, artinya terjadi penurunan sekitar 79-80% nya. . Artinya ditinjau dari viskositasnya biodiesel yang dihasilkan masuk dalam kriteria biodiesel menurut SNI yaitu sekitar 6cps.

Saran-Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah perlu penelitian lanjutan untuk optimasi kondisi optimum skala laboratorium yang diperoleh, sehingga dapat diimplementasikan pada skala pilot plant dan akhirnya pada skala industri, dan juga diperlukan analisis feasibilitas pembuatan biodiesel pada skala pilot plan.

DAFTAR RUJUKAN

- Akpan, U.G., Jimoh, A. and Mohamed, A.D., Extraction and Modification of castor oil. Departemen of Chemical Engineering, Federal University Of Technology, Minna P.M.B. Nigeria
- Alamu, O.J., Waheed, M.A. and Jekayinfa, S.O., 2007. Alkali-Catalysed Production And Testing Of Biodiesel From Nigerian Palm Kernel Oil, *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*. Manuscript Number EE 07 009. Vol.IX.July. 2007).
- Bargale, P.C. and Sing, J., 2000 . Oil Expressin Characteristics of rapeseed for a small capacity screw press: *Journal of food science technology*. V.37. p. 130-134.
- Beerens, Peter. 2007. Screw pressing of jatropha curcas for fuelling purposes in less developed countries, Eindhoven University Technology, Departemen Sustainable Energy Technology
- Demirbas, Ayhan. 2007. Alternative and Renewable Energy Industries; Energy & Fuel, *International Journal of Green Energy*. Volume 4. Issue January 2007. pages 15-

Dewi, R.G.I., Kurniawan U. Siagan. 2005. The assessment of economic and Enviroment performance of biodisel production in Indonesia. Proceiding international seminar and exhibition on ecological power generation 2005, January 19, 2005. Jakarta. Indonesia.

Evani, Fuska S., 1 Juni 2008, Minyak Jelantah bias hjadi Bahan Bakar

Evani, Fuska S., 2008, Minyak jelantah bias jadi bahan baker, minyak jelantah berbahaya jika digunakan berulang kali, namun dapat digunakan menjadi bahan bakar)

Forum Bojonegoro, 7 Mei 2007, Budidaya tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*) sebagai sumber alternatif biofuel.

Grepen. J. Van, B. Shanks, and R. Prushko, Biodiesel Production Technology, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado, 2004

Haas, M.J., Mcaloon, A.J., Yee, W.C., Foglia, T.A. 2006, A process model estimate biodiesel production cost. Bioresource Technology, 97:671-678

Haas. M J Schoot, K.M., Flogilla, T.A., W.N. Marmer, 2005, Biodiesel production by direct alkaline transesterification of lipid bearing material, World congress International Society for fat

Hanh, H.D., Dong, Nguyen T., Stevarace, C., and Nishimura, R., 2008. Methanolisis triolein by low frequency ultrasonic irradiation, Energy conversion and management. Volume 49. issue 2. Febrary 2008. p. 276-286

Hariadi, MS. 2005. Budidaya tanaman jarak (*jatropha curcas*) sebagai bahan alternative biofuel,. Makalah disampaikan dalam Forum Grup Diskusi (FGD) Tema prospektif sumber daya local bioenergi bidang SITEKNAS, Kementrian Riset dan Teknologi, Puspitek Serpong, Tanggal 14-125 September 2005

Hess, M.A., Haas, M.J., Foglia, T.A. , Reformulating biodiesel to reduce NOx Emissions, American Chemical Society meeting, Tech-49, March, 2006

Heyda, C., Om Tapanes,. A., Donato. Ananda, G., Mesquita, J.W., 2008. Transesterifikasi of *jatropha curcas* oil gliceride, theoritical and experimenttal studies of biodiesel reaction fuel and energy, Abstracts. January 14, 2008.

Hielscher, ..., Transterifikasi dengan ultrasonic, Ultrasound Technology

Jatropha Handbook. Fact Foundation. 2006.

Kusdiana, Dadan. Shaka, Shiro. 2004. Effect of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment. Biouresource Technology. V. 91. Issue 3. page 289-295

Manurung, Robert. 2005. Minyak jarak Pengganti solar, Kompas, 15 maret 2005)

- Margaroni, 1998, Knothe and astanley, 2005 dalam O.J. Alamu, Development and evaluation of palm oil biodiesel fuel, *The pacific Journal of science and technology*, Volume 8 Number 2. November 2007)
- Mulyosuyono, A., 2000. Prospek CPO Parit. Kepala Balai Rekayasa Desain Sistem Tehnologi BPPT. Bandung
- Mursanti. 2007. *Proses produksi dan substitusi biodiesel dalam mensubstitusi solar untuk mengurangi ketrgantungan terhadap solar, Pararel session International Seminar: Natural Resource & Enviroment 13 December 2007. Wisma Makara Universitas Indonesia*
- Naik, Malaya. Meher, L.C., Naik, S.N. and Dos, L.M., 2008. Production of biodiesel from high free fatty acids Karanja (pongamita) oli. *Biomassa and bioenergy*. Volume 32. issue 4. April 2008. p. 354-357
- Noureddini, Hossein, Harky, D., Medikonduru, V. 1998, A Continuous process for conversion of vegetable oil into methyl esters of fatty oil acids, *JAACS* vol 75 no 12
- Obunfa., S. Ayo, 1985, Microbiological and toxicological aspect of fermentation of castor oil seeds for ogirl productio, *Journal of science* volume 50, November 1985Folch, J., Lees, M. dan Sloane-Stanley, G.G. 1997. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 266: 631-640.
- Anonim, Permalink, 13 April 2007, Membangun Industri Biodiesel dari Limbah Cairnya
- Rahmadi, Ali. (...).BRDST BPPT
- S., Nani. Jaya, S., R. Vambal V., 2007. Optimization of solvent extraction of moringa (*Moringa olifera*, seed kernel using response surface methodology. *Food and bioproduct Processing*. Volume 85. issue 4. page 328-335
- Santoso, Ivan Novan., Still long biofuel to the market, *Jakarta post*, Nopember 2007
- Departemen of agriculture (DEPTAN). 2006. Penyediaan bahan baku biodiesel di Indonesia. 5-6 September. Jakarta. Indonesia
- Sharma, Y.C. and Sing, B. 2008, Development of biodiesel from Karanja atree found in rural India, *Fuel* , Issue 8-9. July 2008. p. 1740-17842
- Sharo. C., Nakazato, H I Ogawa and Y Kato, Lipase induced hydrolyzed of castor oil : effect of various metal, *Journal of industrial microbiology and biotechnology*, Vilume 21 number 6m 1998
- Sintawati, Amalia. March 2006. The Prospect of biodiesel & Bioethanol Development as alternative Fuel in Indonesia. *Economis Review*. No 23. Jakarta. Indonesia
- Soerawijaya, T.H., dan Tohar, A. 2003 Menggagas kebijakan pengembangan biodiesel di

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Indonesia, Proceeding peluang bisnis industri hilir kelapa sawit Serpong, hal 1-16
- Subair., M, Pengolahan dan pemanfaatan jarak pagar sebagai sumber energi alternatif, 2007, Batlitbangda Sulawesi Selatan
- Tatang, H.S., 2006. Seminar “ Business Oppurtunis of Biodiesel in he fuel market in Indonesia, BPPT, Jakarta. 8 Maret 2006
- Martono, Wisnu, 2006, “Biokerosin, FAME dan Biodiesel Jatropha Curcas Oil dan Sawit: Perhitungan cost dan Harga” Jakarta, Kajian Oleh Departemen ESDM. 2006
- Warta Pertamina. Edisi No: 5/THN XLI. 2 Mengenal Biodiesel & Crude Palm Oil. Mei. 2006
- Wirawan, D.S., 2006. The current status biodiesel development in Indonesia one day seminar on biodiesel. March 2006. BPPT. Jakarta
- Wirawan, S.S.A., 2004. Reffernce Energy System Biodiesel, BPPT. 2004
- Wirawan, Soni S., dan Tambunan, Armansah H., 2006. The Current status and prospects of biodiesel development in Indonesia: Review Presented on third Asia Biomassa Workshop. November 16, 2006, Tsukuda. Japan.
- Zhu, Z.R., Mannisto, J.A.S., dan Pietinene, P. 1995. Fatty acids composition of breast adipose tissue in breast cancer patient and patients with benign breast disease. *Nutr Cancer*. 24: 151-160.
- Quan, Zun-qing and Zhe Jiang, 2001, Studied on methode for aqeous extraction of soyben oil, *Journal of Zhe Ziang University Science*. V. 2. No. 2. p.209-213

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG PELAPUK KAYU *INDIGENOUS*
DARI HUTAN PINUS PUJON KABUPATEN MALANG
DAN UJI KEMAMPUANNYA UNTUK SAKARIFIKASI AMPAS TEBU**

Arlina Dwi Nur Isma, Evi Susanti dan Eli Hendrik Sanjaya
Universitas Negeri Malang

Korespondensi e-mail: evi.susanti.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengisolasi dan mengidentifikasi isolat kapang pelapuk kayu dari hutan pinus Pujon Kabupaten Malang serta mengetahui kemampuannya untuk sakarifikasi ampas tebu. Tahapan penelitian ini meliputi (1) pengambilan sampel di hutan pinus Pujon Kabupaten Malang, (2) isolasi kapang pelapuk kayu dari hutan pinus Pujon Kabupaten Malang menggunakan media selektif berupa *minimum salt medium alkali lignin* (MSM-L), (3) identifikasi isolat kapang pelapuk kayu dari hutan pinus Pujon Kabupaten Malang, (4) uji kemampuan menghasilkan peroksidase dan (5) uji kemampuan sakarifikasi terhadap ampas tebu terdiri dari preparasi suspensi spora, inokulasi suspensi spora ke media ampas tebu, penentuan kadar protein dan kadar gula pereduksi selama waktu sakarifikasi. Kadar protein ditentukan menggunakan metode Lowry dan kadar glukosa ditentukan menggunakan metode Somogy-Nelson. Data kadar protein digunakan untuk mengamati terjadinya pertumbuhan isolat kapang dan data kadar glukosa digunakan untuk mengamati terjadinya sakarifikasi. Satu isolat kapang pelapuk kayu indigenous diperoleh dari Hutan Pinus Pujon Kabupaten Malang selanjutnya disebut sebagai isolat PnUM. Karakter koloni isolat PnUM pada media PDA berbentuk bulat dengan tepi berlekuk-lekuk, margin bergelombang, dan permukaannya *umbornate* (bagian tengah muncul) dan pengamatan mikroskopis hifa bersepat, kantong spora (konidia) berbentuk bulat dengan kedua ujungnya runcing dan berjajar membentuk suatu untai/rantai, dan konidiofor menggelembung. Isolat PnUM mampu menghasilkan lignin peroksidase. Berdasarkan kemiripan struktur mikroskopis diduga isolat PnUM diduga adalah *Paecilomyces inflatus*. Isolat PnUM dapat mensakarifikasi ampas tebu dengan metoda satu tahap dengan kemampuan sebanding dengan kemampuan *Phanerochaete chrysosporium*.

Kata kunci : isolasi, kapang, pelapuk kayu, pinus, sakarifikasi.

ABSTRACT

The aims of this study are (1) isolating and identifying lignin-degrading fungus from pines of Pujon forestry Malang Regency, and (2) find out the potency of lignin-degrading fungus from pines of Pujon forestry Malang Regency for lignocellulosic saccharification process. The research procedures consisted of: (1) collected sample (pine woods that have corrosion naturally) at pines of Pujon forestry Malang Regency, (2) isolated lignin-degrading fungus from sample in *minimum salt medium alkali lignin* (MSM-L), (3) identified lignin-degrading fungus from pines of Pujon forestry Malang Regency, and (4) determined saccharification potency involving the preparation of spore suspension, inoculation of spore suspension on sugarcane baggase medium, determination of protein level and reduction sugar level during saccharification. The level of protein was determined using Lowry method and reduction sugar level was determined using Somogy-Nelson. The data of protein level was used to observe the growth of fungus, and the data of reduction sugar level was used to observe the saccharification occurrence. An indigenous lignin-degrading fungus obtained from pines of Pujon forestry Malang Regency is then called as PnUM isolate. The colony characters of PnUM isolate on PDA media is circle shaped with curving edges, bumpy margin, and the surface is *umbornate* (the centre appears) and the microscopic observation is septate hyphae, the spore pouch (conidium) is circle and both tips are pointed and in a row like chains, and the conidiophores are bubbles. PnUM

isolate is able to produce peroxidise lignin. Based on the similarities of microscopic structures, it is assumed that PnUM isolate is *Paecilomyces inflatus*. It can be used on the one step saccharification process on sugarcane baggase which the percentage rapid of the highest saccharification on the second day is 0.066% each day.

Keywords: fungus, isolation, lignin, pine, saccharification

PENDAHULUAN

Lignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi bioetanol. Lignoselulosa memiliki struktur yang kompleks, terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Lee *et al.*, 2007). Selulosa dan hemiselulosa dalam lignoselulosa melalui proses sakarifikasi akan terhidrolisis menjadi gula pereduksi, selanjutnya fermentasi alkohol mengubah gula pereduksi menjadi etanol (Cahyaning & Susanti, 2013; Gao *et al.*, 2011; Hamid & Khalil, 2009; dan Kumar *et al.*, 2009). Namun, produktivitas proses sakarifikasi pada lignoselulosa cukup rendah karena keberadaan lignin menghalangi sakarifikasi selulosa dan hemiselulosa. Suparjo (2008) menyatakan bahwa selulosa dan hemiselulosa pada lignoselulosa tidak dapat disakarifikasi kecuali lignin yang ada pada substrat dilarutkan, dihilangkan, atau dikembangkan terlebih dahulu. Berdasarkan hal tersebut sakarifikasi lignoselulosa dapat dilakukan dengan metoda dua tahap atau satu tahap. Metoda dua tahap terdiri dari tahap perlakuan awal (*pretreatment*) yang bertujuan untuk mendegradasi lignin pada lignoselulosa dan tahap sakarifikasi, sedangkan metoda satu tahap menggunakan kapang pelapuk kayu yang mampu mendegradasi lignin dan mensakarifikasi selulosa dan hemiselulosa pada saat yang bersamaan. Kapang tersebut mampu menghasilkan enzim lignolitik dan selulolitik, sehingga proses sakarifikasi lignoselulosa berlangsung hanya melalui satu tahap saja (Jin *et al.*, 2012; Susanti dkk., 2011; Susanti dkk., 2010; dan Lee *et al.*, 2007).

Kapang pelapuk kayu yang telah diketahui mampu melakukan sakarifikasi satu tahap adalah *Phaenerochaete chrysosporium* (Susanti dkk., 2011). Kapang pelapuk kayu seperti *P. chrysosporium* tergolong organisme saprofit dan biasanya termasuk dalam kelompok *Basidiomycetes* (Fraser, 2005). Kelompok kapang tersebut memiliki habitat pada tanah maupun kayu lapuk (Chia, 2008). Eksplorasi kapang pelapuk kayu *indigenus* Indonesia menarik untuk diteliti. Indonesia memiliki biodiversitas mikroba yang tinggi (Agustini dkk, 2011), tetapi belum banyak banyak penelitian tentang kapang pelapuk kayu *indigenous* Indonesia khususnya dari hutan pinus Pujon Kabupaten Malang. Pinus yang melapuk secara alami diduga menjadi habitat kapang pelapuk kayu kelompok *Basidiomycetes* karena pinus merupakan salah satu jenis pohon *softwood* yang memiliki kandungan lignin cukup banyak, yakni sekitar 25-30 % (Effendy & Bridgwater, 2008). Peneliti tertarik mengisolasi dan mendapatkan kapang pelapuk kayu *indigenous* dari hutan pinus pujon Kabupaten Malang yang dapat digunakan untuk sakarifikasi ampas tebu dengan metoda satu tahap.

METODE

Pengambilan sampel

Sampel yang digunakan adalah ranting dan batang pohon pinus yang telah jatuh ke tanah dan mengalami pelapukan di area hutan pinus Pujon Kabupaten Malang.

Isolasi kapang pelapuk kayu

Sebanyak 5 gram sampel dimasukkan kedalam 95 mL media cair *minimum salt medium alkali lignin* (MSM-L) dan diinkubasi pada suhu 37 °C dalam *shaker water bath* selama 7 hari. Sebanyak 1 mL inokulum (sampel yang ditumbuhkan dalam media MSM-L) dipindahkan ke 99 mL NaCl 0,9 % steril. Larutan dikocok hingga homogen. Sebanyak 1 mL diinokulasi ke media agar MSM-L dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 7 hari. Dilakukan pengamatan. Isolat yang diperoleh dipindahkan ke media agar MSM-L yang baru dengan metode sebar isolasi dilakukan dengan menggunakan teknik monospora hingga diperoleh koloni tunggal.

Identifikasi kapang pelapuk kayu

Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan teknik *slide culture*. Identifikasi dilakukan pada isolat yang sudah dimurnikan dengan teknik monospora, yakni dengan cara sepotong media agar MSM-L berukuran 2 cm x 2 cm diletakkan di atas *slide glass* dan ditutup dengan *cover glass*. Pada bagian sisi-sisinya, di-*streak* isolat kapang. *Slide glass* diletakkan dalam cawan petri steril yang berisi

kapas yang telah dibasahi dengan akuades steril dan diberi penyangga berupa tusuk gigi. Selanjutnya diinkubasi selama 2 hari pada suhu 37 °C. *Cover glass* dipindahkan ke *slide glass* baru yang telah ditetesi dengan larutan *lactofenol blue* dan diamati di bawah mikroskop.

Uji kemampuan menghasilkan peroksidase

Uji kemampuan isolat kapang pelapuk kayu untuk menghasilkan peroksidase dilakukan untuk mengklarifikasi bahwa isolat tersebut memiliki kemampuan mendegradasi lignin. Kapang pelapuk kayu umumnya menghasilkan peroksidase yang merupakan enzim utama pada metabolisme degradasi lignin. Peroksidase yang dihasilkan dapat mendegradasi medium metilen biru (Sasikumar *et al.*, 2014). Uji kemampuan menghasilkan peroksidase dilakukan dengan cara: isolat kapang di-*streak* pada media agar metilen biru, diinkubasi pada suhu 37 °C, dan diamati pertumbuhan isolat kapang tersebut dan pemudaran warna pada metilen biru pada hari ke-15. Kontrol positif digunakan *P. chrysosporium*, sedangkan kontrol negatifnya media agar metilen biru tanpa penambahan isolat kapang.

Uji kemampuan sakarifikasi isolat kapang pada media ampas tebu

Isolat kapang ditanam pada media agar miring PDA dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 2 minggu. Selanjutnya, spora yang terbentuk dilarutkan dengan aquades steril, divorteks selama 10 menit, dibiarkan selama 30 menit, dan disaring menggunakan kertas saring steril. Filtrat yang diperoleh merupakan suspensi spora, diukur OD-nya pada panjang gelombang 650 nm.

Sebanyak 1 mL suspensi spora masing-masing diinokulasikan ke dalam 7 botol kultur yang berisi 20 mL media sakarifikasi ampas tebu, diinkubasi dalam *shaker water bath* pada suhu 37 °C dengan kecepatan pengocokan 100 rpm selama 7 hari. Setiap hari, satu botol kultur disaring, filtratnya ditentukan kadar protein dan kadar glukosanya.

Pengukuran kadar protein menggunakan metode Lowry

Sebanyak 0,5 mL sampel dan masing-masing 0,5 mL larutan protein standar yang mengandung 0 (blanko), 20, 40, 60, 80, 100 µg BSA, ditambah 2,5 mL pereaksi Biuret, divorteks hingga homogen. Larutan diinkubasi pada suhu kamar 10 menit, selanjutnya ditambahkan 0,25 mL Folin Ciocalteu 1 N dan diinkubasi pada suhu kamar 20 menit. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 750 nm.

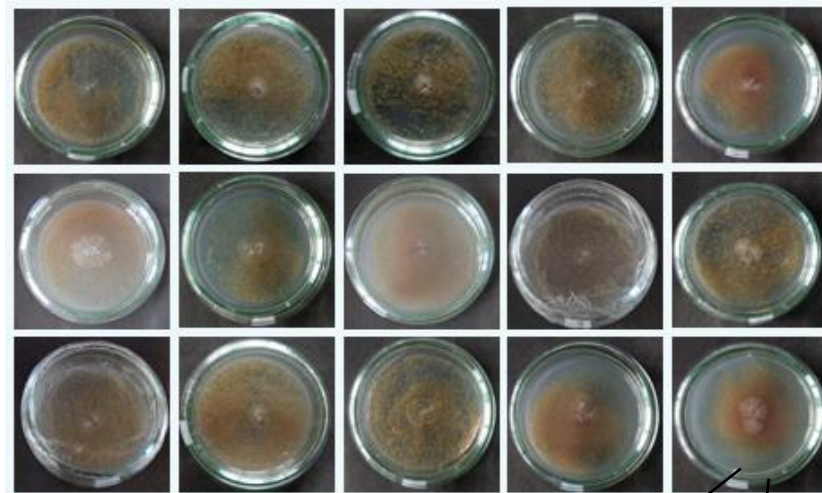
Pengukuran kadar glukosa menggunakan metode Somogy-Nelson

Sebanyak 1 mL sampel dan masing-masing 1 mL larutan glukosa yang mengandung 0 (blanko), 50, 100, 150 dan 200 ppm glukosa, ditambah 1 mL pereaksi Nelson, divorteks hingga homogen, dipanaskan dalam penangas air mendidih selama 20 menit. Setelah dingin (pada suhu kamar) ditambah 1 mL pereaksi arsenomolibdat, dan aquades sebanyak 7 mL. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 540 nm.

PEMBAHASAN

Isolasi Isolat Kapang Pelapuk kayu dari Hutan Pinus Pujon Kabupaten Malang

Pada tahap isolasi ini teramati ada 15 koloni kapang yang tumbuh. Setelah masing-masing dipindahkan ke media agar MSM-L yang baru (Gambar 1) diperoleh hasil pengamatan bahwa ke 15 koloni kapang tersebut memiliki bentuk morfologi yang sama, yakni berwarna putih dan memiliki pola pertumbuhan hifa yang menyebar pada media agar MSM-L (Gambar 2). Berdasarkan hal ini maka dari ke 15 isolat kapang ini dipilih secara random satu koloni tunggal isolat kapang untuk dilakukan pemurnian dan identifikasi lebih lanjut, selanjutnya isolat ini disebut sebagai isolat PnUM.



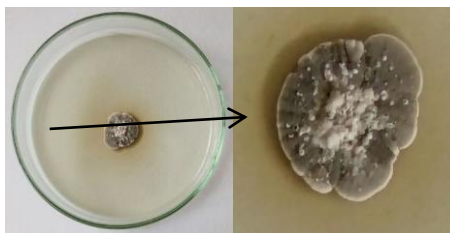
Gambar 1. Hasil Inokulasi Masing-masing Isolat dari Kayu Lapuk Kabupaten Malang di Medium MSL-M



Gambar 2. Pola Pertumbuhan Hifa yang Menyebar pada Isolat Fungi

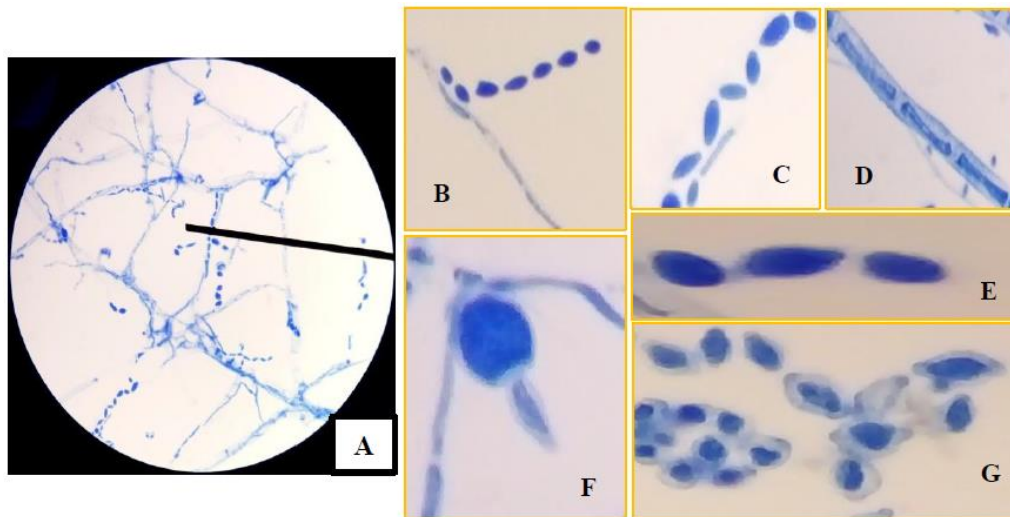
Identifikasi Isolat PnUM dari Hutan Pinus Pujon Kabupaten

Isolat PnUM dimurnikan dengan teknik monospora pada *medium potato dextrosa agar* (PDA). Karakter koloni isolat PnUM pada media PDA hari ketujuh berbentuk bulat dengan tepi berlekuk-lekuk, margin bergelombang, dan permukaannya *umbonate* (bagian tengah muncul) sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.

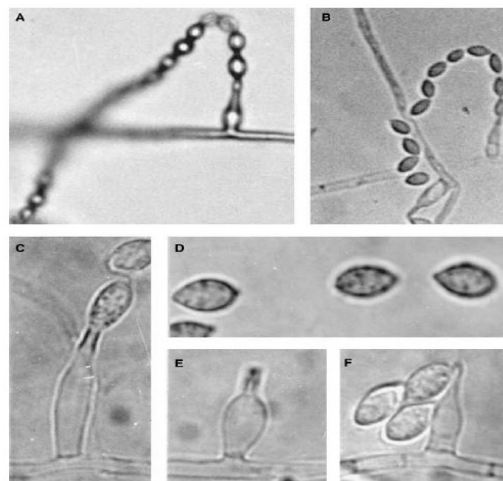


Gambar 3. Pengamatan morfologi Isolat PnUM pada Media PDA (*Potato Dextrose Agar*)

Adapun hasil pengamatan mikroskopis *slide culture* dari isolat PnUM (Gambar 4) diidentifikasi lebih lanjut dengan cara membandingkan foto yang diperoleh dengan foto isolat rujukan yang telah dirangkum oleh Watanabe (2002) dalam bukunya *Pictorial atlas of soil and seed kapang : morphologies of cultured kapang and key to species*. Berdasarkan referensi tersebut, struktur mikroskopis isolat PnUM meliputi bentuk hifa, konidia dan konidiofor memiliki kemiripan dengan *Paecilomyces inflatus* (Gambar 5). Namun, dugaan bahwa isolat PnUM mirip dengan *Paecilomyces inflatus* perlu dibuktikan melalui identifikasi berdasarkan analisis filogenetiknya.



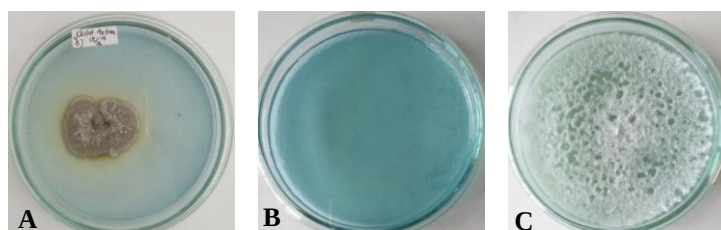
Gambar 4. Foto Pengamatan Mikroskopis Hasil *Slide Culture* Isolat PnUM dari Beberapa Sudut Pengambilan Gambar: A; Foto Keseluruhan Pengamatan *Slide Culture*, B, C, & G; Konidia dan Konidiofor, D; Hifa, E; Konidia, F; Konidiofor



Gambar 5. Foto Isolat Rujukan *Paecilomyces inflatus*: A-C, F; Konidiofor dan Konidia, D; Konidia, E; Konidiofor (Sumber: Watanabe, 2002)

Kemampuan Isolat PnUM Menghasilkan Peroksidase

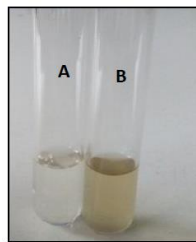
Gambar 6 menunjukkan kontrol negatif (Gambar 6B) tidak memudarkan warna metilen biru karena tidak diinokulasi dengan isolat kapang, sedangkan media agar metilen biru yang diinokulasi dengan *P. chrysosporium* (Gambar 6C) sebagai kontrol positif mengalami pemudaran warna metilen biru. Media agar metilen biru yang ditumbuhi isolat PnUM mengalami pemudaran warna metilen biru seperti halnya pada kontrol positif. Hal ini menunjukkan bahwa isolat PnUM mampu menghasilkan peroksidase. Berdasarkan data ini diduga isolat PnUM dapat digunakan untuk sakarifikasi lignoselulosa dengan metoda satu tahap.



Gambar 6. Hasil Uji Kemampuan Isolat PnUM Menghasilkan Peroksidase: isolat PnUM (A), Kontrol Negatif (B), dan Kontrol Positif (C)

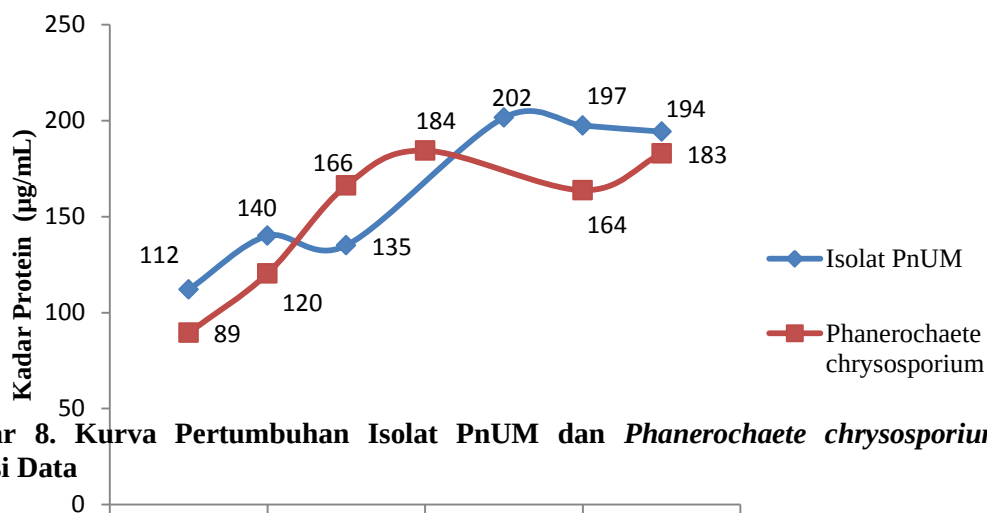
Kemampuan Isolat PnUM Mensakarifikasi Ampas Tebu

Menurut Wang *et al.* (2008) nilai OD suspensi spora *P. chrysosporium* setara dengan jumlah sporanya. Penentuan *optical density* (OD) suspensi spora dari Isolat PnUM sebesar 0,587 dan *P. chrysosporium* sebesar 0,021. Besarnya absorbansi isolat PnUM tidak hanya berasal dari jumlah spora melainkan juga warna dari larutan isolat PnUM yang kecoklatan (Gambar 7B), sehingga jumlah spora awal pada medium sakarifikasi tidak bisa disetarakan berdasarkan nilai ODnya. Penambahan suspensi spora dalam media sakarifikasi ampas tebu selanjutnya didasarkan atas prosentase volume, yakni 5 % suspensi spora dari volume total media sakarifikasi ampas tebu yang digunakan



Gambar 7. Suspensi Spora: *P. chrysosporium* (A) dan Isolat PnUM (B)

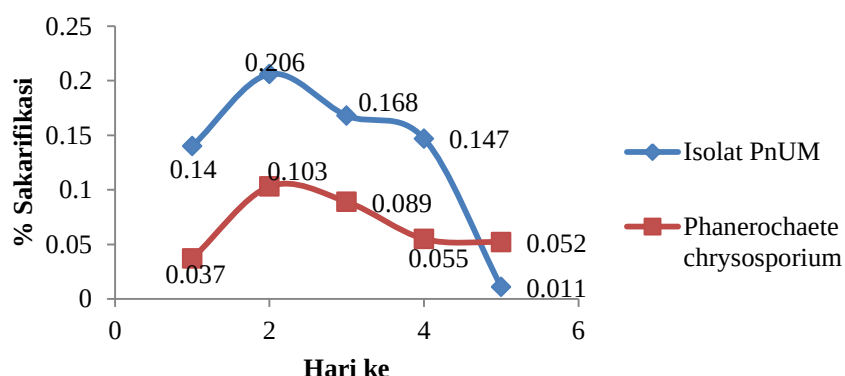
Pengukuran kadar protein digunakan sebagai dasar pengamatan terjadinya pertumbuhan isolat PnUM dan *P. chrysosporium*. Hal ini merujuk Susanti dkk.,(2016) bahwa peningkatan berat kering miselium pada kapang *P. chrysosporium* sebanding dengan peningkatan kadar protein ekstraseluler. Gambar 8 menunjukkan terjadinya peningkatan kadar protein baik pada media sakarifikasi yang mengandung *P. chrysosporium* maupun isolat PnUM. Peningkatan yang signifikan dimulai dari hari ketiga hingga hari kelima pada isolat PnUM dan hari kedua hingga hari keempat pada *P. chrysosporium*.



Gambar 8. Kurva Pertumbuhan Isolat PnUM dan *Phanerochaete chrysosporium* dengan Koreksi Data

Gambar 9 menunjukkan % sakarifikasi menggunakan isolat PnUM dan *P. chrysosporium* pada media sakarifikasi ampas tebu. Nilai % sakarifikasi hari ke pertama hingga hari keempat pada isolat PnUM lebih besar daripada *P. chrysosporium*. Namun, data ini tidak dapat digunakan secara langsung untuk menentukan bahwa kemampuan sakarifikasi isolat PnUM lebih baik dibanding *P. chrysosporium*, karena perbedaan nilai OD pada suspensi spora antara isolat PnUM dengan *Phanerochaete chrysosporium* yang sangat besar, yakni 28 kali lebih besar daripada nilai OD suspensi spora *P. chrysosporium*, sehingga ada kemungkinan bahwa jumlah spora pada isolat PnUM lebih banyak daripada *P. chrysosporium* dan turut berpengaruh pada besarnya kemampuan sakarifikasi

isolat PnUM. Oleh karena itu, kemampuan sakarifikasi ditentukan dengan mengamati perubahan laju % sakarifikasi dari hari kedua hingga hari kelima, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 9. Persen Sakarifikasi Isolat PnUM dan *Phanerochaete chrysosporium*

Peningkatan laju % sakarifikasi menunjukkan terjadinya proses sakarifikasi. Laju % sakarifikasi isolat PnUM dan *P.chrysosporium* pada hari kedua sama, tetapi penurunan laju sakarifikasi pada hari ketiga, empat, dan lima, isolat PnUM lebih cepat daripada *P. chrysosporium*, bahkan pada hari ke-5 isolat PnUM sudah kehilangan kemampuan sakarifikasinya. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh jumlah spora isolat PnUM banyak sehingga persaingan makanan antar kapang menjadi sangat ketat setelah hari kedua dan mengakibatkan peningkatan jumlah kapang yang mati, hingga akhirnya laju % sakarifikasi menurun. Disisi lain, glukosa (hasil hirolisis ampas tebu oleh kapang) digunakan kembali oleh kapang untuk dikonsumsi sehingga % sakarifikasi yang seharusnya minimal bernilai nol, namun nilainya menjadi negatif. Berdasarkan data tersebut, isolat PnUM dapat digunakan dalam proses sakarifikasi ampas tebu satu tahap, dengan laju % sakarifikasi tertinggi pada hari kedua, yakni 0,066 % perhari.

Tabel 1 Perubahan Laju % Sakarifikasi Isolat PnUM dan *Phanerochaete Chrysosporium*

Fungi	Laju % Sakarifikasi					
	Hari	1	2	3	4	5
Isolat PnUM		0	0,066	0,028	0,007	-0,129
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>		0	0,066	0,052	0,018	0,015

KESIMPULAN

Telah diperoleh satu isolat kapang pelapuk kayu dari Hutan Pinus Pujon Kabupaten Malang yaitu isolat PnUM. Koloni isolat PnUM pada media PDA berbentuk bulat dengan tepi berlekuk-lekuk, margin bergelombang, dan permukaannya *umbonate* (bagian tengah muncul), memiliki hifa berseptat, kantong spora (konidia) berbentuk bulat dengan kedua ujungnya runcing dan berjajar membentuk suatu untaian/ rantai, dan konidiofor menggelembung. Berdasarkan kemiripan struktur mikroskopis diduga isolat PnUM merupakan *Paecilomyces inflatus*. Isolat PnUM mampu menghasilkan peroksidase dan dapat digunakan dalam proses sakarifikasi ampas tebu satu tahap, dengan laju % sakarifikasi tertinggi pada hari kedua, yakni 0,066 % perhari sebanding dengan laju % sakarifikasi ampas tebu yang dilakukan *P. chrysosporium* sebagai kontrol positif pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, L., Irianto, R. S. B., Turjaman, M., & Santoso, E. 2011. Isolat dan Karakterisasi Enzimatis Mikroba Lignoselulolitik di Tiga Tipe Ekosistem Taman Nasional. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8(2): 197-210.
- Cahyaning Rini U. & Evi Susanti. 2013. Optimasi Fermentasi Hasil Hidrolisis Ampas Tebu menjadi Bioetanol Menggunakan Ragi Tape. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UGM 2013*: 40-45
- Chia, Chai Chu. 2008. *Enhanced Production of Lignin Peroxidase and Manganese Peroxidase by Phanerochaete chrysosporium in A Submerged Culture Fermentation and Their Application in Decolourisation of Dyes*. Thesis. Sains.
- Effendy, A. A., Gerhauser, H., & Bridgwater, A. V. 2008. Production of Renewable Phenolic Resins by Thermochemical Conversion of Biomass: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(2008): 2092–2116.
- Fraser, S.J. 2005. *Intraspecific Comparison of Phanerochaete chrysosporium Strains: Peroxidase Production, Pollutant Degradation and Mycelial Differentiation*. Thesis. Faculty of science Rhodes University.
- Gao, Huiju., Wang, Y., Zhang, W., Wang, W., & Mu, Z. 2011. Isolation, Identification and Application in Lignin Degradation of An Ascomycete GHJ-4. *African Journal of Biotechnology*, 10(20): 4166-4174.
- Hamid, M., & Khalil-ur-Rehman. 2009. Potential Applications of Peroxidases. *Food Chemistry*, 115 (2009): 1177–1186.
- Jin, R., Liao, H., Liu, X., Zheng, M., Xiong, X., & Liu, X. 2012. Identification and Characterization of A Fungal Strain with Lignin and Cellulose Hydrolysis Activities. *African Journal of Microbiology Research*, 6(36): 6545–6550.
- Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., & Stroeve, P. 2009. Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Ind. Eng. Chem. Res*, 48(8): 3713-3729.
- Lee, J., Gwak, K., Park, J., Park, M., Choi, D., Kwon, M., & Choi, I. 2007. Biological Pretreatment of Softwood *Pinus densiflora* by Three White Rot Kapang. *The Journal of Microbiology*, 45(6): 485-491.
- Sasikumar, V., Priya, V., Shankar, C. Shiv., & Sekar, S. D. 2014. Isolation and Preliminary Screening of Lignin Degrading Microbes. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 3(6): 291-294.
- Suparjo. 2008. Degradasi komponen lignoselulosa oleh kapang pelapuk putih. Online (jajo66.wordpress.com).
- Susanti, E., Neena Zakia, Sumari dan Nurul Izzati. 2010. Pengaruh Perlakuan Awal Penguapan dan Penguapan-Impregnasi Menggunakan H₂SO₄ dan Etanol Terhadap Hasil Hidrolisis Ampas Tebu Secara Enzimatis. *Prosiding Seminar Nasional MIPA Universitas Negeri Malang 2010*.
- Susanti, E., Rosita Yusnidar & Subandi. 2011. Saccharification of Sugarcane Baggase With *Phanerochaete chrysosporium*. *The International Conference On Natural Science (ICONS) 2011*.
- Susanti, E., Tri Ardyati, Suharjono, & Aulani'am. 2016. Optimization of Lignin Peroxidase Production by The Suspected Novel Strain of *Phanerochaete chrysosporium* ITB Isolate. *International Journal of ChemTech Research*, 9(10):
- Wang, P., Hu, X., Cook, S., Begonia, M., Lee, K. S., & Hwang, H. 2008. Effect of Culture Conditions on The Production of Ligninolytic Enzymes by White Rot Fungi *Phanerochaete chrysosporium* (ATCC 20696) and Separation of Its Lignin Peroxidase, *World J Microbiol Biotechnol*, 24: 2205–2212.
- Watanabe, T. 2015. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Kapang : Morphologies of Cultured Kapang and Key to Species*. United States of America: CRC Press LLC.

**PENGARUH TINGKAT KEJENUHAN DAN WAKTU INKUBASI TERHADAP HASIL
FRAKSINASI EKSTRAK KASAR SELULASE
Bacillus circulans DENGAN PENGENDAPAN ETANOL**

Lila Sukma Islami, Evi Susanti dan Muntholib
Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang, Jawa Timur, 65145

koresponding email: evi.susanti.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Selulase merupakan enzim yang menghidrolisis ikatan β -1,4-glikosidik dalam rantai selulosa menjadi gula-gula pereduksi. Selulase merupakan enzim ekstraselular. Ekstrak kasar selulase dari *Bacillus circulans* memiliki kadar protein dan aktivitas yang rendah. Perlu dilakukan fraksinasi untuk memekatkan dan meningkatkan aktivitasnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tingkat kejenuhan etanol dan waktu inkubasi terhadap hasil fraksinasi ekstrak kasar selulase dengan pengendapan etanol. Penelitian ini melalui beberapa tahapan: (1) produksi ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* dari biakan murni, (2) fraksinasi ekstrak kasar selulase menggunakan metode pengendapan etanol pada berbagai tingkat kejenuhan etanol (33, 50, 60, 67, 71 %), (3) fraksinasi ekstrak kasar selulase menggunakan metode pengendapan etanol pada berbagai waktu inkubasi pengendapan (1, 3, 23 jam), (4) penentuan aktivitas dan kadar dan protein sebelum dan sesudah fraksinasi. Aktivitas selulase yang diukur adalah aktivitas selulase total yang sebanding dengan kadar gula pereduksi. Penentuan kadar gula pereduksi menggunakan metode Somogy-Nelson. Kadar protein ditentukan dengan metode Lowry. Tingkat kejenuhan dan waktu inkubasi pengendapan mempengaruhi hasil fraksinasi ekstrak kasar selulase dengan metoda pengendapan etanol. Tingkat kejenuhan yang optimum adalah tingkat kejenuhan etanol 50 % (fraksi II) dengan kenaikan tingkat kemurnian rata-rata $49,17 \pm 13,50$ kali ekstrak kasar dan perolehan kembali rata-rata $65,15 \pm 21,41$ %, dan waktu inkubasi pengendapan optimum adalah 23 jam.

Kata Kunci: *Bacillus circulans*, pengendapan etanol, selulase

ABSTRACT

Cellulase is an enzyme that hydrolyzes β -1,4-glycosidic bond in the cellulose producing reducing sugars. Cellulase in the form of crude extracts have low activity and stability, therefore purification is needed to increase its activity and stability. One possibility is purifying cellulase crude extract by ethanol precipitation method. The aims of this research is studying the effect of ethanol saturation and incubation period to the purity of cellulase from *Bacillus circulans*. This research steps consist of: (1) production of *Bacillus circulans*-cellulase crude extract from pure cultures, (2) purification of cellulase crude extract by using ethanol precipitation method with some variation of ethanol saturation, (3) purification of cellulase crude extract by using ethanol precipitation method with some variation of and incubation period, (4) test the amount of reducing sugars and protein content before and after purification, This research variable is divided into independent variables consist of ethanol saturation (33, 50, 60, 67, 71%), precipitation incubation period (1, 3, 23 hours). Cellulase activity as measured is total cellulase activity. Determination of reducing sugars using Somogy-Nelson method. Determination of protein content using Lowry method. Etanol saturation and incubation period affected the purity of cellulase from *Bacillus circulans* purified by ethanol precipitation method. The purification result showed that the highest activity found in fraction which is precipitated at 50 % ethanol saturation with average recovery of $65.15 \pm 21.41\%$ and purification factor of 49.17 ± 13.50 times, and incubated at 23 hours.

Keyword: *Bacillus circulans*, ethanol precipitation, cellulase

PENDAHULUAN

Selulase merupakan enzim yang menghidrolisis ikatan β -1,4-glikosidik dalam rantai selulosa menjadi gula pereduksi. Selulase memiliki tiga tipe utama, yaitu 1) endo- β -glukanase (EC 3.2.1.4), memutus secara acak bagian dalam rantai selulosa, 2) ekso- β -glukanase (EC 3.2.1.91), memutus rantai selulosa dari ujung reduksi dan non-reduksi, serta (3) β -glukosidase (EC 3.2.1.21), memutus ikatan selobiosa. Sinergisme ketiga aktiviatas tersebut dapat mendegradasi selulosa hingga menjadi gula pereduksi. Selulase banyak digunakan dalam industri tekstil, deterjen, kertas dan *pulp*, makanan serta untuk meningkatkan daya cerna pada makanan ternak. Selulase juga sangat dibutuhkan dalam proses biokonversi selulosa menjadi bioetanol yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif (Zhang & Zhang, 2013).

Selulase dapat diisolasi dari mikroorganisme, hewan, dan tumbuhan. Aruwajoye *et al.*, (2014) & Menendez *et al.*, (2015) menyatakan bahwa mikroorganisme terutama bakteri dapat memproduksi selulase secara cepat dan dalam jumlah yang banyak, karena selulase yang diisolasi dari bakteri memiliki beberapa keuntungan, yaitu pertumbuhannya cepat, biaya yang murah, memiliki keberagaman gen dan mampu beradaptasi terhadap variasi kondisi produksi. Salah satu bakteri penghasil selulase adalah spesies *Bacillus circulans*. Susanti (2011) melaporkan bahwa kondisi optimum produksi selulase dari *Bacillus circulans* dalam media garam Berg adalah pH = 9,0, konsentrasi avicel sebagai induser sebesar 0,5 %, dan waktu inkubasi 5 hari menghasilkan aktivitas CMCase dan avicelase sebesar 111,11 Unit/mL dan 55,56 Unit/mL. Rahmadani & Susanti (2014) menggunakan 0,5 % ampas tebu sebagai induser mampu menghasilkan aktivitas CMCase dan avicelase sebesar 405,48 Unit/mL dan 309,39 Unit/mL sehingga induser yang digunakan untuk media produksi selulase dari *Bacillus circulans* pada penelitian ini dipilih ampas tebu.

Ekstrak kasar selulase masih mengandung berbagai protein kontaminan, salah satunya adalah protease yang dapat mendegradasi selulase yang diinginkan sehingga memiliki stabilitas yang rendah. Penyimpanan ekstrak kasar pada suhu 4 °C tidak mampu mempertahankan aktivitas enzim seperti yang ditunjukkan oleh Bintari & Susanti (2013) bahwa aktivitas enzim mulai menurun sebesar 80,30 % pada penyimpanan hari ketiga dan tidak menunjukkan adanya aktivitas pada hari selanjutnya sehingga diperlukan penambahan inhibitor protease. Ramadhan (2015) menyatakan bahwa penambahan EDTA 5 mM mampu mempertahankan aktivitas enzim. Penyimpanan ekstrak kasar selulase pada suhu 4 °C selama tiga hari menurunkan aktivitas selulase sebesar 80,30 %, sedangkan penambahan 5 mM EDTA pada kondisi yang sama hanya menurunkan aktivitas selulase sebesar 27,18 %, sehingga pada penelitian ini ditambahkan EDTA ke dalam ekstrak kasar selulase sebagai inhibitor spesifik protease.

Stabilitas ekstrak kasar dan aktivitas enzim akan meningkat seiring dengan tingginya kemurnian enzim. Proses pemurnian terhadap ekstrak kasar enzim penting untuk dilakukan. Tahap awal pemurnian yang umum adalah pemekatan ekstrak kasar enzim. Tahap ini dapat dilakukan dengan beberapa metode yakni pengendapan amonium sulfat, pelarut organik, dan pengendapan berdasarkan titik isoelektrik.

Metode pengendapan pelarut organik didasarkan pada perbedaan kelarutan protein dalam pelarut organik. Pelarut organik digunakan sebagai agen presipitasi karena prosesnya sederhana, sangat efektif, dan murah (Rosenberg, 1996 & Trentini *et al.*, 2015). Pelarut organik yang digunakan adalah pelarut organik yang dapat bercampur dengan air, seperti etanol dan aseton. Penambahan pelarut organik akan mengurangi molekul air yang mensolvasi protein (penurunan konstanta dielektrik air) sehingga mengakibatkan residu bermuatan pada permukaan protein menjadi terbuka dan residu dengan muatan berlawanan berikatan satu sama lain. Protein mengendap karena jumlah residu bermuatan pada permukaan protein semakin berkurang sehubungan dengan meningkatnya konsentrasi pelarut organik (Wilson & J. Walker, 2001). Pengendapan pelarut organik dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya konsentrasi atau kejenuhan pelarut dan waktu inkubasi setelah penambahan pelarut (Scopes, 1987; Burgess & Deuthcher, 2009 & Trentini *et al.*, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat kejenuhan etanol dan waktu inkubasi terhadap kemurnian selulase dari *Bacillus circulans*.

METODE

Produksi Ekstrak Kasar Selulase *Bacillus circulans*

Produksi ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* dilakukan merujuk Susanti (2011), diawali dengan peremajaan biakan murni secara aseptis di dalam *enkase* yang disterilkan dengan alkohol dan sinar UV. Ujung jarum ose dipijarkan, setelah dingin ujung kawat disentuhkan pada biakan murni dalam medium agar miring kemudian di inokulasikan kedalam medium agar NA, di inkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam.

Sebanyak 5 ose *Bacillus circulans* diinokulasikan ke dalam 10 mL medium nutrien cair secara aseptis, diinkubasi semalam pada 37 °C dan 100 rpm hingga mencapai OD=0,344 dan merupakan biakan starter. Sebanyak 2 mL starter diinokulasi dalam masing-masing 100 mL pada media produksi. Kultur biakan diinkubasi pada 37 °C dan 85 rpm selama 5 hari kemudian disentrifugasi 3000 rpm selama 20 menit. Sentrat yang diperoleh merupakan ekstrak kasar enzim selulase. Ekstrak kasar yang dihasilkan ditambah EDTA hingga konsentrasi mencapai 5 mM dan diaduk.

Pengaruh tingkat kejenuhan etanol terhadap hasil fraksinasi ekstrak kasar selulase dari *Bacillus circulans* dengan pengendapan etanol

Ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* yang telah ditambah EDTA hingga konsentrasi total 5 mM dialikuot dengan volume yang sama menjadi beberapa bagian, masing-masing ditambahkan etanol absolut dingin sedikit demi sedikit dengan konsentrasi atau kejenuhan etanol 33 %, 50 %, 60 %, 67 %, dan 71 % sambil diaduk secara perlahan dalam penangas es menggunakan pengaduk magnet. Campuran dibiarkan selama semalam pada suhu dingin (lemari pendingin) untuk memaksimalkan pengendapan. Enzim yang mengendap dipisahkan dengan cara sentrifugasi dingin selama 30 menit dengan kecepatan 10.000 rpm. Residu atau pelet yang dihasilkan dari masing-masing fraksi dilarutkan dengan buffer fosfat 0,2 M pH 7,0. Tiap fraksi ditentukan aktivitas selulase total dan kadar protein.

Pengaruh waktu inkubasi terhadap terhadap hasil fraksinasi ekstrak kasar selulase dari *Bacillus circulans* dengan pengendapan etanol

Ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* yang telah ditambah EDTA hingga konsentrasi total 5 mM dialikuot dengan volume yang sama menjadi beberapa bagian, masing-masing ditambahkan etanol absolut dingin sebanyak volume tertentu (fraksi optimum dari percobaan sebelumnya) sedikit demi sedikit sambil diaduk secara perlahan dalam penangas es menggunakan pengaduk magnet. Campuran dibiarkan dalam lemari pendingin selama variasi waktu 1, 3, dan 23 jam. Enzim yang mengendap dipisahkan dengan cara sentrifugasi dingin selama 30 menit dengan kecepatan 10.000 rpm. Residu atau pelet yang dihasilkan dari masing-masing fraksi dilarutkan dengan buffer fosfat 0,2 M pH 7,0 dingin. Tiap fraksi ditentukan aktivitas selulase total dan kadar protein. Tiap fraksi ditentukan aktivitas selulase total dan kadar protein.

Penentuan aktivitas enzim selulase

Penentuan aktivitas enzim merujuk Susanti (2011) dengan modifikasi waktu inkubasi dari 120 menjadi 60 menit. Sebanyak 4 tabung reaksi disiapkan, masing-masing diisi 2 mL enzim, 2 mL substrat 1 % dalam bufer fosfat pH 7 dan 1 mL buffer fosfat pH 7, diinkubasi pada 45°C selama 60 menit. Jumlah substrat yang terhidrolisis menjadi gula pereduksi ditentukan dengan metode Somogyi-Nelson. Aktivitas selulase total ditentukan dengan cara yang dijelaskan di atas dengan menggunakan substrat kertas saring Whatman No.1. Pembuatan kontrol reaksi enzimatis dilakukan dengan mematikan enzim sebelum diinkubasi dengan substrat. Sebanyak 2 mL enzim dipanaskan selama 5 menit pada suhu 95°C, ditambahkan 2 mL substrat 1 % dalam bufer fosfat pH 7 dan 1 mL buffer fosfat pH 7, diinkubasi pada 45°C selama 60 menit. Perlakuan kontrol dan sampel dilakukan bersamaan.

Satu unit aktivitas enzim selulase adalah jumlah glukosa yang lepas (µg) per mL enzim (U/mL) per jam waktu inkubasi enzim substrat pada kondisi percobaan. Aktivitas spesifik enzim (Unit/mg) adalah perbandingan antara aktivitas total enzim dengan jumlah total protein. Perolehan kembali protein adalah perbandingan antara aktivitas total enzim setelah proses pemurnian dengan aktivitas total enzim sebelum proses pemurnian dikalikan 100 %, sedangkan tingkat kemurnian enzim

adalah perbandingan antara aktivitas spesifik enzim setelah proses pemurnian dengan aktivitas spesifik enzim sebelum proses pemurnian. Aktivitas enzim dapat ditentukan melalui rumus di bawah ini (Alam *et al.*, 2004):

$$\text{Aktivitas} = \frac{x}{q} \cdot f_p$$

Dimana: x = konsentrasi gula pereduksi; q = waktu reaksi; f_p = faktor pengenceran.

Penentuan kadar gula pereduksi dengan metode Somogy-Nelson

Sebanyak 1 mL sampel dan masing-masing 1 mL larutan glukosa yang mengandung 0 (blanko), 50, 100, 150 dan 200 ppm glukosa, ditambah 1 mL pereaksi Nelson, diaduk hingga homogen, dipanaskan dalam penangas air mendidih selama 20 menit. Setelah dingin (pada suhu ruang) ditambah 1 mL pereaksi arsenomolibdat, dan 7 mL aquades untuk mengurangi kepekatan. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 540 nm. Kurva standar glukosa dibuat dengan cara diatas. Kadar gula pereduksi ditentukan dengan memasukkan absorbansi sampel yang diperoleh ke dalam persamaan regresi linier pada kurva standar yang diperoleh.

Penentuan kadar protein dengan metode Lowry

Penentuan kadar protein dengan metoda Lowry merujuk Bollag *et al.*, (1995). Sebanyak 0,5 mL sampel dan masing-masing 0,5 mL larutan protein standar yang mengandung 0 (blanko), 20, 40, 60, 80, 100 µg/mL BSA, ditambah 2,5 mL pereaksi biuret, diaduk hingga homogen. Campuran diinkubasi pada suhu kamar tepat 10 menit. Selanjutnya ditambahkan 0,25 mL Folin Ciocalteu 1 N dan diinkubasi pada suhu kamar tepat 20 menit. Nilai absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 750 nm. Kurva standar protein dibuat dengan cara diatas. Kadar protein ditentukan dengan memasukkan absorbansi sampel yang diperoleh ke dalam persamaan regresi linier pada kurva standar yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

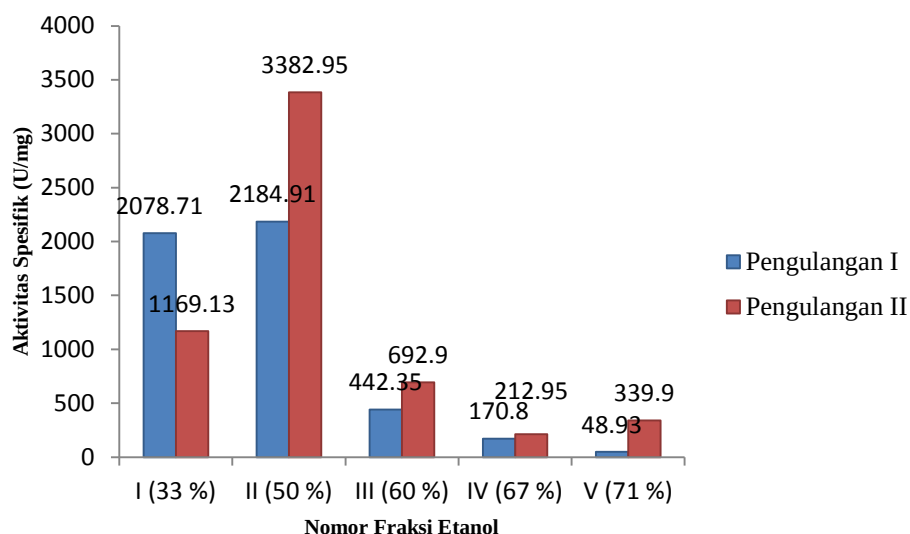
Pengaruh Tingkat Kejenuhan Etanol terhadap Kemurnian Selulase dari *Bacillus circulans* yang Dimurnikan dengan Pengendapan Etanol

Pemurnian ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* dilakukan dengan metode pengendapan etanol. Proses pengendapan dilakukan pada berbagai tingkat kejenuhan etanol yaitu 33 %, 50 %, 60 %, 67 %, dan 71 %. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Pengaruh Tingkat Kejenuhan Etanol terhadap Kemurnian Selulase dari *Bacillus circulans* yang Dimurnikan dengan Pengendapan Etanol

Fraks i	Protein Total (mg)		Aktivitas Selulase Total (Unit)		Aktivitas Spesifik Selulase (Unit/mg)		Perolehan Kembali (%)		Tingkat Kemurnian	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
EK	4,77	8,78	177,50	750,00	37,21	85,39	100	100	1	1
I	0,05	0,04	112,50	45,00	2078,71	1169,13	63,3 8	6,00	55,8 6	13,6 9
II	0,06	0,11	142,50	375,00	2184,91	3382,95	80,2 8	50,0 0	58,7 1	39,6 2
III	0,10	0,05	45,00	37,50	442,35	692,90	25,3 5	5,00	11,8 9	8,11
IV	0,13	0,11	22,50	22,50	170,80	212,95	12,6 8	3,00	4,59	2,49

V	0,15	0,13	7,50	45,00	48,93	339,90	4,23	6,00	1,31	3,98



Gambar 2.

Hubungan antara Aktivitas Spesifik Selulase dengan kejenuhan Etanol

Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kejenuhan etanol yang digunakan maka semakin besar protein total yang diperoleh. Hal ini karena semakin banyak etanol yang ditambahkan maka molekul air yang mensolvasi protein semakin berkurang sehingga residu-residu bermuatan yang terdapat pada permukaan protein menjadi semakin terbuka, residu-residu yang mempunyai muatan berlawanan saling berikatan membentuk agregat protein.

Namun, hal ini berkebalikan dengan aktivitas selulase total yang diperoleh. Aktivitas selulase total meningkat pada tingkat kejenuhan etanol 33 % (fraksi I) hingga 50 % (fraksi II), tetapi pada tingkat kejenuhan etanol 60 % (fraksi III), 67 % (fraksi IV), dan 71 % (fraksi V) mengalami penurunan. Secara teoritis aktivitas total pada kejenuhan diatas 50 % bernilai konstan jika diasumsikan pada kejenuhan tersebut semua selulase sudah mengendap. Penurunan yang terjadi diduga karena pada tingkat kejenuhan etanol di atas 50 % (fraksi III, IV, dan V) selulase mengalami perubahan konformasi, sehingga aktivitasnya menurun. Perubahan konformasi atau struktur 3D protein dikenal dengan denaturasi kemungkinan disebabkan karena perubahan kepolaran lingkungan disekitar protein pada saat jumlah etanol lebih dominan daripada molekul air. Sebelum penambahan etanol lingkungan protein adalah lingkungan hidrofilik sehingga residu-residu dengan rantai samping gugus hidofilik mendominasi permukaan protein dan residu-residu dengan rantai samping gugus hidrofobik terkubur di bagian dalam. Setelah penambahan etanol berlebih memicu terbukanya struktur protein sehingga residu-residu dengan rantai samping gugus hidrofobik yang awalnya terkubur di bagian dalam menjadi terbuka dan membentuk interaksi hidrofobik dengan etanol.

Nilai perolehan kembali protein pada pengulangan pertama dan pengulangan kedua memiliki perbedaan yang terlalu jauh. Pengulangan kedua memiliki perolehan kembali protein jauh lebih kecil daripada pengulangan pertama. Hal ini karena aktivitas total ekstrak kasar (*starting material*) kedua pengulangan yang terlalu jauh berbeda. Perbandingan aktivitas total masing-masing fraksi dengan aktivitas total ekstrak kasar pada pengulangan kedua jauh lebih kecil dibandingkan pengulangan pertama. Hal ini kemungkinan menyebabkan perbandingan jumlah enzim dan etanol yang tidak optimum. Dengan demikian perlu diketahui jumlah maksimal atau aktivitas total optimum yang diperlukan per volume etanol. Tetapi profil pengaruh kejenuhan etanol terhadap aktivitas spesifik selulase yang dihasilkan sama pada kedua pengulangan tersebut. Keduanya menunjukkan bahwa fraksi optimum selulase adalah fraksi dengan tingkat kejenuhan etanol 50 % (fraksi II) dengan perolehan kembali dan tingkat kemurnian enzim rata-rata yaitu $65,14 \pm 21,41$ % dan $49,17 \pm 13,50$ kali ekstrak kasar.

Pengaruh Waktu Inkubasi terhadap Kemurnian Selulase dari *Bacillus circulans* yang Dimurnikan dengan Pengendapan Etanol

Pada penelitian ini telah dilakukan variasi waktu inkubasi setelah penambahan etanol yaitu 1, 3, dan 23 jam. Pemilihan waktu tersebut untuk mengetahui pengaruh waktu inkubasi pada waktu singkat (1 jam), sedang (3 jam), dan lama (23 jam). Hasil penelitian yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2 Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Inkubasi terhadap Kemurnian Selulase dari *Bacillus circulans* yang Dimurnikan dengan Pengendapan Etanol

Jam ke-	Aktivitas Spesifik (Unit/mg)	Perolehan Kembali (%)	Tingkat Kemurnian	Perubahan Kemurnian (%)
1	907,99	4,5	11,33	0
3	919,96	6	11,48	1,32
23	958,47	6	11,96	5,56

Tabel 2 menunjukkan bahwa ketiga perlakuan waktu inkubasi memiliki hasil pemurnian dengan nilai yang tidak jauh berbeda. Aktivitas spesifik, perolehan kembali, dan tingkat kemurnian enzim ketiga perlakuan menunjukkan peningkatan yang tidak terlalu berarti. Hal ini dapat ditunjukkan dengan % perubahan aktivitas spesifik selulase atau tingkat kemurnian jam ke-n terhadap aktivitas spesifik selulase jam ke-1. Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa perubahan aktivitas spesifik selulase atau tingkat kemurnian jam ke-3 dan ke-23 terhadap jam ke-1 berturut-turut yaitu 1,32 % dan 5,56 %. Nilai kenaikan tersebut berpengaruh terhadap hasil pemurnian baik aktivitas spesifik, perolehan kembali, maupun tingkat kemurnian meskipun tidak terlalu besar, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu inkubasi berpengaruh terhadap kemurnian selulase yang dimurnikan dengan pengendapan etanol. Waktu inkubasi pengendapan yang tepat berpengaruh terhadap tingginya hasil pemurnian. Pada penelitian ini, hasil pemurnian tertinggi diperoleh pada waktu inkubasi pengendapan 23 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tingkat kejenuhan etanol dan waktu inkubasi berpengaruh terhadap kemurnian selulase dari *Bacillus circulans* yang dimurnikan dengan pengendapan etanol. Fraksi optimum ekstrak kasar selulase adalah fraksi II (tingkat kejenuhan etanol 50 %) dengan perolehan kembali rata-rata $65,15 \pm 21,41$ % dan tingkat kemurnian rata-rata $49,17 \pm 13,50$ kali ekstrak kasar. Waktu inkubasi optimum adalah 23 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. Z., Manchur, M. A., & Anwar, M. N. 2004. Isolation, Purification, Characterization of Cellulolytic Enzymes Produced by The Isolate *Streptomyces omiyaensis*. *Pakistan Jurnal of Biologycal Sciencies* 7(10): 1647-1653.
- Aruwajoye, G. S., Omoboye, O. O., Daramola, I. O., & Agboola, K. F. 2014. Extracellular cellulase production by *Bacillus circulans* isolated from decayed wood. *International Journal of Academic Research in Applied Science*, 3 (2): 1-8.
- Bintari, Y. R. & Susanti, E. 2013. *Optimasi Produksi dan Karakterisasi Ekstrak Kasar Sistem Selulase dari Bacillus subtilis Strain Lokal dengan Induser Avicel*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia. Yogyakarta: Jurusan Kimia FMIPA UGM.
- Bollag, D. M., Michael, D. R., & Stuart, J. E. 1996. *Protein Methods*, 2nd: Wiley-Liss.
- Burgess, R. R. & Deutscher, M. P. 2009. *Methods in Enzymology: Guide to Protein Purification*, 2nd. London: Academic Press.

- Menendez, E., Fraile, P. G., & Rivas, R. 2015. Biotechnological applications of bacterial cellulases. *AIMS Bioengineering*, **2**: 163-182.
- Rahmadani, A. H. & Susanti, E. 2012. Pemilihan dan Optimasi Konsentrasi Induser Alamiah serta Analisis Potensi Sistem Selulase dari *Bacillus circulans* untuk Mendegradasi Substrat Lignoselulosa. *Jurnal Valensi*, **3** (2).
- Ramadhan, M. 2015. *Pemurnian Parsial dengan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat pada Kejenuhan 0-30 %, 30-60 %, 60-100 % dan Penentuan Jenis Inhibitor Protease untuk Mempertahankan Stabilitas Ekstrak Kasar Selulase Bacillus circulans*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Rosenberg, I. M. 1996. *Protein Analysis and Purification: Benchtop Technique*: Birkhauser.
- Scopes, R. K. 1987. *Protein Purification Principle and Practice*, 2nd ed. New York: Springer-Verlag New York, Inc.
- Susanti, E. 2011. Optimasi Produksi dan Karakterisasi Sistem Selulase dari *Bacillus circulans* strain Lokal dengan Induser Avicel. *Jurnal ILMU DASAR*, **12** (1): 40-49.
- Trentini, M. M. S., Toniazzi, G., Zeni, J., Pili, J., Luccio, M. D. dan Valduga, E. 2015. Purification of Pectinases from *Aspergillus niger* ATCC 9642 by Ethanol Precipitation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **4**: 315-320.
- Wilson, K. & Walker, J. 2001. *Principles and Techniques of Practical Biochemistry*, 5th ed. New York: Cambridge University Press.
- Zhang, X. Z. & Zhang, Y. H. P. 2013. Cellulases: Characteristics, Sources, Production, and Applications. Di dalam S. T. Yang, H. A. El-Enshashy, & N. Thongchul (Eds), *Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers*, 1st ed (hlm.131-146): John Wiley & Sons, Inc.
- .

**FRAKSINASI EKSTRAK KASAR SELULASE *Bacillus circulans*
DENGAN AMONIUM SULFAT FRAKSI 0-10 % dan 10-60 %**

Nia Lutfiana, Evi Susanti dan Muntholib

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, Kode Pos 65145

Korespondensi email: evi.susanti.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Selulase merupakan enzim yang menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Selulase memiliki berbagai aktivitas, yaitu dapat mendegradasi avicel (avicelase), karboksimetil selulosa (CMCase), β -glukosida (β -glukosidase) atau selulosa murni (selulase total). Ekstrak kasar selulase memiliki aktivitas spesifik dan stabilitas yang rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemurnian untuk meningkatkan aktivitas dan stabilitasnya. Salah satu teknik pemurnian yang dapat dilakukan adalah fraksinasi amonium sulfat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kemurnian dan perolehan kembali protein hasil pemurnian ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* menggunakan fraksinasi amonium sulfat dengan tingkat kejenuhan 0-10 % dan 10-60 % dan untuk mengetahui penurunan aktivitas selulase total hasil pemurnian pada resuspensi pelet fraksi 10-60 % selama penyimpanan dalam freezer (Sharp VR-D180). Penelitian ini bersifat eksperimen dan dilakukan dalam 6 tahap yakni: (1) produksi ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* strain lokal, (2) penambahan EDTA pada ekstrak kasar selulase, (3) pemurnian dengan pengendapan amonium sulfat pada kejenuhan 0-10 %, 10-60 %, (4) penentuan kadar protein sebelum dan setelah pemurnian dengan metode Lowry, (5) penentuan aktivitas CMCase, avicelase, dan selulase total melalui penentuan kadar glukosa (gula pereduksi) hasil reaksi enzimatis dengan metode Somogy-Nelson, dan (6) penentuan stabilitas hasil pemurnian fraksi 10-60 %. Penentuan stabilitas fraksi murni ditentukan berdasarkan % penurunan aktivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Fraksi 10-60 % merupakan fraksi optimum. Tingkat kemurnian yang diperoleh masing-masing untuk aktivitas CMCase; avicelase; selulase total adalah 1,197; 3,13; 9,70 kali, dan perolehan kembali protein masing-masing 6,87 %; 17,97 %; 56,16 % dan (2) Penurunan aktivitas selulase total pada hari ke-0 sebesar 0 %, hari ke-1 sebesar 12,5 %, hari ke-4 sebesar 37,5 %, dan hari ke-7 sebesar 87,5 % menunjukkan stabilitas yang lebih baik dibandingkan ekstrak kasarnya.

Kata-kunci: selulase, fraksinasi, pemurnian, amonium sulfat dan *Bacillus circulans*.

ABSTRACT

Cellulase enzymes are enzymes that hydrolyze the cellulose to glucose. Cellulase in the form of crude extract had lower activity and stability. Therefore, it needs refining to increase the activity and stability. The purpose of this study were to determine the level of purity and recovery of crude extract protein purified cellulase *Bacillus circulans* using ammonium sulphate fractionation with saturation levels (1) 0-10 % and 10-60 % (2) to know decreasing in total cellulase activity of purification results in pellet resuspension fraction of 10-60 % during storage in a freezer (Sharp VR-D180). This research has six stages: (1) production of crude extract cellulase local strains of *Bacillus circulans*, (2) the addition of EDTA on the crude extract cellulase, (3) purification with ammonium sulphate fractionation at saturation 0-10 %, 10-60 %, (4) determination of protein content before and after purification by the method of Lowry, (5) determination activity of CMCase, avicelase, and total cellulase by determining the levels of glucose (sugar-reducing) the result of enzymatic reaction by the method of Somogy-Nelson, and (6) determination of the stability of the results of purification of fraction 10-60 %. Stability the purified fraction is determined based on % reduction in activity. The

results showed that: (1) The level purity 10-60 % for activity of CMCase; avicelase; total cellulase is 1,197; 3.13; 9.70 times, while the recovery of the protein is 6.87 %; 17.97 %; 16 %, and (2) The decline in total cellulase activity on day 0 of 0 %, the 1st of 12.5 %, the 4th day of 37.5 %, and the 7th day of 87.5 % showed better stability compared crude extract.

Key words: cellulase, fractionation, purified, ammonium sulfate and *Bacillus circulans*.

PENDAHULUAN

Selulase adalah enzim yang mengkatalisis reaksi hidrolisis selulosa. Selulosa merupakan polimer glukosa berantai lurus yang tidak larut dalam air. Selulosa tersusun ± 15.000 residu D-glukosa yang dihubungkan melalui ikatan β -1,4 glikosidik. Selulosa memiliki ikatan hidrogen intra dan inter-molekul glukosa yang mengakibatkan struktur selulosa kaku, rapat, dan kuat. Secara alamiah selulosa dapat didegradasi oleh enzim selulase. Enzim selulase merupakan enzim yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Enzim selulase mempunyai tiga jenis aktivitas dalam menghidrolisis selulosa yaitu endo- β -glukanase (CMCase), exo- β -glukanase (avicelase) dan β -glukosidase (Lynd *et al.*, 2002 dan Bath, 2000).

Selulase memiliki peran penting dalam industri antara lain industri pakan ternak dalam rangka meningkatkan kualitas gizi dan mempermudah pencernaan makanannya, industri detergen rumah tangga berguna meningkatkan kelembutan dan kecerahan warna kain, industri pengolahan jus buah dalam rangka meningkatkan kejernihan jus, industri tekstil sebagai tambahan “biopolishing” kain, dan industri pengolahan biomassa menjadi bioetanol (Bhat, 2002).

Susanti (2011) menyatakan bahwa produksi avicelase dan CMCase dari *Bacillus circulans* strain lokal optimum pada suhu 37 °C dalam media mineral garam Berg pH 9 yang mengandung avicel 0,5 % dan diinkubasi selama 5 hari menghasilkan CMCase dengan aktivitas sebesar 111,11 U/mL dan avicelase sebesar 55,56 U/mL. Rahmadani dan Susanti (2012) menunjukkan produksi selulase dengan mengganti avicel menjadi ampas tebu menghasilkan aktivitas CMCase dan avicelase yang lebih tinggi, berturut-turut sebesar 405,48 U/mL dan 309,39 U/mL.

Aktivitas ekstrak kasar enzim selulase umumnya rendah dan mudah rusak selama penyimpanan. Ekstrak kasar enzim umumnya mengandung banyak protein kontaminan termasuk berbagai protease. Bintari dan Susanti (2013) menunjukkan bahwa aktivitas CMCase dan avicelase dalam ekstrak kasar selulase menurun drastis setelah penyimpanan hari keempat. Hilangnya aktivitas tersebut diduga karena adanya aktivitas protease. Aktivitas protease dapat dihambat dengan penambahan inhibitor protease. Ramadhan (2015) menunjukkan bahwa EDTA dapat digunakan sebagai inhibitor protease dalam ekstrak kasar selulase tersebut. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa aktivitas selulase total pada ekstrak kasar dengan penambahan EDTA 5 mM pada kondisi yang sama turun hanya sebesar 27,18 %, sedangkan ekstrak kasar tanpa penambahan EDTA turun sebesar 86,44 %. Maka, pemurnian ekstrak kasar enzim penting untuk dilakukan dengan tujuan menghilangkan protein kontaminan tersebut.

Salah satu metoda klasik untuk pemurnian protein adalah pengendapan ammonium sulfat. Ketika ammonium sulfat ditambahkan ke dalam larutan protein, molekul air yang awalnya mensolvasi molekul protein akan lebih mudah berinteraksi dengan ion-ion dari ammonium sulfat dibandingkan interaksi air dengan residu hidrofilik pada protein. Semakin banyak ammonium sulfat yang ditambahkan, semakin besar interaksinya dengan air yang mengakibatkan efek “shielding” molekul air pada protein berkurang. Hal ini menyebabkan terjadinya interaksi bagian hidrofilik antar protein sehingga akan terbentuk agregat yang mengendap. Banyaknya ammonium sulfat yang diperlukan untuk mengendapkan suatu protein dipengaruhi oleh karakteristik hidrofilik dan hidrofobitas molekul protein itu sendiri, sehingga pemurnian ini dapat memisahkan protein satu dengan lainnya berdasarkan sifat kelarutannya dalam larutan ammonium sulfat (Rosenberg, 1996)

METODE

Produksi Ekstrak Kasar Selulase *Bacillus circulans*

Produksi ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* dilakukan merujuk Susanti (2011), diawali dengan peremajaan biakan murni secara aseptis di dalam *enkase* yang disterilkan dengan alkohol dan sinar UV. Ujung jarum ose dipijarkan, setelah dingin ujung kawat disentuh pada biakan murni dalam medium agar miring kemudian di inokulasikan kedalam medium agar NA, di inkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam.

Sebanyak 5 ose *Bacillus circulans* diinokulasikan ke dalam 10 mL medium nutrien cair secara aseptis, diinkubasi semalam pada 37 °C dan 100 rpm hingga mencapai OD=0,344 dan merupakan biakan starter. Sebanyak 2 mL starter diinokulasi dalam masing-masing 100 mL pada media produksi. Kultur biakan diinkubasi pada 37 °C dan 85 rpm selama 5 hari kemudian disentrifugasi 3000 rpm selama 20 menit. Sentrat yang diperoleh merupakan ekstrak kasar enzim selulase. Ekstrak kasar yang dihasilkan ditambah EDTA hingga konsentrasi mencapai 5 mM dan diaduk.

Pemurnian Ekstrak Kasar Selulase dengan Metode Fraksinasi Amonium sulfat

Amonium sulfat yang dibutuhkan ditimbang. Ekstrak kasar yang digunakan dalam pemurnian sebanyak 150 mL ditempatkan dalam gelas piala dingin suhu ± 4 °C yang diletakkan dalam penangas es, ditambahkan garam amonium sulfat disertai pengadukan perlahan. Penambahan garam perlahan-lahan selama 30 menit untuk menghindarkan protein dari denaturasi. Pengadukan dilanjutkan hingga ± 4 jam agar garam tercampur homogen kemudian campuran disentrifugasi menggunakan *refrigerator centrifuge* dingin suhu 4 °C selama 30 menit dengan kecepatan 10.000 rpm. Residu yang dihasilkan dilarutkan dengan buffer fosfat 0,2 M pH 7,0 disebut sebagai fraksi pengendapan dan supernatan dilanjutkan ke fraksi berikutnya. Masing-masing fraksi ditentukan aktivitas CMCase, avicelase, dan selulase totalnya.

Penentuan Aktivitas Enzim Selulase

Penentuan aktivitas enzim merujuk Alam (2004) dan Susanti (2011) dengan modifikasi waktu reaksi dari 120 menit menjadi 60 menit. Langkah kerja yang dilakukan yaitu menyiapkan 3 tabung reaksi, masing-masing diisi 2 mL enzim, 2 mL substrat 1 % dalam buffer fosfat pH 7 dan 1 mL buffer fosfat pH 7, diinkubasi pada 45 °C selama 60 menit. Jumlah substrat yang terhidrolisis menjadi gula pereduksi ditentukan dengan metode Somogy-Nelson. Aktivitas CMCase, avicelase, dan selulosa total ditentukan dengan cara tersebut hanya substrat yang digunakan disesuaikan dengan aktivitas enzim yang akan diukur. Substrat berturut-turut CMC, avicel, dan kertas saring Whatman No.1. Pembuatan kontrol reaksi enzimatik dilakukan dengan mematikan enzim sebelum diinkubasi dengan substrat. Sebanyak 2 mL enzim dipanaskan selama 5 menit pada suhu 95 °C, ditambahkan 2 mL substrat 1% dalam buffer fosfat pH 7 dan 1 mL buffer fosfat pH 7. Diinkubasi pada 45 °C selama 60 menit. Perlakuan kontrol dan sampel enzim dilakukan bersamaan.

Satu unit aktivitas enzim didefinisikan sebagai banyaknya glukosa yang dihasilkan (μ g) per mL enzim (U/mL) per jam waktu inkubasi pada kondisi percobaan, Aktivitas spesifik enzim (Unit/mg) adalah perbandingan antara aktivitas total enzim dengan jumlah total protein. Aktivitas enzim dapat ditentukan melalui rumus di bawah ini:

$$\text{Aktivitas} = \frac{x}{q} \cdot f_p$$

Dimana: x = konsentrasi gula pereduksi; q = waktu reaksi; f_p = faktor pengenceran.

Penentuan Kadar Gula Pereduksi dengan Metode Somogy-Nelson

Sebanyak 1 mL sampel dan masing-masing 1 mL larutan glukosa mengandung 0 (blanko), 50, 100, 150, 200 ppm glukosa, ditambah 1 mL pereaksi Nelson, diaduk hingga homogen, dipanaskan dalam penangas air mendidih selama 20 menit. Setelah dingin (suhu ruang) ditambah 1 mL pereaksi Arsenomolibdat dan 7 mL aquades untuk mengurangi kepekatan. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 540 nm (Sudarmadji, 1997).

Kurva standart glukosa dibuat dengan cara yang sama. Konsentrasi sampel didapatkan dari absorbansi yang dihasilkan sampel dimasukkan dalam kurva standart regresi linear berikut $y = 0,001x$.

Penentuan Kadar Protein dengan Metode Lowry

Sebanyak 0,5 mL sampel dan masing-masing 0,5 mL larutan protein standart yang mengandung 0 (blanko), 30, 60, 70, 90, 100 µg/mL BSA, ditambah 2,5 mL pereaksi biuret, diaduk sampai homogen. Campuran tersebut diinkubasi pada suhu kamar tepat 10 menit. Selanjutnya ditambah 0,25 mL Folin Ciocalteu 1 N dan diinkubasi tepat selama 20 menit pada suhu kamar. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 750 nm (Bollag *et al.*, 1996). Kurva standart protein dibuat dengan cara yang sama. Konsentrasi sampel didapatkan dari absorbansi yang dihasilkan sampel dimasukkan dalam kurva standart regresi linear berikut $y = 0,0046x$

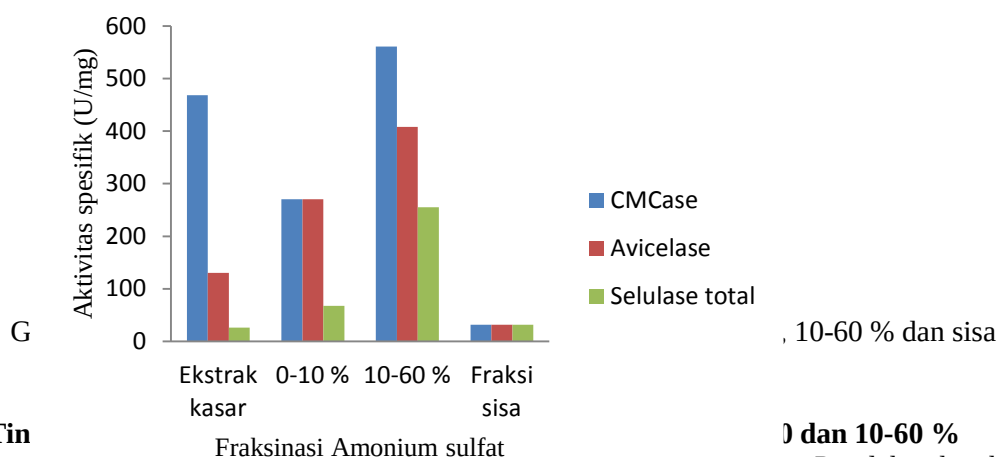
Uji Stabilitas Fraksi Murni

Fraksi murni yang dihasilkan dari proses pemurnian ekstrak kasar dengan amonium sulfat di simpan pada freezer pendingin (Sharp VR-D180) selama 7 hari. Kemudian dilakukan uji aktivitas pada selulase total dan total protein pada hari ke-0, 1, 4, dan 7.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fraksinasi Amonium Sulfat 0-10 % dan 10-60 %

Pemurnian ekstrak kasar selulase *Bacillus circulans* dengan fraksinasi 0 - 10 % dan 10 - 60 % dilakukan berdasarkan hasil penelitian Safitri (2015). Pada penelitian tersebut dilakukan fraksinasi 0-10 %, 10-40 %, 40-60 %, 60-100 %. Selulase tersebar di beberapa fraksi yaitu fraksi 0-10 %, 10-40 %, 40-60 %, namun fraksi murni yang dihasilkan, fraksi 10-40 %, memiliki tingkat kemurnian dan perolehan kembali protein yang rendah, sehingga perlu dilakukan uji coba fraksinasi 0-10 % dan 10-60 %.



Tabel 1. Tinjauan Jenis aktivitas

	Fraksinasi Amonium sulfat			Perolehan kembali protein (%)		
	0-10 %	10-60 %	Sisa	0-10 %	10-60 %	Sisa
CMCase	270,27	561,22	31,25	0,057	1,197	0,067
Avicelase	270,27	408,16	31,25	2,07	3,134	0,024
Selulase total	67,65	255,10	31,25	2,59	9,79	1,2

Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan bahwa selulase terendapkan cukup tinggi pada fraksi 0-10 % dan 10-60 %, sedangkan pada fraksi sisa sangat rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Safitri (2015). Fraksi 10-60 % memiliki aktivitas spesifik, tingkat kemurnian, dan perolehan kembali protein lebih tinggi dibanding fraksi 0-10 % dan fraksi sisa sehingga fraksi tersebut disebut fraksi murni.

Tabel 2 menunjukkan tingkat kemurnian dan perolehan kembali protein yang diperoleh Peneliti (2016) lebih besar dibanding Safitri (2015). Hal itu disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: rentang tingkat kejenuhan fraksinasi lebih lebar (10-60 %) sehingga selulase yang terendapkan lebih banyak, teknik pengerjaan lebih baik yaitu dengan menjaga kondisi pemurnian tetap dingin menggunakan penangas es untuk mengurangi terdenaturasinya protein, pelarutan amonium sulfat dilakukan ± 4 jam untuk memaksimalkan proses pengendapan enzim, dan ditambahkannya EDTA pada ekstrak kasar sebelum dilakukan fraksinasi sebagai inhibitor protease logam.

Tabel 2. Perbandingan Tingkat Kemurnian dan Perolehan Kembali Protein Fraksi Murni Peneliti (2016) dan Safitri (2015).

Aktivitas	Tingkat kemurnian		Perolehan kembali protein (%)	
	Peneliti (10-60 %)	Safitri (10-40 %)	Peneliti (10-60 %)	Safitri (10-40 %)
CMCase	1,197	1,63	6,87	8,55
Ayicelase	3,134	2,02	17,97	10,60
Selulase Total	9,79	2,44	56,16	12,85

Tingkat kemurnian dan perolehan kembali protein untuk aktivitas CMCase dan avicelase pada Peneliti (2016) dan Safitri (2015) memiliki hasil hampir sama, tetapi pada aktivitas selulase total hasil Peneliti jauh lebih tinggi. Hal ini diduga selulase yang mengendap pada kejenuhan dibawah 40 % adalah tipe CMCase dan avicelase, sedangkan di atas 40 % adalah β -glukosidase. Pendapat ini perlu dibuktikan dengan mengukur aktivitas β -glukosidase pada fraksi hasil pemurnian.

C. Stabilitas Enzim Selulase Hasil Pemurnian Fraksi 10-60 % Terhadap Waktu Penyimpanan pada Suhu 4 °C

Hasil pemurnian yang digunakan dalam pengujian stabilitas selulase adalah fraksi 10-60 %. Penyimpanan hasil pemurnian enzim selulase dalam penelitian ini dilakukan dalam bentuk hasil resuspensi. Persentasi penurunan aktivitas fraksi murni dibandingkan ekstrak kasar ditunjukkan pada Tabel 3. Persentasi penurunan aktivitas fraksi murni pada hari ke-4 (37,5 %) jauh lebih rendah dibandingkan ekstrak kasar pada hari ke-3 (86,4 %). Hal ini mengindikasikan stabilitas fraksi murni lebih baik dari pada ekstrak kasar yang disebabkan karena beberapa protein kontaminan seperti protease telah dihilangkan sehingga protein lain yang mengganggu aktivitas selulase semakin berkurang.

Tabel 3. Perbandingan % Penurunan Aktivitas Selulase Terhadap Waktu Penyimpanan Hasil Pemurnian dan Ekstrak Kasar

Hari	% Penurunan	
	Hasil pemurnian	Ekstrak kasar
	(Peneliti, 2016)	(Ramadhan, 2015)
0	0	0
1	12.5	20
3	TD	86.4
4	37.5	TD

5	TD	88.89
7	87.5	90.1

TD = Tidak Dilakukan Pengukuran

Pada penyimpanan hari ke-7, selulase fraksi murni mengalami penurunan aktivitas sebesar 87,5 % diduga pada penyimpanan yang lebih lama aktivitas selulase akan hilang. Kemungkinan hal itu disebabkan karena penyimpanan hasil pemurnian dalam bentuk pelet yang dilarutkan dalam buffer pH 7, adanya air dalam resuspensi tersebut mempengaruhi konformasi protein dalam proses pembekuan dan pencairan sampel. Ketika enzim dilarutkan dalam air, maka enzim akan berada diantara molekul air. Molekul air dalam suhu ruang memiliki ikatan hidrogen yang tak beraturan dan memiliki bentuk molekul seperti huruf “V”, sedangkan dalam keadaan mengkristal “freez” molekul air cenderung memiliki ikatan hidrogen yang beraturan dan memiliki bentuk molekul heksagonal, sehingga dengan berubahnya konformasi molekul air, diduga juga mengubah konformasi protein.

Peneliti menyarankan hasil pemurnian disimpan dalam bentuk pelet dengan ammonium sulfat, hal ini disebabkan ammonium sulfat bersifat sebagai penstabil enzim dengan mencegah terjadinya proteolisis dan anti bakteri (Scope, 1994).

KESIMPULAN

Selulase hasil pengendapan memiliki aktivitas optimum pada fraksi 10-60 %. Fraksi 10-60 % merupakan fraksi optimum. Tingkat kemurnian yang diperoleh masing-masing untuk aktivitas CMCase; avicelase; selulase total adalah 1,197; 3,13; 9,70 kali, dan perolehan kembali protein masing-masing 6,87 %; 17,97 %; 56,16 % dan (2) Penurunan aktivitas selulase total pada hari ke-0 sebesar 0 %, hari ke-1 sebesar 12,5 %, hari ke-4 sebesar 37,5 %, dan hari ke-7 sebesar 87,5 % menunjukkan stabilitas yang lebih baik dibandingkan ekstrak kasarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. Z., Manchur, M. A., dan Anwar, M. N. 2004. Isolation, Purification, Characterization of Cellulolytic Enzymes Produced by The Isolate *Streptomyces Omiyaensis*. *Pakistan Jurnal of Biologycal Sciencies* 7 (10): 1647-1653.
- Bhat, M. K. 2000. Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechno-logy Advances*, 18:355-356.
- Bintari, Y. R & Susanti, E. 2013. Karakterisasi Ekstrak Kasar Sistem Selulase Potensial dari *Bacillus subtilis*. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UGM*. 18 Mei 2013. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Hal: 29.
- Bollag, D. M., Michael, D. R., & Stuart, J. E. 1996. *Protein Methods*. Wiley-Liss.
- Lynd, L. R., Weimer, P. J., van Zyl, W.H., & Pretorius, I. S. 2002. Microbial Cellulose Utilization : Fundamental and Biotechnology. *Microbiol Mol Biol. Rev.* 66:506-577.
- Rahmadhani, H.A & Susanti, E. 2013. Optimasi Produksi dan Karakterisasi Sistem Selulase dari *Bacillus circulans* strain Lokal dengan Induser Avicel. *Jurnal Valensi*, (3)2.
- Ramadhan, M. 2015. *Pemurnian Parsial Dengan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat Pada Kejenuhan 0-30 %, 30-60 %, 60-100 % Dan Penentuan Jenis Inhibitor Protease Untuk Mempertahankan Stabilitas Ekstrak Kasar Selulase Bacillus Circulans*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Rosenberg, I. M. 1996. *Protein Analysis and Purification: Benchtop Technique*. Birkhauser Boston.
- Safitri, K. 2015. *Pemurnian Parsial Selulase Bacillus Circulans Menggunakan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat Fraksi 0-10 %, 10-40 %, 40-60 %, 60-100 % Dan Karakterisasi Kinetiknya*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Scopes, R. K. 1987. *Protein Purification Principle and Practice*, 2nd ed. New York: Springer-Verlag New York, Inc.
- Sudarmadji, S. Haryono, & Suhardi, B. 1997. *Mikrobiologi Pangan*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas UGM Yogyakarta.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Susanti, E. 2011. Optimasi Produksi dan Karakterisasi Sistem Selulase dari *Bacillus circulans* Strain Lokal dengan Induser avicel. *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol 12 No.1: 40-49.

APLIKASI METODE HARTREE-FOCK UNTUK PENENTUAN KOMPOSISI KONFORMER

Yahmin

Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang

ABSTRAK

Ilmu kimia adalah bidang sains yang mempelajari struktur materi dan perubahannya. Ada dua hal utama yang perlu ditekankan dalam pengajaran kimia yakni struktur molekul dan sifatnya. Pada umumnya pembelajaran kimia, sebagian besar dilaksanakan dengan menggunakan buku pelajaran atau LKS sebagai sumber belajar. Penggunaan buku pelajaran sebagai sumber utama dalam pembelajaran kimia memiliki keterbatasan terutama untuk mengajarkan struktur suatu senyawa. Buku pelajaran hanya bisa menampilkan struktur suatu senyawa dalam dua dimensi sehingga kurang bisa membantu siswa untuk melihat susunan atom-atom suatu senyawa dalam ruang tiga dimensi secara tepat. Selain itu, susunan atom-atom suatu molekul dapat berubah karena rotasi ikatan dan menghasilkan berbagai konformer. Untuk menutupi kekurangan penggunaan buku sebagai sumber belajar telah digunakan paket program kimia komputasi dengan metode Hartree-Fock untuk menggambarkan struktur konformer dalam tiga dimensi dan menghitung komposisi relatif masing-masing konformer

Kata kunci: konformer, Hartree-Fock, sikloheksana

ABSTRAK

Ilmu kimia adalah bidang sains yang mempelajari struktur materi dan perubahannya. Ada dua hal utama yang perlu ditekankan dalam pengajaran kimia yakni struktur molekul dan sifatnya. Pada umumnya pembelajaran kimia, sebagian besar dilaksanakan dengan menggunakan buku pelajaran atau LKS sebagai sumber belajar. Penggunaan buku pelajaran sebagai sumber utama dalam pembelajaran kimia memiliki keterbatasan terutama untuk mengajarkan struktur suatu senyawa. Buku pelajaran hanya bisa menampilkan struktur suatu senyawa dalam dua dimensi sehingga kurang bisa membantu siswa untuk melihat susunan atom-atom suatu senyawa dalam ruang tiga dimensi secara tepat. Selain itu, susunan atom-atom suatu molekul dapat berubah karena rotasi ikatan dan menghasilkan berbagai konformer. Untuk menutupi kekurangan penggunaan buku sebagai sumber belajar telah digunakan paket program kimia komputasi dengan metode Hartree-Fock untuk menggambarkan struktur konformer dalam tiga dimensi dan menghitung komposisi relatif masing-masing konformer

Kata kunci: konformer, Hartree-Fock, sikloheksana

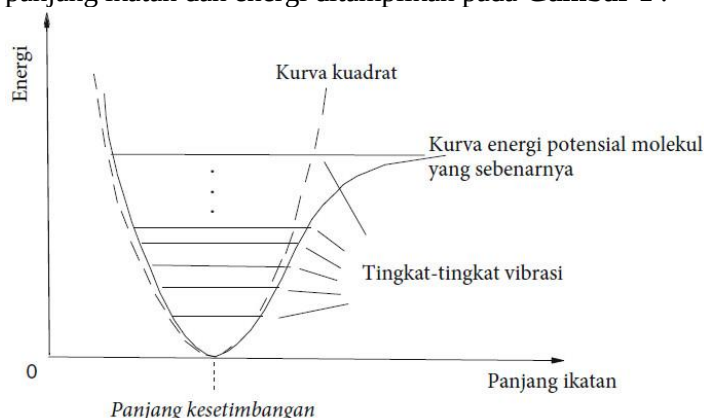
PENDAHULUAN

Permukaan energi potensial merupakan konsep utama dalam kimia komputasi. Permukaan energi potensial adalah hubungan dalam bentuk rumus matematik atau grafik antara energi suatu molekul dengan geometrinya. Geometri atau bentuk molekul dapat diperoleh dari data eksperimen terutama difraksi sinar-X dan spektroskopi gelombang mikro. Secara teori, geometri molekul pada keadaan dasar atau geometri kesetimbangan dapat dihitung dari metode Hartree-Fock dengan menggunakan pendekatan Born- Oppenheimer yang menganggap bahwa inti dalam molekul pada dasarnya ada dalam keadaan diam dibanding elektron. Walaupun bentuk molekul telah diajarkan sejak sekolah menengah atas dan juga dihubungkan dengan kestabilannya, terutama menurut model tolakan pasangan elektron valensi (VSEPR), namun tetap saja sukar dipelajari oleh mahasiswa kimia karena selain bentuk molekul maupun kestabilannya adalah konsep yang abstrak juga disebabkan oleh penggunaan media buku atau lembar kerja yang memiliki keterbatasan dalam menampilkan geometri molekul dalam tiga dimensi. Untuk membantu mahasiswa memahami hubungan antara bentuk

geometri suatu molekul dengan energi atau kestabilannya berikut ini dikembangkan bahan ajar yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut beserta aplikasinya untuk menentukan komposisi antara sikloheksana bentuk perahu dengan bentuk kursi.

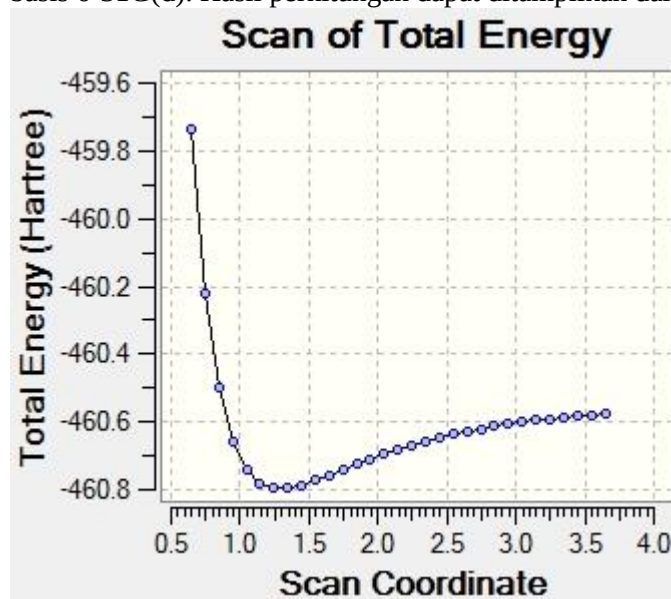
Hubungan antara Panjang Ikatan dan Energi

Molekul diatomik seperti H_2 , O_2 , N_2 , atau HCl adalah molekul paling sederhana karena hanya tersusun dari dua atom. Semua bentuk geometri molekul diatomik adalah linier atau berupa garis lurus. Molekul diatomik dapat terbentuk karena dimulai pada jarak tertentu akan ada antaraksi antara kedua atom tersebut yang akhirnya akan terbentuk ikatan. Ikatan kimia antara dua atom bersifat dinamis artinya jarak antara kedua atom berubah-ubah secara terus menerus sehingga panjang ikatan antara keduanya juga tidak tetap. Ikatan dapat mengkerut atau memanjang secara terus menerus dikatakan sebagai bervibrasi atau bergetar. Untuk molekul diatomik seperti diatas, hubungan antara panjang ikatan dan energi ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hubungan antara panjang ikatan dan energi

Di dalam pembelajaran kimia komputasi, mahasiswa diminta menggambar molekul HCl dalam fase gas. Molekul HCl digambar dengan dalam tiga dimensi dengan memakai program Gausview. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan hubungan antara energi dengan panjang ikatan HCl . Perhitungan dilakukan dengan memakai metode Hartree-Fock dan himpunan basis 6-31G(d). Hasil perhitungan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 2.

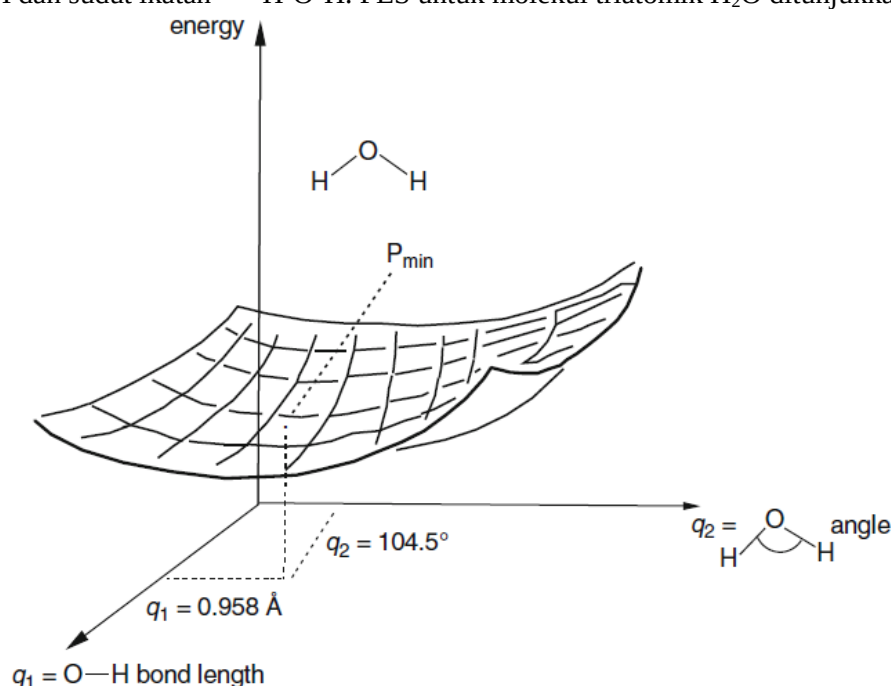


Gambar 2. Hubungan antara panjang ikatan H – Cl dengan energinya

Gambar 2 mewakili PES satu dimensi dalam grafik dua dimensi yang menunjukkan hubungan antara energi terhadap panjang ikatan. Molekul diatomik HCl hanya memiliki satu parameter geometri yang dapat diubah-ubah, yakni panjang ikatan. Molekul yang memiliki lebih dari satu parameter geometri seperti molekul air memiliki parameter panjang ikatan dan sudut ikatan. Bentuk PES molekul dengan dua parameter geometri ini sedikit lebih rumit karena bentuk PES memiliki dimensi tiga.

Hubungan antara Panjang Ikatan dan Sudut Ikatan dengan Energi

Molekul yang dipakai sebagai contoh adalah air dengan rumus molekul H_2O . Molekul air memiliki parameter panjang ikatan dan sudut ikatan, yakni dua ikatan O – H dan satu sudut H – O – H. Apabila didalam perhitungan panjang ikatan O-H dibuat selalu sama maka PES untuk molekul triatom H_2O adalah grafik energi E terhadap dua parameter geometri yakni dengan panjang ikatan O-H dan sudut ikatan H-O-H. PES untuk molekul triatomik H_2O ditunjukkan pada Gambar 3.

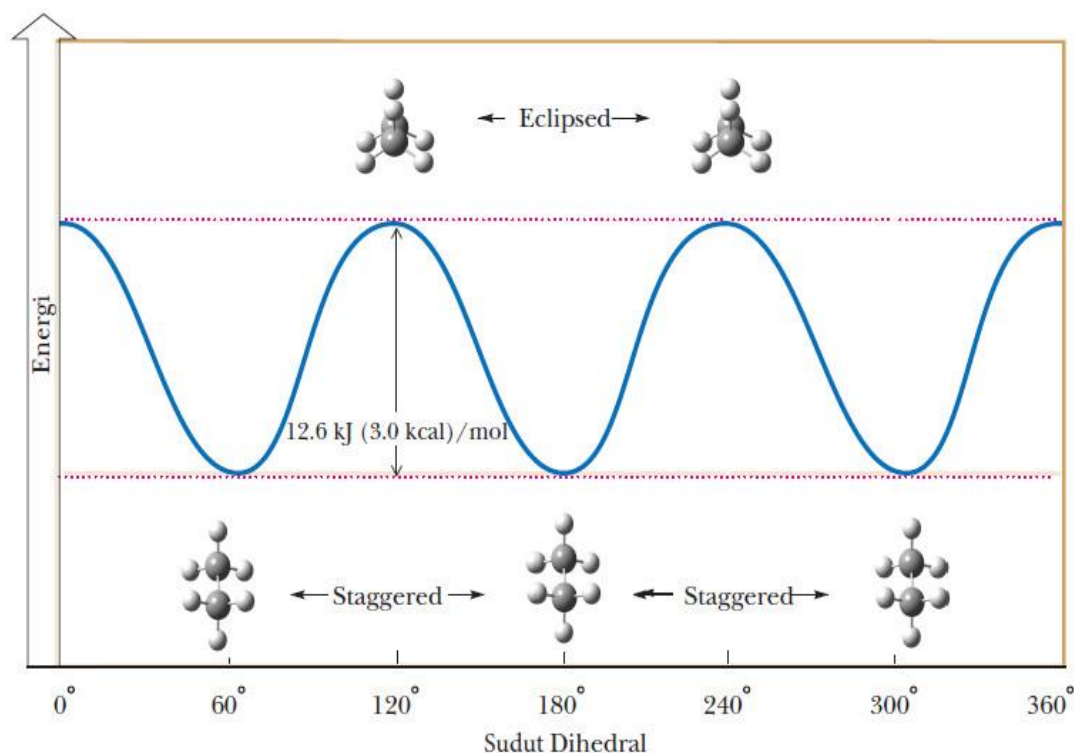


Gambar 3. PES molekul triatomik H_2O

Hubungan antara Sudut Dihedral, Konformer, dan Energi

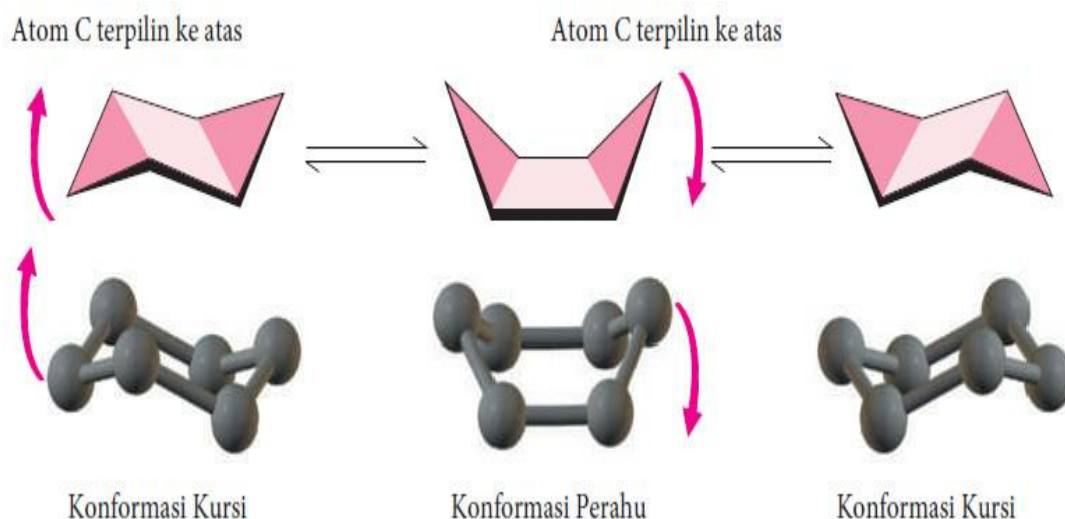
Rumus struktur berguna untuk menunjukkan konektivitas antar atom dalam suatu molekul, hanya saja rumus ini tidak mampu menunjukkan bentuk tiga dimensi. Agar calon kimiawan memiliki pemahaman yang baik mengenai hubungan antara struktur dan sifat senyawa maka perlu dikembangkan bahan ajar yang bisa menunjukkan struktur tiga dimensi suatu molekul. Di era digital ini, komputer sangat membantu untuk melihat bentuk tiga dimensi molekul. Di dalam pengembangan bahan ajar ini digunakan program gausview untuk menggambar dan memvisualisasikan molekul dalam tiga dimensi.

Molekul etana C_2H_6 , mempunyai hanya satu rumus struktur jika digambar dalam dua dimensi. Di dalam tiga dimensi, molekul etana bisa berada dalam berbagai bentuk karena rotasi ikatan C – C. Rotasi ikatan C – C ikut membawa pula atom hidrogen yang terikat pada masing-masing atom C. Sudut yang dibentuk oleh empat atom atau dibentuk antara dua bidang karena perputaran ikatan tunggal disebut sudut dihedral. Di dalam molekul etana, sudut dihedral ini adalah sudut yang terbentuk dari rangkaian ikatan H – C – C – H. Energi dari setiap struktur karena perubahan sudut dihedral dapat dihitung. Walaupun ada banyak ribuan struktur jika karena perubahan sudut dihedral, namun untuk molekul etana hanya ada dua struktur tiga dimensi yang penting, satu struktur terkait dengan energi terendah dan yang lain berkaitan dengan energi tertinggi. Dua struktur ini disebut konformer. Konformer yang berkaitan dengan energi tertinggi disebut konformer *eclips* dan yang berkaitan dengan energi terendah disebut konformer *staggered*.



Gambar 4 PES molekul etana

Rotasi ikatan C – C dapat juga terjadi pada cincin sehingga konformasi juga terjadi pada sikloalkana. Hanya saja rotasi ini terjadi secara terbatas dengan sudut tertentu dan tanpa merusak atau memutuskan cincin. Sikloheksana adalah salah satu contoh yang cukup dikenal. Ada tiga konformer sikloheksana yang cukup berarti ditinjau dari sisi kestabilan atau energinya, sikloheksana bentuk kursi, bentuk perahu, dan bentuk perahu terpinil. Perubahan dari konformer kursi ke perahu dan sebaliknya dapat terjadi dengan cara memilin dua ikatan C – C. Visualisasi proses ini ditunjukkan dalam gambar 5



Gambar 5 Proses perubahan konformer kursi ke perahu dan sebaliknya

Bentuk kursi lebih stabil dibanding bentuk perahu. Di dalam konformasi perahu terdapat tegangan torsi yang disebabkan oleh interaksi eclip dari empat pasang ikatan C – H dan juga terdapat tegangan sterik dari dua “bendera” hidrogen. Ikatan C – H yang berdiri seperti membentuk tiang

bendera dengan hidrogen sebagai benderanya. Dua hal ini mengakibatkan bentuk perahu kurang stabil dibanding bentuk kursi. Secara termodinamika, konformer yang lebih stabil akan mempunyai energi yang lebih rendah dan jumlahnya lebih melimpah. Tidak ada metode eksperimen yang dapat digunakan untuk menentukan perbandingan konformer kursi dengan perahu karena kedua konformer tidak bisa diisolasi. Perbandingan jumlah konformer ini hanya dapat dihitung secara teoritis.

Perbandingan Jumlah Konformer

Telah dinyatakan sebelumnya bahwa perbandingan jumlah konformer hanya dapat dilakukan secara teoritis. Tahapan untuk menentukan komposisi konformer dari sikloheksana adalah sebagai berikut. Pertama, kedua konformer kursi dan perahu digambar dalam tiga dimensi memakai gausview. Kedua, masing-masing konformer dioptimasi dengan menggunakan metode Hartree-Fock. Sikloheksana adalah molekul yang hanya mengandung atom C dan H, himpunan basis yang dipakai untuk perhitungan adalah 6-31G(d). Ketiga, dari setiap perhitungan optimasi struktur pasti didapatkan energi. Energi ini bermacam-macam dan salah satunya kemudian dipakai untuk menentukan perbandingan konformer. Untuk mendapatkan energi bebas Gibbs, setelah optimasi perlu dilakukan perhitungan frekuensi atau penentuan spektra vibrasi IR.

Perbedaan energi dapat digunakan untuk menentukan tetapan kesetimbangan konversi antar konformer. Pada temperatur kamar, konversi bisa terjadi dengan cepat dan membentuk kesetimbangan. Jumlah relatif masing-masing konformer pada kesetimbangan dapat ditentukan dari perbedaan energi antara dua konformer. Tetapan kesetimbangan konversi dari konformer perahu ke kursi adalah:

$$K = \frac{\text{jumlah molekul sikloheksana bentuk kursi}}{\text{jumlah molekul sikloheksana bentuk perahu}}$$

Untuk sistem yang setimbang, berlaku $\Delta G = 0$ sehingga

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

Dengan K adalah tetapan kesetimbangan, T adalah suhu mutlak, ΔG° adalah energi bebas Gibbs standar, dan R adalah tetapan gas yang nilainya 8,314 J/K.mol.

Energi bebas Gibbs standar, ΔG° dapat diperoleh setelah perhitungan frekuensi. Dengan tanpa melakukan koreksi *zero point energy*, dari perhitungan dengan metode Hartree-Fock diperoleh energi bebas Gibbs untuk konformer kursi adalah -614.913 kJ/mol sedangkan konformer perahu adalah -614.885 kJ/mol. Perubahan energi bebas Gibbs standar untuk konversi perahu ke kursi adalah -28.298 kJ/mol. Perubahan energi Gibbs negatif menunjukkan bahwa konversi perahu ke kursi berlangsung spontan. Pada suhu kamar, 298K maka perbandingan konformer kursi dan perahu adalah

$$-28.298 \text{ J/mol} = -8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K} \ln K$$

$$\ln K = 11,34$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai $K = 8,412 \times 10^4$. Nilai tetapan kesetimbangan ini dapat diartikan bahwa pada temperatur kamar jika ada 1 molekul sikloheksana bentuk perahu maka ada 84.120 molekul sikloheksana bentuk kursi. Dengan demikian komposisi bentuk kursi pada suhu kamar adalah 99,99%.

KESIMPULAN

Konversi sikloheksana bentuk perahu ke bentuk kursi berlangsung spontan. Harga tetapan Kesetimbangan pada suhu kamar menunjukkan molekul sikloheksana bentuk kursi adalah mayoritas dengan perbandingan 84.120 untuk tiap satu molekul sikloheksana bentuk perahu.

DAFTAR PUSTAKA

- James B. Foresman, Aileen Frisch, 2016. *Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods*, 3rd Edition, Gaussian, Inc.: Wallingford.
- Errol G. Lewars, 2016. *Computational Chemistry Introduction to the Theory and Applications of Molecular and Quantum Mechanics*, 3rd Edition, Springer International Publishing Switzerland.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

John McMurry, 2016. Organic Chemistry, 9th Edition, Cengage Learning: Boston

William H. Brown, Brent L. Iverson, Eric V. Anslyn, Christopher S. Foote, 2014. Organic Chemistry, 7th Edition, Brooks/Cole : Belmont

Jerry R. Mohrig, Christina Noring Hammond, Paul F. Schatz, 2010. Techniques in Organic Chemistry, 3rd Edition, W. H. Freeman and Company: New York.

**STUDI FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ADSORPSI MALASIT HIJAU
OLEH NANOPARTIKEL MAGNETIT BERSALUT SILIKA**

Zuhriah Mumtazah, Fauziatul Fajaroh*, Nazriati

Kimia FMIPA, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang 65145

*Correspondence author's email: fauziatul.fajaroh.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Proses adsorpsi untuk menurunkan kadar zat warna berbahaya seperti Malasit Hijau di perairan sangat dipengaruhi oleh jenis adsorben yang digunakan. Salah satu adsorben yang dapat digunakan adalah nanopartikel magnetit bersalut silika. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari dua faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi magnetit bersalut silika terhadap Malasit Hijau yang meliputi waktu kontak dan konsentrasi awal adsorbat. Penelitian dilakukan dengan tiga tahap. Pertama, proses sintesis nanopartikel magnetit dengan metode elektrokimia. Kedua, sintesis magnetit bersalut silika dengan metode sol-gel dengan natrium silikat sebagai sumber silika. Ketiga, proses aplikasi nanopartikel magnetit bersalut silika sebagai adsorben Malasit Hijau pada berbagai waktu kontak dan konsentrasi awal adsorbat. Penurunan kadar zat warna yang menunjukkan daya adsorpsi dari nanopartikel magnetite bersalut silika dipelajari secara spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan daya adsorpsi dipengaruhi oleh waktu kontak dan konsentrasi awal adsorbat.

Kata kunci: *magnetit bersalut silika, Malasit Hijau*

ABSTRACT

The adsorption process to reduce the level of harmful substances including dyes such as Malachite Green in the waters is strongly influenced by the type of adsorbent used. One of the adsorbent can be used are silica-coated magnetite nanoparticles. The purpose of this research was to study the two factors that affect the adsorption capacity of the silica-coated magnetite to Malachite Green that includes contact time and initial concentration of adsorbate. The study was conducted with three stages. First, the process of synthesis of magnetite nanoparticles by electrochemical methods. Second, the synthesis of silica-coated magnetite by sol-gel method with sodium silicate as a source of silica. Third, the application process of silica-coated magnetite nanoparticles as adsorbent of Malachite Green at various contact times and initial concentrations of adsorbate. Decreased levels of the dye that shows the adsorption capacity of the silica-coated magnetite nanoparticles was studied spectrophotometrically. The results showed that the adsorption capacity was affected by the contact time and initial concentration of adsorbate.

Keywords: *silica-coated magnetite, malachite green*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri seperti tekstil, keramik, kertas, dan plastik di Indonesia saat ini cukup pesat. Sebagian besar industri tersebut menggunakan zat warna pada prosesnya. Pada proses pewarnaan menggunakan air yang melimpah sehingga menghasilkan limbah yang begitu banyak. Dalam limbah cair biasanya terdapat bahan-bahan berbahaya, salah satunya yaitu zat warna. Zat warna merupakan senyawa berwarna yang banyak digunakan di industri tekstil, keramik, kertas, plastik, dan banyak industri lainnya. Beberapa zat warna diketahui dapat menyebabkan alergi, iritasi kulit, serta kanker (Cahyadi, 2006). Malasithijau adalah salah satu contoh zat warna berbahaya yang sering digunakan dalam dunia industri. Malasithijau termasuk zat warna kationik yang umumnya secara luas digunakan untuk proses pewarnaan katun, wol, sutra, kertas, dan goni (Bulut *et al.*, 2008).

Zat warna malasithijau menimbulkan efek bahaya apabila tercampur dalam badan air. Limbah cair zat warna malasithijau akan mengganggu ekosistem di perairan dan mengakibatkan kerusakan hati, insang, ginjal, dan usus hewan laut (Srivastava *et al.*, 2004). Malasithijau dapat menyebabkan iritasi sistem pencernaan manusia apabila mengkonsumsi ikan yang terkontaminasi oleh zat tersebut. Zat warna malasithijau juga diketahui berpotensi menyebabkan tumor.

Berbagai metode pengolahan limbah zat warna yang efektif dan efisien telah dilakukan, diantaranya koagulasi, oksidasi, ozonisasi, dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan cara pengolahan limbah yang mudah dilakukan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi dibandingkan dengan metode-metode yang lainnya. Adsorpsi juga diketahui sebagai salah satu metode yang efektif digunakan untuk menghilangkan warna limbah tekstil. Pemisahan dengan adsorpsi dapat menggunakan berbagai macam adsorben seperti zeolit, *silica gel*, karbon aktif, grafit, kitosan, dan bentonit (Panda, 2012).

Nanopartikel magnetit berlapis silika memiliki luas permukaan yang besar dan berpori diharapkan memiliki daya adsorpsi yang tinggi. Karakter inilah yang mendasari penggunaan nanopartikel magnetit berlapis silika sebagai adsorben zat warna malasithijau. Banyak penelitian yang memanfaatkan adsorben nanopartikel magnetit untuk menurunkan kadar polutan di perairan seperti zat warna sintesis berbahaya dan logam berat. Hariani,dkk (2013) telah melakukan penelitian menggunakan nanopartikel magnetit hasil sintesis secara kopresipitasi untuk mengadsorpsi zat warna *procion*. Proses adsorpsi yang dilakukan dipengaruhi oleh konsentrasi awal adsorbat dan waktu kontak.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah air demineralisasi (*hydrobatt*), akuades, asam klorida 32%, besi (II) sulfat heptahidrat (p.a/Merck), natrium hidroksida (teknis), natrium silikat (p.a/Merck), ammonium hidroksida (p.a/Merck), dan *Malachite Green* (teknis).

Prosedur

Sintesis Nanopartikel Magnetit secara Elektrokimia

Sintesis dilakukan dalam dua tahap, yaitu elektroplating dan sintesis magnetit dari besi murni. Pertama, disusun rangkaian elektroplating pada bejana kaca dengan jarak antara katoda besi dan anoda karbon dalam larutan besi(II) sulfat. Kemudian dilakukan elektrolisis dengan tegangan tertentu sambil terus diaduk dengan pengaduk magnet. Kedua, sejumlah tertentu air demineralisasi dielektrolisis dalam bejana kaca dengan jarak antara katoda besi dengan anoda besi (hasil elektrolisis). Elektrolisis dilakukan dengan tegangan tertentu. Endapan hitam hasil sintesis disaring dengan kertas saring *Whatman* kemudian dikeringkan..

Pelapisan Nanopartikel dengan Silika secara Sol-Gel

Larutan natrium silikat ditambahkan resin penukar kation dengan perbandingan dan diaduk dengan pengaduk magnetik. Campuran kemudian disaring hingga diperoleh filtrat asam silikat. Magnetit hasil sintesis dicampurkan dalam filtrat dan diaduk secara konstan. Setelah itu, ditambahkan secara perlahan NH_4OH sampai terbentuk gel. Gel yang terbentuk kemudian dilakukan proses aging, lalu dipanaskan selama satu jam pada suhu. Hasil gel tersebut kemudian ditambah sedikit akuades dan diratakan dengan batang pengaduk untuk selanjutnya dilakukan penyaringan. Selanjutnya, endapan dikeringkan dengan oven.

Pengaruh Waktu Kontak

Larutan malasithijaudengan konsentrasi 7 mg/L ditambahkan 0,05 gram magnetit dan 0,05 gram magnetit bersalut silika padaErlenmeyer yang berbeda, diaduk dengan *shaker* pada variasi waktu kontak15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; dan 120 menit. Campuran kemudian dipisahkan dengan sentrifugator. Supernatan yang diperoleh diukur absorbansinyapada λ_{maks} .

Pengaruh Konsentrasi Awal Adsorbat

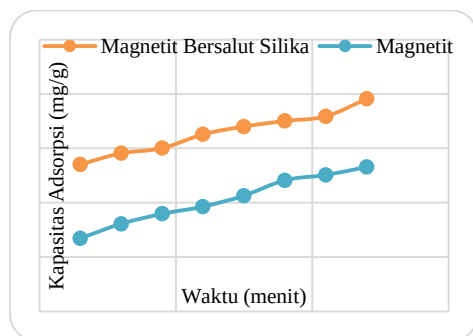
Larutan malasithijaudengan konsentrasi4, 5, 6, 7, dan 8mg/L ditambahkan 0,05 g magnetit bersalut silika dan diaduk dengan *shaker* selama 60 menit. Campuran kemudian dipisahkan dengan sentrifugator. Supernatan yang diperoleh diukur absorbansinya pada λ_{maks} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil karakterisasi BET didapatkan nilai luas permukaan spesifik magnetit lebih kecil yaitu sebesar 27,894 m²/g, dibandingkan dengan luas permukaan spesifik magnetit bersalut silika yaitu sebesar 339,941 m²/g. Adanya lapisan silika pada permukaan magnetit akan memperbesar luas permukaan spesifiknya, disebabkan karakteristik silika yang mempunyai pori.

Pengaruh Waktu Kontak

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kapasitas adsorpsi nanopartikel magnetit bersalut silika dan magnetit terhadap malasithijau mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Waktu kontak yang semakin lama akan memberikan kesempatan lebih besar adsorbat untuk melakukan kontak dengan permukaan adsorben. Peningkatan waktu kontak juga dapat dianggap sebagai proses ketidakstabilan pada permukaan adsorben sehingga terjadi peningkatan dan penurunan persen teradsorpsi dan kapasitas adsorpsinya. Peningkatan proses adsorpsi terjadi hingga waktu kontak 120 menit. Kecenderungan ini terjadi karena molekul zat warna pada awalnya mencapai lapisan luar adsorben pada waktu kontak awal. Kemudian, saat telah mencapai titik jenuh, molekul zat warna berdifusi ke dalam pori adsorben yang lebih dalam selama proses adsorpsi, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan menjadi cukup lama. Dari Gambar 1 juga dapat disimpulkan bahwa magnetit bersalut silika menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih besar. Pori-pori pada silika memperbesar luas permukaan adsorben.

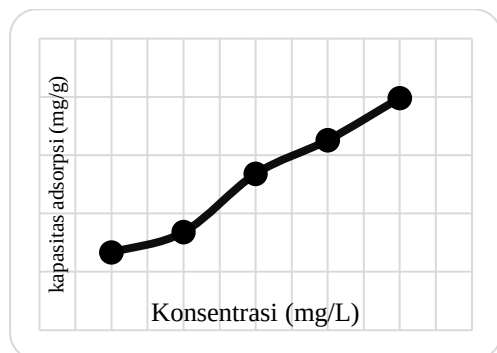


Gambar 1. Kapasitas adsorpsi pada variasi waktu kontak

Pengaruh Konsentrasi Awal Adsorbat

Pengaruh konsentrasi awal larutan malasithijau terhadap persentase malasithijau teradsorpsi berhubungan dengan jumlah sisi aktif pada permukaan nanopartikel magnetit bersalut silika. Apabila jumlah sisi aktif yang tersedia cukup banyak dibanding jumlah malasithijau, maka persentase teradsorpsi akan naik hingga mencapai jumlah sisi aktif sama dengan jumlah malasithijau. Pada Gambar 2 terlihat bahwa saat konsentrasi awal adsorbat 4-8 mg/L terjadi peningkatan persen malasithijau yang teradsorpsi. Jumlah zat warna yang terserap per unit massa oleh adsorben semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal adsorbat. Kapasitas adsorpsi meningkat pada peningkatan konsentrasi awal. Hal ini dikarenakan adanya daya penggerak (*driving force*) transfer massa pada fase larutan menuju fase padat menjadi lebih besar sebanding dengan kenaikan konsentrasi awal adsorbat. Selain itu, kenaikan konsentrasi awal malasithijau akan meningkatkan

interaksi antara malasithijau dengan nanopartikel magnetit bersalut silika. Sehingga, hal ini menghasilkan adsorpsi malasithijau yang lebih tinggi.



Gambar 2. Kurva kapasitas adsorpsi magnetit bersalut silika pada variasi konsentrasi adsorbat

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan daya adsorpsi nanopartikel magnetit bersalut silika dipengaruhi oleh waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat dan konsentrasi awal adsorbat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bulut, E., Ozacar, M., Sengil, I.A. 2008. Adsorption of Malachite Green Onto Bentonite, Equilibrium Kinetic Studies, and Process Design. *J. Microporous and Mesoporous Material Turkey*, **176**: 820-828.
- Cahyadi, W., 2006, *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Penerbit PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Fajaroh, F., Setyawan, H., Widiyastuti, W. & Winardi, S. 2012. Synthesis of Magnetite Nanoparticles by Surfactant-Free Electrochemical Method in an Aqueous System. *Advanced Powder Technology*, (23): 328-333.
- Fajaroh, F., Setyawan, H., Nur, A., Lenggoro, W. 2013. Thermal Stability of Silica-Coated Magnetite Nanoparticles Prepared by an Electrochemical Method. *Advanced Powder Technology*, **24**(2): 507-511.
- Hariani, P.L., Faizal, M., Ridwan, Marsi, & Setiabudi, D. 2013. Synthesis and Properties of Fe₃O₄ nanoparticles by Co-precipitation Method to Removal Procion Dye. *International Journal of Enviromental Science and Development*, **4**(3): 336-340.
- Levine, I.N. 2009. *Physical Chemistry* (Sixth Edition). New York: McGraw-Hill.
- Mohapatra, M. & Anand, S. 2010. Synthesis and Applications of Nano-Structured Iron Oxides / Hidroxides-a Review. *International Journal of Engineering, Science, and Technology*. **2**(8): 127-147.
- Murbe, J., Rrechtenbach, A. & Topfer, J. 2008. Synthesis and Physical Characterization of Magnetite Nanoparticles for Biomedical Applications. *Mater. Chem. Phys*, **110**: 426-433.
- Nazriati, Setyawan, H., Winardi, S., Arizanova, R., Eka, E.V. 2010. Sintesis silika aerogel berbasis abu bagasse. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, ISSN: 1411-4216.
- Panda, D. R. 2012. *Modifikasi Bentonit Terpilal Al dengan Kitosan untuk Adsorpsi Ion Logam*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Jakarta: Fakultas MIPA Universitas Indonesia (UI).
- Srivastava, A., Simmonds, A. J., Garg, A., Fossheim, L., Campbell, S. D., Bell, J. B. 2004. Molecular Functional Analysis of Scalloped Recessive Lethal Alleles in *Drosophila Melanogaster*. *Genetics*, **166**(4): 1833-1843.
- Srivastava, A., Rangana, S., Roy, D. 2004. Toxicological Effect of Malachite Green Aquat. *Toxicol*. **15**: 219-238.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Thamilarasu, P., Sharmila, R. & Karunakaran, K. 2012. Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic Studies on Removal of Cr(VI) by Modified Activated Carbon Prepared from Ricinus Communis Seed Shell. *Coromandal Journal of Science*, **1**(1): 30-39.
- Teja, A.S. & Koh, P. 2009. Synthesis, Properties, and Application of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*. (55): 19-22.
- Volesky, B. & Naja, G., 2005. Biosorptin Application Strategies, In: Proceedings of the 16th Internat, Biotechnol, Symp. (S.T.L.Harrison; DE. Rawlings and J. Petersen) (eds.) *IBS Compress Co., Capetown South Africa*: 531-542.
- Nama penulis, Y., tahun, *Nama journal*, Vol, No, Hal.

PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA GEL DAN POLIVINIL ALKOHOL TERHADAP KEMAMPUAN BEADS KITOSAN TERIKAT-SILANG EPIKLOROHIDRIN DALAM MENGABSORPSI ASAM HUMAT

Radna Nurmasari^a, Uripto Trisno Santoso^{a*}, Ahmad Budi Junaidi^a, Dewi Umaningrum^a, Dahlena Ariyani^a, Ifdah^a

^a Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat,
Jl. Jend. Ahmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Kode Pos 70714
Telp. +62-511-4773112

*email: uriptotrisnosantoso@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi PVA dan silika gel terhadap kemampuan BK-EKH dalam mengabsorpsi asam humat (AH). Sintesis *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin dilakukan dengan penambahan polivinil alkohol (PVA) dan silika gel pada berbagai konsentrasi. Produk yang diperoleh dikarakterisasi secara kualitatif menggunakan spektroskopi FTIR dan Mikroskop Optis, dan kemudian diaplikasikan untuk mengabsorpsi AH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pengikatan-silang dapat meningkatkan stabilitas *beads* kitosan (tidak larut dalam asam asetat 5%) tetapi perlakuan ini dapat menurunkan kemampuan absorben mengikat AH. Penambahan silika (0,05-0,5 g) dan PVA (0,7-1,1 mL) dapat meningkatkan kemampuan absorben mengikat AH. Proses pelepasan porogen silika juga dapat meningkatkan kemampuan absorben mengikat AH. Kapasitas absorpsi absorben terhadap AH sangat tinggi, yaitu 1.523,39 mg/g.

Kata kunci: *kitosan, epiklorohidrin, polivinil alkohol, silika, asam humat*

ABSTRACT

The aim of this study is to get a knowledge on the effect of PVA and silica gel addition on the ability of ECH-CB to absorption of humic acid (HA). An epichlorohydrin crosslinked-chitosan beads was synthesized with additon of poly(vinyl alcohool) (PVA) and gel silica in various concentrations. The obtained product was characterized qualitatively using FTIR spectroscopy and Optical Microscope (OM), and then it was applied to absorption of HA. The results showed that the crosslinking treatment enhanced the chitosan beads stability (insoluble in acetic acid 5%) but this treatment reduce the chitosan bead ability to adsorption of HA. Addition of silica (0.05-0.5 g) and PVA (0.7-1.1 mL) enhanced the ability of absorbent to absorb HA. The releasing of silica porogen treatment also enhanced the ability of absorbent to absorb HA. The absorption capacity of absorbent toward HA is very hingh, i.e. 1,523.39 mg/g.

Keywords: Chitosan, epichlorohydrin, polyvinyl alcohol, silica, humic acid.

PENDAHULUAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan air yang mengandung senyawa humat menggunakan gas klor atau kaporit sebagai desinfektan dapat mengakibatkan pembentukan senyawa organoklor yang bersifat karsinogenik (Van Duuren dkk., 1986; Carlsen & Lassen, 1992; Wagner & Pinhiero, 2001; Nikolaou dkk., 2004). Dengan demikian, sudah seharusnya penghilangan senyawa humat terlarut dilakukan sebelum adanya perlakuan klorinasi.

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa pada pH netral, kitosan dalam bentuk *beads* (manik-manik) memiliki kapasitas adsorpsi terhadap asam humat (AH) sebesar 262,0 mg/g (Chang & Zuang, 2004) lebih tinggi daripada kapasitas adsorpsi adsorben lain seperti lempung teraktivasi, abu layang, bentonit, Mg/Al-*hydrotalcite*, karboksimetil kitosan, dan zeolit alam (Chang & Zuang, 2004; Wang & Zhou, 2007; Anirudhan dkk., 2008; Gasser dkk. 2008; Zhao dkk., 2008; Wang dkk., 2008). Data ini menunjukkan bahwa *beads* kitosan memiliki prospek yang baik untuk dijadikan sebagai adsorben AH. Namun demikian, *beads* kitosan relatif rapuh dan mudah larut dalam medium yang agak asam sehingga kitosan tidak dapat diaplikasikan secara langsung sebagai adsorben AH.

Perlakuan pengikatan-silang kitosan dapat meningkatkan stabilitasnya sehingga kitosan tidak larut dalam medium asam tetapi manik-manik kitosan yang telah diikat-silang dengan epiklorohidrin memiliki kapasitas adsorpsi terhadap AH hanya sebesar 44,8 mg/g (Wan Ngah dkk., 2008). Ini dimungkinkan terjadi karena perlakuan pengikatan-silang ini dapat mengakibatkan kitosan mengalami penurunan porositas (Wan Ngah dkk., 2008). Artikel ini melaporkan hasil sintesis *beads* kitosan makropori menggunakan silika gel sebagai porogen, PVA sebagai agen penguat, dan epiklorohidrin sebagai agen pengikat-silang dan uji aplikasinya sebagai adsorben AH.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: kitosan (DD 75-85%) (*Aldrich*), epiklorohidrin $\geq 99\%$ (*Fluka*), silika gel 60 (0,2-0,5 mm) (*Merck*), asam humat (*Wako*), asam asetat (p.a), NaOH (p.a), HF (p.a), polivinil alkohol (PVA) (teknis), dan akuades.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: seperangkat alat gelas standar laboratorium, gelas arloji, neraca digital (*OHAUS Galaxy 400*), *hot plate* (*Cimarec*), pH-meter (*Jenway 3040 ion analyzer*), kertas indikator pH universal (*Fix 1-14*), *shaker* (*GFL 3005*). Peralatan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer *Ultra Violet-Visible* (UV-Vis) (*LGS 53*), Mikroskop Optis (MO) dan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (*Shimadzu FTIR Prestige-21*).

Prosedur

Sintesis *Beads* Kitosan dengan Penambahan PVA dan Silika Gel

Sintesis *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin dengan penambahan PVA dan silika gel pada dasarnya dilakukan dengan cara yang sama dengan sintesis *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin tanpa penambahan silika gel dan PVA seperti Ngah dkk. (2008). Larutan kitosan-PVA atau larutan kitosan-PVA-silika dengan perbandingan tertentu (Tabel 1) ditetes-teteskan ke dalam larutan NaOH 2 M menggunakan pipet tetes. *Beads* kitosan yang terbentuk direaksikan dengan epiklorohidrin (EKH) dan kemudian didiamkan selama 24 jam. *Beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin (BK-EKH) dicuci dengan akuades hingga netral. Pelepasan porogen silika gel dilakukan dengan menggunakan larutan HF 1 M. *Beads* kitosan berpori yang diperoleh kemudian dibilas akuades hingga netral.

Tabel 1. Komposisi pembuatan BK-EKH dengan penambahan PVA dan silika gel pada berbagai rasio konsentrasi (b/b)

Rasio kitosan:PVA:silika (b/b)	Kitosan (mL)	2% PVA (mL)	10% Silika gel (g)
1:1:1	2,5	0,4	0,05
1:1:5	2,5	0,4	0,25
1:1:10	2,5	0,4	0,50
1:2:10	1,8	0,7	0,50
1:3:10	1,6	0,9	0,50
1:4:10	1,4	1,1	0,50
1:5:10	1,25	1,25	0,50

Uji Kemampuan Relatif Absorpsi Asam Humat

Masing-masing absorben *beads* kitosan-terikat-silang epiklorohidrin tanpa dan dengan penambahan PVA/silika gel direaksikan dengan 100 mL asam humat 50 ppm, digojoj selama 2 jam, kemudian didiamkan selama 24 jam. Filtrat hasil percobaan absorpsi kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm (dengan konsentrasi larutan standar asam humat 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm).

Penentuan Kapasitas Absorpsi secara Satu-Tahap

Sebanyak 6 sampel BK-EKH 1:4:10 direaksikan dengan 500 ml AH konsentrasi 100, 200, 400, 600, 800, dan 1.000 ppm. Sampel BK-EKH dalam AH tersebut kemudian digojoj selama 2 jam dan didiamkan selama 24 jam. Masing-masing filtrat dari AH yang telah diadsorpsi BK-EKH tersebut kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm. Percobaan absorpsi dilakukan secara duplo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

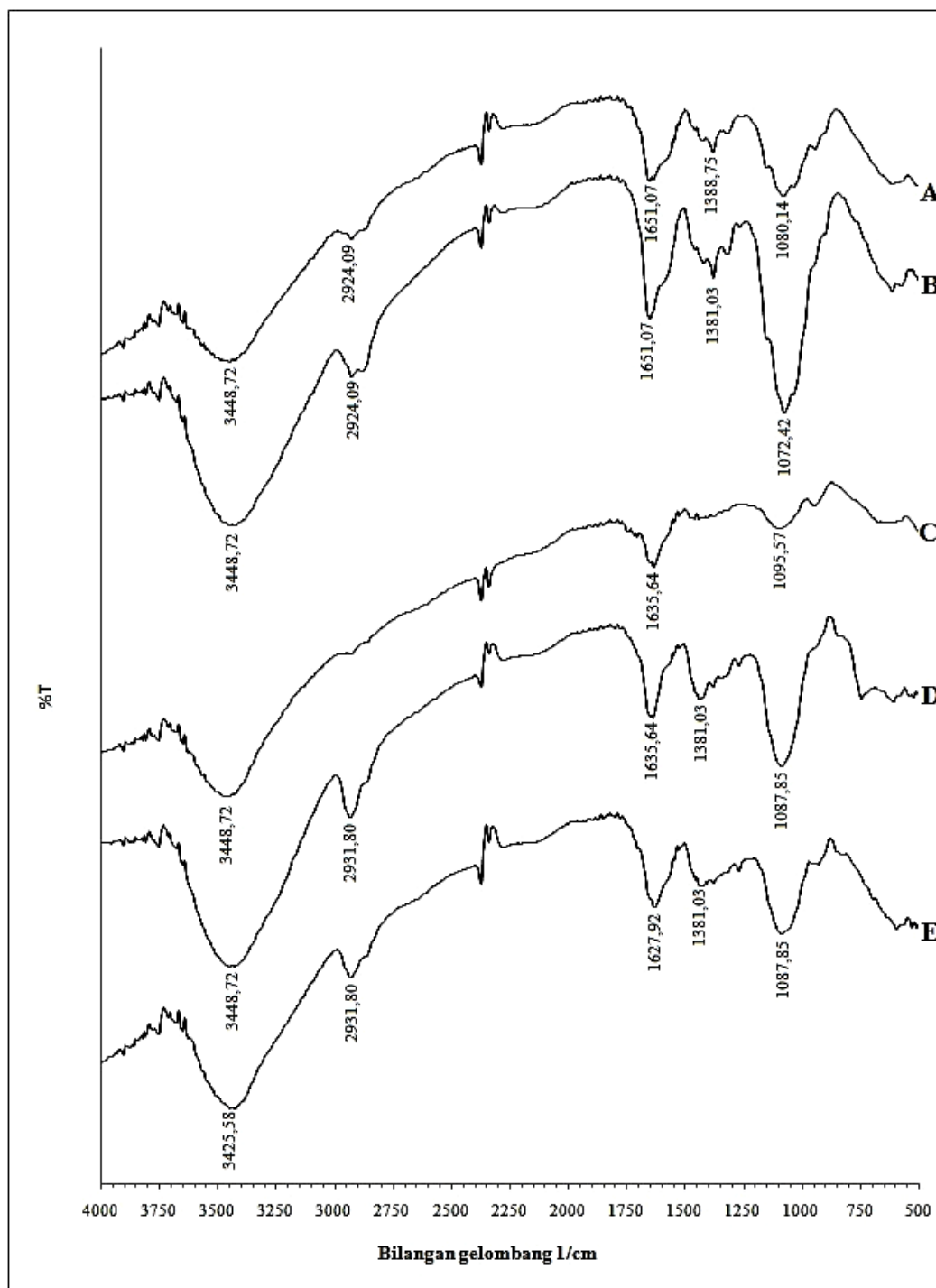
Karakterisasi *Beads* Kitosan Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Hasil karakterisasi dengan spektrofotometer FTIR terhadap sampel kitosan, *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin tanpa penambahan PVA dan epiklorohidrin (BK-EKH), PVA, *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin yang telah ditambahkan PVA (BK-PVA-EKH), dan *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin yang telah ditambahkan PVA yang telah mengikat asam humat (BK-PVA- EKH-AH) disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang sekitar 3400 cm^{-1} pada kelima sampel. Bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya vibrasi gugus hidroksil atau gugus amina yang membentuk ikatan hidrogen pada sampel A, B, dan D (Ariyani, 2013). Pada sampel C, bilangan gelombang tersebut menunjukkan gugus -OH yang terdapat pada PVA, sedangkan pada sampel E menunjukkan adanya gugus -OH dari AH atau kitosan maupun gugus amina dari kitosan serta gugus amida yang terbentuk karena adanya reaksi antara gugus -NH pada kitosan dengan gugus -OH pada AH.

Keempat sampel A, B, D, dan E menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 2900 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya vibrasi ulur C-H metilen pada kitosan (Junaidi *et al.*, 2009). Serapan pada bilangan gelombang sekitar 1600 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur -NH pada kitosan untuk sampel A, B, dan D (Sulaiman & Cahyaningrum, 2013), sedangkan sampel E menunjukkan vibrasi -NH pada kitosan dan vibrasi ikatan C=C aromatik AH.

Pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1000 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C-O pada kitosan dalam sampel A, B, D, dan E (Costa-Junior *et al.*, 2009; Puspawati & Simpen, 2010), dan serapan dari vibrasi C-O pada PVA sampel C ataupun dari hasil reaksi gugus epoksida EKH dengan gugus alkohol kitosan membentuk ikatan eter (B, D, dan E). Pada sampel B terlihat serapan yang lebih tajam karena bertambah jumlah ikatan C-O yang terbentuk dari ikatan eter antara EKH dan kitosan.



Gambar 1. Spektra FTIR (A) Kitosan, (B) BK-EKH, (C) PVA, (D) BK-EKH-PVA, (E) BK-EKH-PVA-AH

Kemampuan Relatif Absorben Mengikat Asam Humat

Hasil uji kemampuan relatif absorpsi asam humat pada *beads* kitosan yang disintesis tanpa dan dengan penambahan PVA disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data kapasitas adsorpsi BK-EKH pada berbagai konsentrasi PVA

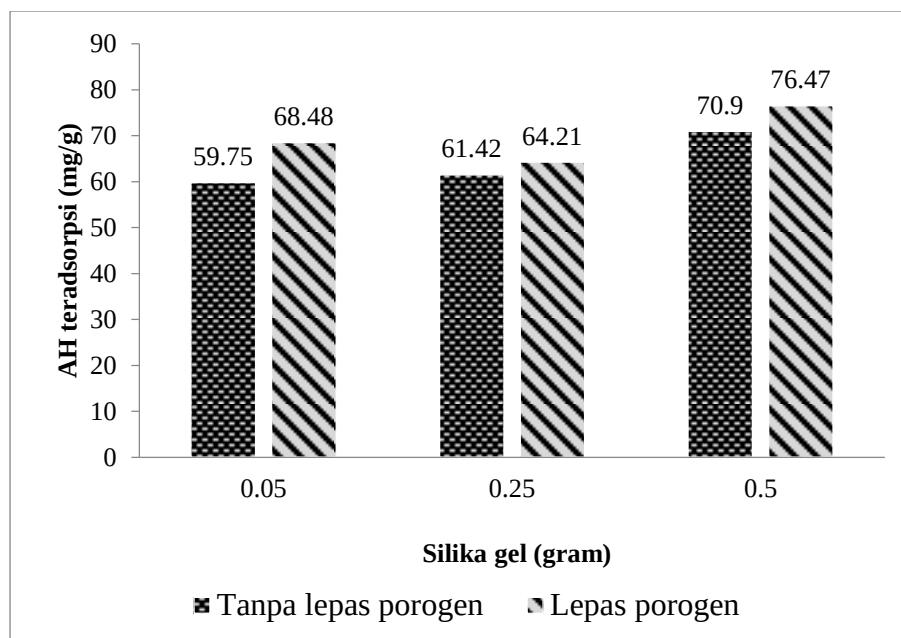
Rasio kitosan:PVA:silika (b/b)	AH terabsorpsi (mg/g)
1:1:10	29,09

1:2:10	78,321
1:3:10	104,371
1:4:10	149,902
1:5:10	137,574

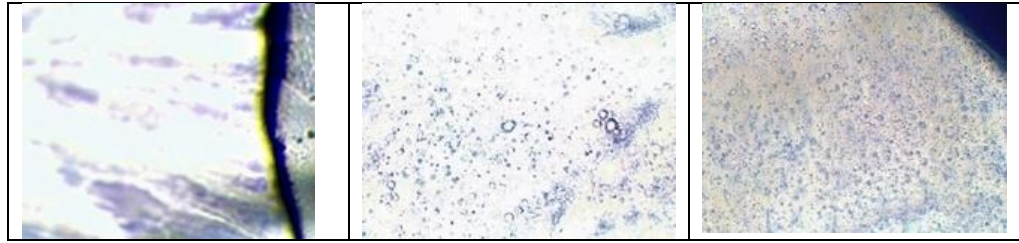
Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi PVA (untuk rasio kitosan:PVA = 1:1; 1:2, 1:3, dan 1:4, kemampuan absorpsi terhadap asam humat cenderung meningkat, tetapi ketika variasi 1:5 kemampuan absorpsinya agak berkurang. Data yang diperoleh mencapai optimum pada rasio kitosan: PVA = 1:4. Penambahan PVA dimaksudkan agar absorben kitosan yang dihasilkan memiliki fisik yang lebih keras (Wan Ngah *et al.*, 2004; Jia *et al.*, 2007; Liang *et al.*, 2009; Ariyani, 2013). Penambahan PVA dapat meningkatkan kemampuan absorpsi karena gugus –OH dari PVA dapat mengikat gugus –COOH dari AH dengan membentuk ikatan hidrogen, tetapi penambahan PVA yang berlebih dapat menurunkan kemampuan absorpsi dimungkinkan karena PVA yang berlebih dapat menurunkan porositas absorben.

Hasil uji kemampuan relatif *beads* kitosan yang disintesis dengan variasi jumlah porogen silika gel tanpa dan dengan perlakuan pelepasan porogen disajikan pada Gambar 2. Tanpa perlakuan pelepasan porogen, Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin banyak silika gel yang ditambahkan, kemampuan absorpsi absorben juga semakin meningkat. Data tersebut menunjukkan bahwa silika gel juga berperan dalam mengabsorpsi AH. Ini dimungkinkan terjadi karena keberadaan gugus silanol pada silika gel juga dapat meningkatkan kemampuan absorben mengikat AH. Gugus silanol dari silika gel tersebut dapat berikatan dengan gugus hidroksil pada AH membentuk suatu ikatan hidrogen sehingga semakin besar konsentrasi silika gel yang ditambahkan akan semakin besar pula kemampuan absorben dalam mengikat AH.

Berdasarkan Gambar 2, juga dapat dilihat bahwa kemampuan mengikat asam humat oleh absorben yang disintesis melalui proses pelepasan porogen lebih besar daripada adsorben tanpa perlakuan pelepasan porogen. Data ini menunjukkan bahwa pembentukan pori karena adanya perlakuan pelepasan porogen dapat meningkatkan kemampuan absorpsinya. Mengingat bahwa ukuran molekul asam humat yang relatif besar, maka adanya pori-pori yang cukup besar akan membantu proses absorpsi asam humat.



Gambar 2. Perbandingan kemampuan BK-EKH tanpa lepas porogen dan lepas porogen mengadsorpsi AH

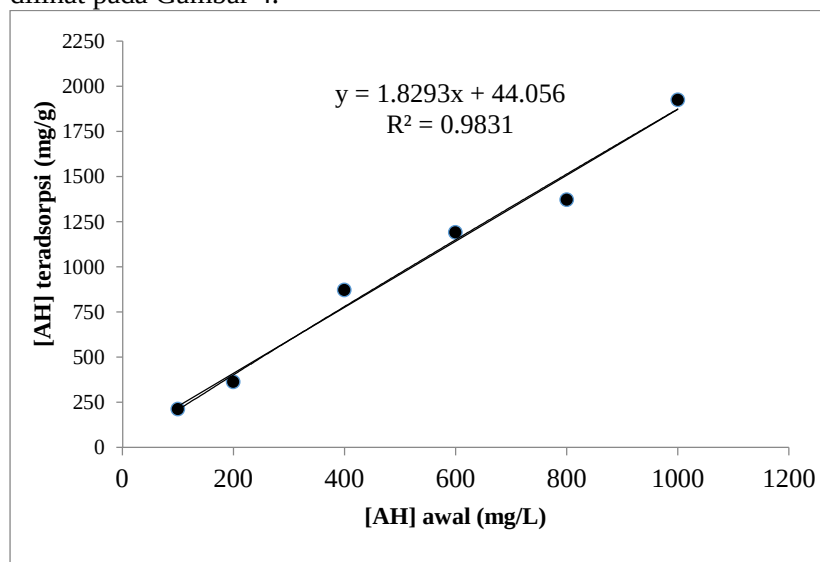


Gambar 3. Foto Mikroskop Optis sampel absorben dengan komposisi kitosan:PVA:silika (b/b) = 1:1:1 (kiri), 1:1:5 (tengah), dan 1:1:10 (kanan).

Hasil karakterisasi dengan mikroskop optis terhadap sampel beads kitosan yang ditambahkan porogen disajikan pada Gambar 3. Foto pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah silika yang ditambahkan, semakin besar jumlah pori yang terbentuk. Data ini mengindikasikan bahwa peningkatan kemampuan mengikat asam humat dengan bertambahnya jumlah silika yang ditambahkan mungkin berhubungan dengan jumlah pori-pori yang terbentuk.

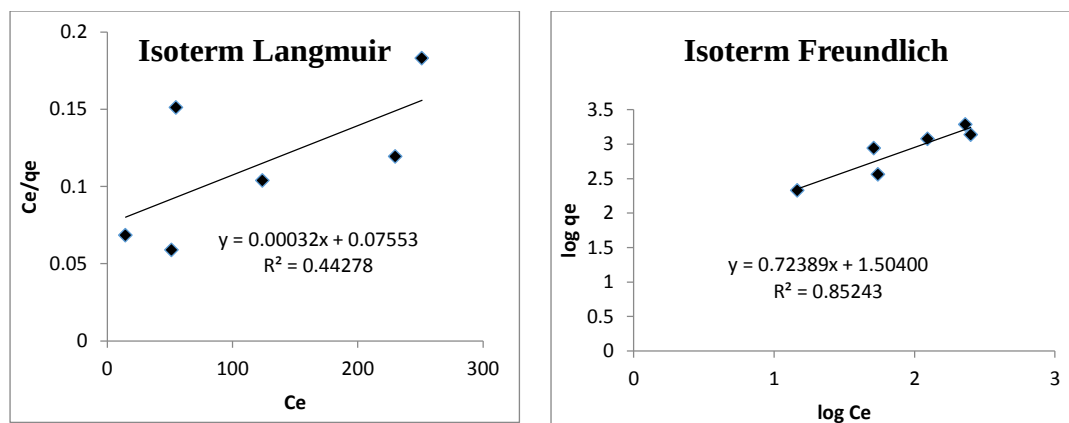
Kapasitas Adsorpsi

Hasil percobaan adsorpsi asam humat pada beads kitosan makropori secara satu-tahap dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kapasitas adsorpsi AH oleh BK-EKH pada variasi konsentrasi AH (100-1000 ppm)

Data adsorpsi kemudian ditransformasi ke variabel-variabel yang sesuai dengan model persamaan linear isoterm Langmuir dan Freundlich. Plot hubungan C_e/q_e lawan C_e dan $\log(q_e)$ lawan $\log(C_e)$ untuk adsorpsi AH pada BK-EKH secara satu-tahap ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Plot data adsorpsi AH pada BK-EKH secara *one-step* (satu tahap) dengan model linear isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Apabila ditinjau dari nilai koefisien regresi linear (R^2) maka adsorpsi AH pada BK-EKH lebih cenderung mengikuti pola isoterm Freundlich daripada isoterm Langmuir. Isoterm Freundlich mengindikasikan bahwa adsorpsi yang terjadi berlangsung pada permukaan dengan gugus aktif yang heterogen dan kemungkinan adsorpsi membentuk *multilayer*. Ini menunjukkan AH yang teradsorpsi pada permukaan BK-EKH juga dapat mengadsorpsi AH lainnya dengan membentuk ikatan hidrogen.

Kapasitas adsorpsi adsorben juga dapat ditentukan dengan menggunakan model isoterm Langmuir-Freundlich, yang merupakan pengembangan atau penggabungan antara model isoterm Langmuir dan model isoterm Freundlich (Santoso *et al.*, 2008). Model isoterm Langmuir-Freundlich tersebut dituliskan dalam bentuk linear sebagai

$$\frac{C_e^{1/n}}{q} = \frac{1}{q_m K_a} + \frac{1}{q_m} \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots (3)$$

Jika hubungan $\frac{C_e^{1/n}}{q}$ versus $C_e^{1/n}$ linear maka kapasitas adsorpsi = $1/\text{slope}$. Model persamaan (3) ini layak untuk dicoba berdasarkan pertimbangan bahwa walaupun adsorpsi AH oleh BK-EKH tidak mengikuti isoterm Langmuir tetapi cukup mendekati isoterm Freundlich. Berdasarkan plot ini dapat ditentukan nilai kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) adsorben beserta nilai-nilai konstanta parameter isoterm Langmuir-Freundlich yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai parameter isoterm Langmuir-Freundlich adsorpsi AH pada BK-EKH secara *one-step* (satu tahap)

Isoterm Langmuir-Freundlich			
K_a	q_m	$1/n$	R^2
$6,12 \times 10^{-5}$	1.523,39	3,48	0,96

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa kapasitas adsorpsi AH pada *beads* kitosan adalah sebesar 1.523,39 mg/g. Wan Ngah (2008) telah mensintesis *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin tanpa penambahan PVA dan penggunaan porogen silika yang dikeringkan untuk mengadsorpsi AH dengan hasil kapasitas adsorpsi yaitu sebesar 10,19 mg/g. Penelitian ini menunjukkan kapasitas adsorpsi yang dihasilkan jauh lebih besar dimungkinkan karena adsorben yang digunakan untuk mengadsorpsi AH dalam keadaan basah memiliki pori-pori yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian Wan Ngah (2008) yang menggunakan *beads* kitosan kering.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan PVA (0,7-1,1 mL) dapat meningkatkan kemampuan *beads* kitosan terikat-silang epiklorohidrin (BK-EKH) dalam mengadsorpsi AH tetapi penambahan PVA yang lebih besar (1,25 mL) justru dapat menurunkan kemampuan adsorpsinya. Penggunaan porogen silika gel dapat meningkatkan kemampuan adsorben *beads* kitosan dalam mengadsorpsi AH. Data percobaan adsorpsi dengan variasi konsentrasi awal AH 100-1000 ppm

sesuai dengan model isoterm Langmuir-Freundlich dengan nilai kapasitas absorpsi sebesar 1.523,39 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Lambung Mangkurat, yang telah mendanai penelitian ini melalui program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) dengan pembiayaan PNBPN 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Anirudhan, T.S., Suchithra, P.S., and Rijith, S., 2008, Amine-Modified Polyacrylamide–Bentonite Composite for the Adsorption of Humic Acid in Aqueous Solutions, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 326, 147-156.
- Ariyani, D., 2013, *Sintesis Adsorben Superpori Berbahan Dasar Kitosan Untuk Adsorpsi Asam Humat Air Gambut*, Tesis Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru (Tidak dipublikasikan).
- Carlsen, L. and Lassen, P., 1992, Enzymatically Mediated Formation of Chlorinated Humic Acids, *Org. Geochem.*, 18, 477-480.
- Chang, M.Y. and Huang, R.S., 2004, Adsorption of Tannic Acid, Humic Acid, and Dyes from Water Using the Composite of Chitosan and Activated Clay, *Journal of Colloid and Interface Science*, 278, 18-25.
- Costa-Júnior, E.S., E.F. Barbosa-Stancioli, A.A.P. Mansur, W.L. Vasconcelos, and Mansur, H.S., 2009, Preparation and Characterization of Chitosan/Poly(Vinyl Alcohol) Chemically Crosslinked Blends for Biomedical Applications. *Carbohydr. Polym.*, 76, 472-481.
- Gasser, M.S., Mohsen, H.T., and Aly, H.F., 2008, Humic Acid Adsorption onto Mg/Fe Layered Double Hydroxide, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 331, 195-201.
- Jia, Y.T., J. Gong, X.H. Gu, H.Y. Kim, J. Dong, and Shen, X.Y., 2007, Fabrication and Characterization of Poly(Vinyl Alcohol)/Chitosan Blend Nanofibers Produced by Electrospinning Method. *Carbohydr. Polym.* 67: 403-409.
- Junaidi, A.B., I. Kartini, and Rusdianto, B., 2009, Chitosan Preparation with Multistage Deacetylation of Chitin and Investigation of Its Physicochemical Properties, *Indo. J. Chem.*, 9, 369-372.
- Liang, S., L. Liu, Q. Huang, and Yam, K.L., 2009. Preparation of Single or Double-Network Chitosan/Poly(Vinyl Alcohol) Gel Films Through Selectively Cross-Linking Method. *Carbohydr. Polym.* 77: 718-724.
- Nikolaou, A.D., Golfinopoulos, S.K., Lekkas, T.D., and Kostopoulou, M.N., 2004, DBP Levels in Chlorinated Drinkingwater: Effect of Humic Substances, *Environmental Monitoring and Assessment*, 93, 301–319.
- Puspawati, N.M. and Simpen, I.N., 2010, Optimasi Deasetilasi Khitin dari Kulit Udang dan Cangkang Kepiting Limbah Restoran Seafood menjadi Khitosan melalui Variasi Konsentrasi NaOH, *J. Kim.*, 1, 79-90.
- Santoso, U.T., Herdiansyah, and Mikrianto, E., 2004, “Isolasi Asam Humat dari Tanah Gambut dan Batubara serta Interaksinya dengan Krom(III), Timbal(II) dan Kadmium(II)”, Laporan Hibah Penelitian Program Peningkatan Kualitas ISS dan Jurusan, Universitas Lambung Mangkurat.
- Santoso UT, Umaningrum D, Irawati U, and Nurmasari R, 2008, Imobilisasi Asam Humat pada Kitosan menggunakan Metode Reaksi Pengkatan-Silang Terproteksi dan Aplikasinya sebagai Adsorben Pb(II), Cd(II), dan Cr(III). *Indo. J. Chem.* 8(2): 177–183.
- Sulaiman, N., and Cahyaningrum, S.E., 2013, Penentuan pH Optimum Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) oleh Kitosan Bead dan Kitosan-Silika Bead, *UNESA J. Chem.*, 2, 89-93.
- Van Duuren, B.L., Melchionne, S., Seidman, I., and Pereirat, M.A., 1986, Chronic Bioassays of Chlorinated Humic Acids in B6C3F1 Mice, *Environmental Health Perspectives*, 69, 109-117.
- Wagner, E.G. and Pinheiro, R.G., 2001, Upgrading Water Treatment Plants. *Spon Press*. London and New York.
- Wan Ngah, W.S., A. Kamari, and Koay, Y.J., 2004, Equilibrium and Kinetics Studies of Adsorption of Copper (II) on Chitosan and Chitosan/PVA Beads. *International Journal of Biological Macromolecules*. 34: 155-161.

- Wan Ngah, W.S., Hanafiah, M.A.K.M., and Yong, S.S., 2008, Adsorption of Humic Acid from Aqueous Solutions on Crosslinked Chitosan–Epichlorohydrin Beads: Kinetics and Isotherm Studies, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 65, 18–24.
- Wang, S. and Zhou, Z.H., 2007, Humic Acid Adsorption on Fly Ash and Its Derived Unburned Carbon, *Journal of Colloid and Interface Science*, 315, 41-46.
- Wang, S., Terdkiatburana, T., and Tade, M., 2008, Adsorption of Cu(II), Pb(II) and Humic Acid on Natural Zeolite Tuff in Single and Binary Systems, *Separation and Purification Technology*, 62, 64-70.
- Zhao, L., Luo, F., Wasikiewicz, J.M., Mitomo, H., Nagasawa, N., Yagi, T., Tamada, M., dan Yoshii, F., 2008, Adsorption of Humic Acid from Aqueous Solution onto Irradiation-Crosslinked Carboxymethylchitosan, *Bioresource Technology*, 99, 1911-1917.

TEKNIK SEDERHANA SINTESIS MIKROPARTIKEL Fe_3O_4 DENGAN METODE KOPRESIPITASI TANPA PENAMBAHAN GAS LEMBAM

Uripto Trisno Santoso^{a*}, Ahmad Budi Junaidi^a, Dwi Rasy Mujiyanti, Dewi Noor Hidayah^a

^a Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat,
Jl. Jend. Ahmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Kode Pos 70714
Telp. +62-511-4773112

*email: uripotrisnosantoso@gmail.com

ABSTRAK

Magnetit (Fe_3O_4) telah dikaji secara luas karena sifatnya yang menarik dan potensi aplikasinya yang luas dalam berbagai bidang. Metode kopresipitasi merupakan metode yang paling sering digunakan untuk sintesis magnetit. Secara umum, reaksi kopresipitasi dilakukan dengan menggunakan gas lembam (nitrogen atau argon) untuk mencegah oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Pada kajian ini, magnetit disintesis dengan metode kopresipitasi tanpa menggunakan gas lembam. Mikropartikel yang diperoleh dikarakterisasi dengan *X-Ray diffraction* (XRD) dan *scanning electron microscopy* (SEM). Pola XRD menunjukkan pembentukan struktur Fe_3O_4 dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan foto SEM menunjukkan ukuran partikel produk dalam skala mikrometer. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa teknik sederhana ini dapat diterapkan untuk sintesis mikropartikel Fe_3O_4 tetapi beberapa fasa Fe_3O_4 teroksidasi menjadi $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (maghemit).

Kata-kata kunci: Mikropartikel, Fe_3O_4 , magnetit, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, maghemit, kopresipitasi.

ABSTRACT

Magnetite (Fe_3O_4) has been widely studied because of its fascinating properties and wide range of potential applications in many fields. Coprecipitation are most commonly used to synthesize magnetite. Generally, the coprecipitations reaction is performed under an inert (N_2 or Ar) atmosphere using degassed solutions to avoid uncontrollable oxidation of Fe^{2+} into Fe^{3+} . In this study, magnetit was synthesized by coprecipitation methods without utilization of inert gas. The obtained microparticles were characterized by X-Ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The XRD pattern showed the Fe_3O_4 and $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ structure formation and SEM image showed the particles size in the micrometer-scale. The result indicated that this simple technique was successfully applied to synthesis of Fe_3O_4 microparticles but some of Fe_3O_4 was oxidized to be $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (maghemite)..

Keywords: Microparticle, Fe_3O_4 , magnetite, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, maghemite, coprecipitation.

PENDAHULUAN

Magnetit (Fe_3O_4) telah dikaji secara luas karena sifatnya yang menarik dan potensi aplikasinya yang luas dalam berbagai bidang, seperti sebagai media penyimpanan, ferrofluida, katalis, dan biomedis (Qu *et al.*, 2010), serta bioteknologi dan teknologi lingkungan (Wei *et al.*, 2011). Komponen magnetik mikropartikel Fe_3O_4 adalah komponen magnetik yang paling banyak digunakan karena relatif mudah disintesis dan lebih murah daripada oksida lain (Safarik & Safarikova, 2009).

Beberapa metode yang sering digunakan untuk membuat mikropartikel oksida besi antara lain adalah metode kopresipitasi (Lu *et al.*, 2007; Podrepsek *et al.*, 2013), sol gel (Teja & Koh, 2009), dan sintesis hidrotermal (Kim *et al.*, 2005; Teja & Koh, 2009). Metode kopresipitasi dengan ion Fe^{3+} dan Fe^{2+} merupakan metode yang paling sering digunakan dalam preparasi partikel magnetit (Rui *et al.*, 2010; Ferreira *et al.*, 2012).

Perbedaan utama magnetit dengan oksida besi yang lain adalah adanya ion besi(II) dan besi(III) dalam struktur magnetit. Secara stoikiometri, rasio $\text{Fe(II)/Fe(III)} = \frac{1}{2}$, dimana ion Fe(II) dapat digantikan sebagian atau seluruhnya oleh kation divalen yang lain seperti Co, Mn, Zn, dan sebagainya (Wu dkk., 2015). Magnetit dapat teroksidasi di udara menjadi maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ditandai dengan perubahan warna dari hitam menjadi coklat kemerahan. Perubahan ini pun diikuti dengan penurunan kemagnetannya. Pada suhu yang lebih tinggi transformasi dapat berlanjut hingga terbentuk hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Oksidasi magnetit menjadi maghemit melibatkan reaksi topotaktis yakni transformasi fasa tanpa disertai perubahan struktur kristal. Magnetit dan maghemit memiliki struktur kristal yang sama tetapi pada maghemit tidak terdapat kation Fe^{2+} . Oleh karena itu, biasanya sintesis magnetit dengan metode kopresipitasi dilakukan dengan menggunakan gas lembam (nitrogen atau argon) untuk mencegah oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Namun demikian, Wu (2011) melaporkan bahwa Fe_3O_4 juga dapat disintesis dari suatu limbah tambang besi dengan metode kopresipitasi tanpa menggunakan gas lembam.

Pada dasarnya sintesis magnetit dengan metode kopresipitasi melibatkan tahapan pembentukan hidroksida besi(II) dan hidroksida besi(III) yang kemudian diikuti dengan oksidasi hidroksida-hidroksida ini menjadi Fe_3O_4 . Dengan kata lain, pada proses sintesis magnetit dengan metode kopresipitasi ini selalu melibatkan proses oksidasi. Dengan mengendalikan waktu reaksi atau keberadaan oksigen dari udara bebas maka ada kemungkinan Fe_3O_4 juga dapat disintesis dari ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} dengan metode kopresipitasi tanpa menggunakan gas lembam. Pada artikel ini dilaporkan hasil kajian sintesis magnetit dengan metode kopresipitasi tanpa menggunakan gas lembam. Produk yang diperoleh dikarakterisasi dengan *X-Ray diffraction* (XRD) dan *scanning electron microscopy* (SEM).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Merck), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck), NaOH (p.a), HCl pekat (37 % (b/v), akuades, indikator pH universal (1-14), dan kertas saring (Whatman No.42).

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: seperangkat alat gelas standar laboratorium, *Scanning Elektron Microscope* (SEM) dari JEOL tipe JSM 6510, dan *X-Ray Diffraction* (XRD)) merek Brüker tipe Advance 8.

Prosedur

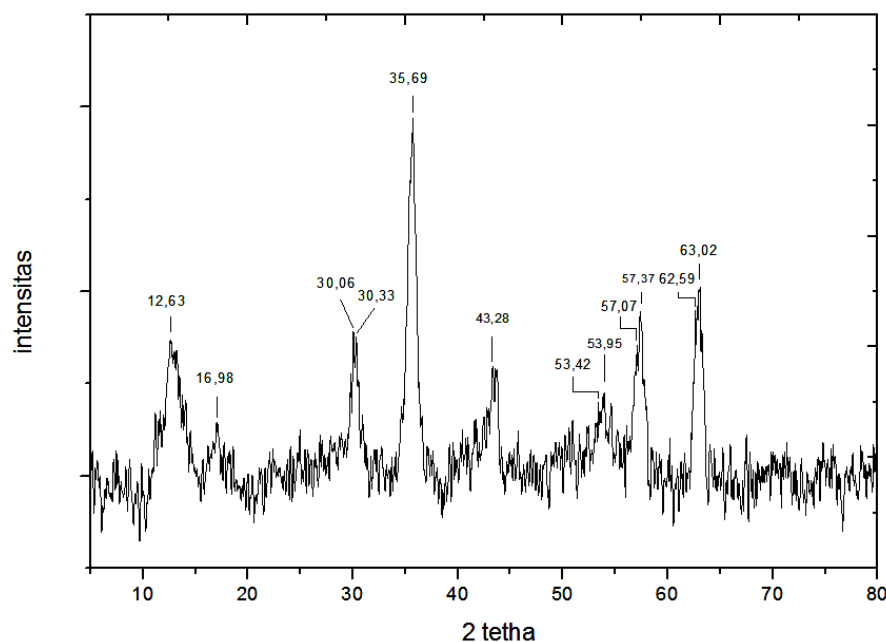
Sintesis mikropartikel magnetit dilakukan menggunakan metode (Ferreira *et al*, 2012) dengan beberapa modifikasi. Pembuatan mikropartikel oksida besi dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 6,1 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 3,1 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Campuran $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kemudian ditambahkan 130 mL akuades yang telah ditambahkan 5 mL HCl pekat kemudian dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit. NaOH 1,5 M ditambahkan sedikit demi sedikit, sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* pada temperatur 60°C selama ± 1 jam atau hingga terbentuk endapan hitam. Endapan oksida besi dipisahkan menggunakan magnet eksternal kemudian disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH netral. Oksida besi yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 2 jam atau sampai berat konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis dan Karakterisasi Mikropartikel Oksida Besi

Pembuatan mikropartikel oksida besi (Fe_3O_4) dilakukan menggunakan metode (Ferreira *et al*, 2012) dengan beberapa modifikasi. Pembuatan mikropartikel oksida besi menggunakan metode (Ferreira *et al*, 2012) dilakukan dengan melibatkan kopresipitasi larutan garam Fe^{2+} dan Fe^{3+} oleh penambahan basa (NaOH) yang selama reaksinya dialiri gas nitrogen. Sementara itu sintesis oksida besi pada penelitian ini dilakukan sedikit modifikasi yaitu pada saat pemanasan campuran larutan

garam Fe^{2+} dan Fe^3 tanpa dialiri gas nitrogen. Hasil karakterisasi dengan XRD terhadap produk yang diperoleh disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola XRD sampel mikropartikel oksida besi yang disintesis dengan metode kopresipitasi tanpa menggunakan gas lembam.

Gambar 1 menunjukkan adanya puncak-puncak yang relatif tajam pada $2\theta = 16,98^\circ$, $30,06^\circ$, $53,42^\circ$, $57,07^\circ$, dan $62,59^\circ$ lebih bersesuaian dengan *database* standar JCPDS Card No. #75-0033 untuk Fe_3O_4 , sedangkan $2\theta = 30,33^\circ$, $35,69^\circ$, $43,28^\circ$, $53,95^\circ$, $57,37^\circ$, dan $63,02^\circ$ lebih bersesuaian dengan *database* standar JCPDS No. 39-1346 untuk $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (Holland & Mitiko Yamaura, 2009). Berdasarkan puncak-puncak utama dalam *database* standar JCPDS, Fe_3O_4 memiliki lima puncak utama pada $2\theta = 30,095^\circ$, $35,422^\circ$, $43,052^\circ$, $56,942^\circ$, dan $62,515^\circ$, sedangkan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki lima puncak utama pada $2\theta = 30,241^\circ$, $35,630^\circ$, $43,284^\circ$, $57,271^\circ$, dan $62,925^\circ$. Jika puncak utama sampel dibandingkan dengan puncak utama *database* tersebut, tampak bahwa sampel produk hasil sintesis ini mengandung baik fasa Fe_3O_4 maupun fasa $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Beberapa peneliti lain juga telah melaporkan bahwa ada beberapa perbedaan karakteristik puncak tertentu dari Fe_3O_4 dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Berdasarkan *database* standar XRD untuk Fe_3O_4 memiliki nilai $a = 8,396 \text{ \AA}$, sedangkan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki nilai $a = 8,35 \text{ \AA}$ (Hai, 2010). Kayal & Ramanujan (2010) juga melaporkan bahwa kristal Fe_3O_4 juga memiliki nilai a sekitar $8,39 \text{ \AA}$. Sampel hasil penelitian ini memiliki nilai $a = 8,37 \text{ \AA}$ menunjukkan bahwa sampel ini merupakan campuran antara fasa Fe_3O_4 dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Selain itu, berdasarkan *database* standar nilai *basal spacing*-nya, maghemite memiliki $d_{(400)} = 2,0886 \text{ \AA}$ yang bersesuaian dengan nilai $2\theta = 43,28^\circ$ dan magnetite memiliki $d_{(400)} = 2,0993 \text{ \AA}$ yang bersesuaian dengan nilai $2\theta = 43,052^\circ$ (Guivar dkk., 2014). Sampel hasil penelitian ini (Gambar 1) memiliki $2\theta = 43,28^\circ$ menunjukkan bahwa oksida besi yang terbentuk merupakan magnetit. Secara visual, Sampel oksida besi hasil sintesis penelitian ini memiliki warna hitam dan bersifat dapat ditarik oleh magnet. Banyak peneliti yang melaporkan bahwa warna Fe_3O_4 adalah hitam dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ kuning-kemerahan (Kazeminezhad & Mosivand, 2014). Berdasarkan warna ini maka dapat dinyatakan bahwa sebagian besar sampel ini mengandung fasa Fe_3O_4 dan beberapa $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Silahkan komposisi dan kristalinitas, difraksi sinar-X juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal (*crystallite size*) dengan fasa tertentu. Penentuannya berdasarkan puncak-puncak difraktogram melalui persamaan Debye Scherrer. Ukuran kristal dapat dihitung dengan diketahui panjang gelombang, FWHM (β), dan $\cos \theta$ dari hasil uji XRD. Menggunakan rumus Debye Scherrer berikut dapat dihitung ukuran kristal pada sampel Fe_3O_4

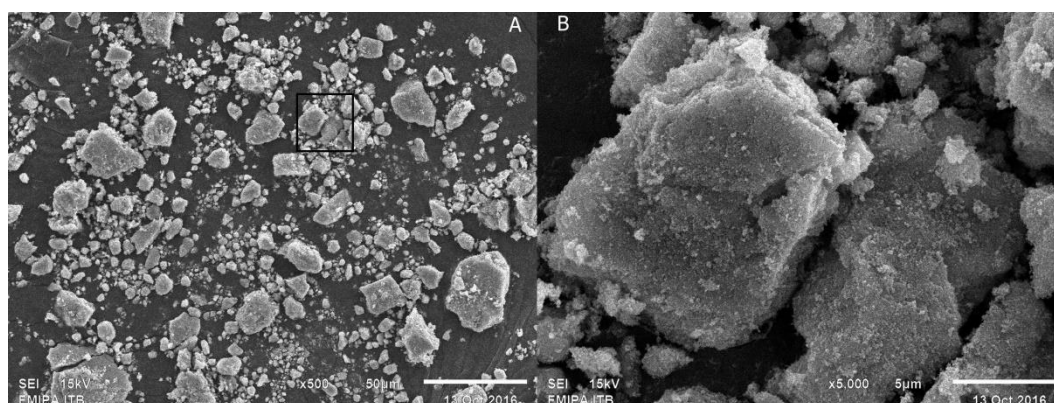
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots(4.5)$$

Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh ukuran kristal Fe_3O_4 sebesar 175,506 Å atau setara dengan 17,5506 nm (Tabel 1).

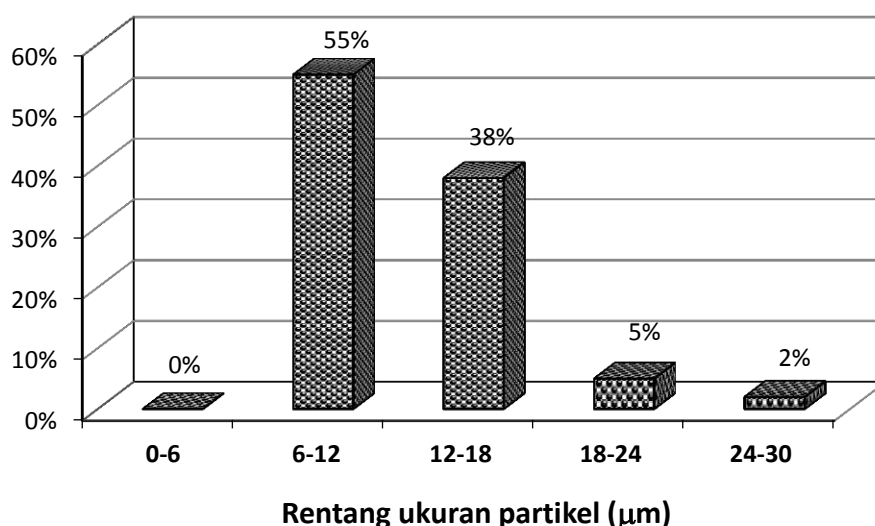
Tabel 1. Hasil XRD perhitungan ukuran kristal Fe_3O_4

Senyawa	2 θ	cos θ	FWHM	FWHM (rad)	ukuran kristal
Fe_3O_4	35,340	0,9528	0,4780	0,0083	17,5506 nm

Berdasarkan hasil karakterisasi dengan SEM (Gambar 2) dapat diketahui bahwa ukuran partikel relatif heterogen (perbesaran 500 kali). Berdasarkan hasil perhitungan ukuran partikel dari hasil karakterisasi menggunakan SEM, diperoleh bahwa ukuran diameter rata-rata sampel sebesar 12,1605 μm . Berdasarkan distribusi ukuran partikel diketahui ukuran diameter partikel sampel sebagian besar adalah 6-12 μm yaitu sebanyak 55% yang mengindikasikan bahwa sebaran ukuran partikel ini relatif tidak homogen. Diagram distribusi ukuran partikel disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Hasil karakterisasi sampel hasil sintesis dengan perbesaran: 500× (kiri) dan 5000× (kanan).



Gambar 3. Distribusi ukuran partikel produk sintesis hasil karakterisasi dengan SEM.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan adalah Fe_3O_4 dan sebagian Fe_3O_4 teroksidasi menjadi $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Karakterisasi dengan SEM menunjukkan

bahwa ukuran diameter produk yang terbentuk hampir sama besar yaitu berkisar 12-15 μm sehingga produk sintesis ini dapat dinyatakan sebagai suatu mikropartikel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai penelitian ini melalui program Insentif Riset Nasional (Insinas) tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferreira, G.R., T. Segura, Souza Jr. F.G. de, P. Alexander, U.F. Machado. 2012. Synthesis Of Poly(Vinyl Acetate)-Based Magnetic Polymer Microparticles. *European Polymer Journal* 48 (2012) 2050–2069.
- Guivar, J.A.R., Martínez, A.I., Anaya, A.O., Valladares, L.D.L.S., Félix, L.L., Dominguez, A.B., 2014, Structural and Magnetic Properties of Monophasic Maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) Nanocrystalline Powder, *Advances in Nanoparticles*, 3, 114-121.
- Holland, H. and Yamaura, M., 2009, Synthesis of Magnetite Nanoparticles by Microwave Irradiation and Characterization, Seventh International Latin-American Conference on Powder Technology (PTECH 2009), 08 to 10 Nov 2009, Atibaia – São Paulo – Brazil.
- Kayal, S. & Ramanujan, R.V. 2010. Doxorubicin loaded PVA coated iron oxide nanoparticles for targeted drug delivery. *Materials Science and Engineering C* 30 (2010) 484–490.
- Kim, E.H., H.S. Lee, B.K. Kwak, & B.K. Kim. 2005. Synthesis Of Ferrofluid With Magnetic Nanoparticles By Sonochemical Method For MRI Contrast Agent. *J. Magn. Magn. Mater.* 289, 328.
- Kazeminezhad, I., and Mosivand, S., 2014, Phase Transition of Electrooxidized Fe_3O_4 to γ and $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ Nanoparticles Using Sintering Treatment, *Acta Physica Polonica A*, 125 (5), 1210-1214.
- Lu, An-Hui, E.L. Salabas & F. Schuth. 2007. Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Protection, Functionalization, and Application. *Chem. Int.* 46: 1222 – 1244.
- Podrepsek, G.H., E. Knez Z̃ & M. Leitgeb. 2013. Different Preparation Methods and Characterization of Magnetic Maghemite Coated With Chitosan. *Journal Nanopart Res.* 15:1751.
- Qu, J., Liu, G., Wang, Y., Hong, R., 2010, Preparation of Fe_3O_4 -chitosan nanoparticles used for hyperthermia, *Advanced Powder Technology*, 21, 4, 461-467.
- Rui, H., R. Xing, Z. Xu, Y. Hou, S. Gao, & S. Sun. 2010. Synthesis, Functionalization, and Biomedical Applications of Multifunctional Magnetic Nanoparticles. *Adv. Mater.* 2010, 22, 2729–2742.
- Safarik, Ivo & Safarikova, Mirka. 2009. Magnetic Nano And Microparticles In Biotechnology. *Chemical Papers* 63 (5) 497–505.
- Teja, A.S. and Koh, P.Y. 2009. Synthesis, Properties, And Applications Of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 55: 22-45.
- Wei, Y. Han, B. Hu, X. Lin, Y. Wang, X. & Deng, X. 2011. *Synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles and their magnetic properties*. *Procedia Engineering*, vol. 27, pp. 632-637.
- Wu, S., Sun, A., Zhai, F., Wang, J., Xu, W., Zhang, Q. and Volinsky, A.A., 2011, Fe_3O_4 magnetic nanoparticles synthesis from tailings by ultrasonic chemical co-precipitation, *Materials Letters*, 65, 1882–1884.
- Wu, W., Wu, Z., Yu, T., Jiang, C., and Kim, W.S., 2015, Recent progress on magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, surface functional strategies and biomedical applications, *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 16, 23501, 1-43.

ISOTERM SORPSI AIR DARI KERUPUK KEDELAI

Maulina Putri Nor Azizah¹, Sri Hartini², Margareta Novian Cahyanti²

¹Mahasiswa Program Studi Kimia, ²Dosen Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga
Jalan Diponegoro No. 52-60 Salatiga 50711, Jawa Tengah – Indonesia

*Correspondence author's email: 652013035@student.uksw.edu

Abstrak

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk menentukan kurva isoterm sorpsi air dan pemodelan yang tepat dari kerupuk kedelai. Penelitian dilakukan dengan 3 kali ulangan. Pemodelan isoterm sorpsi yang diuji yaitu GAB (Guggenheim Anderson deBoer), BET (Brunauer Emmett Teller) dan Caurie menggunakan uji ketepatan model *Mean Relative Determination* (MRD). Hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu kurva isoterm sorpsi air berbentuk *sigmoid* (tipe 2) dan model isoterm sorpsi air dari kerupuk kedelai yang paling tepat adalah GAB dengan nilai MRD pada suhu 30°C, 35°C, dan 40°C secara berurutan sebesar 0,63%, 1,86% dan 4,81%.

Kata kunci : Pemodelan matematika, isoterm sorpsi air, kerupuk kedelai.

ABSTRACT

The research was aimed to obtain moisture sorption curve soy crackers and determine best fit moisture sorption isotherm model. The curved of moisture sorption isotherm was resulted by plotting water activity value (a_w) and equilibrium moisture content (M_e) using seven salt with RH value at range of 10-94%. There were three models of sorption isotherm tested, namely, GAB (Guggenheim Anderson deBoer), BET (Brunauer Emmett Teller) and Caurie model. The result shown that moisture sorption isotherm curve is sigmoid shape (type 2) and best fit models is GAB with MRD value at 30°C, 35°C, and 40°C temperature sequentially 0.63%, 1.86% and 4.81%.

Keywords: mathematic model, moisture isotherm sorption, soy crackers

PENDAHULUAN

Kerupuk merupakan salah satu produk pangan yang diproduksi oleh industri pangan skala usaha kecil menengah yang digemari di Indonesia. Kerupuk sangat beragam dalam bentuk ukuran, warna, rasa, bau, kerenyahan, ketebalan dan nilai gizinya. Perbedaan ini bisa disebabkan pengaruh budaya daerah penghasil kerupuk, bahan baku dan bahan tambahan yang digunakan serta cara pengolahannya (Soemarmo, 2005). Dusun Gading, Desa Tuntang merupakan salah satu sentra kerupuk di Kabupaten Semarang. Jenis kerupuk yang diproduksi adalah kerupuk kedelai (Desa Tuntang, 2014).

Kerupuk kedelai termasuk ke dalam makanan kering dan menurut Herawati (2008) makanan kering akan mengalami penurunan mutu melalui penyerapan uap air. Selama penyimpanan akan terjadi proses penyerapan uap air dari lingkungan yang menyebabkan produk kering mengalami penurunan mutu menjadi lembab/tidak renyah (Robertson, 2000). Semakin tinggi uap air yang diserap akan mengakibatkan kadar air dan aktivitas air (a_w) pada bahan pangan tersebut tinggi. Kadar air dan aktivitas air sangat berpengaruh dalam menentukan masa simpan dari makanan, karena faktor-faktor ini akan mempengaruhi sifat-sifat fisik (kekerasan dan kekeringan) dan sifat-sifat fisiko-kimia,

perubahan-perubahan kimia, kerusakan mikrobiologis dan perubahan enzimatis terutama pada makanan yang tidak diolah (Winarno, 1992).

Isoterm sorpsi air adalah kurva yang menghubungkan data kadar air dengan aktivitas air suatu bahan pada suhu yang sama (Adawiyah dan Soekarto, 2010). Selain mengindikasikan nilai aktivitas air pada komposisinya, kurva ini juga memiliki hubungan yang erat dengan stabilitas bahan pangan pada berbagai kondisi penyimpanan dan kebutuhan proses pengemasan produk pangan untuk menjaga kestabilan masa simpan (Budijanto dkk., 2010). Isoterm sorpsi juga dapat digunakan untuk meramalkan perubahan-perubahan yang mungkin terjadi terhadap bahan makanan selama bahan tersebut disimpan (Purnomosari, 2008).

Di luar Indonesia, penelitian tentang isoterm sorpsi air sudah banyak dikembangkan tetapi untuk produk kerupuk tidak dijumpai karena kerupuk merupakan makanan asli Indonesia. Penelitian tentang isoterm sorpsi air yang serupa dengan kerupuk yaitu tentang keripik atau *chips* yang dilakukan oleh Kanopacka *et al.* (2002) tentang keripik apel bebas lemak, Tungsangprateep and Jindal (2004) tentang, keripik singkong-udang, Ping *et al.* (2005) tentang keripik wortel, dan Sirpatrawan (2009) tentang *crackers* beras. Di Indonesia, penelitian tentang isoterm sorpsi air masih sangat sedikit terlebih dengan topik kerupuk. Banoet (2006) telah melakukan penelitian tentang isoterm sorpsi air dan pendugaan umur simpan kerupuk udang dan penelitian yang serupa juga pernah dilakukan oleh Budijanto dkk. (2010) tentang keripik tortila dan Rosalina dan Silvia (2015) tentang keripik ikan beledang. Penelitian tentang isoterm sorpsi air dari kerupuk kedelai merupakan suatu kebaruan di bidang penelitian karena hanya sedikit orang yang pernah mengkajinya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian adalah untuk menentukan kurva isoterm sorpsi air dari kerupuk kedelai dan menentukan model isoterm sorpsi air yang tepat pada kerupuk kedelai.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah kerupuk kedelai produksi masyarakat dusun Gading, Desa Tuntang, Kabupaten Semarang. Bahan kimia yang digunakan meliputi akuades, NaOH, $MgCl_2$, K_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2$, KI, NaCl, KCl.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, cawan porselin, *hygrometer*, *moisture analyzer* (Ohaus MB 25, Ohaus Corp, USA), *glass container* inkubator, neraca analitik dengan ketelitian 0,01 g (Ohaus TAJ602, Ohaus Corp, USA), neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg (Ohaus Pioneer Balance, Ohaus Corp, USA) dan *sorption container*.

Prosedur

Pengukuran Kadar Air Awal (Kumalasari, 2012)

Sebanyak 1 gram sampel dimasukkan dalam cawan *moisture analyzer*. *Moisture analyzer* diatur pada suhu 105°C kemudian ditutup dan ditunggu sampai berbunyi. Hasil kadar air yang diperoleh dicatat.

Preparasi Larutan Garam Jenuh (Hayati, 2004)

Preparasi larutan garam jenuh dilakukan menggunakan 7 macam garam. Garam ditimbang dengan berat tertentu kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi air hangat suhu $\pm 50^\circ C$ dan diaduk sampai larut. Jika garam yang dilarutkan dapat larut sempurna, maka garam ditambahkan sedikit demi sedikit sampai garam tidak larut lagi. Larutan garam jenuh dibuat sebanyak 50 ml kemudian dimasukkan dalam sebuah *glass container* yang cukup untuk menampung larutan garam.

Pengukuran Kadar Air Keseimbangan (Sirpatrawan, 2009)

Masing-masing 2-3 gram sampel kemudian disimpan dalam *sorption container* yang sudah diatur RH-nya menggunakan larutan-larutan garam jenuh tersebut. Larutan garam tersebut kemudian disimpan dalam inkubator pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C. Setiap hari sampel tersebut ditimbang sampai tercapai *steady state* (massa konstan ± 0.001 g). Setelah konstan, sampel tersebut kemudian diukur kadar airnya menggunakan *moisture analyzer*.

Uji Ketepatan Model (Budijanto dkk., 2010)

Model yang diuji dalam penelitian ada 3 macam yaitu BET, GAB dan Caurie. Model isoterm sorpsi air diuji menggunakan *Mean Relative Determination* (MRD) dengan persamaan sebagai berikut :

$$MRD = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{m_i - m_{pi}}{m_i} \right|$$

Keterangan :

m_i = kadar air hasil percobaan

m_{pi} = Kadar air hasil perhitungan

n = jumlah data

$MRD < 5$: model tepat

$5 < MRD < 10$: model agak tepat

$MRD > 10$: model tidak tepat.

Analisa Data (Motulsky and Christopoulos, 2004)

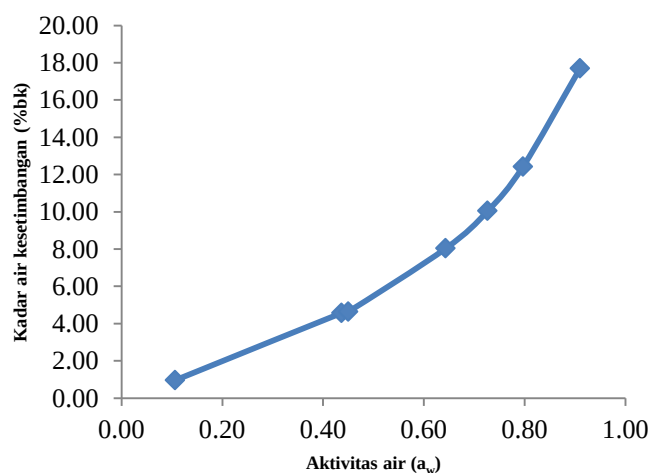
Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali untuk sampel pada setiap jenis larutan garam dan data dianalisa menggunakan regresi linier dan regresi non linier dengan berbagai pemodelan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

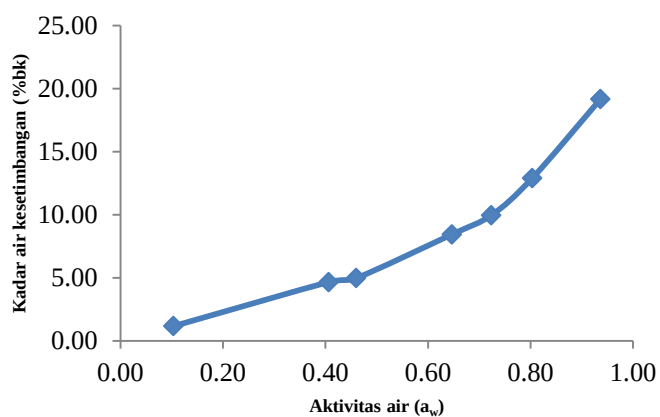
Tabel 1 menunjukkan data kelembapan relatif (RH), aktivitas air (a_w) dan kadar air kesetimbangan (M_e) pada kerupuk kedelai. Penentuan kurva isoterm sorpsi dilakukan dengan menghubungkan data kadar air kesetimbangan dengan aktifitas air. Kurva isoterm sorpsi air pada kerupuk kedelai (**Gambar 1**) berbentuk sigmoid atau menyerupai bentuk S, sehingga kurva isoterm sorpsi air kerupuk kedelai mendekati tipe II. Menurut Winarno (1992), kurva berbentuk sigmoid paling umum dijumpai pada bahan pangan dan khas untuk masing-masing bahan pangan. Kerupuk kedelai dibuat dari terigu, tapioka, kedelai dan bahan penyusun lainnya. Bahan pangan yang mempunyai penyusun utama berupa tapioka dan kasein memperlihatkan pola sorpsi isotermis berbentuk sigmoid yaitu pola yang umum ditemui pada sistem pangan *amorf* (Adawiyah dan Soekarto, 2010). Bentuk kurva isoterm sorpsi air yang sigmoid sebagai akibat dari hukum Raoult, efek kapilaritas, dan interaksi antara air dan permukaan bahan pangan (Sahin and Sumnu, 2006). Selain itu, pola sistem sorpsi tipe II disebabkan adanya pengaruh akumulatif dari kombinasi efek koligatif, efek kapiler dan interaksi permukaan *solid* dengan air (Bell and Labuza, 2000).

Tabel 1. Kelembapan Relatif (RH), Aktivitas Air (a_w) dan Kadar Air Keseimbangan (M_e) pada Suhu 30°C, 35°C dan 40°C.

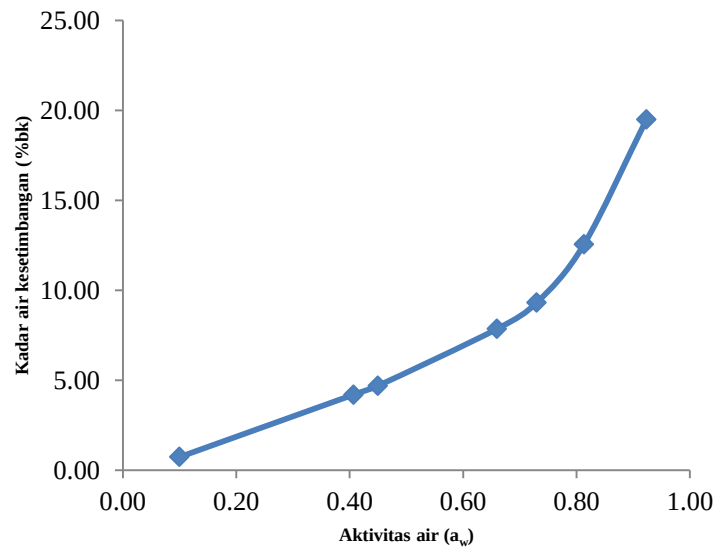
Suhu		30°C		35°C			40°C		
Garam	RH(%)	a _w	Me(%bk)	RH(%)	a _w	Me(%bk)	RH(%)	a _w	Me(%bk)
NaOH	11	0,11	0,96 ± 0,41	10	0,10	1,16 ± 0,41	10	0,10	0,74 ± 0,41
MgCl ₂	44	0,44	4,57 ± 0,76	41	0,41	4,66 ± 0,63	41	0,41	4,20 ± 0,71
K ₂ CO ₃	45	0,45	4,64 ± 0,72	46	0,46	4,97 ± 0,80	45	0,45	4,70 ± 0,84
Mg(NO ₃) ₂	64	0,64	8,04 ± 1,33	65	0,65	8,44 ± 1,51	66	0,66	7,86 ± 1,51
KI	73	0,73	10,05 ± 1,31	72	0,72	9,94 ± 1,30	73	0,73	9,32 ± 1,32
NaCl	80	0,80	12,43 ± 1,19	80	0,80	12,89 ± 1,31	81	0,81	12,56 ± 1,41
KCl	91	0,91	17,71 ± 1,89	94	0,94	19,17 ± 1,67	92	0,92	19,49 ± 1,54



(A)



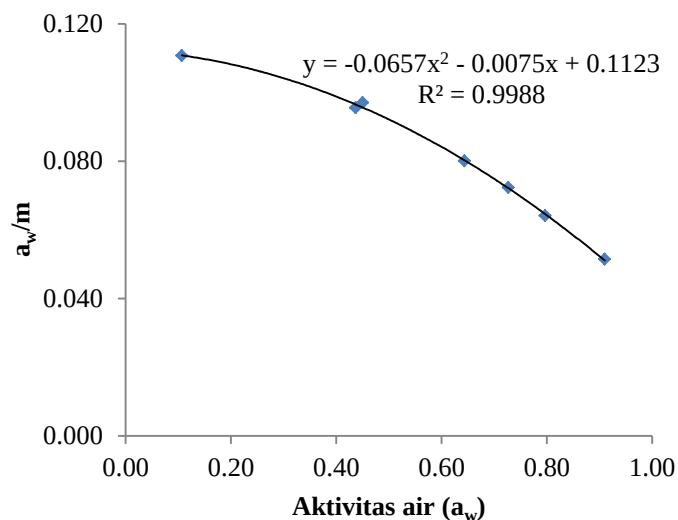
(B)



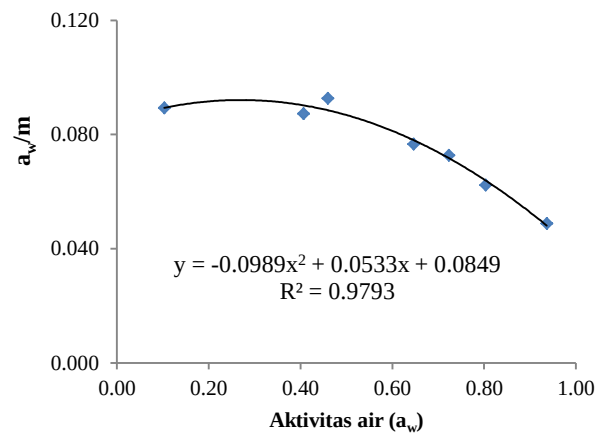
(C)

Gambar 1. Kurva Isoterm Sorpsi Air Pada Kerupuk Kedelai Suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C)

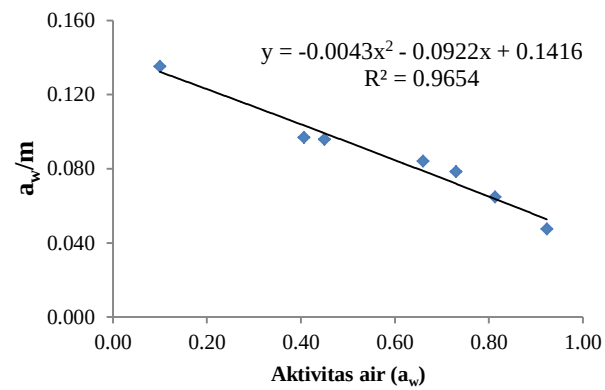
Data hubungan kadar air kesetimbangan dan aktivitas air kemudian diubah dalam berbagai model matematika untuk diprediksikan. Model yang diprediksikan yaitu (Guggenheim Anderson deBoer) dengan $y = \frac{a_w}{Me}$ dan $x = a_w$, BET (Brunauer Emmett Teller) dengan $y = \frac{a_w}{(1-a_w)Me}$ dan $x = a_w$ dan Caurie $y = \ln(\frac{1}{Me})$ dan $x = \ln(\frac{1-a_w}{a_w})$. Gambar 1 menunjukkan kurva pemodelan isoterm sorpsi air model GAB pada kerupuk kedelai dengan suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C). Gambar 2 menunjukkan kurva pemodelan isoterm sorpsi air model BET pada kerupuk kedelai dengan suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C) dan Gambar 3 menunjukkan kurva pemodelan isoterm sorpsi air model GAB pada kerupuk kedelai dengan suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C).



(A)

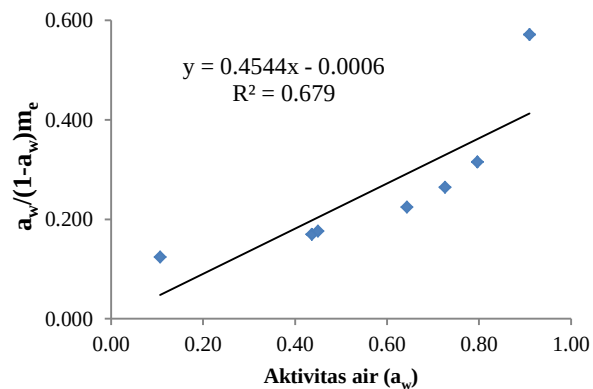


(B)

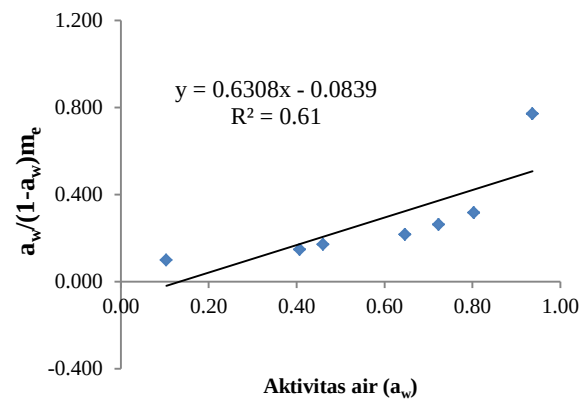


(C)

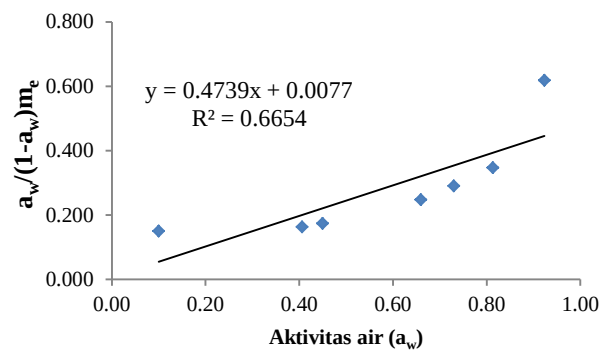
Gambar 2. Pemodelan Isoterm Sorpsi Air GAB pada Kerupuk Kedelai Suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C)



(A)

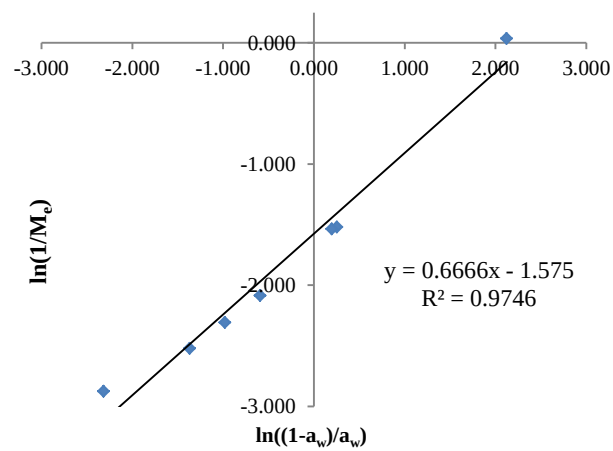


(B)

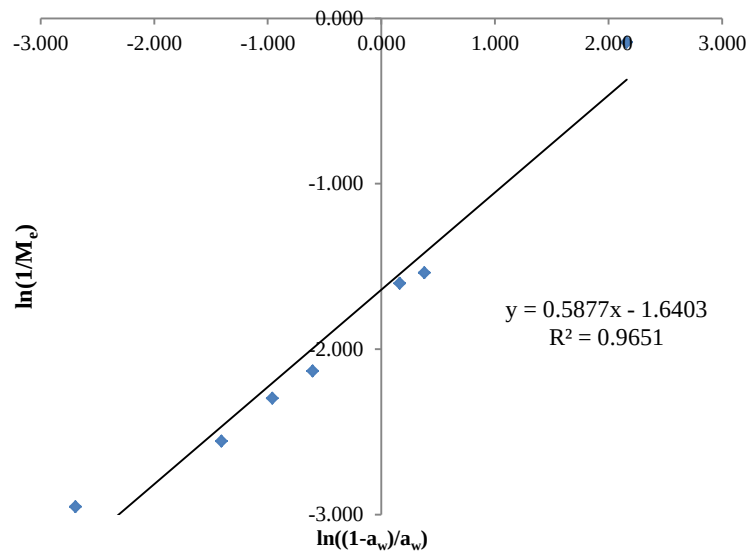


(C)

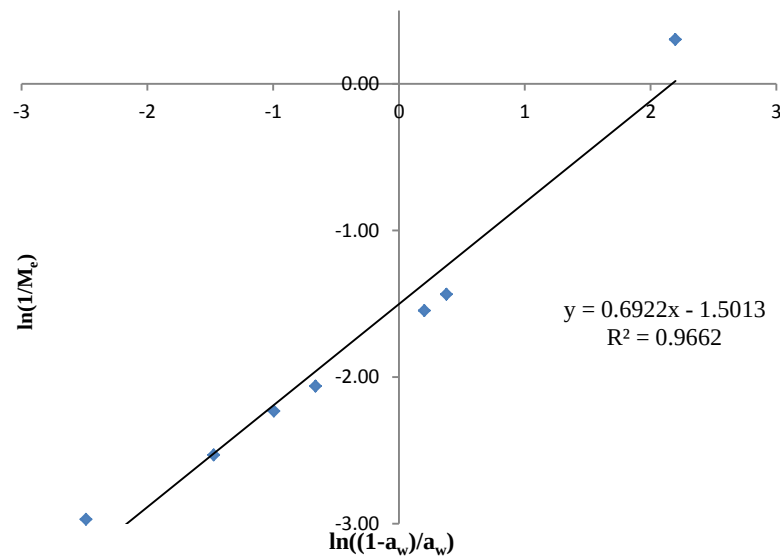
Gambar 3. Pemodelan Isoterm Sorpsi Air BET pada Kerupuk Kedelai Suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C)



(A)



(B)



(C)

Gambar 4. Pemodelan Isoterm Sorpsi Air Caurie pada Kerupuk Kedelai Suhu 30°C (A), 35°C (B), 40°C (C)

Penentuan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (M_{hit}) dihitung berdasarkan masing-masing persamaan regresi linier maupun non linier pada masing-masing pemodelan. Tabel 2 menunjukkan nilai kadar air kesetimbangan hasil percobaan (M_e) dan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (M_{hit}) dengan pemodelan GAB (Guggenheim Anderson deBoer).

Tabel 2. Nilai M_e dan M_{hit} pemodelan GAB (Guggenheim Anderson deBoer)

Garam	Pemodelan GAB (Guggenheim Anderson deBoer)					
	Suhu 30°C		Suhu 35°C		Suhu 40°C	
	M_e	M_{hit}	M_e	M_{hit}	M_e	M_{hit}
NaOH	0,96	0,96	1,16	1,16	0,74	0,76
MgCl ₂	4,57	4,52	4,66	4,51	4,20	3,93
K ₂ CO ₃	4,64	4,71	4,97	5,20	4,70	4,53
Mg(NO ₃) ₂	8,04	8,01	8,44	8,29	7,86	8,37
KI	10,05	10,07	9,94	10,09	9,12	10,12
NaCl	12,43	12,33	12,89	12,57	12,56	12,76
KCl	17,71	17,82	19,17	19,49	19,49	17,49

Tabel 3 menunjukkan nilai kadar air kesetimbangan hasil percobaan (M_e) dan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (M_{hit}) dengan pemodelan BET (Brunauer Emmett Teller).

Tabel 3. Nilai M_e dan M_{hit} pemodelan BET (Brunauer Emmett Teller)

Garam	Pemodelan BET (Brunauer Emmett Teller)					
	Suhu 30°C		Suhu 35°C		Suhu 40°C	
	M_e	M_{hit}	M_e	M_{hit}	M_e	M_{hit}
NaOH	0,96	2,49	1,16	-6,16	0,74	0,05
MgCl ₂	4,57	3,93	4,66	3,97	4,20	0,12
K ₂ CO ₃	4,64	4,01	4,97	4,13	4,70	0,12
Mg(NO ₃) ₂	8,04	6,18	8,44	5,65	7,86	0,11
KI	10,05	8,07	9,94	7,02	9,12	0,09
NaCl	12,43	10,84	12,89	9,66	12,56	0,073
KCl	17,71	24,45	19,17	29,17	19,49	0,034

Tabel 4 menunjukkan nilai kadar air kesetimbangan hasil percobaan (M_e) dan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (M_{hit}) dengan pemodelan Caurie.

Tabel 4. Nilai M_e dan M_{hit} pemodelan Caurie

Garam	Pemodelan Caurie					
	Suhu 30°C		Suhu 35°C		Suhu 40°C	
	M_e	M_{hit}	M_e	M_{hit}	M_e	M_{hit}
NaOH	0,96	1,17	1,16	1,45	0,74	0,98
MgCl ₂	4,57	4,08	4,66	4,13	4,20	3,54
K ₂ CO ₃	4,64	4,23	4,97	4,69	4,70	3,91
Mg(NO ₃) ₂	8,04	7,16	8,44	7,36	7,86	7,10
KI	10,05	9,27	9,94	9,07	9,12	8,93
NaCl	12,43	12,00	12,89	11,79	12,56	12,43
KCl	17,71	22,59	19,17	25,12	19,49	25,12

Penentuan nilai MRD dilakukan dengan cara membandingkan kadar air kesetimbangan hasil perhitungan (M_{hit}) dengan kadar air kesetimbangan percobaan (M_e). Tabel 5 menunjukkan nilai MRD untuk masing-masing pemodelan pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C.

Tabel 5. Nilai MRD Pemodelan pada Suhu 30°C, 35°C dan 40°C

Pemodelan	Nilai MRD (%)		
	30°C	35 °C	40 °C
GAB (Guggenheim Anderson deBoer)	0,63	1,86	4,81
BET (Brunauer Emmett Teller)	40,08	114,80	43,41
Caurie	13,00	14,74	15,86

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa model GAB merupakan pemodelan yang paling tepat untuk menggambarkan fenomena isoterm sorpsi air pada kerupuk kedelai untuk masing-masing suhu karena memiliki nilai MRD < 5. Pendapat lain mengatakan bahwa pemodelan mempunyai ketepatan yang baik jika nilai MRD lebih kecil dari 10% (McLaughlin and Magee, 1998). Kerupuk kedelai dibuat dengan bahan penyusun terigu, tapioka, dan kedelai. Menurut Adawiyah dan Soekarto (2010), pemodelan GAB cocok untuk mendeskripsikan data-data sorpsi isotermis baik untuk model bahan pangan maupun bahan penyusunnya yaitu tapioka, kasein dan gula. Selain itu, hal ini juga didukung oleh penelitian Al-Muhtaseb *et al.* (2002) yang melaporkan bahwa pemodelan GAB sangat tepat untuk kelembapan diatas 75% dan cocok untuk makanan dengan tipe pati-patian. Pemodelan GAB paling tepat untuk menggambarkan isoterm sorpsi kerupuk kedelai diperkuat dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Banoet (2006) tentang isoterm sorpsi kerupuk udang bahwa pemodelan yang paling tepat dan memiliki akurasi yang paling tinggi adalah model GAB dengan nilai MRD sebesar 11,7928 %. Nilai MRD yang dihasilkan lebih kecil sehingga penelitian yang dilakukan lebih baik dibandingkan nilai MRD yang dihasilkan pada penelitian yang dilakukan oleh Banoet (2006). Semakin rendah nilai % MRD, maka model isoterm sorpsi air tersebut dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya dengan tepat (Kusnandar dkk., 2010).

KESIMPULAN

Kurva isoterm sorpsi air pada kerupuk kedelai mempunyai bentuk sigmoid yang mendekati tipe II. Pemodelan yang tepat untuk memprediksikan fenomena isoterm sorpsi air pada kerupuk kedelai adalah GAB dengan nilai MRD pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C secara berturut-turut sebesar 0,63%, 1,86% dan 4,81%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D.R. dan Soekarto, S.T., 2010, Pemodelan Isotermis Sorpsi Air Pada Model Pangan [Modelling of Moisture Sorption Isotherm in Food Model]. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, Vol, 21, No, 1, Hal, 33-39.
- Al-Muhtaseb, A.H., McMinn, W.A.M. and Magee, T.R.A., 2002. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Food and Bioprocess Processing*, Vol, 80, No, 2, Page, 118-128.
- Banoet, S. E. P., 2006, Isotermi Sorpsi Air dan Analisa Umur Simpan Kerupuk Udang Goreng. *Skripsi*, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, Salatiga.
- Bell, L.N. and Labuza, T.P., 2000, Determination of moisture sorption isotherms. *Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA*, pp.33-56.
- Budijanto, S., Sitanggang, A.B. dan Kartika, Y.D., 2010, Penentuan umur simpan tortilla dengan metode akselerasi berdasarkan kadar air kritis serta pemodelan ketepatan sorpsi isotermisnya

- [Shelf Life Study of Tortilla Using Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) Method and its Mathematical Modeling of Moisture S. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, Vol, 21, No, 2, Hal, 165-170.
- Desa Tuntang, 2014. Potensi ekonomi (Krupuk Kedelai). <http://desatuntang.desa.id/potensi-ekonomi-krupuk-kedelai/>. Diakses pada 10 Mei 2016.
- Hayati, R., Abdullah, A., Ayob, M.K. dan Soekarto, S.T., 2004, Isotermi sorpsi air dan analisis umur simpan ikan kayu tongkol dari Aceh [Moisture Sorption Isotherm and Shelf Life Analysis of Dried Tongkol (*Euthynnus affinis*) from Aceh]. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol, 15, No, 3, Hal, 207-213.
- Herawati, H., 2008, Penentuan umur simpan pada produk pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, Vol, 27, No, 4, Hal, 124-130.
- Konopacka, D., Plochanski, W. and Beveridge, T., 2002, Water Sorption and Crispness of Fat-Free Apple Chips. *Journal of food science*, Vol, 67, No, 1, Page, 87-92.
- Kumalasari, H., 2012, Validasi Metoda Pengukuran Kadar Air Bubuk Perisa Menggunakan Moisture Analyzer Halogen HB43-S, sebagai Alternatif Metoda Oven dan Karl Fischer. *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kusnandar, F., Adawiyah, D.R. dan Fitria, M., 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis [Accelerated Shelf-life Testing of Biscuits Using a Critical Moisture Content Approach]. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, Vol, 21, No, 2, Hal, 117.
- Liu-Ping, F., Min, Z., Qian, T. and Gong-Nian, X., 2005, Sorption isotherms of vacuum-fried carrot chips. *Drying technology*, Vol, 23, No, 7, Page, 1569-1579.
- McLaughlin, C.P. and Magee, T.R.A., 1998, The effect of shrinkage during drying of potato spheres and the effect of drying temperature on vitamin C retention. *Food and Bioproducts Processing*, Vol, 76, No, 3, Page, 138-142.
- Motulsky, H. and Christopoulos, A., 2004, *Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression: a practical guide to curve fitting*. OUP USA.
- Purnomosari, D, 2008, Studi Isoterm Sorpsi Lembab dan Fraksi Air Terikat Pada Tepung Gaplek. *Skripsi*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Robertson, G.L., 2000, *Shelf life of packaged foods, its measurements and prediction. Developing new food products for a changing marketplace*, pp.329-353. New York : Marcel Bekker. Inc.
- Rosalina, Y. and Silvia, E., 2015, Kajian Perubahan Mutu Selama Penyimpanan Dan Pendugaan Umur Simpan Keripik Ikan Beledang Dalam Kemasan Polypropylene Rigid. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, Vol, 7, No, 1, Hal, 1-6.
- Sahin, S. and Sumnu, S.G., 2006., Water activity and sorption properties of foods. In *Physical properties of foods* (pp. 193-228). Springer New York.
- Sirpatrawan, U., 2009, Shelf-life simulation of packaged rice crackers. *Journal of Food Quality*, Vol, 32, No, 2, Page, 224-239.
- Soemarmo., 2005, Kerupuk Udang. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tungsangprateep, S. and Jindal, V.K., 2004, Sorption isotherms and moisture diffusivity in fried cassava-shrimp chips. *International Journal of Food Properties*, Vol, 7, No, 2, Page, 215-227.
- Winarno, F.G., 1992, *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : Gramedia.

PERENGAHAN TAR TEMPURUNG KELAPA DENGAN ZEOLIT ALAM SEBAGAI KATALIS

Uswatun Hasanah¹⁾, Bambang Setiaji²⁾,

- 1) Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya
2) Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada

Kontak e-mail: uswah55@gmail.com

ABSTRAK

Tar hasil pirolisis sederhana tempurung kelapa merupakan limbah yang belum termanfaatkan dan dapat merusak lingkungan jika dibuang. Tar tersebut potensial untuk dikembangkan menjadi bahan bakar melalui proses perengkahan. Dalam penelitian ini tar direngkah dalam dua reaktor tersusun seri dengan menggunakan zeolit alam sebagai katalis. Zeolit alam diaktivasi dengan pencucian dengan air dan asam klorida serta kalsinasi. pada temperatur 500°C Perengkahan dilakukan pada temperatur 200° C selama 1 jam dengan variasi massa katalis. Hasil perengkahan difraksinasi. dan setiap fraksi yang terbentuk ditimbang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi minyak tertinggi yaitu 9,5 % didapat dari perengkahan dengan zeolit alam tanpa aktivasi.

Kata kunci: tar tempurung kelapa;pirolisis; zeolite alam; perengkahan katalitik

ABSTRACT

The Tar resulted from simple pyrolysis of coconut shell was waste that has not been utilized and can damage the environment. The Tar potential to be developed into fuel through cracking process. In this study cracked tar in two reactors arranged in series with using natural zeolite as a catalyst. Natural zeolites were activated by washing with water and hydrochloric acid, and calcination. at a temperature of 500 °C. The Cracking conducted at a temperature of 200 °C for 1 hour with the mass variation of catalysts. The cracking results was fractionated. and each fraction formed was weighed. The results showed that the highest oil fractions of 9.5% obtained from the cracking of natural zeolite without activation.

Key words: coconut shell tar, pyrolysis, natural zeolite, catalytic cracking

PENDAHULUAN

Pirolisis sederhana tempurung kelapa menghasilkan fraksi –fraksi gas, cairan dan padatan (arang). cairan pirolisis bila difraksinasi lebih lanjut menghasilkan beberapa bentuk produk yaitu fraksi air (polar) yang dapat dimanfaatkan sebagai pengawet pangan, fraksi minyak (non polar) dan tar sebagai fraksi berat (residu) belum termanfaatkan. tar merupakan cairan kental yang sangat kompleks. dapat dikembangkan menjadi bahan bakar dan bahan kimia (Sundaram dan Natarajan, 2009, 33).

Fraksi cair dari produk pirolisis biomassa terdiri dari dua fasa yaitu fasa air yang mengandung aneka senyawa organo-oksigen dengan berat molekul rendah dan fasa non-air (organik) yang

mengandung senyawa-senyawa organik berat molekul tinggi yang disebut tar. Tar merupakan kumpulan senyawa-senyawa organik yang kompleks dengan rentang berat molekul yang lebar baik alifatik maupun aromatik (Dermibas, 2009). Untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar tar harus dilakukan proses *upgrading*. Proses *upgrading* dapat dilakukan secara katalitik dan menggunakan pelarut. *Upgrading* terhadap hasil pirolisis biomassa secara katalitik menggunakan katalis berbagai jenis zeolit hasil sintesis telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis memiliki aktivitas yang baik dalam mengkonversi minyak pirolisis yaitu kandungan senyawa hidrokarbon dan fenol dalam fasa organik meningkat serta menurunkan kadar asam dan karbonil (Adam, 2006). (Adam, 2005).

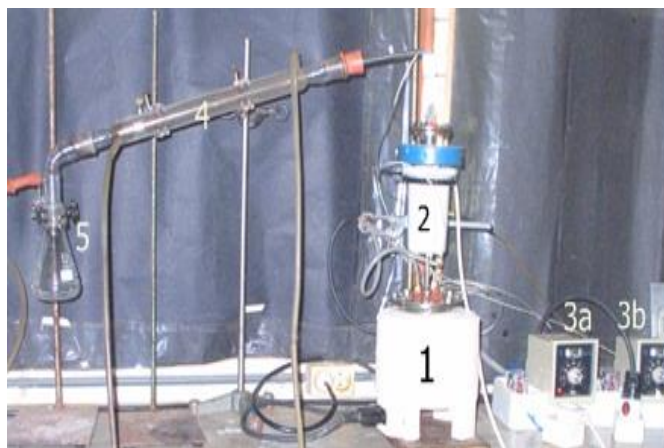
Dalam penelitian ini tar tempurung direngkah dengan bantuan katalis zeolit alam. Hasil yang ditampilkan kali ini adalah perbandingan proporsi fraksi organik yang dihasilkan antara penggunaan zeolit alam sebagai katalis dan tanpa katalis.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sampel Penelitian tar tempurung kelapa diperoleh dari PT Tropica Nucivera Industry di Yogyakarta); zeolite alam; asam klorida; akuades.

Peralatan



Keterangan gambar:

1. Reaktor 1
2. Reaktor 2
- 3a. Pengatur suhu reaktor 1
- 3b. Pengatur suhu reaktor 2
4. Kondensor
5. Penampung hasil

Gambar 1. Peralatan Perengkahan Tar tempurung kelapa

Prosedur

Preparasi zeolit alam

Zeolit alam setelah ditumbuk dan diayak hingga ukuran partikel tertentu ($-20/+30$, $-30/+60$ dan $-60/+100$ mesh), lalu dikeringkan pada 120°C . zeolit alam dengan ukuran partikel yang menunjukkan kinerja relatif baik digunakan untuk preparasi selanjutnya yaitu pencucian dengan air, dengan asam klorida dan kalsinasi pada 500°C selama 2 jam.

Perengkahan

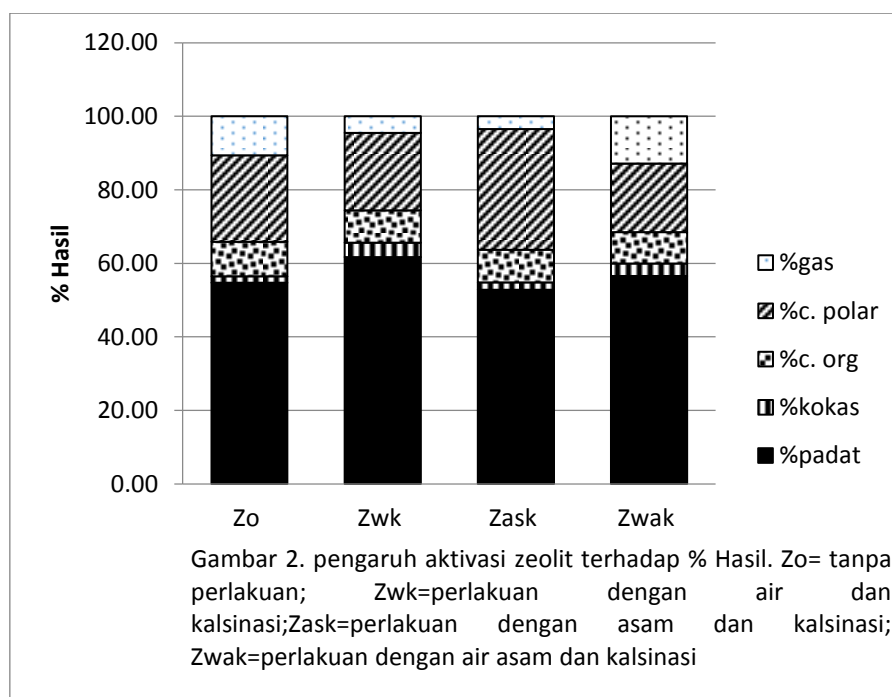
Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua reaktor tersusun seri seperti terlihat pada gambar 1. Tar sebanyak 30 gram dimasukkan ke dalam reaktor 1 (bawah) bersama sejumlah tertentu

katalis zeolit alam teraktivasi. Reaktor2 (atas) diisi dengan sejumlah tertentu katalis zeolit alam teraktivasi. Selanjutnya perengkahan dilakukan pada temperatur 200°C, selama 1 jam. dengan variasi massa katalis dan .hasil perengkahan difraksinasi. dan setiap fraksi yang terbentuk ditimbang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh aktivasi zeolit alam terhadap hasil perengkahan

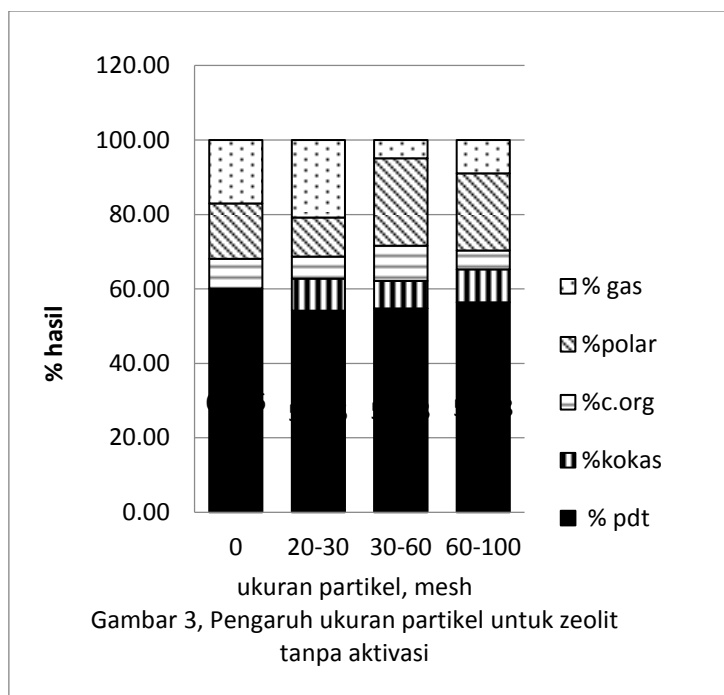
Aktivasi zeolit ditujukan untuk meningkatkan kemampuan zeolit dalam memutus rantai molekul dalam tar tempurung kelapa saat proses perengkahan sehingga diperoleh fraksi cairan sebagai distilat lebih banyak. Hasil penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 1 menunjukkan bahwa aktivasi zeolit melalui pencucian dengan air (Zwk) menghasilkan arang dan kokas pada katalis relatif lebih tinggi dibanding tanpa aktivasi (Zo), sedangkan hasil fraksi gas cairan polar dan organikya relatif lebih rendah.



Perengkahan tar tempurung kelapa dengan bantuan zeolit yang diaktivasi dengan asam (Zask) menghasilkan arangdan kokas relatif lebih sedikit, fraksi cairan polar relatif lebih banyak dan fraksi gas lebih sedikit sedangkan perengkahan tar denga bantuan zeolit yang diaktivasi dengan air dan asam menghasilkan gas relatif lebih banyak dan fraksi caitan polar relatif lebih sedikit.

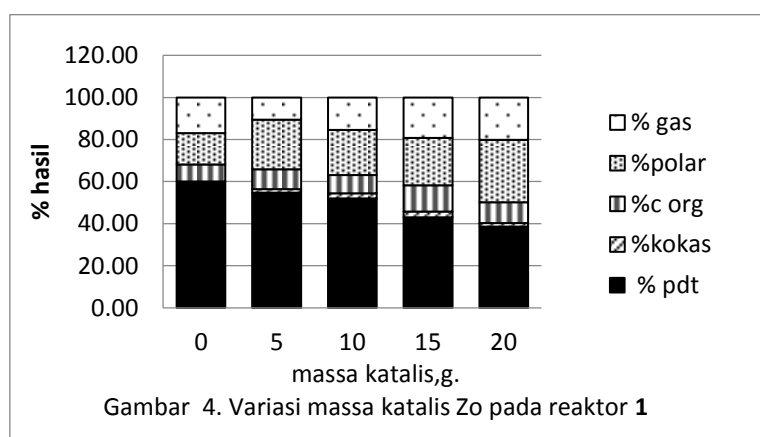
Pengaruh ukuran partikel zeolit tanpa aktivasi pada perengkahan tar tempurung kelapa

Ukuran partikel padatan berpengaruh pada luas permukaan per gram padatan. Semakin kecil ukuran partikel semakin besar luas permukaan pergramnya. Variasi ukuran artikel zeolit dalam percobaan secara relatif didasarkan pada ukurab ayakan yaitu mesh, sehingga semakin nilai mesh semakin kecil ukuran partikel sampel zeolit. Pengaruh ukuran partikel untuk zeolit tanpa aktivasi disajikan pada gambar 3.



Pada gambar 3 terlihat bahwa perengkahan dengan hasil fraksi cairan tertinggi adalah perengkahan dengan menggunakan zeolit alam dengan ukuran partikel ayakan 30-60 mesh.

Variasi massa zeolit pada reaktor 1

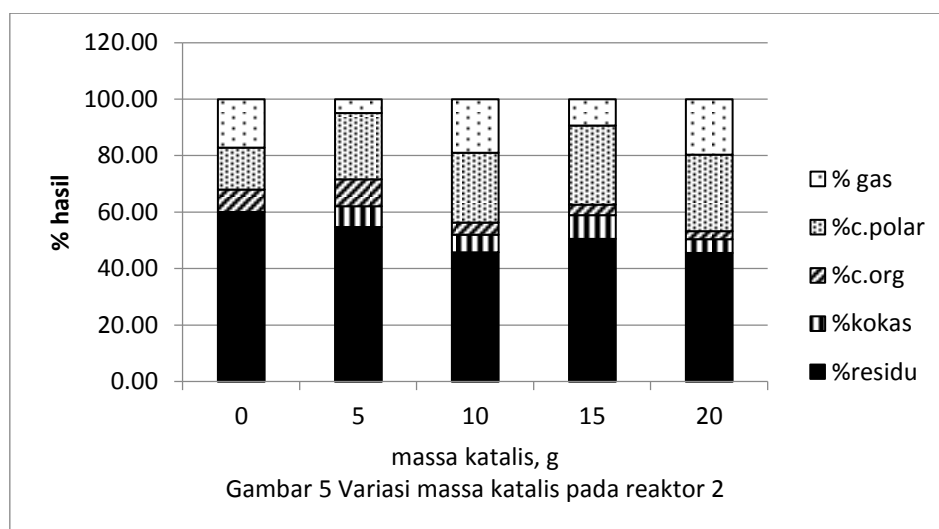


Pada reaktor 1, tar tempurung kelapa dalam fasa cair berkontak langsung dengan katalis zeolit. Semakin banyak zeolit yang dipakai berarti luas permukaan kontak katalis reaktan semakin

besar. Hasil cairan organik terbanyak didapat dari perengkahan dengan menggunakan zeolit sebanyak 15 gram.

Variasi massa zeolit pada reaktor 2

Umpan pada reaktor 2 adalah uap hasil dari reaktor 1. Variasi massa zeolit pada reaktor 2 dalam proses perengkahan tar tempurung kelapa seperti terlihat pada gambar 5, menunjukkan bahwa cairan organik paling banyak dihasilkan dari pemakaian zeolit sebanyak 5 gram. Semakin banyak zeolit yang digunakan berarti semakin situs aktif yang memfasilitasi reaksi perengkahan atau peluang pemutusan rantai semakin besar. Hal ini terlihat pada gambar lima yang semakin banyak gas dan fraksi air yang terbentuk dengan makin banyaknya zeolit yang digunakan.



KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perengkahan dengan menggunakan zeolit alan sebagai katalis menghasilkan cairan fasa organik yang berpotensi sebagai bahan bakar masih relatif sangat kecil. Hasil tertinggi hanya 9,5 % diperoleh dari perengkahan dengan zeolit tanpa aktivasi dengan ukuran partikel ayakan 30-60 mesh.

DAFTAR PUSTAKA

Adam, Judit, 2005, 'Catalytic Conversion of Biomass to Produce Higher Quality Liquid Bio-fuels', *PhD thesis*, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Energy and Process Engineering Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

Demirbas, A., 2009, , *Energy Conversion and Management* 50, 2782–2801.

Sundaram, E.G, dan Natarajan, E., 2009, *The Journal of Engineering Research*, Vol 6, No 2., 33-39

PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI KITOSAN DAN PATI JAGUNG

Sumari, Nazriati, Luluk Mufidah

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang No.5 Malang Kode pos 65145

*Corresponding author's email: sumari.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Sampah plastic menimbulkan masalah yang serius bagi lingkungan. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah ini adalah membuat plastic biodegradable dari poliblend kitosan dan pati jagung dengan penambahan pemlastis sorbitol. Pembuatan plastik biodegradable ini terdiri dari tiga tahap yaitu (1) pembuatan gel kitosan, (2) pembuatan gel pati jagung, (3) blending gel kitosan dan gel jagung dengan menambahkan sorbitol sebesar 0%, 1%, 3%, 5% berat. Poliblend yang telah disintesis dikarakterisasi melalui pengamatan fisik, uji kelarutan, uji kekuatan tarik, dan uji FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada poliblend yang disintesis mengalami interaksi antar molekul melalui ikatan hydrogen. Poliblend kitosan dan pati jagung adalah dapat dibuat lembaran tipis dengan ketebalan rata-rata 0,273 mm, buram, berwarna kekuningan, lentur, tidak larut dalam air dan asam asetat, tidak dapat ditembus minyak, kekuatan tarik 60,4 MPa, dan regangan 6%. Penambahan sorbitol pada poliblend tersebut menjadikannya lebih halus, lebih transparan, lebih lentur, tetapi sedikit menurunkan kekuatan tarik dan regangannya.

Kata kunci: plastik biodegradable, kitosan, pati jagung, sorbitol

ABSTRACT

Plastic waste generate serious problems for the environment. One attempt to overcome this problem is to make biodegradable plastic from corn starch and chitosan polyblend using plasticizer of sorbitol. Synthesis of the biodegradable plastic consist of three stages: (1) making chitosan gel, (2) gelling corn starch, (3) blending chitosan gel and corn gel by adding sorbitol of 0%, 1%, 3%, 5% wt. Synthesized Polyblends were characterized by physical observation, solubility test, tensile strength test, and test of FTIR. The results showed that the polyblends interaction between the molecules through hydrogen bonds. Polyblends of chitosan and corn starch can be made into thin sheets with an average thickness of 0.273 mm, opaque, yellowish, pliable, insoluble in water and acetic acid, can not be penetrated by oil, the tensile strength of 60.4 MPa, and the strain of 6%. The addition of sorbitol into the polyblends made them smoother, more transparent, more flexible, but slightly lower the tensile strength and the strain.

Keywords: biodegradable plastic, chitosan, corn starch, sorbitol

PENDAHULUAN

Plastik banyak digunakan di berbagai sector kehidupan. Banyak produk menggunakan plastic sebagai kemasan atau bahan dasarnya. Konsumsi plastik di dunia diperkirakan mencapai 11,34 JUTA ton per tahun (Moony, 2009). Indonesia yang jumlah penduduknya nomor lima di dunia, kebutuhan terhadap plastic juga sangat besar, yakni sekitar 3,8 ton per tahun dengan pertumbuhan konsumsi mencapai 6-7 persen per tahun. Sedangkan total produksi plastik nasional mencapai 4,68 juta ton dan meningkat secara konsisten sebesar lima persen, (Sadiman, 2016). Permasalahannya adalah konsumsi plastic menghasilkan limbah plastic. Limbah Plastik menimbulkan masalah karena tidak mudah hancur oleh lingkungan, baik oleh cuaca maupun mikroba yang hidup di dalam tanah sehingga menimbulkan penumpukan atau timbunan sampah plastik. Waktu yang dibutuhkan suatu kantung plastik untuk terdekomposisi oleh alam membutuhkan waktu antara 10 -20 tahun, dan bahkan botol

plastik membutuhkan waktu antara 50 - 80 tahun (Muthukumar & Veerappapillai, 2015). Penumpukan plastic dapat mengurangi kesuburan tanah. Plastic akan menutup permukaan tanah sehingga aerasi tanah terganggu. Selain itu, sampah plastic dapat menghalangi mikroorganisme mendegradasi senyawa lain, menyebabkan polusi air bawah tanah dan air permukaan (Martiningtyas, 2004). Hal ini akan sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan.

Usaha yang telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan sampah plastik antara lain pembakaran dan daur ulang. Cara pembakaran dianggap kurang efektif karena membutuhkan temperature yang tinggi dan menghasilkan gas beracun yang menyebabkan kanker. Daur ulang sebagai cara lain mengatasi sampah plastic ternyata kurang efektif karena hanya mengurangi jumlah penumpukan sampah plastic sementara karena akan menjadi produk buangan. Selain itu, plastic daur ulang penggunaannya sangat terbatas dan tidak diperkenankan untuk penggunaan yang berhubungan dengan kemasan makanan.

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam usaha mengurangi timbunan sampah plastic. Pembuatan plastic dari poliblend LLDPE dan PATI masih kurang kompatibel dan sulit dibuat lembaran tipis (Sumari, 1995). Plastik yang dibuat dari Poliblend PE dan pati jagung membutuhkan waktu degradasi yang lama, dimana dalam waktu 1 tahun terurai 25% berat (Subowo, 2003). Penelitian lain mensintesis plastic dari poliblend pati ketela pohon dan kitosan. Dengan demikian, masih perlu dicari alternative pembuatan plastic biodegradable yang lain. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan plastic biodegradable dari poliblend pati jagung dan kitosan dengan plasticizer sorbitol.

Penggunaan bahan dasar ketiga senyawa organic di atas karena ketiganya merupakan senyawa polar, sehingga diharapkan poliblend kompatibel satu sama lain. Pati jagung merupakan polimer biodegradable yang mengandung 22 – 28 % amilosa dan 72 – 78 % amilopektin. Kemudian kitosan dapat diperoleh dari limbah cangkang udang, dimana Indonesia merupakan penghasil limbah cangkang udang sekitar 298,6 ribu ton per tahun. Senyawa kitosan tidak beracun, mudah terdegradasi, dan menunjukkan efek bakterisida (Tsai & Su, 1999). Sedangkan sorbitol, Sorbitol sering disebut glusitol (gula alcohol) dapat meningkatkan sifat mekanik film khususnya fleksibilitas. Senyawa plasticizer ini untuk pembuatan film tipis memberikan sifat lebih baik daripada gliserol maupun xylitol (Indarti & Fahrizal, 2007). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengkarakterisasi sifat fisik poliblend pati jagung, kitosan, dan plasticizer sorbitol dan mengidentifikasi pengaruh konsentrasi plasticizer sorbitol terhadap karakter poliblend pati jagung dan kitosan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi tepung maizena, kitosan, sorbitol, asam asetat teknis, aquades, minyak, dan aluminium foil.

Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan plastic poliblend kitosan dan pati jagung meliputi neraca analitik merk AND HF-300 dengan ketelitian 0,001 g, hot plate, mechanic stirrer, thermometer skala 0 hingga 150 °C, labu ukur 500 mL, beaker glass 100 dan 400 mL, pipet volume 10 mL, spatula, gelas arloji, magnetic stirrer, pipet tetes, dan cetakan plastic ukuran 16 x 22 cm. Sedangkan peralatan untuk karakterisasi meliputi Spektrofotometer FTIR-8400S merk shimadzu, universal testing machine, micrometer sekrup, neraca analitik merk AND HF-300 dengan ketelitian 0,001g, gunting, gelas ukur 10 mL, tabung reaksi, dan pipet tetes.

PROSEDUR

Pembuatan plastic poliblend pati jagung dan kitosan

Tepung maizena dan kitosan ditimbang menggunakan neraca analitik dengan perbandingan 2:1, Tepung maizena yang telah ditimbang dimasukkan dalam beker glass 100 mL kemudian

ditambah aquades. Campuran kemudian diaduk dengan magnetic stirrer dan dipanasi di atas hot plate pada suhu sekitar 65 ± 3 °C sampai terbentuk gelatin pati. Di lain pihak, kitosan yang telah ditimbang dilarutkan dengan asam asetat 2% berat, diaduk menggunakan magnetic stirrer sampai larut dan berbenemudian, gel pati dan gel kitosan dicampur dan diaduk menggunakan mechanic stirrer sambil ditambahkan 0%, 1%, 3%, dan 5% berat dari berat kering poliblend. Hasil blending kemudian dicetak pada cetakan plastic ukuran 16 x 22 cm dan diangin anginkan sampai kering.

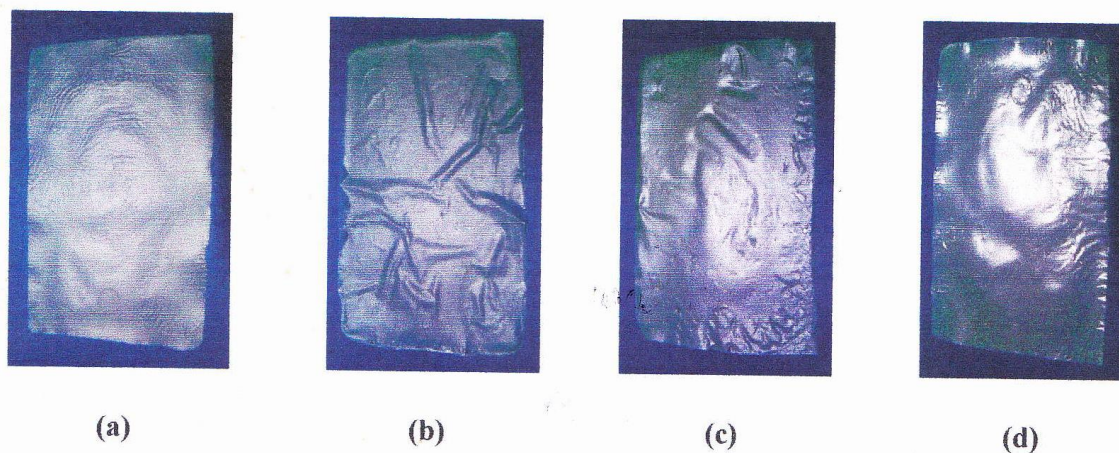
Karakterisasi plastic poliblend pati jagung dan kitosan

Karakterisasi plastic poliblend pati jagung dan kitosan dengan atau tanpa plasticizer meliputi pengamatan fisik, uji kelarutan, uji kekutan Tarik, dan uji FTIR. Karakterisasi pengamatan fisik terdiri dari penampakan, warna, kelenturan, dan daya tembus minyak. Uji kelarutan dilakukan dengan cara melarutkan 0,1 g sample dalam 3 mL pelarut aquades atau pelarut asam asetat 2%. Uji Tarik dilakukan menggunakan metode dumbbell JIS K-7162-5A (die) dan diukur menggunakan Universal Testing Machine. Uji FTIR dilakukan dengan metode pellet KBr.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Fisik

Lembaran plastic poliblend pati jagung dan kitosan baik dengan atau tanpa plasticizer sorbitol ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa plastic yang dihasilkan bisa berbentuk lembaran tipis, buram, warna kekuningan, dan lentur. Semakin banyak kadar sorbitol yang ditambahkan plastic semakin transparan dan semakin lentur. Hal ini dapat dipahami karena sorbitol adalah cairan, pada suhu kamar, yang molekulnya lebih kecil. Molekul ini dapat masuk ke sela-sela antar poliblend pati jagung dan kitosan sehingga mengakibatkan lemahnya ikatan antar kedua polimer ini. oleh karena itu, penambahan sorbitol menyebabkan plastic poliblend makin lentur, lebih mudah ditekuk, dilipat maupun digulung. Hal ini merupakan efek positif dari penambahan sorbitol pada plastic poliblend pati jagung dan kitosan.



Gambar 1: Plastik poliblend pati jagung dan kitosan dengan penambahan 0%, 1%, 3%, 5% berat sorbitol.



Gambar 2: Plastic poliblend ($t = \pm 0,273 \text{ mm}$) dari kiri ke kanan ditekuk, dilipat, dan digulung.

Karakter lain yang dimiliki plastic poliblend pati jagung dan kitosan adalah tidak tembus oleh minyak. Hal ini dibuktikan melalui uji tetesan minyak. Minyak tidak dapat menembus lapisan poliblend ketika lembaran plastic poliblend ini ditetesi minyak. Minyak tetap berada di permukaan atas dan bagian bawah poliblend tetap kering. Hal ini disebabkan plastic poliblend tersusun dari molekul-molekul dengan kepolaran tinggi sedangkan minyak bersifat relative non polar. Dengan demikian, plastic biodegradable ini mempunyai prospek untuk dikembangkan menjadi plastic pembungkus makanan yang berminyak seperti nasi goreng, pangsit mie, madu mongso, dodol, dan makanan goreng yang lain.

Uji Kelarutan

Uji kelarutan digunakan untuk mengetahui kelarutan poliblend baik dalam air maupun dalam asam asetat. Hal ini juga untuk melihat kelarutan plastic poliblend yang dihasilkan mengingat bahan dasar plastic ini adalah senyawa senyawa polar. Hasil uji kelarutan ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

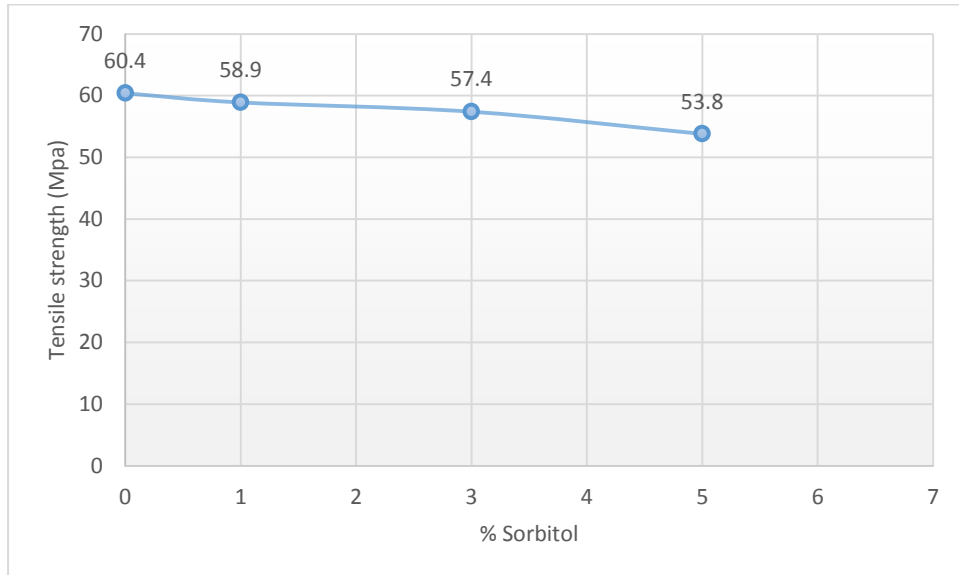
Tabel 1: Uji kelarutan plastic poliblend pati jagung dan kitosan

Sampel	Dalam air	Dalam asam asetat 2%
Kitosan	Tidak larut	Larut
Pati jagung	Larut sebagian	Larut sebagian
Poliblend Pati-Kitosan	Tidak larut (swelling)	Tidak larut (swelling)
Poliblend Pati-Kitosan-Sorbitol (5%)	Tidak larut (swelling)	Tidak larut (swelling)

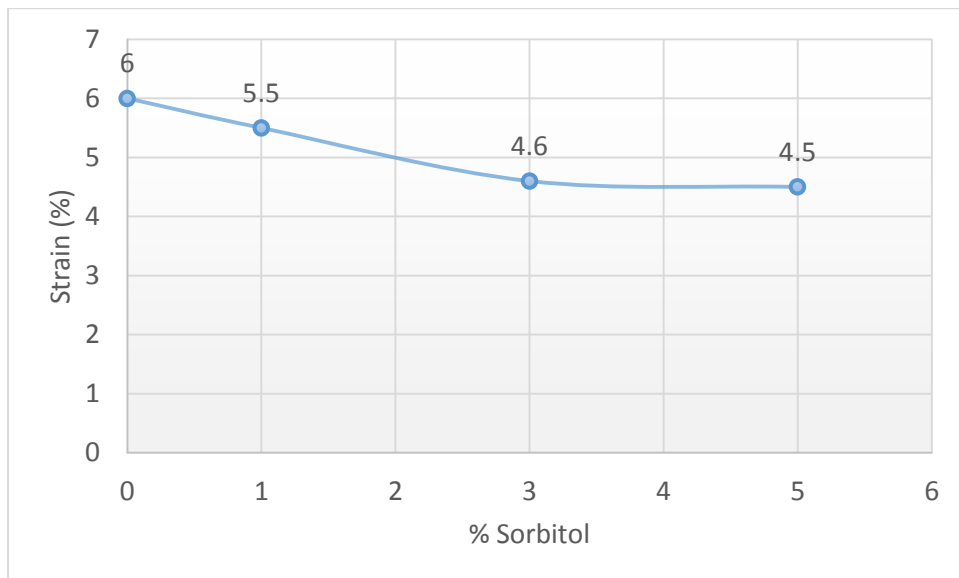
Hasil uji kelarutan menunjukkan bahwa kitosan tidak larut dalam aquades tetapi larutan dalam asam asetat 2%. Hal ini sesuai dengan Furda (1990) yang menyatakan bahwa kitosan tidak larut dalam air tetapi larut dalam asam asetat encer. Sedangkan pati jagung larut sebagian baik dalam air maupun asam aetat 2%. Hal ini karena pati terdiri dari dua fraksi yaitu amilosa dan amilopektin. Amilopektin larut dalam air dingin tetapi amilosa tidak larut dalam air dingin (Wahjudi, dkk. 2003). Plastik poliblend pati jagung dan kitosan baik dengan atau tanpa plasticizer sorbitol tidak larut dalam air maupun asam asetat 2% dan hanya mengalami swelling. Hal ini menandakan bahwa plastic poliblend memiliki sifat lebih baik daripada komponen penyusunnya. Plastic ini tidak gampang robek atau rusak bila bersentuhan dengan air.

Uji Kekuatan Tarik.

Uji kekuatan tarik digunakan untuk mengetahui sifat mekanik bahan, terutama kekuatan Tarik dan regangannya. Hasil pengujian kekuatan tarik dan regangan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3: Kurva hasil uji kekuatan tarik poliblend kitosan dan pati jagung sebagai fungsi % berat sorbitol



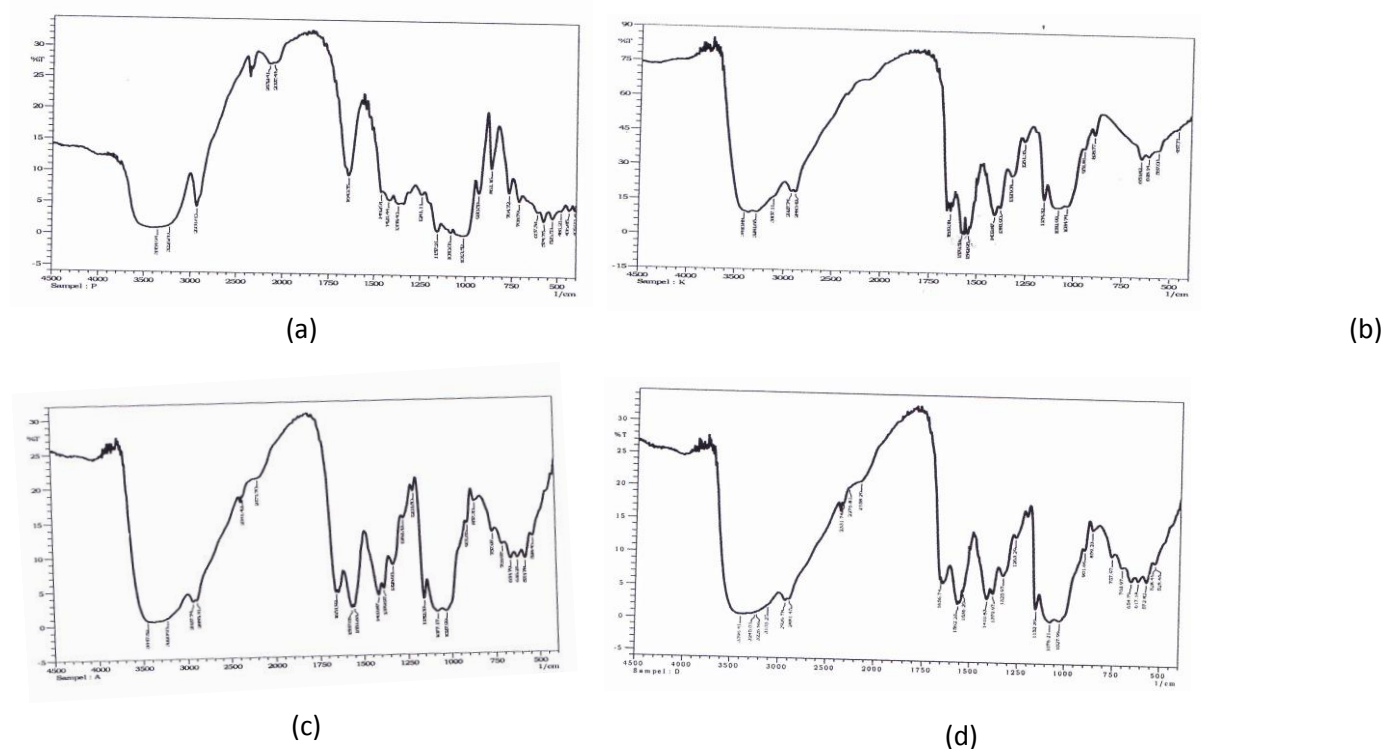
Gambar 4: Kurva hasil uji regangan poliblend kitosan dan pati jagung sebagai fungsi % berat sorbitol

Plastik poliblend pati jagung dan kitosan mempunyai kekuatan tarik yang cukup baik yaitu ± 60 Mpa. Penambahan sorbitol sedikit menurunkan kekuatan tarik dan regangan plastic poliblend tetapi meningkatkan sifat fisik yang lain yaitu lebih transparan, lebih lembut, dan lebih lentur. Dengan

demikian penambahan plasticizer sorbitol diperlukan atau tidak, hal ini tergantung penggunaan dari plastic tersebut. Jika diperlukan plastic yang lentur bisa digunakan plasticizer sorbitol tetapi bila diinginkan plastic yang tidak memerlukan kelenturan yang tinggi sebaiknya tidak perlu penambahan senyawa sorbitol ini.

UJI FTIR

Pengujian menggunakan spektrofotometer ini digunakan untuk mengetahui kemungkinan interaksi antar molekul dalam plastic poliblend. Spektrum IR dari komponen poliblend dan plastic poliblend seperti ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4: Spektrum IR (a) pati jagung, (b) kitosan, (c) sorbitol, dan (d) plastic poliblend pati jagung, kitosan, dan dengan sorbitol 5%

Hasil analisis angka gelombang dari spectrum IR yang dihasilkan menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi antar komponen plastic poliblend adalah ikatan hydrogen dan gaya van der Waals. Hal ini dapat dilihat dari sifat aditif dari masing-masing angka gelombang komponen penyusun yang muncul juga di poliblend. Penambahan Sorbitol menjadikan puncak angka gelombang di kisaran 3400 cm^{-1} melebar. Pelebaran puncak spektrum ke arah angka gelombang yang lebih rendah. Fenomena ini dapat dijelaskan bahwa sorbitol memiliki enam gugus -OH yang dapat membentuk ikatan Hidrogen dengan kitosan maupun pati jagung. Adanya ikatan Hidrogen dengan sorbitol memperpanjang ikatan kovalen O-H . Akibat adanya tarikan dari -OH molekul sorbitol pada molekul pati jagung dan O-H atau N-H pada kitosan menyebabkan bilangan gelombang untuk ulur O-H sebagian turun sehingga memperlebar puncak di daerah ulur O-H (Sujadi, 1983).

KESIMPULAN

Plastik poliblend kitosan dan pati jagung dapat dibuat lembaran tipis dengan ketebalan rata-rata 0,273 mm, buram, berwarna kekuningan, lentur, tidak larut dalam air dan asam asetat, tidak dapat ditembus minyak. Plastik poliblend kitosan dan pati jagung mempunyai kekuatan tarik 60,4 MPa cukup baik. Penambahan sorbitol pada plastic poliblend pati jagung dan kitosan tersebut menjadikan lebih halus, lebih halus, lebih transparan, dan lebih lentur, tetapi sedikit menurunkan kekuatan tarik dan regangannya. Interaksi yang antar molekul penyusun plastic poliblend terjadi melalui ikatan hydrogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Indarti, E. & Fahrizal, 2007, Kajian Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Plasticizer terhadap Kekuatan Fisik Edible film dari Sagu, UNSYIAH: Digital Library.
- Martaningtyas, D., 2004, Potensi Plastik Biodegradable, (online) (<http://www.pikiran-rakyat.com>)
- Mooney, Brian P, 2009, The Second Green Revolution? Production of plant-based biodegradable Plastics, *Biochem. J.* **418**, 219–232
- Muthukumar A., Veerappapillai S., 2015, Biodegradation of Plastics – A Brief Review, *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, **31(2)**: 204-209
- Sadiman, B.S., 2016, Industri Olefin, Aromatik, dan Plastik Indonesia, Jakarta: Bisnis.com, diunggah tanggal 23 Agustus 2016.
- Subowo W. S., 2007, Bahan Plastik Ramah Lingkungan, (online), (<http://www.tokohindonesia.com>).
Ensiklopedia/w/wiwiksringatin/indeks-html.
- Sujadi, 1983, Penentuan Struktur Senyawa organik, Bandung: Ghalia Indonesia.
- Sumari, 1995, Biodegradasi Poliblend LLDPE dan Pati menggunakan *Aspergillus Niger* Strain lokal, Tesis tidak diterbitkan, Bandung: Program Pascasarjana ITB
- Tsai & Su, 1999, Kitosan (online), (<http://www.pkukmweb.ukm.my/-mbz/kitosan/sejarah.html>).
- Wahjudi, Iskandar S., M., dan Parlan, 2003, Kimia Organik II, Malang: Jurusan Kimia UM

PENGARUH PELAPISAN SILIKA TERHADAP DAYA ADSORPSI NANOPARTIKEL MAGNETITE

Fauziatul Fajarah* dan Nazriati

Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang 65145

*Correspondence author's email: fauziatul.fajarah.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Magnetit adalah besi oksida yang memiliki kemagnetan paling kuat di antara oksida logam. Material magnetit dengan dimensi nanometer memiliki luas permukaan spesifik dan reaktivitas yang lebih besar dari bahan yang sesuai dalam dimensi mikro atau makro. Kombinasi dari dua sifat tersebut, yakni kemagnetan dan luas permukaan spesifik yang besar, membuat nanopartikel magnetit diterapkan di banyak bidang, salah satunya adalah sebagai adsorben pada pengolahan air. Tapi sayangnya magnetit tidak stabil dalam kondisi asam. Untuk mengatasi hal ini, magnetit bisa dilapisi dengan bahan inert, misalnya silika. Dalam penelitian ini, magnetit disintesis elektrokimia kemudian dilapisi dengan silika yang bersumber dari larutan natrium silikat dengan metode sol-gel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari bagaimana pengaruh pelapisan silika terhadap kemampuan partikel untuk menyerap ion besi (III) pada variasi waktu kontak dan suhu. Penelitian ini perlu dilakukan dalam upaya untuk mendapatkan kondisi optimum dalam pengolahan limbah logam berat, terutama besi. Penelitian ini terdiri dari empat tahap utama, yaitu sintesis nanopartikel magnetit, pelapisan silika, dan karakterisasi partikel menggunakan XRD, FTIR, dan SEM, penerapan partikel sebagai adsorben zat besi (III) pada variasi waktu kontak dan suhu. Persen penurunan Fe (III) dari larutan yang dipelajari secara spektrofotometri. Hasil analisis XRD, FTIR, dan SEM menunjukkan bahwa permukaan magnetit telah dilapisi oleh silika. Kehadiran silika di permukaan diperkirakan menurunkan sifat magnetik dari partikel karena fakta bahwa silika adalah bahan non-magnetik. Magnetit berlapis silika menunjukkan kapasitas adsorpsi lebih rendah dari magnetit tanpa silika.

Kata kunci: Fe_3O_4 , nanopartikel, silika, adsorben

ABSTRACT

Magnetite is an iron oxide that has most powerful magnetism among metal oxides. Magnetite material on nanometer scale has greater specific surface area and reactivity than corresponding material on a micro or macro scale. The combination of these two properties, magnetism and large specific surface area, making magnetite nanoparticles has been applied in many areas, one of which is as an adsorbent in water treatment. But unfortunately magnetite is unstable in acidic conditions. To overcome this, magnetite can be coated with an inert material, for example silica. In this study, magnetite synthesized electrochemically was coated with silica derived from sodium silicate solution by sol-gel method. The aim of this research was to study how the effect of silica coating on the ability of the particles to adsorb iron(III) in variation of contact times and temperatures. This research needs to be done in an attempt to get the optimum conditions in the processing of heavy metal waste, especially Fe(III), by adsorption method. This study consists of four main stages, namely the electrochemical synthesis of magnetite nanoparticles, silica coating of the particles by sol-gel method, characterization of the particles using XRD, and application of the particles as an adsorbent of iron(III) at variation of contact time and temperature. The percent of removal of Fe(III) from its solution was studied by spectrophotometry. The results of XRD analysis showed that the surface of magnetite has been coated by silica. The presence of silica on the surface was estimated decreasing the magnetic properties of the particles due to the fact that silica is a non-magnetic material. Silica-coated magnetite showed lower adsorption capacity than magnetite without silica.

Keywords: Fe₃O₄, nanoparticles, silica, adsorption

PENDAHULUAN

Adsorpsi merupakan teknik yang sering digunakan oleh industri dalam mengolah limbah cairnya, terutama limbah logam berat dengan konsentrasi rendah. Efektifitas proses adsorpsi dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain karakter adsorben dan adsorbat, serta kondisi proses adsorpsi. Dalam kaitannya dengan karakter adsorben, salah satu persyaratan yang harus dipenuhi adalah berkaitan dengan luas permukaan spesifik adsorben. Makin besar luas permukaan spesifik, maka makin efektif fungsinya sebagai adsorben. Karbon aktif memenuhi syarat tersebut. Banyak penelitian telah dilakukan dalam pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben. Karbon aktif menunjukkan banyak keunggulan, namun satu kelemahannya adalah dalam hal recovery adsorben setelah proses adsorpsi berlangsung yang membutuhkan upaya khusus. Nanopartikel magnetit, yakni material magnetit dengan ukuran pada skala 1-100 nm diduga dapat diunggulkan untuk mengatasi masalah tersebut. Magnetit (Fe₃O₄) adalah oksida yang memiliki kemagnetan paling kuat di antara oksida logam lainnya. Nanopartikel magnetit memiliki luas permukaan spesifik dan reaktivitas yang besar. Kombinasi dua sifat tersebut, yakni kemagnetan dan luas permukaan spesifik yang besar, membuat material ini diterapkan di banyak bidang, antara lain sebagai adsorben pada pengolahan air atau limbah cair. Tapi magnetit memiliki kelemahan, yakni mengalami *leaching* dalam larutan pH asam. Untuk mengatasi hal ini, magnetit bisa dilapisi dengan bahan inert, misalnya silika. Dalam penelitian ini, magnetit disintesis elektrokimia kemudian dilapisi dengan silika yang bersumber dari larutan natrium silikat dengan metode sol-gel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari bagaimana pengaruh pelapisan silika terhadap kemampuan partikel untuk menyerap ion besi (III) pada variasi waktu kontak dan suhu. Penelitian ini perlu dilakukan dalam upaya untuk mendapatkan kondisi optimum dalam pengolahan limbah logam berat, terutama besi.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah besi(II) sulfat heptahidrat, air demineralisasi, akuades, natrium hidroksida, asam klorida, asam nitrat, natrium hidroksida, kertas *Whatman-40*, indikator universal, asam sulfat, natrium silikat, ammonium hidroksida, resin penukar kation, besi(III) nitrat, 1,10-phenantrolin 0,3%, hidroksilamin hidroklorida 10%, dan natrium asetat.

Peralatan

Alat yang digunakan penelitian ini adalah sel elektrokimia dari kaca, elektrode besi dan karbon, gelas kimia, erlenmeyer, labu ukur, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, gelas arloji, corong kaca, batang pengaduk, power supply (*Shimadzu Power Unit NES-SF*), Oven (*mommert*), magnetic stirrer (*Cimarec Heat and Stir*), neraca digital (*Sartorius*), Shaker, dan Sentrifuge.

Prosedur

Sintesis Nanopartikel magnetit

Sintesis nanopartikel magnetit mengacu pada Fajaroh, et al (2014). Proses sintesis ini pada dasarnya terdiri dari proses preparasi besi murni melalui electroplating dan proses sintesis nanopartikel magnetit secara elektrokimia.

Proses pelapisan nanopartikel magnetit dengan silika secara sol-gel

Pelapisan nanopartikel magnetit dilapisi silika dilakukan secara sol-gel mengacu pada Nazriati, et al (2015). Proses utamanya terdiri atas: pembuatan sol, pencampuran sol dengan nanopartikel magnetit, proses gelling, dan proses aging.

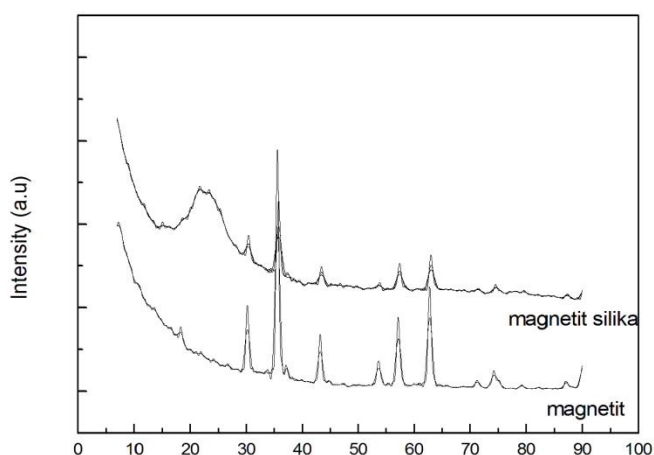
Pemanfaatan nanopartikel magnetit dan naopartikel magnetit berlapis silika sebagai adsorben ion besi(III)

Pemanfaatan kedua material tersebut sebagai adsorben dilakukan melalui tahap-tahap berikut: (1) Penyiapan larutan besi(III) dengan konsentrasi tertentu, (2) proses adsorpsi oleh adsorben pada waktu kontak dan suhu tertentu, (3) pemisahan adsorben, (4) pengukuran daya serap adsoben secara spektrofotometri, melalui pengukuran absorbansi larutan besi(II)-1,10-fenantrolin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter adsorben

Analisis XRD dilakukan untuk mengidentifikasi hasil sintesis sebagai magnetit dan sekaligus mengevaluasi apakah magnetit telah terlapisi oleh silika. Gambar 1 menyajikan hasil XRD dari kedua material. Tampak ada kesesuaian puncak-puncak dari kedua spectrum tersebut dengan puncak standar magnetit (JCPDS Card No.19-629). Perbedaan kedua spectrum terletak pada 2θ $22,5^\circ$. Puncak tersebut merupakan puncak khas dari silika amorf. Ini berarti permukaan magnetit telah terlapisi silika. Adanya silika pada permukaannya, tampak menurunkan kristalinitas magnetit



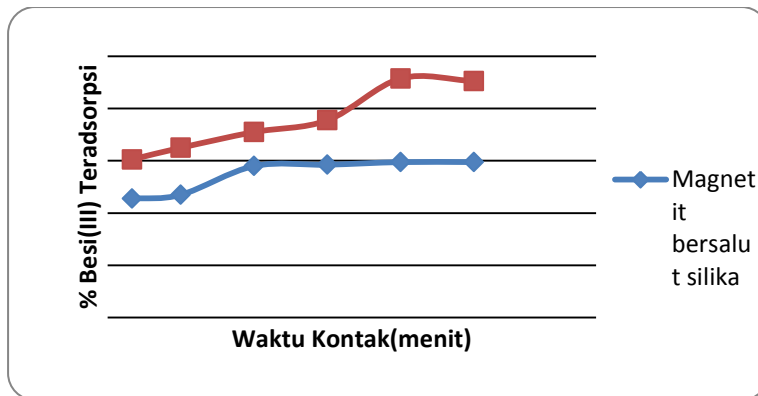
Gambar 1. Hasil XRD adsorben

Pengaruh pelapisan silika terhadap kinerja nanopartikel magnetit sebagai adsorben

Kinerja nanopartikel magnetit dan nanopartikel magnetit berlapis silika sebagai adsorben dibandingkan pada variasi waktu kontak dan suhu.

Variasi waktu kontak

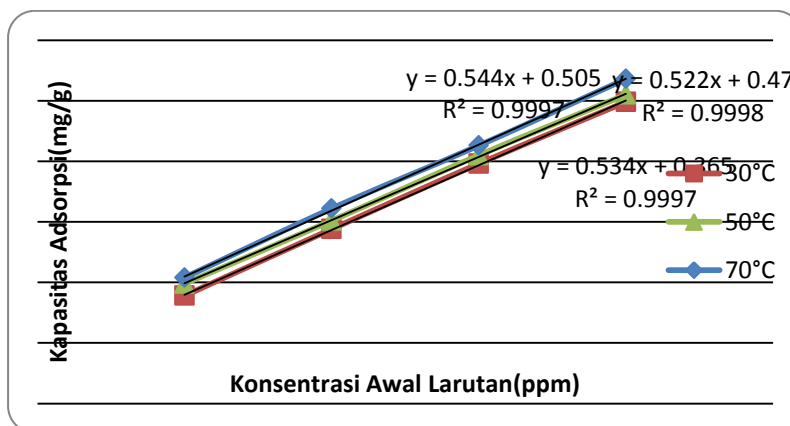
Gambar 2 memperlihatkan kinerja kedua adsorben dalam menyerap ion Fe(III) . Tampak bahwa pelapisan silika menurunkan kinerja magnetit. Turunnya kinerja tersebut diperkirakan karena pelapisan silika membuat permukaan magnetit semakin bermuatan negatif. Keadaan ini meningkatkan penyerapan terhadap ion H^+ di sekitarnya, sehingga penyerapan terhadap ion Fe(III) terganggu.



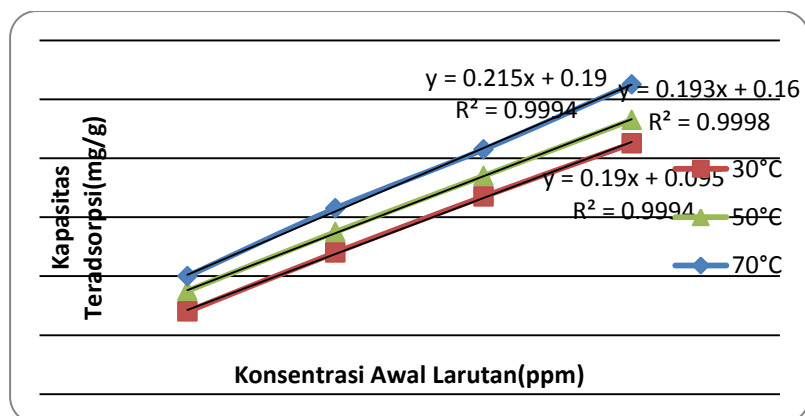
Gambar 2. Kinerja adsorben pada bervariasi waktu kontak

Variasi suhu

Gambar 3 dan 4 memperlihatkan kinerja kedua adsorben dalam menyerap ion Fe(III) pada suhu yang bervariasi. Keduanya menunjukkan kecenderungan yang sama. Kapasitas adsorpsi nanopartikel magnetit dan magnetit bersalut silika meningkat dengan naiknya temperatur dari 30 ke 70°C. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi pada magnetit dan magnetit bersalut silika berlangsung secara endotermik.



Gambar 3. Kinerja magnetit pada bervariasi suhu



Gambar 4. Kinerja magnetit bersalut silika pada bervariasi suhu

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil penelitian ini adalah bahwa pelapisan silika menurunkan daya serap magnetit terhadap ion besi(III).

DAFTAR PUSTAKA

- Fajaroh, F., Sutrisno, Nazriati, N., Wonorahardjo, S. (2014). To enhance the purity and crystallinity of magnetite nanoparticles prepared by surfactant-free electrochemical method by imposing higher voltage. *AIP proceeding* 1586, 179.
- N. Nazriati, H. Setyawan, S. Affandi, M. Yuwana, S. Winardi. (2014). Using bagash ash as a silica source when preparing silica aerogels via ambient pressure drying. *Journal of Non-Crystalline Solids* 400, 6-11.

VOLTAMMETRI LUCUTAN DENYUT DIFERENSIAL SEBAGAI ALTERNATIF METODE UNTUK ANALISIS SELENIUM

Fitri Dara^{a,b}, Indra Noviandri^a, and B.Buchari^a

^aKelompok Keahlian Kimia Analitik, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganeca No.10, Bandung 40132, Indonesia

^bKelompok Penelitian Monitoring Lingkungan, Loka Penelitian Teknologi Bersih,
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Cicitu-Sangkuriang, Bandung 40135, Indonesia

*Email: fitridara74@gmail.com

ABSTRAK

Telah dipelajari metode analisis elektrokimia dengan teknik voltammetri lucutan denyut diferensial untuk analisis selenium dalam matriks air. Teknik yang ditelaah meliputi metoda pembuatan elektroda kerja film amalgam (CuHg) dan elektroda pembanding Ag/AgCl secara sederhana. Unjuk kinerja metode dengan menggunakan elektroda amalgam CuHg ini memiliki presisi yang baik, yang ditunjukkan dengan nilai standar deviasi relatif (%RSD) <10%. Rentang linier pengukuran adalah hingga 460µM dengan limit deteksi 20µM. Metode ini memungkinkan untuk digunakan oleh laboratorium-laboratorium pengujian di Indonesia, terutama yang memiliki keterbatasan infrastruktur peralatan laboratorium. Metode ini menggunakan bahan kimia yang relatif lebih sedikit pada saat preparasi sampel dibandingkan dengan metode standar seperti *Hydride Generation – Atomic Absorption Spectrofotometry (HG-AAS)*

Kata kunci: votammetri lucutan denyut diferensial, elektroda film amalgam (CuHg), selenium.

ABSTRACT

Method of electrochemical analysis using differential pulse stripping voltammetry technique has been studied for the analysis of selenium in the water matrix. The simple methods for the construction of film amalgam (CuHg) as a working electrode and Ag/AgCl as a reference electrode were examined. Method performances using this film amalgam (CuHg) electrode has good precision, as indicated by the relative standard deviation (% RSD) <10%. Linear measurement range is up to 460µM with a detection limit 20µM. This method allows to be used by testing laboratories in Indonesia, especially those with limited laboratory infrastructure equipment. This method uses chemicals that are relatively less at the time of sample preparation compared to standard methods such as *Hydride Generation - Atomic Absorption Spectrofotometry (HG-AAS)*.

Key words: differential pulse stripping votammetry, film amalgam (CuHg) electrode, selenium.

Pendahuluan

Selenium (Se) merupakan unsur renik (*trace element*) essensial, yang akan bersifat racun apabila terdapat dalam keadaan berlebih (Bryce, 1995). Manfaat dan efek racun Se tergantung pada bentuk (spesi) kimianya, dan setiap spesi Se tersebut memiliki rentang konsentrasi aman yang sempit (Holak, 1994). Di alam atau lingkungan dan beberapa organisme hidup, Se terdapat dalam bentuk senyawa anorganik dan senyawa organik. Senyawa Se anorganik dapat ditemukan dengan beberapa tingkat oksidasi yaitu selenida (Se(II)), unsur selenium (Se(0)), selenit (Se(IV)), dan selenat (Se(VI)). Kondisi tereduksi selenit pada suasana asam menghasilkan unsur selenium, sedangkan kondisi

teroksidasi selenit pada suasana basa membentuk selenat. Selenit dan selenat merupakan spesi selenium yang dominan terdapat dalam sampel air, sedangkan unsur selenium dan selenida tidak larut dalam air sehingga lebih banyak terdapat dalam sampel tanah. Sementara itu senyawa organik selenium terdapat dalam bentuk asam selenoamino (selenometionin, selenosistein, dll), turunan asam amino (protein, peptida, dll) atau sebagai spesi termetilasi yang bersifat lebih atau kurang mudah menguap (*volatile*) (Gautier, 1995). Selenit bersifat sepuluh kali lebih beracun daripada selenat (Piech, 2007), dan spesi anorganik selenium (khususnya selenit) bersifat lebih beracun daripada spesi organik selenium (Tsoi, 2011).

Walaupun unsur selenium dan selenida dapat dikenali dari aromanya yang menyerupai aroma bawang putih, selenit dan selenat tidak berbau sehingga tidak memungkinkan untuk mendeteksi keberadaannya dalam sampel air menggunakan indera penciuman. Metode-metode analisis rutin yang digunakan untuk mendeteksi Se adalah: *Spectrofluorimetry*, *Instrumental Neutron Activation Analysis* (INAA), *Hydride Generation-Atomic Absorption Spectrometry* (HG-AAS), *Electrothermal-Atomic Absorption Spectrometry* (ET-AAS), *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry* (ICP-AES), dan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS) (*Official Methods of Analysis*, 1990, Petropoulou, 2002; *Standard Methods*, 2005). Berbagai metode yang telah disebutkan di atas memiliki kelemahan utama yaitu: biasanya hanya dapat menentukan konsentrasi Se total sehingga untuk penentuan spesi Se tertentu hanya memungkinkan dengan cara menambahkan suatu tahap pemisahan dan ekstraksi. Hal ini dapat meningkatkan resiko kontaminasi atau kehilangan analit dan juga menyebabkan biaya analisis meningkat. Kelemahan lainnya adalah: infrastruktur yang besar, waktu analisis yang cukup lama, serta menggunakan reagen atau zat kimia yang tidak sedikit. Kelemahan-kelemahan ini akan menimbulkan resiko pencemaran lingkungan dari limbah sisa analisis.

Metode-metode voltammetri merupakan metode yang sensitif, selektif, murah, dan dapat digunakan untuk analisis spesiasi (Petropoulou, 2002). Metode ini menggunakan reagen atau zat kimia yang sedikit sehingga metode ini dikategorikan lebih ramah lingkungan. Beberapa metode voltammetri modern yang telah dipergunakan untuk menentukan keberadaan Se dalam jumlah renik (*trace*) adalah *Differential Pulse Polarography* (DPP) (Inam, 1998), *Anodic Stripping Voltammetry* (ASV) (Holak, 1994), *Cathodic Stripping Voltammetry* (CSV) (Bryce, 1995; Gautier, 1995; Papoff, 1998; Ferri, 1999; Inam, 1999; Lange, 2000; Bertolino, 2006; Mohamed, 2006; Piech, 2007, 2008), serta *Adsorptif Stripping Voltammetry* (AdsSV) (Tanaka, 1990; Inam, 1997; Ashournia, 2009).

Kebanyakan teknik voltammetri untuk analisis Se menggunakan elektroda kerja merkuri baik berupa tetes merkuri (*Mercury Drop Electrode-MDE*) (Gautier, 1995; Papoff, 1998; Inam, 1997, 1999, 2000; Ferri, 1999; Mohamed, 2006), maupun film merkuri (*Mercury Film Electrode-MFE*) (Bryce, 1995; Piech, 2008; Ashournia, 2009). Sifat merkuri yang beracun juga merupakan suatu batasan yang serius dalam penggunaan elektroda tetes merkuri dan film merkuri. Elektroda amalgam merupakan elektroda merkuri alternatif yang dapat mengatasi kelemahan elektroda tetes merkuri dan film merkuri. Elektroda amalgam yang pernah dikembangkan untuk analisis Se merupakan paduan logam (*alloy*) merkuri (Hg) dengan tembaga (Cu) yang dibuat dengan cara merendam kawat Cu berdiameter 1 mm dalam merkuri (Hg) selama 1 bulan sehingga Cu menjadi larut dalam Hg membentuk amalgam CuHg (Piech, 2007). Dalam penelitian ini dibuat elektroda amalgam merkuri dengan cara sederhana dan lebih cepat, yang dapat digunakan untuk analisis Se. Unjuk kinerja metode meliputi: presisi (keboleohlungan), rentang linier, serta limit deteksi ditentukan menggunakan teknik voltammetri lucutan denyut diferensial

Bahan dan Metode

Bahan kimia yang digunakan adalah bahan kimia kualitas p.a (*analytical grade*) yaitu: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, HCl 32%, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, NaCl, NaOH, NaBH_4 , aseton dari E. Merck; Natrium selenit pentahidrat 99% dari Sigma Aldrich. Kawat perak (Ag) murni dari Nilaco Jepang, kawat tembaga (Cu) dari PT. Freeport Indonesia, serta *Aquamillipore* (resistivitas 18.2

$M\Omega cm^{-1}$) diproduksi menggunakan Milli-Q *water systems* (Millipore-waters USA) dari Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Peralatan yang digunakan adalah sebuah Potensiostat (eDAQ model EA163) yang dihubungkan dengan seperangkat komputer dan dilengkapi dengan software Echem versi 2.1.0 serta software Origin 8.0 untuk mengolah data. Setiap pengujian yang dilakukan menggunakan 3 jenis elektroda, yaitu: elektroda pembanding Ag/AgCl yang dibuat sendiri di laboratorium, elektroda pembantu Pt, serta elektroda kerja CuHg. Selain itu juga digunakan sebuah neraca analitik serta peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium seperti: gelas kimia, labu takar, pipet tetes, batang pengaduk, pipet volume, pipet ukur, gelas ukur, corong, dan kaca arloji.

Elektroda pembanding Ag/AgCl dibuat dengan cara elektrodeposisi AgCl pada kawat perak (Ag) diameter 0,4mm dan panjang 4cm yang dililitkan pada kawat tembaga. Elektrodeposisi dilakukan pada potensial tetap 2000mV selama 10 menit dalam larutan NaCl 0,1M sehingga terbentuk lapisan AgCl yang berwarna abu-abu tua atau hitam. Kawat Ag/AgCl kemudian dimasukkan ke dalam badan elektroda yang telah diisi larutan NaCl 3M, lalu ditutup dengan sumbat karet dan diisolasi dengan parafilm.

Elektroda kerja CuHg dibuat dengan cara elektrodeposisi tembaga (Cu) dari larutan $CuSO_4$ 0,1M pada kawat tembaga diameter 0,5mm panjang 6cm pada waktu konstan dengan potensial 15V. Tahap selanjutnya elektroda dicelupkan ke dalam larutan $Hg(NO_3)_2$ jenuh untuk membentuk amalgam CuHg. Elektroda kerja CuHg dicuci dengan *Aquamillipore* sampai bersih kemudian dicuci dengan aseton, selanjutnya dikeringkan di udara.

Kalibrasi elektroda pembanding Ag/AgCl dilakukan menggunakan campuran larutan $K_3[Fe(CN)_6]$ 10mM dan $K_4[Fe(CN)_6]$ 10mM (1:1) dalam elektrolit pendukung NaCl 0,1M menggunakan voltametri siklik dengan potensial antara -200mV hingga 800mV dan laju selusur 100mV/detik. Pada tahap kalibrasi ini, elektroda pembanding adalah elektroda Ag/AgCl komersial dan Ag/AgCl buatan sendiri, cakram platina sebagai elektroda kerja, serta kawat platina sebagai elektroda pembantu. Voltammogram siklik yang diperoleh dari pengujian menggunakan elektroda Ag/AgCl komersial dibandingkan dengan voltammogram siklik yang diperoleh dari pengujian menggunakan elektroda Ag/AgCl buatan sendiri.

Unjuk kinerja metode meliputi: presisi (kebolehulangan), rentang linier, serta limit deteksi. Presisi ditentukan dengan cara menganalisis beberapa larutan standar yang mengandung Se dengan konsentrasi tertentu. Sebanyak 5mL larutan standar Se yang sudah ditambahkan HCl 0,1M sebagai elektrolit pendukung dimasukkan ke dalam sel voltametri, kemudian arus puncak reduksi diukur menggunakan teknik voltametri lucutan denyut diferensial. Dari hasil analisis beberapa ulangan pengerjaan dihitung data statistik yaitu: nilai rata-rata, standar deviasi, serta standar deviasi relatif (%RSD). Nilai %RSD yang diperoleh dibandingkan dengan nilai koefisien variansi (%CV) yang dipersyaratkan Horwitz. Rentang Linear ditentukan dengan cara menganalisis beberapa larutan standar Se dengan rentang konsentrasi tertentu menggunakan teknik lucutan denyut diferensial. Arus puncak yang diperoleh dari voltammogram dialurkan terhadap konsentrasi larutan standar Se untuk memperoleh kurva kalibrasi. Limit deteksi ditentukan dengan cara diturunkan secara teoritis dari kurva kalibrasi larutan standar Se.

Hasil dan Diskusi

Berdasarkan profil voltammogram siklik yang diperoleh dapat diukur arus puncak dan potensial puncak larutan campuran $K_3[Fe(CN)_6]$ dan $K_4[Fe(CN)_6]$ 10mM seperti yang ditampilkan pada Tabel III.1. Untuk mengetahui adakah perbedaan yang berarti dari kedua voltammogram tersebut, dilakukan uji t pasangan data dan diperoleh nilai t_{hitung} lebih kecil daripada nilai t_{kritis} . Artinya tidak ada perbedaan yang berarti dari kedua voltammogram tersebut. Oleh karena itu, maka elektroda pembanding Ag/AgCl buatan sendiri ini dapat dikatakan layak untuk digunakan.

Tabel III.1 Data arus puncak dan potensial puncak dari larutan campuran $K_3[Fe(CN)_6]$ dan $K_4[Fe(CN)_6]$ 10mM

	Ag/AgCl buatan sendiri	Ag/AgCl komersial
I_p (μA)	14,57	15,97
I_{pc} (μA)	-14,31	-14,91
I_p/I_{pc}	1,01	1,07
E_{pa} (mV)	258,0	272,0
E_{pc} (mV)	148,0	156,0
ΔE_p (mV)	110,0	116,0
E^0 (V)	203,0	214,0

Deret larutan standar Se yang digunakan untuk uji kinerja metode voltametri dibuat dengan prosedur sebagai berikut: ditimbang sekitar 0,0500gram $Na_2SeO_3 \cdot 5H_2O$ kemudian dilarutkan dengan HCl 0,1M dalam labu takar 100mL. Konsentrasi Se adalah sekitar 150 mg/L atau setara dengan $1,9 \times 10^{-3} M$. Larutan standar kerja (yang lebih encer) dibuat dengan cara ditimbang dan diencerkan dengan HCl 0,1M. Larutan standar ini dibuat segar setiap kali analisis dilakukan. Parameter teknik voltametri lucutan denyut diferensial yang digunakan adalah sebagai berikut:

Potensial awal (E_i) = -300 mV
 Potensial akhir (E_f) = -800 mV
 Potensial deposisi (E_{acc}) = -500 mV
 Waktu deposisi (t_{acc}) = 600 detik
 Laju selusur = 4 mV/detik
 Amplitudo denyut = 50 mV
 Besarnya nilai I_{pc} yang terukur ditampilkan pada Tabel III.2.

Tabel III.2 Nilai I_{pc} larutan standar Se 10 – 1000 μM yang diukur menggunakan teknik voltametri lucutan denyut diferensial.

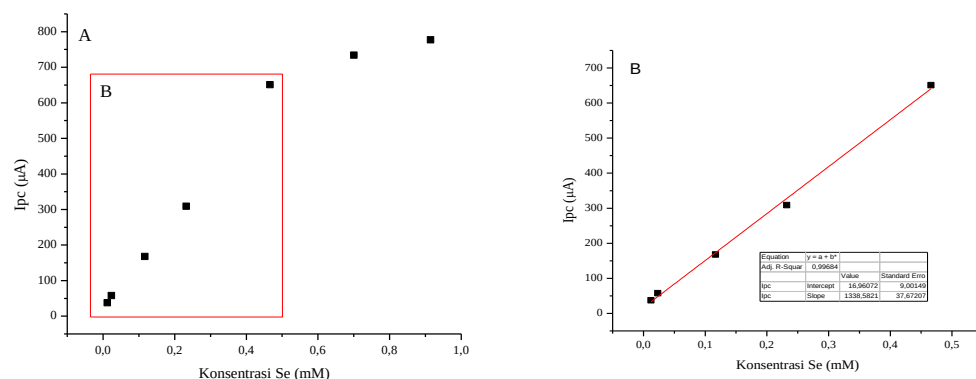
Konsentrasi (μM)	Pengukuran Arus (mA)				SD	RSD (%)	$CV_{Horwitz}$ (%)
	ke-1	ke-2	ke-3	Rata-rata			
12,1	0,0399	0,0348	0,0377	0,0375	0,0026	6,83	16,14
23,2	0,0619	0,0564	0,0553	0,0578	0,0035	6,09	14,63
57,8	0,0768	0,0668	0,0797	0,0744	0,0068	9,09	12,75
116,7	0,1662	0,1703	0,1666	0,1677	0,0023	1,35	11,47
232,2	0,2857	0,3151	0,3261	0,3090	0,0209	6,76	10,35
466,1	0,6206	0,6647	0,6677	0,6510	0,0264	4,05	9,32
700,4	0,7631	0,7374	0,7012	0,7339	0,0311	4,24	8,76
914,6	0,7945	0,7592	drift	0,7769	0,0250	3,21	8,42

Nilai standar deviasi relatif (%RSD) yang diperoleh pada setiap konsentrasi Se lebih kecil daripada nilai koefisien variansi (%CV) yang dipersyaratkan Horwitz untuk konsentrasi Se yang digunakan. Koefisien Variansi (CV)_{Horwitz} untuk konsentrasi larutan Se(IV) 10 – 1000 μM dihitung menggunakan rumus:

$$CV (\%) = 2^{1-0,5 \log C}$$

dengan C adalah: fraksi konsentrasi

Kurva kalibrasi mulai melengkung ketika konsentrasi larutan standar Se sudah melebihi $460\mu\text{M}$ seperti yang diperlihatkan pada Gambar III.1A. Oleh karena itu rentang linier pengukuran arus puncak reduksi Se dengan menggunakan elektroda kerja CuHg ditetapkan hingga $460\mu\text{M}$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar III.1B.



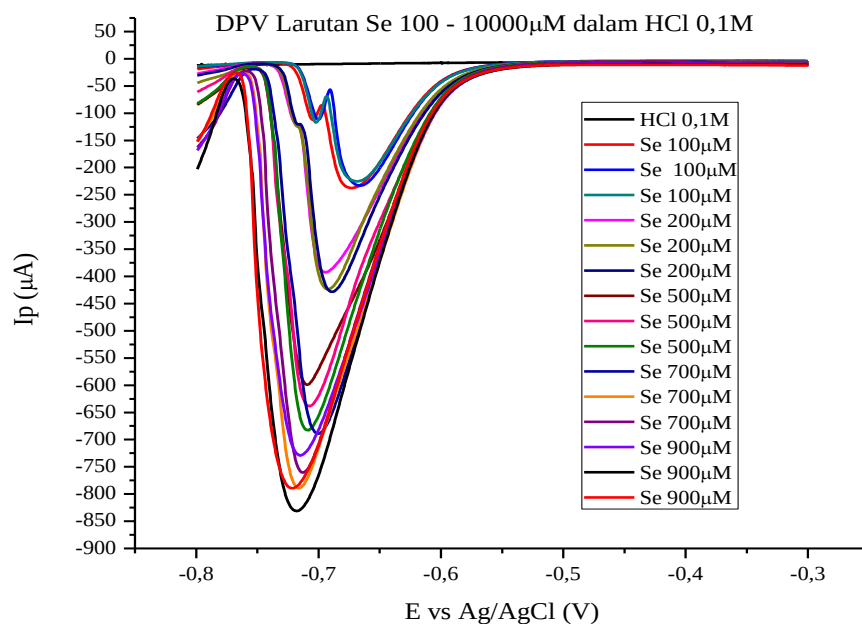
Gambar III.1 (A) Kurva kalibrasi larutan Se 10-1000 μM dengan elektrolit pendukung HCl 0,1M . **(B)** Kurva kalibrasi larutan standar Se pada rentang 10 – 460 μM dengan elektrolit pendukung HCl 0,1M

Kurva kalibrasi untuk pengukuran larutan standar Se hingga $460\mu\text{M}$ yang ditunjukkan oleh Gambar III.1B memiliki persamaan garis regresi $y = 1338,58x + 16,96$ dengan koefisien korelasi $r^2 = 0,9968$.

Limit deteksi (LoD) diturunkan dari persamaan garis regresi $i = (1338,6[\text{Se}] \pm 37,67) + (16,96 \pm 9,00)$ dan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$LoD = \frac{3x\delta a}{b} = \frac{3 \times 9,00}{1338,6} = 0,020 \text{ mM} = 20\mu\text{M}$$

Profil voltammogram lucutan denyut diferensial larutan Se dengan elektrolit pendukung HCl 0,1M, ditampilkan pada Gambar III.2 berikut:



Gambar III.2 Voltammogram differensial larutan standar Se 100 – 1000 μ M dalam larutan HCl 0,1M

Kesimpulan

Metode analisis elektrokimia dengan teknik voltametri lucutan denyut diferensial dapat digunakan untuk analisis selenium dalam matriks air. Teknik ini menggunakan elektroda kerja film amalgam (CuHg) dan elektroda pembanding Ag/AgCl yang dapat dibuat secara sederhana. Unjuk kinerja metode dengan menggunakan elektroda amalgam CuHg ini memiliki presisi yang baik, yang ditunjukkan dengan nilai standar deviasi relatif (%RSD) <10%. Rentang linier pengukuran adalah hingga 460 μ M dengan limit deteksi 20 μ M. Metode ini memungkinkan untuk digunakan oleh laboratorium-laboratorium pengujian di Indonesia, terutama yang memiliki keterbatasan infrastruktur peralatan laboratorium. Metode ini menggunakan bahan kimia yang relatif lebih sedikit pada saat preparasi sampel dibandingkan dengan metode standar seperti *Hydride Generation – Atomic Absorption Spectrofotometry (HG-AAS)*.

Daftar Rujukan

- Ashournia, M., Aliakbar, A, (2009), Determination of selenium in natural waters by adsorptive differential pulse cathodic stripping voltammetry, *Journal of Hazardous Materials*, **168**, 542–547
- Bertolino, F.A., Torriero, A.A.J., Salinas, E., Olsina, R., Martinez, L.D., Raba, J., (2006), Speciation analysis of selenium in natural water using square-wave voltammetry after preconcentration on activated carbon, *Anal.Chim. Acta*, **572**, 32-38.
- Blanc, R., Casado, G., Navalon, A., Vilchez, J.L., (2000), On the Estimate of Blanks in Differential Pulse Voltammetric Techniques: Application to Detection Limits Evaluation as Recommended by IUPAC, *Anal. Chim.Acta*, **403**, 117-123.

Bryce, D. W., Izquierdo, A., Castro, M. D., (1995), Sequential Speciation of Selenium by Flow Injection Cathodic Stripping Voltammetry, *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, **351**, 433-437

CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th edition

Ferri, T., Sangiorgio, P., (1999), Voltammetric Study of the Interaction Between Se (IV) and Dissolved Organic Matter in Environmental Aqueous Matrices, *Analytica Chimica Acta*, **385**, 337-343

Gautier, M. P., Seby, F., Astruc, A., (1995), Interference of Humic Substances on the Speciation Analysis of Inorganic Selenium in Waters and Soils by DPCSV, *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, **351**, 443-448

Harvey, D., (2000), Modern Analytical Chemistry, Mc.Graw Hill, 509-531

Holak, W., Specchio, J. J., (1994), Determination of Selenium in Food Supplements by Differential Pulse Cathodic Stripping Voltammetry in the Presence of Added Copper, *Analyst*, **119**, 2179-2182

Inam, R., Somer, G., (1997), Adsorptive Stripping Voltammetry of Selenium (IV) in the Presence of Thioglycolic Acid, *Analytical Sciences*, **13**, 653-656

Inam, R., Somer, G., (1998), Simultaneous Determination of Selenium and Lead in Whole Blood Samples by Differential Pulse Polarography, *Talanta*, **46**, 1347-1355

Inam, R., Somer, G., (1999), Determination of Selenium in Garlic by Cathodic Stripping Voltammetry, *Food Chemistry*, **66**, 381-385

Inam, R., Somer, G., (2000), A direct method for the determination of selenium and lead in cow's milk by differential pulse stripping voltammetry, *Food Chemistry*, **69**, 345-350

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002

Lange, B., van den Berg, C. M. G., (2000), Determination of Selenium by Catalytic Cathodic Stripping Voltammetry, *Anal. Chim. Acta*, **418**, 33-42

Mikkelsen, Ø, Schröder, K. H., (2003), Amalgam Electrodes for Electroanalysis, *Electroanalysis*, **15**, 679-687

Mohamed, R., Lee, L. W., (2006), Analysis of Selenium Using Cathodic Stripping Voltammetry, *Jurnal Teknologi Malaysia*, **44**, 55-66

Official Methods of Analysis, 1990

Papoff, P., Bocci, F., Lanza, F., (1998), Speciation of Selenium in Natural Waters and Snow by DPCSV at the Hanging Mercury Drop Electrode, *Microchemical Journal*, **59**, 50-76

Petropoulou, M. O., Tsopelas, F., (2002), Speciation Analysis of Selenium Using Voltammetric Techniques, *Analytica Chimica Acta*, **467**, 167-178

Piech, R., Kubiak, W.W., (2007), Determination of Trace Selenium on Hanging Copper Amalgam Drop Electrode, *Electrochimica Acta*, **53**, 584-589

Piech, R., (2008), Determination of Selenium Traces on Cyclic Renewable Mercury Film Silver Electrode in Presence of Copper Ions Using Cathodic Stripping Voltammetry, *Electroanalysis*, **20**, 2475-2481

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 21st edition, (2005), American Public Health Association, Washington DC

Sladkov, V., David, F., Fourest, B., (2003), Copper-mercury Film Electrode for Cathodic Stripping Voltammetric Determination of Se(IV), *Anal. Bioanal. Chem.*, **375**,300-305

Tanaka, S., Sugarawa, K., Taga, M., (1990), Voltammetry of Selenium(IV) Based on an Adsorptive Accumulation of Selenium-2,3-Diaminonaphthalene Complex, *Analytical Science*, **6**, 475-478

Tsoi, Y.K., Leung, K.S.Y., (2011), Toward the Use of Surface Modified Activated Carbon in Speciation: Selective Preconcentration of Selenite and Selenate in Environmental Waters, *Journal of Chromatography A*, **1218**, 2160-2164

Wang, J., (1994), *Analytical Electrochemistry*, VCH Publishers, Inc., New York, 1-29, 113-115

World Health Organization, (2011), Selenium in Drinking-water: Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*.

EFEK PH TERHADAP *GELING TIME* DAN KARAKTERISTIK SILIKA XEROGEL

Nazriati^{a,*}, Bella Carnel Dion Shap Raga^a, Fauziatul Fajaroh^a, dan, Sumari^a

^a Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang No 5, Malang 65145

*Corresponding author's email: nazriati.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Silika *xerogel* merupakan porous material yang banyak digunakan sebagai adsorben, penyerap kelembaban, bahan pengisi, pendukung katalis. Sintesis silika *xerogel* dilakukan dengan metode sol gel. Metode sol gel melalui tahapan kondensasi yang laju reaksinya dipengaruhi oleh pH. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek pH terhadap *geling time* dan karakteristik silika *xerogel* yang disintesis dari abu *bagasse*.

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan: ekstraksi silika dari abu bagasse menghasilkan sodium silikat, proses pertukaran kation Na^+ dengan H^+ menggunakan resin penukar kation, sintesis silika *xerogel* dengan metode sol gel dengan memvariasikan pH, dan terakhir karakterisasi dengan FTIR dan BET.

Gelling time menunjukkan bahwa waktu pembentukan gel semakin cepat dengan naiknya pH hingga pH 9. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa silika *xerogel* telah berhasil disintesis, dibuktikan dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang 3500 cm^{-1} untuk vibrasi gugus silanol (SiO-H) dan puncak pada bilangan gelombang 1200 cm^{-1} menunjukkan vibrasi gugus siloksan (Si-O-Si). Hasil analisis BET menunjukkan bahwa silika *xerogel* yang disintesis pada pH 5 memiliki luas permukaan paling besar yaitu $490,16\text{ m}^2/\text{g}$.

Kata Kunci : pH, *geling time*, silika *xerogel*.

ABSTRACT

Silica *xerogel* is a porous material that is widely used as adsorbent, desiccant, filler, supports catalyst. Synthesis of silica *xerogel* conducted by sol gel method. Sol-gel method through the stages of condensation reaction that rate is influenced by pH. Therefore, this study aimed to determine the effect of pH on *geling time* and characteristics of silica *xerogel* synthesized from bagasse ash.

This research was conducted through the following stages: extraction of silica from bagasse ash to produce sodium silicate, the cation exchange process of Na^+ with H^+ using cation exchange resin, synthesis of silica *xerogel* with sol gel method by varying of pH, and characterization by FTIR and BET. *Gelling time* showed that the faster gelation time with increasing pH up to pH 9. The results of FTIR analysis showed that the silica *xerogel* has successfully synthesized, evidenced by the appearance of the peak at wave number 3500 cm^{-1} for the vibration of silanol (SiO-H) and peak at wavenumber 1200 cm^{-1} showed vibration siloxane groups (Si-O-Si). BET analysis results showed that the silica *xerogel* synthesized at pH 5 has high surface area of $490.16\text{ m}^2/\text{g}$.

Keywords: *gelling time*, pH, silica *xerogel*.

PENDAHULUAN

Silika gel merupakan material berpori sehingga memiliki luas permukaan yang tinggi. Silika gel dapat dikategorikan atas hidrogel, xerogel, dan aerogel. Karakteristik silika gel yang berpori, luas permukaan besar

Sintesis silika gel dapat menggunakan berbagai sumber silika seperti senyawa alkoksida (TEOS, TMOS) (Dorcheh, 2008 dan Sinko, 2010), dan sodium silikat (Iler, 1979; Brinker dan Scherer, 1990). Senyawa alkoksida merupakan sumber silika yang murni akan tetapi beracun dan juga mahal. Di samping itu, senyawa alkoksida dalam tahap rekasi hidrolisis membutuhkan alkohol sebagai pelarut. Sodium silikat lebih murah dan ramah lingkungan. sehingga lebih menarik dijadikan sebagai prekursor pembuatan silika gel. Sodium silikat dapat dibuat dari pasir silika, abu sekam padi, dan abu bagasse. Bagasse merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pembuatan gula di pabrik gula. Bagasse yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu tersebut adalah sekitar 35% dari massa tebu yang digiling. Umumnya, di pabrik gula bagasse dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk boiler. Sisa pembakaran bagasse tersebut menghasilkan abu bagasse (Nazriati, 2014).

Abu bagasse mengandung silika >50 % (Affandy, 2009). Silika yang dikandung dalam abu bagasse merupakan silika *biogenic*. Silika biogenic merupakan silika amorf yang memiliki sifat yang unik yaitu kelarutannya rendah pada pH dibawah 10 dan kelarutannya meningkat dengan tajam pada pH di atas 10 (Iler, 1979; Brinker dan Scherer, 1990; Kalaphaty, 2000). Keunikan sifat silika biogenic ini menjadikannya dapat diekstraksi dari abu bagasse dengan melarutkannya pada kondisi basa.

Affandy (2009), mensintesis silika xerogel dari abu bagasse dengan memvariasikan pH dari 7-9. Luas permukaan spesifik silika xerogel yang diperoleh sebesar 69-152 m²/g. Luas permukaan yang dihasilkan belum begitu memuaskan. Proses pembuatan silika gel dilakukan dengan metode sol-gel. Metode sol-gel melewati beberapa tahapan yaitu sol, gel, *aging*, dan *drying*. Masing-masing tahap dapat dipelajari agar didapatkan karakteristik silika gel yang diinginkan.

Tahapan perubahan sol menjadi gel melibatkan reaksi kondensasi. Laju reaksi kondensasi dipengaruhi oleh pH. Pada pH rendah reaksi kondensasi lambat dan pada pH tinggi reaksi kondensasi memiliki laju yang lebih cepat. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipelajari pengaruh pH terhadap laju reaksi kondensasi yang diamati dengan cara mengatur pH campuran dan kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk terbentuknya gel.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah Abu *Bagasse* dari PG Kribet Baru Jl. Bululawang No. 10 Malang, NaOH (*p.a*, Merck), NH₃ (*aq*, Merck), dan HCl 37% (*p.a.*, Merck), Resin penukar kation, Aquades, Kertas saring (*Whatmann no 42*), Kertas saring kasar, Indikator Universal (*Merck*), Aqua Demineralisasi (*Hydrobatt*).

Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah alat gelas, Neraca Analitik (*DURASCALE DAB-200*), Pompa Vacuum (*ULVAC SINKUKIKO DA-20D*), Oven (*Memmert*), dan Magnetik Stirer (*CIMAREC*), SEM (*FEI-INSPECT -S50*), FTIR, dan BET (*Quantachrome AsiQwin*).

Prosedur

Preparasi Sodium Silikat

10 g abu bagasse dicampur dengan 60 mL NaOH 2N dan dididihkan sambil diaduk dengan magnetik stirer selama satu jam. Campuran didinginkan dan kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatmann 42 dan dengan bantuan pompa vacum. Filtrat yang dihasilkan merupakan sodium silikat

Preparasi Silicic acid

Sodium silikat dicampur dengan resin penukar kation dengan perbandingan volume 1:3. Proses pencampuran dilakukan dengan pengadukan kuat selama 30 menit hingga tercapai pH 2. Campuran disaring dengan kertas saring kasar dan filtrat yang dihasilkan adalah silicic acid yang selanjutnya digunakan sebagai prekursor pembuatan silika xerogel.

Sintesis Silica Xerogel

Silicic acid ditambahkan NH_4OH tetes demi tetes hingga pH yang diinginkan (2, 5, 7, dan 9). Setelah pH yang diinginkan tercapai, sol dibiarkan hingga membentuk gel. Waktu saat terbentuk gel dicatat. Gel selanjutnya di aging selama 18 jam pada suhu 40°C . Selanjutnya gel dicuci dengan aquadest hingga pH 7. Terakhir, gel dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Gel yang telah dikeringkan (silika xerogel) siap untuk dikarakterisasi.

Karakterisi

Silika xerogel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR (FTIR, Shimadzu-Prestige 21) untuk mengetahui gugus fungsi, morfologi silika xerogel diobservasi dengan SEM (FEI-INSPECT -S50), dan luas permukaan spesifik ditentukan dengan metode BET (Quantachrome AsiQwin).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gelling Time

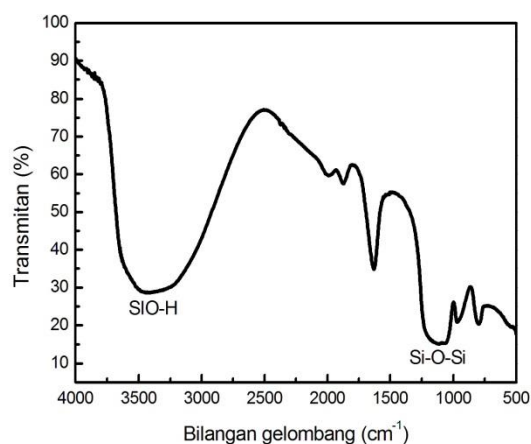
Prekursor yang digunakan untuk mensintesis silika xerogel merupakan *silicic acid*. *Silicic acid* ditambahkan dengan NH_4OH 1 N tetes demi tetes hingga tercapai pH yang diinginkan. Pada penelitian ini dibuat variasi pH 2, 5, 7, dan 9. Penambahan basa berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi kondensasi. Semakin cepat reaksi kondensasi maka semakin cepat terbentuknya gel atau *gelling time* nya pendek dan sebaliknya. Tabel 1 menyajikan hubungan pH terhadap *gelling time*.

Tabel 1. Hubungan pH terhadap Gelling Time

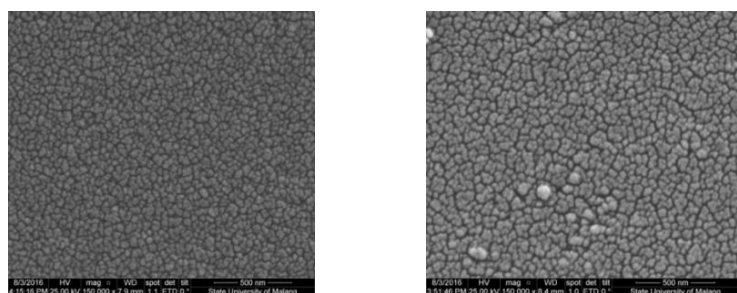
No.	pH	Gelling Time (menit)
1	2	2880
2	5	5
3	7	2
4	9	1

Gelling yang terjadi secara lambat menunjukkan proses kondensasi juga lambat. Kondensasi yang lambat ini menghasilkan polimer dengan jaringan tiga dimensi yang besar sehingga memungkinkan silika *xerogel* yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang besar pula.

Gugus fungsi pada yang terdapat pada silika xerogel hasil sintesis diamati dengan FTIR. Gambar 4.1 menunjukkan spektra FTIR silika xerogel hasil sintesis. Puncak pada bilangan gelombang 3000-3500 cm^{-1} dan puncak pada 1600 cm^{-1} mengindikasikan vibrasi gugus SiO-H dari gugus silanol dan juga dapat dari serapan OH uap air. Serapan pada bilangan gelombang 1200 cm^{-1} merupakan vibrasi dari gugus Si-O-Si (siloksan) yang menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi kondensasi.



Gambar 1. Spektra FTIR silika xerogel hasil sintesis



(a)

(b)

Gambar 2. Citra SEM silika xerogel yang disintesis dari Abu Bagase (a) pH 5 dan (b) pH 9

Gambar 2 menunjukkan adanya perbedaan morfologi antara silika *xerogel* yang disintesis pada pH 5 dengan yang disintesis pada pH 9. Pada pH 5 terlihat partikel silika *xerogel* yang seragam, dengan ukuran yang kecil, dan tidak bergerombol. Pada pH 5 gugus silanol mengalami protonasi yang menyebabkan reaksi kondensasi berlangsung perlahan. Sebagai akibatnya, agregasi juga terjadi secara perlahan membentuk struktur cincin yang teratur. Sebaliknya, pada pH 9 terlihat ukuran partikel lebih besar dan menggerombol. Data geling time menunjukkan bahwa sintesis pada pH 9 berlangsung sangat cepat. Reaksi kondensasi yang cepat memungkinkan terjadinya aglomerasi yang teramati dengan adanya partikel yang bergerombol.

Luas Permukaan Silika Xerogel

Luas permukaan spesifik silika xerogel ditentukan dengan metode BET. Tabel 2 menyajikan data luas permukaan spesifik silika xerogel yang disintesis pada berbagai pH. Luas permukaan spesifik terbesar diperoleh 490,115 m²/g yaitu silika xerogel yang disintesis pada pH 5.

Tabel 2. Luas permukaan Spesifik Silica Xerogel pada Berbagai pH

No.	pH	Luas permukaan spesifik (m ² /g)
1	2	471,111
2	5	490, 115
3	7	417,638
4	9	325,493

Silika xerogel yang disintesis pada rentang pH 2-5 mengalami peningkatan luas permukaan dengan waktu *gelling* yang semakin cepat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan struktur gel yang terbentuk antara silika *xerogel* pada pH 2 dan pH 5. Pada pH 2, merupakan titik isoelektrik sehingga reaksi kondensasi berjalan sangat lambat. Reaksi agregasi lebih cepat dibanding kondensasi sehingga luas permukaannya lebih kecil. Sedangkan pada rentang pH 7- 9 mengalami penurunan luas permukaan dengan waktu *gelling* yang semakin cepat. Semakin tinggi pH maka semakin banyak kandungan -OH akibatnya, dengan kenaikan pH reaksi kondensasi terjadi semakin cepat dan menyebabkan partikel menggerombol sehingga luas permukaan yang semakin kecil. Silika xerogel

yang disintesis pada pH di bawah 7 memberikan luas permukaan lebih besar, sedangkan sebelumnya Affandy (2009) telah berhasil mensintesis silika *xerogel* pada pH 7 dengan luas permukaan sebesar $152 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

KESIMPULAN

Geling time dipengaruhi oleh pH. Semakin tinggi pH campuran maka *geling time* semakin pendek. Luas permukaan spesifik silika *xerogel* yang disintesis dari abu bagasse dipengaruhi oleh pH. Luas permukaan silika *xerogel* berkisar antara 325,493-490,115 m^2/g . Naiknya pH diikuti dengan naiknya luas permukaan dan setelah pH 5 luas permukaan mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, S., Setyawan, H., Winardi, S., Purwanto, A., Balgis, R. 2009. "A Facile Method for Production of High Purity Silica Xerogel from Bagasse Ash". *Advanced Powder Technology*. **20**:468-472.
- Brinker, C.J. dan Scherer, G.W. 1990. *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*. San Diego: Academic Press, Inc.
- Dorcheh, A.S., Abbasi, M.H. 2008. "Silica Aerogel; Synthesis, Properties and Characterization". *Journal of Materials Processing Technology*. **199**:10-26.
- Iller, R. K. 1979. "The Chemistry of Silica". New York: John Wiley and Sons.
- Kalaphaty, U., Pector, A., Shultz, J. 2000. "A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash". *Bioresource Technology*. **73**: 257-262.
- N. Nazriati, Heru Setyawan, Samsudin Affandi, Minta Yuwana, Sugeng Winardi. 2014. Using bagasse ash as a silica source when preparing silica aerogels via ambient pressure drying. *Journal of Non-Crystalline Solids*. **400**: 6-11
- Sinko, K. 2010. "Influence of Chemical Conditions on the Nanoporous Structure of Silicate Aerogels". *Materials*. **3**: 704-710.

PEMANFAATAN KOMPOS ORGANIK TPA TLEKUNG, BATU SEBAGAI ADSORBEN TEMBAGA

Alfian A. F., Irma K. Kusumaningrum, M. Sodik Ibnu, Yudhi Utomo

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Malang.

*Correspondence author's email: alfianafauzi888@yahoo.com

ABSTRAK

TPA Tlekung (Tlekung landfill), Batu produce a large quantities of leachate that has a potency to cause environmental problems, because the leachate contains high concentration of heavy metals. Compost is one alternative of heavy metal adsorbent. The aim of this research are: 1) to determine the physico-chemical characteristics of the leachate of Tlekung landfill, 2) to determine the physico-chemical characteristics of the compost of Tlekung landfill, 3) to determine the effective ratio between the adsorbent mass: adsorbate volume and the effective contact time on copper adsorption process of Tlekung's landfill leachate. The research consisted of three section: 1) physico-chemical characterization of Tlekung's landfill leachate, 2) physico-chemical characterization of Tlekung's landfill compost, 3) determination of the effective ratio between the adsorbent mass: adsorbate volume and the effective contact time on copper adsorption process of Tlekung's landfill leachate. The results showed that the characteristics of Tlekung's landfill leachate are, the average temperature= 24,6 °C; TSS= 1667.67 mg/L; TDS= 11480 mg/L; turbidity = 132 mg/L; pH= 8; DO= 0.16 mg/L ; BOD5= 41.69 mg/L; COD= 1973.33 mg/L; TOC = 1.570 mg/L ; Copper = 0.124 mg/L; the ratio of BOD5/COD= 0.02. Characteristics of Tlekung's landfill compost are pH= 7; water content= 20.74%; copper content= 17.20 mg/kg. The effective ratio between compost mass ratio: volume samples that optimal to adsorb copper is 2.5 g compost: 100 mL solution of 0.2 ppm $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ and the effective contact time is 16 hours. Maximum copper reduction percentage is 36.18%.

Kata kunci : Tembaga, lindi, kompos, adsorpsi

ABSTRACT

TPA Tlekung, Batu menghasilkan lindi dalam jumlah besar yang berpotensi menimbulkan masalah lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Kompos merupakan salah satu alternatif adsorben yang dapat menyerap kandungan logam berat pada lindi. Penelitian ini bertujuan untuk : 1) mengetahui karakteristik fisika-kimia lindi TPA Tlekung, Batu, 2) mengetahui karakteristik fisika-kimia kompos TPA Tlekung, Batu, 3) menentukan perbandingan massa adsorben terhadap volume adsorbat dan waktu kontak efektif pada proses adsorpsi tembaga oleh kompos TPA Tlekung, Batu. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu 1) karakterisasi fisika-kimia lindi TPA Tlekung, Batu, 2) karakterisasi fisika-kimia kompos TPA Tlekung, Batu, 3) penentuan perbandingan massa adsorben : volume sampel dan waktu kontak optimal pada proses adsorpsi tembaga menggunakan kompos TPA Tlekung, Batu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik lindi TPA Tlekung, Batu sebagai berikut temperatur= 24,6 °C; TSS= 1.667,67 mg/L; TDS= 11480 mg/L; turbiditas= 132 mg/L; pH= 8; DO= 0,16 mg/L; BOD5= 41,69 mg/L; COD= 1973,33 mg/L; TOC = 1.570 mg/L; tembaga= 0,124 mg/L; rasio BOD5/COD= 0.02. Karakteristik kompos TPA Tlekung, Batu sebagai berikut pH = 7; kadar air = 20.74%; berwarna coklat; tembaga = 17.20 mg/kg sehingga kompos dapat digunakan sebagai adsorben tembaga. Dari hasil penelitian diperoleh perbandingan massa kompos : volume sampel yang optimal untuk mengadsorpsi tembaga adalah 2.5 g kompos : 100 mL larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm dengan waktu kontak efektif selama 16 jam, persentase reduksi konsentrasi tembaga yang tercapai adalah 36.18%.

Keywords : Copper, leachate, compost, adsorption

PENDAHULUAN

Air lindi merupakan hasil dari infiltrasi dan perkolasi dari air hujan, air tanah, air limpasan atau air banjir yang menuju dan melalui lokasi pembuangan sampah maupun kandungan air pada sampah itu sendiri (Wisnu, 1995). Air lindi dapat bersifat toksik karena adanya zat pencemar dalam timbunan yang mungkin berasal dari buangan limbah industri, debu, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya, atau dari proses dekomposisi yang normal terjadi pada sampah.

Pengolahan lindi TPA Tlekung, Batu menggunakan teknologi ABR (Anaerobic Baffle Reactor). Kelemahan dari metode ABR terutama karena tidak terdapatnya rancangan untuk mereduksi kandungan logam berat sehingga dikhawatirkan limbah cair yang dikelola dan dihasilkan dengan teknologi ini masih mempunyai kadar logam berat yang tinggi. Terdapat berbagai macam kandungan logam berat pada lindi, salah satunya adalah tembaga. Kadar maksimum tembaga dalam tubuh manusia adalah 0.05 mg/kg berat badan. Konsentrasi tembaga yang tinggi bersifat toksik terhadap lingkungan, sulit terurai, dan dapat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup melalui makanan yang dikonsumsi sehingga menyebabkan berbagai macam penyakit. Diperlukan suatu metode untuk mereduksi kandungan ion logam berat yang terdapat pada lindi sehingga aman ketika dibuang ke sungai.

Berbagai metode tersedia untuk mereduksi kandungan logam berat dalam lindi, salah satunya dengan menggunakan metode adsorpsi. Terdapat berbagai macam adsorben yang bisa digunakan, diantaranya adalah zeolit, silika, karbon aktif dan kompos. Kompos merupakan bahan organik yang telah mengalami proses penguraian oleh mikroorganisme sehingga kompos kaya akan humus. Kompos dapat digunakan untuk meminimalisasi kadar logam berat yang mempunyai konsentrasi tinggi karena terdapatnya kandungan humus yang terdapat pada kompos (Kucasoy dan Guvener, 2009). Kompos mengandung substansi humus (asam fulvat, asam humat, dan humin) yang mampu mereduksi kadar logam berat melalui pertukaran kation, pembentukan chelate, dan ikatan elektrostatis. Kompos memiliki situs – situs negatif yang dapat mengikat kation seperti ion hidrogen dan ion – ion logam. Kemampuan kompos sebagai adsorben logam berat juga dipengaruhi oleh konsentrasi polutan pada lindi, terdapatnya koloid, senyawa kompetitor logam yang dapat terserap oleh adsorben (Galvin, 2011). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh M. A. Hosssain *et al* (2012) menyatakan bahwa kompos (kulit pisang) mempunyai daya adsorpsi sebesar 88 % untuk tembaga. Penelitian lain yang dilakukan oleh Joao Martinho *et al* (2015) menyatakan bahwa kompos sampah organik mempunyai daya adsorpsi sebesar 60% untuk tembaga. Diperlukan penelitian untuk mengetahui efektifitas kompos sebagai adsorben. Informasi mengenai efektifitas kompos sebagai adsorben ion logam berat pada lindi sangat bermanfaat dalam upaya pemanfaatan kompos sehingga dapat berkontribusi terhadap reduksi kandungan ion logam berat pada lindi.

METODE PENELITIAN

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik Ohaus, gelas kimia (500 mL, 100 mL, 50 mL), erlenmeyer 100 (250 mL, 100 mL), pipet volume (25 mL, 10 mL), pipet ukur 1 mL, pipet tetes, buret, labu ukur (1000 mL, 100 mL, 50 mL), botol Winkler, batang pengaduk, spatula, gelas arloji, corong kaca, thermometer, kertas saring, gelas ukur (50 mL, 10 mL, 5 mL), botol reagen, loyang, sendok, ayakan, blender, magnetic stirrer, centrifuge, oven, elektroda WQC 22-A, TOC analyzer merk simadzu type TOC-VCSH, AAS-AA240 Varian.

Bahan

Kompos dan lindi diperoleh dari TPA Tlekung, Batu. Bahan – bahan kimia yang digunakan dalam penelitian adalah $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (p.a), HNO_3 (teknis), H_2SO_4 (p.a), MnSO_4 (p.a), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (p.a), NaOH (p.a), KI (p.a), HgSO_4 (p.a), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (p.a), ferri amonium sulfat (p.a), indikator amilum (p.a) dan indikator ferroin (p.a).

Prosedur Penelitian

1. Karakterisasi Lindi TPA Tlekung, Batu

a. Pengukuran Parameter Fisika

Karakteristik fisika lindi yang diukur adalah temperatur, total suspended solid (TSS), total dissolved solid (TDS), kekeruhan (Turbiditas).

b. Pengukuran Parameter Kimia

pH, dissolved oxygen diukur dengan elektroda WQC 22-A, biochemical oxygen demand (BOD_5) diukur dengan metode titrimetri Winkler, chemical oxygen demand diukur dengan metode titrasi bikromat, total organic carbon diukur dengan instrument TOC Analyzer, konsentrasi tembaga diukur dengan instrument AAS pada $\lambda=324,8$ nm.

2. Karakterisasi Kompos TPA Tlekung, Batu

Kompos dikeringkan kemudian dihaluskan sampai menjadi serbuk kemudian kandungan logamnya dianalisis menggunakan XRF, pH kompos diukur dengan pH meter khusus tanah, kadar air, kadar logam terlarut diukur dengan instrument AAS.

3. Larutan Sampel $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 3,803 g $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dalam 1000 mL aquades

4. Proses Adsorpsi Tembaga (Cu) dalam larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm

tembaga dalam larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm diadsorpsi dengan adsorben kompos secara batch dalam beaker glass. Untuk menentukan perbandingan massa kompos : volume larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm dan waktu kontak yang efektif dilakukan dengan proses adsorpsi dengan variasi perbandingan massa kompos : volume larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm yaitu 1,25 g; 2,5 g; 5,0 g; 7,5 g : 100 mL larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm dan variasi waktu kontak yaitu 2 jam; 4 jam; 8 jam; 12 jam; 16 jam; 20 jam kemudian diukur dengan AAS pada $\lambda=324,8$ nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Fisika-Kimia Lindi

Karakteristik fisika-kimia lindi TPA Tlekung, Batu adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Fisika Lindi TPA Tlekung, Batu

Parameter Fisika	Hasil Pengamatan	Baku Mutu
Temperatur	24.6 °C	20 °C
Total Padatan Tersuspensi (TSS)	1.666,67 mg/L	50 mg/L
Total Padatan Terlarut (TDS)	11.480 mg/L	-
Kekeruhan	132 mg/L	-

Total suspended solids lindi TPA Tlekung, Batu adalah 1.666,67 mg/L. Nilai TSS ini melebihi dari baku mutu yang telah ditetapkan oleh PERGUB JATIM No.72 Tahun 2013 yaitu 50 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa endapan tersuspensi yang terdapat di dalam lindi sangat tinggi yang kemungkinan berasal dari erosi tanah yang terbawa ke kolam penampung lindi secara terus menerus. Kemungkinan lain tingginya kadar TSS karena adanya ion karbonat dan sulfat sebagai hasil penguraian senyawa organik pada lindi, ion sulfat dan karbonat membentuk senyawa tersuspensi dengan ion Ag^+ , Pb^{2+} , Ba^{2+} (Vogel, 1990).

Tabel 2. Hasil Pengukuran Parameter Kimia Lindi TPA Tlekung, Batu

Parameter Kimia	Hasil Pengamatan	Baku Mutu
pH	8	6-9
Kadar DO	0,16 mg/L	-
Kadar BOD ₅	41,69 mg/L	30 mg/L
Kadar COD	1.973,33 mg/L	50 mg/L
Kadar TOC	1.570 mg/L	-
Kadar Tembaga	0,124 mg/L	-

Kadar oksigen terlarut lindi TPA Tlekung, Batu sebesar 0,16 ppm. Air yang sehat minimal mempunyai kadar oksigen terlarut antara 5 – 7 ppm pada suhu 20 °C. Rendahnya kadar oksigen terlarut ini disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik yang didukung oleh nilai TOC sebesar 1.570 mg/L. Kadar BOD₅ lindi TPA Tlekung, Batu melebihi baku mutu PERGUB JATIM No. 72 tahun 2013 sebesar 30 ppm. Tingginya kadar BOD₅ ini mengindikasikan banyaknya kandungan bahan organik yang mudah didegradasi oleh mikroorganisme di dalam lindi tersebut. Kandungan COD lindi TPA Tlekung, Batu adalah 1.973,33 mg/L. Kandungan COD ini di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 yaitu 50 mg/L. Tingginya kadar COD ini mengindikasikan tingginya kandungan bahan organik yang didegradasi oleh mikroba.

Dari pengukuran parameter kimia, terlihat bahwa umur landfill TPA Tlekung tergolong tua yaitu > 10 tahun dan stabil yang ditandai dengan nilai pH, COD, dan rasio BOD₅/COD. Semakin lama umur landfill menunjukkan bahwa kandungan atau komposisi senyawa dalam lindi relatif homogen (*Meeroff et al, 2008*).

2. Karakter kompos

Kompos yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kompos yang diproduksi oleh TPA Tlekung, Batu. Bahan dasar yang digunakan dalam kompos tersebut adalah sampah organik seperti sayuran dan daun – daunan.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kadar Air Kompos TPA Tlekung, Batu

Pengulangan	Berat Kompos	Awal	Berat Setelah Pemanasan	Kadar Air	Kadar Air Rata-Rata	Baku mutu
1	100 gram		79,15 gram	20,85 %		
2	100 gram		77,77 gram	22,23 %	20,74 %	Maks. 50%
3	100 gram		80,86 gram	19,14 %		

Tabel 4. Hasil Pengukuran pH dan Organoleptik Kompos TPA Tlekung, Batu

Parameter yang diamati	Hasil	Baku Mutu
pH	7	6,80-7,49
Bau	Berbau seperti tanah	Berbau seperti tanah
Warna	Coklat tua	Kehitaman

Tabel 5. Hasil Analisis XRF Kompos TPA Tlekung, Batu

Komponen	Konsentrasi
Al	6,6 +/- 0,2 %
Si	18,6 +/- 0,2 %
P	1,1 +/- 0,05 %
K	9,92 +/- 0,01 %
Ca	17,3 +/- 0,07 %
Ti	1,86 +/- 0,06 %
V	0,098 +/- 0,022 %
Cr	0,095 +/- 0,009 %
Mn	0,83 +/- 0,01 %
Fe	37,5 +/- 0,3 %

Ni	0,21 +/- 0,007 %
Cu	0,24 +/- 0,008 %
Zn	0,17 +/- 0,003 %
Sr	0,79 +/- 0,05 %
Mo	3,8 +/- 0,04 %
Eu	0,51 +/- 0,08 %
Re	0,3 +/- 0,007 %

Analisa menggunakan XRF ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam yang terdapat pada permukaan kompos. Tabel 5 menunjukkan adanya kandungan tembaga (Cu) yang mengindikasikan bahwa kompos tersebut bisa untuk mengikat tembaga (Cu). Tabel 5 juga terlihat bahwa kadar logam yang dominan pada kompos adalah besi, silikon, kalsium, kalium, alumunium, dan molibdat. Keterdapat ion logam pada kompos secara total dapat diukur dengan mendestruksi kompos dengan larutan pada pH = 2. Berikut merupakan hasil pengukuran kadar logam terlarut dalam kompos dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kadar Logam dalam Kompos TPA Tlekung, Batu

Parameter yang diamati	Hasil	Baku Mutu
Kadmium (Cd)	1,384 mg/kg	Maks. 3
Nikel (Ni)	2,728 mg/kg	Maks. 62
Tembaga (Cu)	17,20 mg/kg	Maks. 100

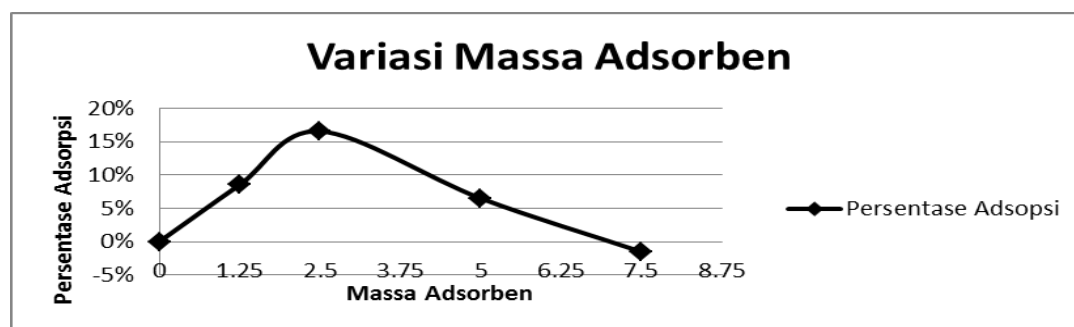
Dari hasil pengukuran terlihat bahwa konsentrasi Kadmium, Nikel, Tembaga masih memenuhi baku mutu SNI 19-7030-2004 yaitu masing – masing maksimal sebesar 3, 62, dan 100 mg/kg.

3. Adsorpsi tembaga pada lindi menggunakan kompos TPA Tlekung, Batu

Karakter kompos sangat menentukan kemampuannya sebagai adsorben. Di dalam kompos terdapat kandungan asam humat dan asam fulvat yang dapat mengadsorpsi logam berat melalui pertukaran ion, pembentukan chelate, dan ikatan elektrostatis. Pada pengukuran awal tembaga pada lindi TPA Tlekung, diperoleh konsentrasi awal tembaga 0,124 mg/L. Hal tersebut menjadi dasar dilakukannya adsorpsi menggunakan kompos untuk mengurangi konsentrasi ion tembaga. Pada penelitian ini dilakukan variasi massa kompos dan waktu kontak agar diperoleh massa adsorben dan waktu kontak efektif untuk menurunkan konsentrasi tembaga pada lindi TPA Tlekung, Batu.

a. Pengaruh Massa Kompos

Massa kompos dilakukan untuk mengetahui efektifitas kompos untuk mengurangi kadar tembaga pada larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm dan lindi TPA Tlekung, Batu . Hasil data pengamatan menggambarkan terjadinya penurunan kandungan logam tembaga setelah diadsorpsi kompos dengan dosis 1,25g; 2,5 g; 5,0 g; 7,5 g selama 4 jam.

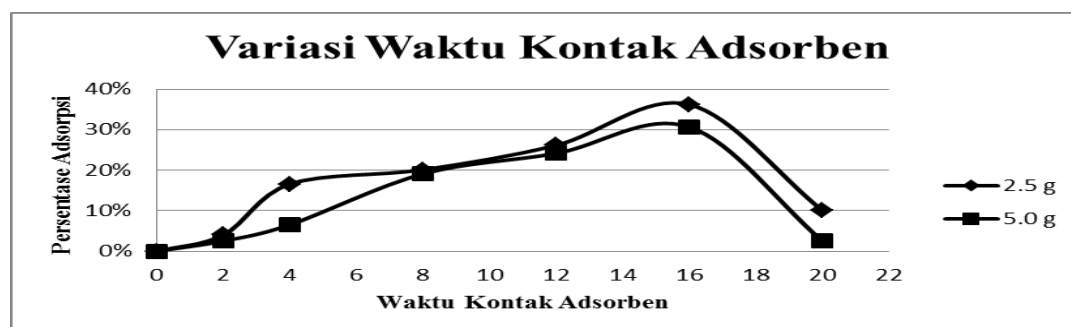


Gambar 1 Pengaruh Massa Kompos terhadap Konsentrasi Larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm

Berdasarkan grafik tersebut, adsorpsi optimum tembaga pada larutan model $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm adalah dengan dosis 2,5 gram.

b. Pengaruh Waktu Kontak

Waktu kontak kompos dilakukan untuk mengetahui efektifitas kompos untuk mengurangi kadar tembaga pada larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 ppm dan lindi TPA Tlekung, Batu . Hasil data pengamatan menggambarkan terjadinya penurunan kandungan logam tembaga setelah diadsorpsi kompos dengan waktu kontak 2 jam, 4 jam, 8 jam, 12 jam, 16 jam dan 20 jam.



Gambar 2. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Konsentrasi Larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm

Berdasarkan tabel tersebut, adsorpsi optimum tembaga pada larutan model $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm adalah dengan waktu kontak 16 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter fisika-kimia lindi TPA Tlekung, Batu yang terukur adalah sebagai berikut : temperatur = 24,6 0C, total padatan tersuspensi= 1666,67 mg/L, total padatan terlarut= 11480 mg/l, kekeruhan (turbiditas)= 132 mg/L, pH= 8, kadar DO= 0,16 mg/L, kadar BOD_5 = 41,69 mg/L, kadar COD = 1973,33 mg/L, kadar TOC= 1570 mg/l, konsentrasi tembaga = 0,124 mg/L. Parameter fisika lindi dapat diketahui bahwa lindi yang terdapat di TPA Tlekung, Batu memiliki kadar TSS dan TDS di atas baku mutu yang ditetapkan sehingga menyebabkan lindi yang terdapat di TPA Tlekung, batu terlihat sangat keruh. Sedangkan untuk parameter kimia lindi dapat diketahui bahwa landfill TPA Tlekung tergolong tua yaitu > 10 tahun dan stabil yang ditandai dengan nilai pH, COD, dan rasio BOD_5/COD . Semakin lama umur landfill menunjukkan bahwa kandungan atau komposisi senyawa dalam lindi relatif homogen.
2. Parameter Parameter fisika-kimia kompos TPA Tlekung, Batu yang terukur adalah sebagai berikut; berbau seperti tanah, coklat tua, pH = 7, kadar air = 20,74 %, kadar logam terlarut : kadmium (Cd) = 1,384 mg/kg, nikel (Ni) = 2,728 mg/kg, tembaga (Cu) = 17,20 mg/kg. Parameter fisika-kimia kompos TPA Tlekung, Batu dapat diketahui bahwa kompos tersebut telah memenuhi baku mutu SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kualitas kompos dari sampah organik domestik. Hasil pengukuran kadar logam terlarut juga memenuhi baku mutu SNI 19-7030-2004.
3. Kompos produksi TPA Tlekung, Batu dapat mengadsorpsi kandungan ion tembaga (Cu^{2+}) dalam larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm. Massa optimum kompos untuk mengadsorpsi tembaga dalam 100 mL larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 ppm adalah 2,5 g dengan waktu kontak efektif adalah 16 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Universitas negeri malang (umumnya), dan jurusan kimia (khususnya) karena telah memberikan kami fasilitas untuk melakukan penelitian serta kepada pihak – pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu - persatu

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Homaidan A. A., H. J. Al-Houri, A. A. Al-Hazzani, G. Elgaaly, and N. M. S. Moubayed. 2013. *Biosorption of copper ions from aqueous solutions by Spirulina plantesis biomass*. Arabian J. of Chem. 7(1): 57–62.
- Andreas, Roy dkk.2010. karakterisasi Adsorpsi Ion Tembaga (II) pada Humin dalam Medium Air.Jogjakarta:Universitas Soedirman Purokerto.
- Aryanto, Dwi P.2011.*Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam*. Surakarta:Universitas Sebelas Maret.
- Gafney, S.J., Marley, N.A., dan Clark, S.B., 1996, *Humus and Fulvic Acid and Organic Colloidal Material in the Enviromental (dalam Gaffney, J.S., dkk., 1996, “Humic and Fulvic Acid: Isolation, Structure and Enviromental Role”)*, American Chemical Society, Washington.
- Hossain, M.A. et al.2012.*Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent*.Australia:School of Civil and Environment Engineering, University of Technology Sydney.
- Kanawade, Sachin M.2015. *Removal of Heavy Metals from Wastewater by Using Natural Zeolites as Adsorbent*.India: Department of Chemical Engineering , Sir Visvesvaraya Institute of Technology, Chincholi, Nashik, M.S. India.
- Khairkar,Shyam R. dkk.2014. *Adsorption Studies for the Removal Heavy Metal by Chitosan-g-poly (Acrylicacid-co-acrylamide) Composite*.India: Dept. of Chemistry, Govt. Institute of Science & Humanities Amravati, Amravati.
- Krismono, Priambodho.2005.*Kualitas Ai Lindi pada Tempat Pembuangan Akhir Sampah Galuga*.Bogor:Institut Pertanian Bogor.
- Kulikowska, Dorota, et al.2015.*Humis Substances From Sewage Seludge Compost as Washing Agent Effectively Remove Cu and Cd from Soil*.Poland:Department of Environmental Biotechnology, University of Warmia and Mazury in Olsztyn.
- Martinho, Joao, et al.2015.*The role of Compost properties In Sorption of Heavy Metals*.Portugal:Departamento de Ambiente, Escola Superior de Tecnologia e Gestao de Viseu, Campus Politecnico de Repeses, 3500-510 Viseu.
- Megan, B Kogut, dan Bettina M. Voelker, 2001, *Strong Copper-Binding of Terrestrial Humic Substances in Seawater, “Enviromental Science and Technology”*, 35, 1149-1156.
- Pena-Mendez, Eladia M., et al.2005.*Humis Substances – Compunds of Still Unknown Structure: Applications in Agriculture, Industry, Environment, and Biomedicine*.Spain:Department of Analitical Chemistry, Nutriton and Food Science, Faculty of chemistry, University of La Laguna
- Rahmawati, Atik dkk.2012. *Studi Adsorpsi logam Pb (II) dan Cd (II) pada Asam Humat dalam Medium Air*.Semarang:IAIN Wali Songo.
- Rumapar, Kiky F. et al.2014.*Adsorption of lead and Copper Using Water Hyacinth Compost (eichornia Crassipes)*. Malang :Department of Chemistry, falukty of chemical and natural Sciences, University of Brawijaya.
- Waksman S.A.: *Humus: Origin, Chemical Composition, and Importance in Nature*. Williams and Wilkins Co., Baltimore 1938.

EFEKTIVITAS KOMPOS TPA TLEKUNG SEBAGAI ADSORBEN KADMIUM PADA LINDI

Kusumaningrum, Irma K.¹, Yudhi Utomo²

^{1,2}Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

Corresponding author's email: irma.kartika.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

TPA Tlekung, Batu menghasilkan lindi dalam jumlah besar yang berpotensi menimbulkan masalah lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Kompos merupakan salah satu alternative adsorben yang dapat menyerap kandungan logam berat pada lindi. Penelitian ini bertujuan untuk : 1) mengetahui karakteristik fisika-kimia lindi TPA Tlekung, Batu, 2) mengetahui karakteristik fisika-kimia kompos TPA Tlekung, Batu, 3) menentukan perbandingan massa adsorben terhadap volume adsorbat dan waktu kontak efektif pada proses adsorpsi kadmium dengan adsorben kompos TPA Tlekung, Batu. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu 1) karakterisasi sifat fisika-kimia lindi TPA Tlekung, Batu, 2) karakterisasi fisika-kimia kompos TPA Tlekung, Batu, 3) penentuan perbandingan massa adsorben : volume sampel dan waktu kontak optimal pada proses adsorpsi kadmium menggunakan kompos TPA Tlekung, Batu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik lindi TPA Tlekung, Batu sebagai berikut adalah sebagai berikut, tingkat kekeruhan = 132 mg/L, berbau tajam, suhu rata-rata 24,6 °C, pH = 8,465, nilai BOD₅ = 41,69 mg/L, COD = 1973,33 mg/L, TDS = 8400 mg/L, TSS = 760 mg/L, kadar kadmium dalam lindi adalah 0,0073 ppm. Karakteristik kompos TPA Tlekung, Batu sebagai berikut berwarna coklat tua, berbau tanah, kadar air 20,74%, pH = 8,037, kandungan mineral yang dominan adalah besi, nikel silika, kalium dan kalsium, kadar kadmium dalam kompos adalah 0,0105 ppm. Dari hasil penelitian diperoleh perbandingan massa kompos : volume sampel yang optimal untuk mengadsorpsi kadmium adalah 2,5 g kompos : 100 mL lindi dengan waktu kontak efektif selama 4 jam, persentase reduksi konsentrasi kadmium dalam lindi yang tercapai adalah 79,5 %.

Kata kunci : Kadmium, lindi, kompos, adsorpsi

ABSTRACT

TPA Tlekung (*Tlekung landfill*) Batu produce a large quantities of leachate that has a potency to cause environmental problems, because the leachate contains high concentration of heavy metals. Compost is one alternative of heavy metal adsorbent. The aim of this research are: 1) to determine the physico-chemical characteristics of the leachate of Tlekung landfill. 2) to determine the physico-chemical characteristics of the compost of tlekung landfill. 3) to determine the effective ratio between the adsorbent mass: adsorbate volume and the effective contact time on copper adsorption process with Tlekung's landfill. The study consisted of three section: 1) physico-chemical characterization of Tlekung's landfill leachate 2) physico-chemical characterization of Tlekung's landfill compost 3) determination of the effective ratio between the adsorbent mass: adsorbate volume and the effective contact time on copper adsorption process with Tlekung's landfill compost. The results showed that the characteristics of Tlekung's landfill leachate are. The average temperature of leachate = 24,6 °C; TSS = 760 mg / L; TDS = 8400 ppm, turbidity = 132 mg / L; pH = 8,465; DO = 0.16 mg / L ; BOD₅ = 41.69 mg / L; COD = 1973.33 mg / L; TOC = 1.570 mg / L; cadmium content concentration = 0,0073 ppm. Characteristics of Tlekung's landfill compost are, pH = 8; water content = 20.74%; cadmium content concentration = 0,0105 ppm. The effective ratio between compost mass ratio: volume samples that optimal to adsorb copper is 2.5 g of compost: 100 mL leachate, and the effective contact time is 4 hours. Maximum cadmium concentration reduction percentage is 79,5%.

Keywords : Cadmium, leachate, compost, adsorption

PENDAHULUAN

Air lindi dapat diproses menjadi pupuk organik karena kaya akan berbagai nutrisi tanaman seperti nitrat, mineral dan mikroorganisme (Ali, 2011). Kandungan biologis dan kimiawi lindi tergantung pada berbagai faktor seperti komposisi sampah, gaya hidup masyarakat, metode penimbunan sampah, keadaan geografis, usia lindi dan sebagainya (Bhalla, 2012). Keterdapatn logam berat pada lindi berpotensi menjadi kendala dalam pemanfaatan lindi sebagai pupuk organik cair. Keterdapatn logam berat pada pupuk cair yang diolah dari lindi sangat berbahaya karena dapat terserap oleh tanaman. Kandungan logam berat pada lindi dapat dikurangi dengan berbagai metode, salah satunya adalah melalui proses adsorpsi (Abbas, 2012).

Kompos adalah salah satu adsorben ion logam dalam lindi yang ramah lingkungan dan dapat disediakan secara swadaya oleh TPA. Kompos mengandung material humus yang dapat mengikat ion logam. Asam humat dan asam fulvat merupakan komponen humus yang besar pengaruhnya dalam pengikatan ion logam oleh humus. Kemampuan pengikatan ion logam dan keterlarutan asam humat dan asam fulvat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji efektivitas dan merancang metode pemanfaatan kompos sebagai adsorben ion logam dalam lindi yang akan dikembangkan menjadi bahan pupuk organik cair, dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian untuk mempelajari efektivitas kompos sebagai adsorben ion logam.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lindi, kompos, HNO_3 p.a., $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ p.a., aquadest, kertas saring, KMnO_4 , H_2SO_4 , FAS

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass, cawan porselen, mortar, pastle, spatula, batang pengaduk, indikator universal, pipet volume, neraca analitik, Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), XRF, sentifuge, oven, termometer, WQC-22

Prosedur

Penentuan karakteristik kompos produksi TPA Tlekung

Sampel kompos dan lindi diambil dari TPA Tlekung, sampel kompos dihomogenisasi kemudian dikeringkan sampai beratnya konstan dan dihaluskan, sampel lindi disimpan di freezer sampai saat analisis, serta sebagian lindi yang akan diuji kadar logamnya disimpan pada $\text{pH} < 2$. Karakterisasi kompos dilakukan pada kompos kering. karakterisasi adsorben yang dilakukan adalah penentuan kadar air, morfologi permukaan, berat jenis, kandungan logam pada permukaan adsorben dengan XRF dan kandungan logam total dengan AAS.

Penentuan Sifat fisikokimia Lindi

Karakteristik lindi ditentukan melalui penentuan nilai DO, BOD, COD, suhu, pH, TDS, TSS, kandungan bahan organik dengan instrument TOC analyzer, kadar cadmium dengan metode AAS.

Penentuan pengaruh waktu kontak dan perbandingan massa kompos:volume lindi terhadap kadar kadmium dalam lindi setelah proses adsorpsi

2.5 gr kompos kering direndam dalam 100 ml lindi dengan variasi waktu kontak 2, 4, 8, 12, dan 24 jam, setelah perendaman selesai kompos dipisahkan dari adsorbat, adsorbat ditambah HNO_3 3 tetes (pH maksimal 2), disentrifuse, kemudian supernatannya diukur kadar ion logamnya dengan AAS. Prosedur ini dilakukan pada variasi penggunaan adsorben 2,5 gram; 5 gram; 7,5 gram dan 10 gram.

Penentuan presentase kadar kadmium tereduksi setelah proses adsorpsi

Efektivitas adsorben dalam menyerap logam pada lindi ditentukan dengan cara membandingkan kadar ion logam dalam lindi sebelum dan sesudah proses adsorpsi yang diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Data yang diperoleh adalah kadar logam dalam lindi sebelum setelah proses adsorpsi pada berbagai variasi waktu dan perbandingan massa:volume lindi. Data dianalisis untuk menentukan pengaruh waktu dan perbandingan massa:volume lindi terhadap presentase kadar ion logam tereduksi. Penentuan karakteristik kompos produksi TPA Tlekung

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Kompos TPA Tlekung sebagai Adsorben

Penentuan karakteristik kompos TPA Tlekung sebagai adsorben dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu preparasi kompos, pengukuran kadar air, pengukuran pH, analisis organoleptik meliputi warna dan bau, dan pengukuran kadar logam dalam kompos.



Gambar 1. (A) Kompos Asli (B) Kompos Sesudah Dikeringkan dan Dihaluskan

Rata-rata kadar air dari kompos TPA Tlekung yang diperoleh dengan tiga kali pengukuran adalah sebesar 20,74% dimana hal ini masih memenuhi persyaratan kompos menurut SNI 19-7030-2004 yaitu kadar air maksimum untuk kompos sebesar 50%. Data pengukuran pH dan analisis organoleptik kompos tertera pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Penentuan pH dan Karakter Organoleptik Kompos TPA Tlekung

Parameter yang diamati	Hasil	SNI 19-7030-2004
pH	8,037	6,80-7,49
Bau	Berbau seperti tanah	Berbau seperti tanah
Warna	Coklat tua	Kehitaman

Derajat keasaman kompos TPA Tlekung berada di atas baku mutu yaitu sebesar 8,037. Menurut SNI 19-7030-2004, baku mutu pH untuk kompos sebesar 6,80-7,49, hal ini menunjukkan bahwa kandungan substansi humus dalam kompos sedikit. Semakin tinggi pH, maka kandungan bahan organik semakin rendah sehingga memiliki nilai kapasitas tukar kation yang rendah (Martinho, 2015). Kompos TPA Tlekung berwarna coklat tua dan berbau seperti tanah, sifat fisik kompos ini masih memenuhi persyaratan kompos menurut SNI 19-7030-2004. Warna coklat tua pada kompos disebabkan adanya substansi humus yang jumlahnya mendominasi yaitu asam humat dan asam fulvat (Stevenson, 1982).

Pengukuran kadar logam dalam kompos bertujuan untuk mengetahui keberadaan mineral-mineral ion positif yang terkandung dalam kompos yang dapat berperan dalam proses adsorpsi melalui pertukaran posisi dengan ion logam pada lingkungan, namun ikatannya lemah (mudah dilepas). Pertukaran posisi ini melibatkan ukuran jari-jari ionik antara kation dalam kompos dengan kation dalam lingkungan. Hasil analisa XRF jenis dan persentase kandungan logam dalam kompos seperti disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Analisis XRF Jenis dan Persentase Logam dalam Kompos

Jenis logam	(%)
Besi	38,4
Nikel	1,65
Tembaga	0,34
Krom	0,11
Mangan	0,77
Zink	0,19
Stronsium	0,94
Aluminium	3,70
Silikon	11,6
Fosfor	1,10
Kalium	14,9
Kalsium	25,7

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mineral yang paling banyak terdapat dalam kompos TPA Tlekung yaitu besi, nikel, silikon, kalium, dan kalsium. Ion-ion tersebut dapat bertukar posisi dengan cadmium yang terdapat dalam lindi. Penentuan kadar logam total yang terdapat dalam kompos diperoleh dengan cara perendaman kompos pada pH < 2, dari hasil penelitian kadar cadmium total dalam kompos yang diperoleh melalui proses destruksi total adalah 0,0105. Hal ini masih memenuhi persyaratan kompos menurut SNI 19-7030-2004 yaitu kadar maksimum kadmium sebesar 3 mg/kg.

B. Karakteristik Lindi TPA Tlekung

Karakteristik fisika air lindi TPA Tlekung dapat diketahui melalui pengukuran parameter fisika yang meliputi suhu, kekeruhan, TSS, dan TDS. Sedangkan parameter kimia dari sampel lindi TPA Tlekung meliputi pH, kadar DO, BOD₅, COD, TOC, kadar kadmium. Pengukuran suhu, kekeruhan, pH dan DO dilakukan dengan menggunakan instrumen WQC22A dan langsung diukur nilainya di kolam penampung lindi TPA Tlekung. Pengukuran TSS, TDS, BOD₅, COD, TOC, kadar tembaga dan kadar kadmium dilakukan di Laboratorium. Data hasil pengukuran parameter fisiko kimia disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengamatan Parameter Fisikokimia Lindi

Parameter Fisika	Hasil Pengamatan	Baku Mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013
Suhu	24,6°C	20°C
Total Padatan Tersuspensi (TSS)	760 mg/l	50 mg/l
Total Padatan Terlarut (TDS)	8.400 mg/l	-
pH	8,465	6-9
Kadar DO	0,16 mg/l	-
Kadar BOD ₅	41,69 mg/l	30 mg/l
Kadar COD	1973,33 mg/l	50 mg/l
Kadar TOC	1570 mg/l	-
Kadar tembaga	0,0547 mg/l	0,5 mg/l
Kadar kadmium	0,0073	0,01 mg/l

Hasil pengamatan parameter fisika menunjukkan bahwa suhu dan TSS lindi TPA Tlekung melebihi baku mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013, hal ini menunjukkan tingginya aktivitas mikroba anaerob dalam mendegradasi senyawa-senyawa organik dalam lindi yang membebaskan energi dalam bentuk panas. Nilai TSS yang tinggi diduga karena tingginya kadar senyawa organik serta ion sulfat (SO_4^{2-}) dan ion karbonat (CO_3^{2-}) dalam lindi yang diperoleh dari hasil oksidasi proses degradasi sampah organik. Ion sulfat dan ion karbonat dalam lindi dapat mudah membentuk senyawa koloid jika berikatan dengan ion-ion Ba^{2+} , Pb^{2+} , dan Ag^+ (Vogel, 1979) sehingga menyebabkan kekeruhan pada lindi. Faktor lain yang menyebabkan nilai TSS lindi TPA Tlekung tinggi adalah tingginya kandungan partikel tersuspensi, seperti lumpur dan pelapukan sel-sel mikroba atau mikroorganisme yang telah mati.

Hasil pengamatan parameter kimia menunjukkan pH lindi TPA Tlekung masih dalam rentang baku mutu limbah cair domestik menurut PERGUB No. 72 Tahun 2013. pH lindi TPA Tlekung bersifat basa yaitu sebesar 8,465. pH lindi bersifat basa disebabkan keberadaan amonia (NH_3) sebagai hasil degradasi bahan-bahan organik dalam lindi, seperti asam amino. Lindi TPA Tlekung cenderung bersifat basa hal ini menunjukkan bahwa dalam lindi TPA Tlekung asam organik hasil proses degradasi kadarnya cukup kecil, artinya bahan organik yang berhasil didegradasi masih cukup rendah.. Kadar DO lindi TPA Tlekung hasil pengukuran dengan menggunakan instrumen WQC22A adalah sebesar 0,16 mg/l yang menunjukkan kadar oksigen terlarut pada lindi TPA Tlekung sangat

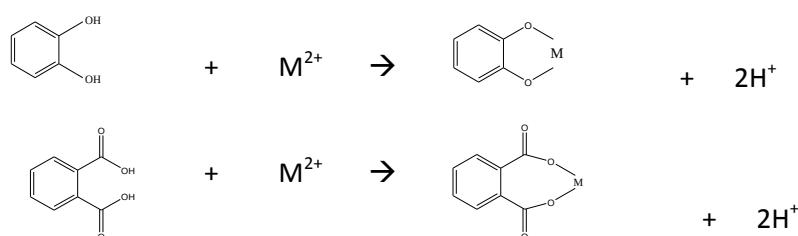
sedikit. Faktor yang menyebabkan kelarutan oksigen sedikit adalah adanya proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme yang menggunakan oksigen, sehingga ketersediaan oksigen terlarut dalam lindi semakin menurun, hal ini menunjukkan tingginya beban pencemaran pada lindi tersebut. Tingginya bahan organik yang terkandung dalam lindi dapat dianalisis dengan menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC). Kadar TOC lindi TPA Tlekung yaitu sebesar 1570 mg/l, sedangkan kandungan rata-rata TOC pada limbah cair domestik sebesar 160 mg/l (Metcalf & Eddy, 1979).

Kadar BOD₅ dan COD pada hasil pengamatan masih berada di atas baku mutu PERGUB JATIM No. 72 tahun 2013, hal ini menunjukkan bahwa beban pencemaran organik yang dapat didegradasi (*biodegradable*) dalam lindi TPA Tlekung tergolong tinggi. Tingginya kadar BOD₅ dan COD menyebabkan bakteri aerobik dalam lindi kekurangan jumlah oksigen sehingga tidak mampu mendegradasi bahan organik yang terkandung di dalam lindi TPA Tlekung.

C. Pengaruh Variasi Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Ion Logam

Kadmium dapat diikat oleh gugus fungsional yang terkandung dalam substansi humus dan non-humus. Substansi humus terdiri dari asam humat, asam fulvat, dan humin, sedangkan substansi non-humus misalnya selulosa. Ikatan antara ion logam dengan humin dan substansi non-humus menyebabkan ion logam terlepas dari lindi akibat terikat dengan humin dan substansi non-humus, karena humin dan substansi non-humus seperti selulosa tidak larut pada pH basa, sedangkan ikatan antara ion logam dengan asam humat dan asam fulvat membentuk senyawa kompleks yang terlarut karena asam humat dan asam fulvat merupakan substansi humus yang larut pada pH basa. Ion logam cenderung terikat pada asam humat dan asam fulvat dibandingkan dengan humin dan non-humus, karena kandungan gugus fungsional ion karboksilat ($-\text{COOH}$) pada asam humat dan asam fulvat lebih banyak. Namun struktur permukaan humin yang memiliki lebih banyak pori dibandingkan asam humat menyebabkan humin juga dapat mengadsorpsi logam dalam jumlah yang cukup signifikan.

Proses adsorpsi yang terjadi karena interaksi antara gugus aktif dengan ion logam membentuk senyawa khelat, pada saat proses adsorpsi berlangsung, gugus-gugus aktif dalam kompos yaitu gugus $-\text{COOH}$ (karboksilat) dan gugus $-\text{OH}$ (alkoholat maupun fenolat), akan membentuk senyawa kompleks kelat dengan ion logam selama proses adsorpsi. Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Gambar 2. Mekanisme Pembentukan Senyawa Kompleks Kelat antara Ion Nikel dengan Substansi Humus

C. Pengaruh Variasi Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Ion Logam

Variasi massa adsorben dan waktu kontak dilakukan untuk mengetahui massa optimal dan waktu kontak dari kompos dalam menyerap ion logam. Variasi massa kompos yang digunakan adalah sebesar 0,625 gram; 1,25 gram; 1,875 gram dan 2,5 gram dengan variasi waktu kontak 2 jam, 4 jam, 8 jam, 12 jam, dan 24 jam. Data yang diperoleh dari proses adsorpsi seperti yang tertera pada Tabel 4

Tabel 4. Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap % Kadmium yang Teradsorpsi

Waktu Kontak (jam)	Konsentrasi Ion Tembaga Setelah Adsorpsi (ppm)				% Adsorpsi			
	0,625 gram	1,25 gram	1,875 gram	2,5 gram	0,625 gram	1,25 gram	1,875 gram	2,5 gram
2	0,0017	0,0030	0,0031	0,0036	76,7	58,9	57,5	50,7
4	0,0015	0,0029	0,0025	0,0071	79,5	60,3	65,8	2,7
8	0,0019	0,0035	0,0033	0,0030	74	52,1	54,8	58,9
12	0,0095	0,0017	0,0032	0,0037	-30,1	76,7	56,2	49,3
24	0,0038	0,0025	0,0032	0,0043	47,9	65,8	56,2	41,1

Hasil adsorpsi cadmium dalam lindi dengan menggunakan adsorben kompos menunjukkan bahwa kondisi optimal proses adsorpsi adalah pada perbandingan massa kompos:volume lindi adalah 2,5 gram kompos:100 ml lindi, dengan waktu adsorpsi 4 jam, persentase cadmium teradsorpsi, 79,5%. Kompos mengandung asam humat dan asam fulvat yang mampu mengikat logam, semakin banyak kompos digunakan, semakin meningkat pula keterdapatannya asam fulvat dalam sistem adsorpsi, logam yang terikat pada asam fulvat tidak dapat dipisahkan dari sistem adsorpsi karena asam fulvat larut pada seluruh rentang derajat keasaman. Semakin meningkat jumlah kompos yang digunakan dan semakin lama waktu kontak maka kemungkinan keterlarutan asam fulvat semakin besar, namun waktu kontak yang terlalu pendek juga menyebabkan proses adsorpsi tidak berlangsung dengan sempurna. Kinerja adsorben dapat diukur berdasarkan beberapa faktor, salah satunya adalah kapasitas tukar dari adsorben, setiap jenis adsorben memiliki kemampuan yang berbeda untuk menyerap logam, karena itu perbandingan massa adsorben terhadap kuantitas adsorbat harus ditentukan dengan tepat. Proses adsorpsi harus dirancang sedemikian rupa sehingga tersedia adsorben yang memadai untuk mengikat cadmium, waktu adsorpsi yang cukup sekaligus menekan jumlah asam fulvat terlarut serendah mungkin, masih perlu dilakukan penelitian untuk hal-hal yang berpengaruh terhadap proses pengikatan logam oleh kompos misalnya keterlarutan asam humat, asam fulvat pada berbagai variasi waktu dan pH, serta pengaruh keterdapatannya kation dan anion pada lindi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sifat fisikokimia kompos TPA Tlekung adalah sebagai berikut, berwarna coklat tua, berbau tanah, kadar air 20,74%, pH= 8,037, kandungan mineral yang dominan adalah besi, nikel silika, kalium dan kalsium, kadar kadmium dalam kompos adalah 0,0105 mg/L
2. Sifat fisikokimia lindi TPA Tlekung adalah sebagai berikut, berwarna hitam, tingkat kekeruhan =132mg/L, berbau tajam, suhu rata-rata 24,6 °C, pH=8,465, nilai BOD₅ = 41,69 mg/L, COD = 1973,33 mg/L, TDS = 8400 mg/L, TSS = 760 mg/L
3. Kompos TPA Tlekung dapat mengadsorpsi cadmium yang terdapat dalam lindi TPA Tlekung
4. Kondisi optimal proses adsorpsi cadmium pada lindi TPA Tlekung dengan adsorben kompos TPA Tlekung adalah pada perbandingan massa kompos:volume lindi 2,5 gram:100 ml lindi, dengan waktu adsorpsi 4 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2011. *Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan*. Surabaya: Upn Press
- Barjinder Bhalla, M.S. Saini., Characterization of Leachate from Municipal Solid Waste (MSW) Landfilling Sites of Ludhiana, India: A Comparative Study. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* ISSN: 2248-9622 www.ijera.com Vol. 2, Issue 6, November- December 2012,
- Martinho, J., Campos, B., Brás, I., & Silva, E. 2015. The Role of Compost Properties in Sorption of Heavy Metals. *Environment Protection Engineering*, **41**(2): 57-65.
- Vogel, A.I. 1979. *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. London: Longman Group Limited.

METODE INDUCTIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROPHOTOMETRY (ICP-MS) SEBAGAI PENENTUAN ARSENIK PADA NATURAL SEDIMEN

Anugrah Ricky Wijaya, Irma Kartika Kusumaningrum, Yudhi Utomo, Surjani Wonorahardjo

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang No.6 Kode pos 65145

*Correspondence author's email: anugrah.ricky.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Metode ICP-MS telah dikembangkan untuk penentuan Arsenik (As) dalam natural sedimen. Deteksi limit untuk As telah diuji coba dan menghasilkan 0,567 µg/l. Identifikasi gangguan spektra berupa kontaminan isotop, ion molekuler dan sampel matriks pada pengukuran As dilakukan dengan cara pemilihan natural isotop As dengan kelimpahan isotop tinggi dengan gangguan spektra terkecil, kondisi optimum operasional dan proses komputasi data. Limit kuantisasi As dengan 10x deteksi limit terekam 1,89. Metode akurasi diuji dengan standar referensi As dalam natural sedimen (National Institute of Standard and Technology (NIST)-981) menghasilkan *recovery* 100%. Komputasi data menggunakan persamaan $^{75}\text{As} = ^{75}\text{As} - [^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}/^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}] \times \{ ^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl} - [^{77}\text{Se}/^{82}\text{Se}] \times ^{82}\text{Se} \}$ mampu menghasilkan $r = 0,998$ yang mengindikasikan nilai As memiliki akurasi dan presisi yang tinggi setelah mereduksi gangguan spektra.

Kata Kunci: ICP-MS, As, Sedimen, Akurasi, Presisi

ABSTRACT

An inductively coupled plasma-mass spectrometry method was developed for the determination of dissolved As in natural Sediments. Detection limits was 0.567 microgram per liter (µg/L). Interferences associated with spectral overlap from concomitant isotopes or molecular ions and sample matrix composition have been identified. Procedures for interference correction and reduction related to isotope selection, instrumental operating conditions, and mathematical data processing techniques are identified. The average analytical precision for As determination attainable for 10 times the detection limit is 1.89. The accuracy of the method was tested using a series of U.S. Geological Survey Standard Reference National Institute of Standards and Technology (NIST-981) Trace Elements in Sediment Standards. Average accuracies range from 100 percent of the published mean values. Mathematical data processing techniques is identified using this equation as follows: $^{75}\text{As} = ^{75}\text{As} - [^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}/^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}] \times \{ ^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl} - [^{77}\text{Se}/^{82}\text{Se}] \times ^{82}\text{Se} \}$ releasing high accuracy and precision ($r = 0.998$) after reduced spectra interferences.

Keywords: ICP-MS, As, Sediment, Accuracy, Precision

PENDAHULUAN

Sedimen adalah kimia fosil yang digunakan untuk menentukan indikator polusi lingkungan perairan atau kelautan. Analisis dan pengukuran komponen kimia baik substansi anorganik dan organik dalam sedimen menjadi parameter kualitas lingkungan yang baik apabila dilakukan pengukuran secara akurasi dan presisi. Arsenik (As) adalah salah satu logam berat dalam sedimen. Keberadaannya dalam sedimen dilaporkan pada skala ppt-ppm dalam sungai-sungai didunia dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Lee, et al., 2009; Yang et al., 2009; Wijaya, et al., 2012; Wijaya et al., 2013; Wijaya, et al., 2016). Untuk mengukur kandungan As dalam sedimen bisa diukur dengan menggunakan alat instrumen kimia seperti Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dan

Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS). Namun keberadaan As dalam skala ppt-ppb tidak bisa menggunakan SSA karena dibawah limit deteksi As (~0.6 ppb).

Tingkat keakurasian dan presisi metode tergantung dengan kesesuaian alat instrumen yang digunakan. Alat ICP-MS adalah salah satu alat instrumen kimia yang dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi As dalam skala ppt-ppb. Alat ini dapat diaplikasikan pada sampel *leached* sedimen yang memiliki konsentrasi range As dalam skala ppt-ppm (Wedepohl, 1996). ICP-MS merupakan alat instrumen perpaduan antara ICP dengan detektor MS. Proses utama dalam ICP-MS terdiri dari *ionization, sampling, focusing, filtering* dan *detection*.

As dalam sedimen harus diubah dalam bentuk As dalam larutan (*leached sediment*) dengan metode analisis yang benar dan bisa diukur dengan ICP-MS. Penentuan metodologi As harus diuji pada natural sedimen yang telah terstandarisasi atau tersertifikasi. Hasil pengukuran As melalui ICP-MS setelah menggunakan metode yang tepat, akan menghasilkan nilai yang menunjukkan keakurasian dan presisi metode tersebut. Dalam hal ini metodologi pengukuran As dalam sedimen dapat ditinjau dari segi limit deteksi, limit kuantisasi, % *recovery* (perolehan kembali), dan reduksi gangguan spektra As. Akurasi, presisi, dan reduksi gangguan spektra suatu metodologi menjadi penting dikarenakan dewasa ini banyak peneliti langsung menggunakan dan merujuk metodologi-metodologi yang ada dan langsung diterapkan untuk penilaian kualitas lingkungan tanpa mempertimbangkan aspek geokimia sedimen yang dipengaruhi oleh sifat *anthropogenic* sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan standar dan sedimen referensi NIST-981, Larutan arsenik: 0,5; 1,0; 2,0 ppb, Blanko, HNO₃ *ultrapure*, Sedimen Sendang Biru, 10 ppb larutan campuran Li; Ce; Y; dan Tl.

Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas dan teflon, Oven, ICP-MS HP-4500, 1; 7 ml *vial*, 7 ml teflon, *syringe* dan *software* ICP-MS.

Prosedur kerja

Metodologi As menggunakan partial leaching dengan merujuk metodologi Wijaya, et al. (2012). Sedimen dikeringkan dalam oven suhu 70°C. Setelah kering, dihomogenisasi dan disaring dengan kain polietilena ~50 µm. Fraksi *fine* sedimen ditimbang ~15 mg dalam *vial* polipropilena ukuran 1.5 ml yang berisi 1 ml 1%HNO₃ dan diletakkan pada *sonic bath* selama 30 menit. Setiap 10 menitnya dikocok secara manual. Sampel didiamkan 1 hari. Sampel dalam *vial* kemudian diletakkan pada *sonic bath* selama 10 menit kemudian disentrifugasi selama 10 menit. *Leached* sedimen diekstraks dan dimasukkan tabung teflon ukuran 7 ml. Setelah itu ditambahkan 1 ml 1%HNO₃ pada residu. Prosedur diulang dengan menambahkan 1ml 1%HNO₃ untuk menghasilkan *leached* sedimen sebanyak 7 ml dengan mengulang prosedur diatas. Sampel 7 ml *leached* sampel kemudian diukur menggunakan ICP-MS.

Operasi ICP-MS diawali kalibrasi mesin menggunakan 10 ppb Li, Ce, Y, and Tl untuk memastikan alat plasma, optik dan detektor masih berfungsi dengan baik. Larutan blanko 1% HNO₃ dan NIST-981 digunakan sebagai deretan larutan kalibrasi. Laju alir sampel ~0.1 ml/menit menggunakan *microflow* PFA. Integrasi waktu adalah 3 detik/massa, kekuatan *RF* 1,3 KW dan refleksinya dibawah 1 Watt. Laju alir plasma dan gas Argon sebagai nebuliser masing-masing adalah 16 liter/menit dan 1.0 liter/menit. Masing-masing sampel terukur secara otomatis dengan 2 x pengulangan.

Pengujian tingkat keakurasian dengan cara menghitung limit deteksi, % *recovery* dengan *spike* 0,5; 1,0 dan 0,2 ppb larutan standar As referensi NIST-98 pada natural sedimen. Limit deteksi As menggunakan persamaan:

$$D_L = (C_1 - C_0 / I_1 - I_0) 3\sigma$$

Dimana:

C_1 = Konsentrasi As tertinggi (konsentrasi maksimal yang digunakan untuk kurva kalibrasi)

C_0 = Konsentrasi blanko

I_1 = Intensitas (cps) ICP-MS yang dihasilkan (C_1)

I_0 = Intensitas blanko

σ = Deviasi standar

Tingkat keakurasian dengan cara menghitung % *recovery* dari keseragaman sampel, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Recovery} = (C_{\text{Pengukuran}} - C_{\text{sampel}}) / (C_{\text{sampel} + \text{spike}} - C_{\text{sampel}}) * 100\%$$

Pengujian reduksi gangguan spektra dengan cara penyajian spektrum ICP-MS pada natural sedimen dan melihat gangguan spektra As dengan memperhitungkan sinyal sampling pada penentuan As. Reduksi gangguan spektra dan perhitungan komputasi menggunakan software ICP-MS HP-4500.

PEMBAHASAN

Limit Deteksi

Proses penentuan kualitas lingkungan perairan atau laut ditentukan dengan tingkat keakurasian dan presisi suatu metodologi. Metodologi tidak semata dapat digunakan untuk pengukuran suatu sampel meskipun memiliki tipe sampel sama. Contoh analisis As dalam sedimen, metodologi pengukuran As pada sedimen harus diuji keakurasian dan presisinya terlebih dahulu, baru digunakan untuk pemetaan atau analisis distribusi As dalam sedimen pada berbagai tempat. Hal ini dikarenakan pertimbangan geokimia sedimen yang bergantung pada tempat dan lingkungan perairan sekitarnya. Metodologi sedimen diuji tingkat akurasi dan presisinya dengan menghitung deteksi limit menggunakan data analisis As setelah diukur ICP-MS (**Tabel 1**).

Tabel 1. Perhitungan batas deteksi pengukuran As menggunakan ICP-MS

Sampel	Pengulangan/Statistik	Intensitas (cps)
Blanko 0 ppb As	X(1)	331,560
	X(2)	308,626
	Rata-rata ($\bar{X}$)	320,093
	* σ (SD)	16,210
	*RSD	5,064
NIST-98 2 ppb As	1	171326
	2	172227
	Rata-Rata	171777
	σ (SD)	637,103
	*RSD	0,371
Limit deteksi (D_L)	Referensi (~0.6 ppb)	0,57 ppb
Limit Kuantisasi (* Q_L)	0.24 ppb	1,89 ppb

$$* \sigma \text{ (Deviasi Standar)} = \sqrt{\Sigma(X - \bar{X})^2 / n - 1}$$

$$*RSD \text{ (Deviasi standar relative)} = 100 * \text{Deviasi standar/rata-rata.}$$

$$*Q_L \text{ (Kuantisasi limit)} = D_L * (10/3)$$

Tabel 1 menunjukkan dua sampel yang diuji tingkat keakurasian dan presisinya. Blanko berupa 1% HNO_3 sebagai pelarut dan larutan referensi NIST-981, 2 ppb As. Blanko merupakan pelarut murni sesuai rekomendasi internasional untuk pelarutan NIST referensi 2 ppb As dipilih karena konsentrasi tinggi dari deret konsentrasi yang dibuat untuk kurva standar As: 0,5; 1,0 dan 2,0 ppb. Pengulangan dilakukan 2 kali untuk blanko dan larutan standar, kemudian dihitung rata-rata,

standar deviasi, dan deviasi standar relative untuk menghitung limit deteksi. Data limit deteksi menggunakan rata-rata masing-masing intensitas (cps) pada 2,0 ppb As dan Blanko. Deviasi standar yang digunakan adalah deviasi standar pengulangan dua kali blanko. Contoh perhitungan pada **Tabel 1**, sebagai berikut:

$$D_L = (2,0 - 0,0) / (171777 - 320) * 3 * 16,192 = 0,567 \text{ ppb}$$

$$Q_L = D_L * (10/3) = 1,89 \text{ ppb}$$

Data statistik As menunjukkan tingkat keakurasian dan presisi menghasilkan limit deteksi sesuai standar referensi As. Limit kuantisasi menghasilkan nilai diatas limit kuantisasi referensi mengindikasikan sampel natural sedimen sendang biru bisa diukur secara kuantitatif menggunakan ICP-MS.

% Recovery

Tabel 2 menunjukkan tingkat keakurasian suatu metodologi penentuan As dalam sedimen dengan pengukuran menggunakan ICP-MS dengan % recovery. Metodologi yang disarankan bila data yang digunakan untuk analisis As dalam sedimen pada referensi menghasilkan perolehan kembali 90-110% (Wijaya et., 2012). Metode leaching merujuk Wijaya et al. (2012) untuk analisis As dalam sedimen. Hasil data ditunjukkan **Tabel 2**.

Tabel 2. % recovery metodologi *leaching* As natural sedimen

Sampel As	Spike (ppb)	Pengukuran ICP-MS (ppb)
Natural sedimen (0.001 ppb)		
1. <i>Leached</i> (0.001 ppb)	0.001	0.002
2. <i>Leached</i> (0.002 ppb)	0.001	0.002
3. <i>Leached</i> (0.003 ppb)	0.001	0.001
4. <i>Leached</i> (0.001 ppb)	0.001	0.003
5. <i>Leached</i> (0.001 ppb)	0.001	0.001
6. <i>Leached</i> (0.003 ppb)	0.001	0.003
7. <i>Leached</i> (0.002 ppb)	0.001	0.002
Rata-rata (0.002 ppb)	0.001	0.002
Total <i>Leached</i> dan Spike	(0.002+0.001) = 0.003	0.002
% Recovery	100%	

Tabel 2 menunjukkan data As dalam sedimen menggunakan referensi natural sedimen sebesar 0.001 ppb. Metode leaching oleh Wijaya et al. (2013) diterapkan pada natural sedimen dan dilakukan pengulangan 7 kali menghasilkan *leached* As (1-7). Dari masing-masing *Leached* sedimen kemudian ditambahkan larutan As dengan konsentrasi tetap 0.072 ppb. Hasil total *leached* dan *spike* As telah dibandingkan dengan referensi As hasil pengukuran ICP-MS menghasilkan 100% sesuai range referensi (90-110%). Hal ini mengindikasikan metode leaching Wijaya et al. (2012) bisa direkomendasikan untuk penentuan As. Aplikasi metode leaching ini selanjutnya digunakan untuk pemetaan dan distribusi As dalam sedimen sendang biru.

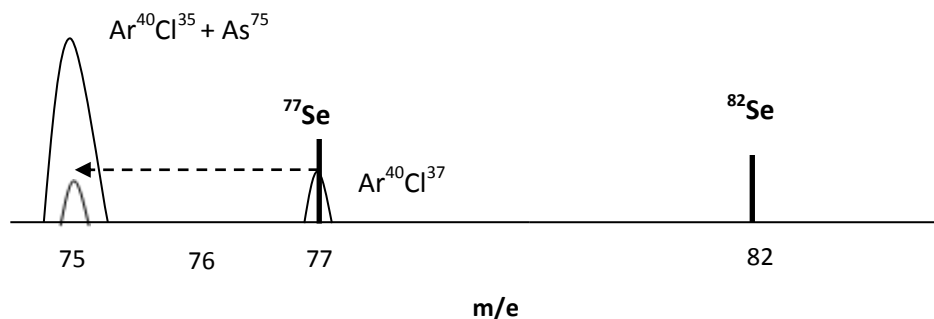
Reduksi gangguan spektra

Proses akurasi dan presisi dalam penentuan As selanjutnya dilihat dari segi reduksi gangguan spektra. Sampel yang digunakan harus berbentuk larutan setelah melalui proses *leaching*. Pada proses sampel masuk *nebulizer* sampai menuju detektor reaksinya sebagai berikut:



Gambar 1 menunjukkan spektrum dan interpretasi gangguan spektra penentuan As. Pada penentuan As terdapat gangguan ion molekuler yaitu $(^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl})^+$. Pemecahan masalah dapat dilakukan adalah

pemilihan natural isotop As selain ^{75}As . **Gambar 1** tidak ditemui spektra isotop ^{75}As . Hal ini sesuai dengan teoritis kelimpahan ^{75}As hampir 100%. Proses reduksi gangguan spektra berikutnya adalah menghilangkan sinyal dengan cara memperhitungkan isotop $(^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl})^+$, yaitu $(^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl})^+$.



Gambar 1. Spektrum penentuan As menggunakan ICP-MS

Penghitungan sinyal $(^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl})^+$ secara jelas menghasilkan gangguan spektra berupa ^{77}Se , dikarenakan $(m/z = 77)$ $(^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl})^+$ juga merupakan sinyal Se. Langkah berikutnya adalah mereduksi gangguan spektra ^{77}Se , dengan menggunakan natural isotop ^{82}Se . Pada hasil spektrum tersebut ditemukan natural isotop ^{82}Se . ^{82}Se tidak ditemukan interferensi dan digunakan sebagai bahan dasar perhitungan koreksi ^{75}As .

Tabel 3. Perhitungan $^{75}\text{As}_{\text{corr}}$ menggunakan komputasi ICP-MS

Sampel (ppb)	$^{75}\text{As}_{\text{corr}} = ^{75}\text{As} - [^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}/^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}] \times \{ ^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl} - [^{77}\text{Se}/^{82}\text{Se}] \times ^{82}\text{Se} \}$
0,000	0,000
	0,000
0,500	0,499
	0,498
1,000	0,999
	1,001
2,000	1,999
	2,000
	$r = 0,997$

Proses koreksi ^{75}As menggunakan komputasi dengan persamaan:
 $^{75}\text{As}_{\text{corr}} = ^{75}\text{As} - [^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}/^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}] \times \{ ^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl} - [^{77}\text{Se}/^{82}\text{Se}] \times ^{82}\text{Se} \}$ menghasilkan persamaan regresi linier ($r = 0,997$) (Tabel 3). Data Tabel 3 menunjukkan perhitungan dan pengulangan 2 kali menggunakan komputasi ICP-MS didapatkan pengulangan dan perhitungan secara akurasi dan presisi.

KESIMPULAN

Metode *leaching* As dalam sedimen ICP-MS telah diuji tingkat keakurasian dan presisinya. Limit deteksi As dihasilkan 0,567 ppb dan Limit kuantisasi adalah 1,89 ppb. % *Recovery* dilakukan dengan pengujian metode *leaching* As dibandingkan dengan (NIST)-981 terekam 100%. Komputasi data menggunakan persamaan $^{75}\text{As} = ^{75}\text{As} - [^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}/^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl}] \times \{ ^{40}\text{Ar}^{37}\text{Cl} - [^{77}\text{Se}/^{82}\text{Se}] \times ^{82}\text{Se} \}$ mampu menghasilkan nilai As dengan $r = 0,997$, sehingga gangguan spektra berhasil direduksi. Tingkat keakurasian dan presisi ini memberikan rekomendasi metode *leaching* As pada penelitian ini bisa digunakan lebih lanjut untuk pemetaan dan distribusi natural As pada sedimen Sendang Biru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dana melalui Hibah Fundamental DIPA nomor: 042.06-02/2016-2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Lee, H., Kabir, M.I., Kwon, P.S., Kim, J.M., Kim, J.G., Hyun, S.H., et al., 2009. Contamination assessment of abandoned mines by integrated pollution index in the Han River watershed. *The Open Environmental Pollution and Toxicology Journal* 1, 27–33.
- Wedepohl, K.H., 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 1217–1232.
- Wijaya, A.R., Ouchi, A.J., Tanaka, K., Shinjo, R., Ohde, S., 2012. Metal contents and Pb isotopes in road-side dust and sediment of Japan. *Journal of Geochemical Exploration* 118, 68–76.
- Wijaya, A.R., Ouchi, A.J., Tanaka, K., Cohen, D.K., Sirirattanachai, S., Shinjo, R., Ohde, S., 2013. Evaluation of heavy metal contents and Pb isotopic compositions in the Chao Phraya River sediments: Implication for anthropogenic inputs from urbanized areas, Bangkok. *Journal of Geochemical Exploration* 126-127, 45–54.
- Wijaya, A.R., Ohde, S., Shinjo, R., Ganmane, M., Cohen, D.K., 2016. Geochemical fractions and modeling adsorption of heavy metals into contaminated river sediments in Japan and Thailand determined by sequential leaching technique using ICP-MS. *Arabian Journal of Chemistry* 2016, DOI: 10.1016/j.arabjc.2016.10.015
- Yang, Z., Wang, Y., Shen, Z., Niu, J., Tang, Z., 2009. Distribution and speciation of heavy metals in sediments from the mainstream, tributaries, and lakes of the Yangtze River catchments of Wuhan, China. *Journal of Hazardous Materials* 166, 1186–1194.

KARAKTERISASI FISIKOKIMIA DAN PROFIL ASAM LEMAK PENYUSUN MINYAK BIJI KROKOT (*Portulaca oleracea* L.)

Bawana Putra*, Hartati Soetjipto**, Margareta Novian C**

*Mahasiswa Prodi Kimia Fakultas Sains dan Matematika

**Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

Jalan Diponegoro, No 52-60 Salatiga 50711 Jawa Tengah – Indonesia

*Correspondence author's email: 652013029@student.uksw.edu

ABSTRAK

Minyak biji krokot merupakan salah satu sumber minyak nabati yang kaya akan asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Dua komponen diantaranya merupakan asam lemak esensial yaitu asam linoleat dan linolenat. Tujuan dari penelitian adalah menentukan rendemen minyak biji krokot (*P. oleracea*) dengan metode re-maserasi menggunakan pelarut heksan serta menentukan karakterisasi Fisiko-Kimianya. Data dianalisa secara deskriptif dengan pengulangan 4 kali. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata rendemen minyak yang diperoleh sebanyak $31,08 \pm 1,34$ (%), bilangan asam $0,00291 \pm 0,00021$ (%b/b), bilangan peroksida $15,3325 \pm 0,2821$ (mgek/kg), bilangan penyabunan $2,6523 \pm 0,5719$ (mg KOH/g lemak), densitas minyak $0,85754 \pm 0,01520$ (g/cm³), dan kadar air minyak $0,821667 \pm 0,066759$ (%b/b).

Kata kunci: Minyak Biji Krokot, *Purslane seed oil*, (*Portulacca oleracea* L)

ABSTRACT

Purslane seed oil is one of vegetable oil source. This oil is rich in saturated and unsaturated fatty acids. Two components of these fatty acid are essential that linoleic and linolenic acid. The aim of this study are to determine the yield of purslane seed oil (*P. oleracea*) with re-maceration method using hexane and determine Physicochemical characterization of that oil. Data were analyzed descriptively with 4 times repetition. The results showed that the yield average of oil was obtained $31.08 \pm 1:34$ (%), acid number 0.00291 ± 0.00021 (% b/b), peroxide 15.3325 ± 0.2821 (mgek/kg), saponification 2.6523 ± 0.5719 (mg KOH/g fat), oil density of 0.85754 ± 0.01520 (g/cm³), the water content of the oil is 0.821667 ± 0.066759 (%b/b)

Keyword : *Purslane seeds oil* (*Portulacca oleracea* L), *yield*, *physicochemical*

PENDAHULUAN

Minyak nabati (*plant oil* atau *vegetable oil*) adalah minyak yang berasal dari tumbuhan (Schmidt and Weidema, 2008). Minyak nabati memiliki banyak manfaat, seperti dalam bidang kuliner, industri, makanan hewan, bahan bakar, insektisida, dan pestisida alami. Kebutuhan manusia akan minyak nabati semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dunia. Menurut Syurkani (2015) dalam Tempo.Co-bisnis, kebutuhan minyak nabati global dalam 35 tahun ke depan diperkirakan mencapai 20 juta Ton dengan asumsi penduduk dunia sebesar 9,6 miliar jiwa, sedangkan untuk tahun 2014 kebutuhan akan minyak nabati yang sudah terpenuhi baru sekitar 3,87 ton.

Indonesia memiliki banyak tanaman bermanfaat, diperkirakan sekitar 30.000 spesies tumbuhan. Dari seluruh spesies tumbuhan tersebut, diketahui sekurang-kurangnya 9.600 spesies tumbuhan berkhasiat sebagai tanaman obat dan kurang lebih 300 spesies yang baru digunakan sebagai bahan obat tradisional oleh industri obat tradisional (Depkes RI, 2007). Salah satu bahan baku lokal alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber penyedia minyak nabati adalah biji krokot (*Portulacca oleracea*). Minyak biji krokot dianggap berpotensi karena mengandung lemak yang cukup tinggi yaitu

sebesar 9,1 g/100 g bunga segar (Uddin *et al.*, 2014). Selain itu minyak biji krokot juga dilaporkan banyak mengandung asam lemak linoleat (18:2n-6) dan linolenat (18:3n-3) yang merupakan asam lemak esensial yang dibutuhkan oleh tubuh. (Sargent *et al.*, 2002). Asam lemak esensial (Omega-3) sangat penting bagi kesehatan bahkan paling penting di antara asam-asam lemak lainnya karena memiliki efek anti peradangan dan anti penggumpalan darah, juga baik bagi sistem saraf pusat dan otak serta dapat mencegah CVD (*Cardio Vascular Disease*) baik dalam hal pencegahan maupun yang sudah menderita (Duthie and Barlow 1992).

Angelova *et al.* (2015), melaporkan hasil penelitiannya juga menunjukkan bahwa komponen utama penyusun minyak biji krokot Bulgaria adalah asam linolenat (34,6 %) dan asam linoleat (14,1 %). Sedangkan Osman *et al.* (2015), melaporkan hasil penelitian biji krokot yang memiliki kandungan 9,12,15-octadecatrienoic acid methyl ester (41,18 %) dan 9,12-octadecadienoic acid methyl ester (27,23%). Hal ini menunjukkan bahwa minyak biji krokot mampu menjadi sumber alternatif penyedia minyak nabati yang kaya akan asam lemak esensial.

Syarat lain suatu bahan dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku pangan selain kandungan nutrisi seperti yang diuraikan di atas yaitu mudah diperoleh, berkelanjutan, dapat diproduksi secara massal, dan tidak bersaing dengan manusia. Di Indonesia, krokot tersebar di seluruh daerah dan banyak tumbuh di Bogor, Semarang, Blitar, dan Kalimantan Tengah (Irawan *et al.*, 2003). Masa budi daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan minyak biji krokot sebagai sumber lemak pangan cukup singkat yaitu selama 70 hari (Liu *et al.*, 2000). Selain itu, krokot dapat tumbuh sepanjang tahun mulai dari dataran rendah sampai 1800 mdpl (meter di atas permukaan laut), mampu mentolerir kondisi tanah yang miskin, padat, dan kering (Uddin *et al.*, 2014), sehingga krokot bisa diproduksi secara berkelanjutan dan massal. Pemanfaatan krokot di Indonesia belum dilakukan secara maksimal, hanya dijadikan sebagai tanaman hias, campuran masakan dan tanaman herbal, serta beberapa petani menganggap krokot sebagai tanaman gulma (Irawan *et al.* 2003).

Berdasarkan latar belakang, dirasa perlu dilakukan penelitian untuk melihat potensi biji krokot (*P. oleracea*) sebagai alternatif penyedia minyak nabati. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan rendemen minyak biji krokot (*P. oleracea*) dengan metode re-maserasi menggunakan pelarut heksan serta menentukan karakterisasi fisikokimianya.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Piranti

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah biji dari tanaman krokot (*P. oleracea*) yang diambil dari persawahan di daerah sekitar Salatiga, Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan antara lain dari produk Merck, Jerman dengan grade *pro analysis* seperti heksana, kloroform, asam asetat glasial, etanol, asam klorida, kalium idodida, natrium tiosulfat, kalium hidroksida, natrium hidroksida, dan indikator fenolftalein, akuades dan kanji.

Piranti yang digunakan antara lain: neraca analitis ketelitian 0,1 mg (Mettler H 80, Mettler Instrument Corp., USA), neraca analitis ketelitian 0,01 g (Ohaus TAJ602, Ohaus Corp., USA), penangas air (Memmert), *rotary evaporator*, *grinder*, *Moisture balance* (OHAUS MB 150) dan peralatan gelas.

Preparasi Sampel

Bunga krokot yang sudah tua dikering anginkan, kemudian dikeringkan kembali dalam drying cabinet dengan suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya dikupas kelopak bunga yang menutupi biji yang kering, dan dipisahkan bijinya.

Pengukuran Kadar Air

Sebanyak 1,00 gram biji krokot untuk pengukuran kadar air menggunakan piranti *Moisture Balance*, mula-mula alat dikondisikan pada suhu 105°C . Proses pengukuran dihitung untuk membaca % kadar air yang terkandung

Ekstraksi minyak nabati (Harborne, 1987)

Sebanyak 20,00 gram sampel biji krokot yang kering dan sudah dihaluskan dengan grinder, dimaserasi dengan metode ultrasonic selama 30 menit menggunakan pelarut heksan 100 ml dan dilanjutkan maserasi pada suhu ruang selama 24 jam, kemudian maserat disaring dan hasil saringan dimaserasi kembali menggunakan heksan 50 ml selama 2 jam, maserat disaring kembali dan hasil saringan dimaserasi kembali menggunakan heksan 50 ml selama 2 jam, kemudian maserat disaring dan filtrat pertama, kedua dan ketiga digabung dan diuapkan dengan rotary evaporator pada suhu 70°C dan dikeringkan sampai diperoleh maserat bebas pelarut, selanjutnya dihitung rendemen sampel keringnya dan ekstraksi diulang 4 kali.

Karakterisasi Sifat Fisiko Minyak

Kadar Air

Sebanyak 1 gram minyak ditimbang dan diukur kadar airnya menggunakan *moisture balance* dengan tiga kali pengulangan.

Massa Jenis (Sudarmadji dkk., 1997)

Sebanyak 1 ml minyak diukur seksama dan ditimbang dengan ketelitian 0,1 mg. Massa jenis dinyatakan dalam g/ml.

Bilangan Asam (SNI 01-3555-1998)

Sebanyak 0,5 gram minyak ditambahkan dengan 50 ml etanol 95%. Sampel ditambah sebanyak 3-5 tetes indikator fenolftalein dan dititrasi dengan NaOH 0,1 M hingga warna merah muda tetap (tidak berubah selama 15 detik)

Bilangan Peroksida (SNI 01-3555-1998)

Sampel ditimbang sebanyak 0,5 gram kemudian ditambah 30 ml campuran kloroform : asam asetat glasial : etanol 95% (55:20:25). 1 gram kristal KI ditambahkan dalam campuran tersebut dan disimpan di tempat yang gelap selama 30 menit. Kemudian ditambahkan 50 mL air akuades bebas CO₂. Penentuan dilakukan dengan mengukur jumlah KI yang teroksidasi melalui titrasi dengan Na₂S₂O₃ 0,02 M.

Bilangan Penyabunan (SNI 01-3555-1998)

Sebanyak 0,5 gram minyak ditambah dengan 25 ml KOH 0,5 M berlebih lalu direfluks selama satu jam. Ditambahkan sebanyak 0,5 - 1 ml indikator fenolftalein. Jumlah KOH yang tidak bereaksi dititrasi dengan HCl 0,5 M.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen dan Parameter Fisiko-Kimia

Dari penelitian yang telah dilakukan, rata-rata rendemen minyak biji krokot yang diperoleh ialah $31,08 \pm 1,34$ (%bk), hasil ini lebih baik daripada hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh El-Sayed, dkk (2011) sebesar 28,1% dengan metode *press* dan menunjukkan hasil rendemen yang lebih besar dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Osman dan Husein (2015) yaitu sebesar 20% dengan menggunakan metode soxhletasi.

Menurut Leilah dan Al-khateeb (2003) perbedaan hasil rendemen dapat dikarenakan perbedaan tekstur tanah dan keadaan lingkungan dari sampel yang digunakan. Proses maserasi juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi hasil rendemen, karena maserasi dilakukan selama 24 jam serta re-maserasi 2 kali tiap 2 jam dengan penggunaan ultrasonic selama 30 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu maserasi dimungkinkan molekul minyak tersari dengan baik dan

dapat terbebas dari jaringan sel (Handajani dkk, 2010), serta proses ultrasonic lebih membantu dalam pelepasan molekul minyak yang dimungkinkan masih terjebak didalam jaringan sel (Liu *et al.*, 2014).

Menurut Bernasconi *et al.* (1995) dalam ekstraksi minyak atau lemak, jenis pelarut berperan penting dalam menentukan jumlah dari minyak yang dihasilkan. n-heksan digunakan karena merupakan bahan pelarut lipida non-polar yang paling banyak digunakan dengan alasan lebih selektif terhadap lipida, senyawa non polar, bersifat stabil dan mudah menguap. Serta dikarenakan bentuk fisik sampel biji memiliki luas permukaan yang lebih besar memudahkan pelarut n-heksan secara sempurna memisahkan komponen minyak yang terkandung dalam sel, melalui prinsip “*like dissolve like*” sehingga seluruh minyak dapat terekstrak tanpa merusak struktur fisik bahan maupun minyak. Faktor-faktor tersebut juga memungkinkan dalam parameter fisiko-kimia minyak yang telah diperoleh. Hasil pengukuran parameter fisiko-kimia minyak disajikan dalam **Tabel 1**.

Karakterisasi minyak biji krokot dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisiko-kimia minyak biji krokot. Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada **Tabel 1** didapatkan sifat fisika dari minyak biji krokot yang berwarna kuning serta berbau khas.

Tabel 1. Parameter Fisiko-Kimia Minyak Biji Krokot

Parameter	Minyak Biji Krokot (Rataan $\pm$ SE)	SNI 7431:2015* Minyak Nabati
Warna	Kuning	(-)
Aroma	Khas	(-)
Massa Jenis (g/ml)	0,8575 $\pm$ 0,0152	(-)
Kadar Air Minyak (%)	0,82 $\pm$ 0,07	(-)
Bilangan Asam (%b/b)	0,003 $\pm$ 0,0002	Maks 4,0
Bilangan Peroksida (mgek/kg)	15,3325 $\pm$ 0,2821	(-)
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g sampel)	2,6523 $\pm$ 0,5719	180-265

***Hasil menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 7431:2015**

(-) Tidak ada data

Nilai massa jenis/densitas minyak biji krokot sebesar 0,8575 g/ml, hal ini sesuai dengan pernyataan Guenther (1990) bahwa nilai massa jenis minyak umumnya berkisar antara 0,696-1,188 pada suhu 25°C. Nilai massa jenis dipengaruhi oleh komposisi asam lemak dan kemurnian bahan baku. Massa jenis akan meningkat seiring dengan penurunan panjang rantai karbon dan peningkatan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak (Mittelbach and Remschmidt., 2006). Selain itu dipengaruhi oleh komponen pengotor kandungan biji seperti gum, dan lendir yang kaya karbohidrat, protein dan fosfatida. Semakin tidak jenuh minyak maka akan semakin tinggi nilai massa jenisnya.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh rata-rata kadar air minyak biji krokot sebesar 0,82%. Menurut Winarno (1980), kadar air pada permukaan bahan dipengaruhi oleh kelembaban udara di sekitarnya tinggi, apabila kadar air bahan rendah sedangkan di sekitarnya tinggi maka akan terjadi

penyerapan uap air dari udara sehingga kadar air menjadi lebih tinggi serta lama penyimpanan sampel minyak sebelum dianalisis juga mempengaruhi pada pengukuran kadar air.

Hasil pengujian menunjukkan nilai bilangan asam minyak biji krokot sebesar $0,003\%^{b/b}$, nilai ini memenuhi syarat standar nasional (SNI) yaitu maksimum $4,0\%^{b/b}$. Bilangan asam menunjukkan asam lemak bebas yang berasal dari hidrolisa minyak ataupun karena proses pengolahan. Makin tinggi angka asam maka akan semakin rendah kualitasnya (Sudarmadji dkk., 1989). Bilangan asam yang kecil menunjukkan kandungan asam lemak bebasnya cukup kecil dan terjadi sedikit kerusakan (Handayani dkk., 2008). Minyak dengan bilangan asam yang kecil mengindikasikan bahwa minyak tersebut memiliki kestabilan yang besar dan bersifat *non irritant* bagi kulit (Kurnia dkk., 2014).

Hasil pengujian bilangan peroksida minyak biji krokot sebesar $15,3325$ mgek/kg. bilangan peroksida merupakan indikator suatu minyak akan berbau tengik dan merupakan satu hal penting dalam menentukan derajat kerusakan pada minyak. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida (Ketaren.,1986). Minyak mudah sekali mengalami autooksidasi menjadi senyawa peroksida maupun hiperperoksida. Jumlah peroksida maupun hiperperoksida memiliki titik klimaks yang kemudian akan menurun seiring dengan terbentuknya aldehid dan keton dari senyawa tersebut (Ketaren., 1986). Autooksidasi merupakan pembentukan radikal bebas pada asam lemak tidak jenuh yang disebabkan oleh factor-faktor yang mempercepat reaksi seperti cahaya dan panas (Winarno.,2004). Minyak yang baik memiliki kadar bilangan peroksida rendah, sehingga semakin rendah bilangan peroksida semakin baik kualitas minyak (Arlene dkk, 2010).

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh angka penyabunan yaitu $2,6523$ mg KOH/g. Nilai ini masih berada di bawah syarat standar nasional, hal ini menunjukkan proporsi triasilgliserol asam lemak berantai panjang lebih banyak daripada triasilgliserol asam lemak yang berantai pendek (Toscano *et al.*, 2007). Bilangan penyabunan setiap minyak berbeda-beda dan tidak pernah sama, selain itu satu jenis minyak cenderung memiliki bilangan penyabunan yang konstan (Muchtadi dan Sugiyono., 1992). Menurut Ketaren (1986) tinggi rendahnya bilangan penyabunan dipengaruhi oleh berat molekul minyak. Minyak yang disusun oleh asam lemak berantai pendek berarti memiliki berat molekul rendah maka akan mempunyai bilangan penyabunan yang relatif tinggi dan sebaliknya minyak dengan berat molekul besar akan mempunyai bilangan penyabunan yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan besar kecilnya bilangan penyabunan ditentukan oleh berat molekul asam lemak penyusunnya.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil rata-rata rendemen sebanyak $31,08 \pm 1,34$ (%bk), dan parameter fisiko-kimia minyak biji krokot antara lain: bilangan asam $0,003 \pm 0,0002$ ($\%^{b/b}$), bilangan peroksida $15,3325 \pm 0,2821$ (mgek/kg), bilangan penyabunan $2,6523 \pm 0,5719$ ($\text{mg KOH}/\text{g lemak}$), massa jenis/densitas minyak $0,8575 \pm 0,0152$ (g/ml), dan kadar air minyak $0,82 \pm 0,07$ ($\%^{b/b}$).

DAFTAR PUSTAKA

- Angelova-Romova M., Merdzhanov P., Antova G., Zlatanova M., Popova., Alexieva I., Stoyanova A. 2015. Lipid Composition of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Seeds//*Scientific Works of the Union of scientists in Bulgaria*.-2015. -664. -P.616-622
- Arlene, Ariestya., Steviana, K., dan Ign Suharto. 2010. Pengaruh Temperatur dan F/S terhadap Ekstraksi Minyak dari Biji Kemiri Sisa Penekanan Mekanik. *Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Bernasconi, G., H. Gerster, H. Hauser, H. Staubel dan E. Schneiter. 1995. *Teknologi Kimia*. Jilid 2. Terjemahan Lienda Handojo. P.T. Pranya Paramita, Jakarta.
- Depkes RI. 2007. *Kotranas*. Jakarta:Departemen Kesehatan RI. Hal.4-14.
- Duthie, I.F. dan S.M. Barlow. 1992. Dietary lipid exemplified by fish oils and their n-3 fatty acid. *Food Sci. Technol.* 6: 20-35.

- El-Sayed M.-I. 2011. Effect of *Portulacca Oleracea* L. Seed in treatment of type-2 diabetes mellitus patient as adjunctive and alternative therapy// *Journal of Ethnopharmacology*.-2011.-P.643-651. Doi:10.1016/j.jep.2011.06.020
- Guenther, E. 1990. *Minyak Atsiri*. Jilid I. UI-Press, Jakarta.
- Handajani, S., Godras dan Bakara. 2010. Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensoris Minyak Wijen (*sesamum indicum* L.). *Majalah Agritech*, vol 30, No 2.
- Handayani, M, Putri., dan Subagus, W. 2008. *Analisis Biji Ketapang (Terminalia catappa L) sebagai suatu Alternatif Sumber Minyak Nabati*. Majalah Obat Tradisional, Vol 13, No 45.
- Harborne, J. B. 1987. *Metode Fitokimia*. Terjemahan Padmawinata K, Soediro I. Bandung: ITB
- Irawan D, Hariyadi P, Wijaya H. 2003. The potency of krokot *Portulaca oleracea* as functional food ingredients. *Indonesian Food and Nutrition Progress*. 10: 1-12
- Ketaren S. 1986. *Minyak dan lemak pangan*, ed. 1. Jakarta: UI-Press.
- Kurnia, M. D., Hartati dan A. Ign. Kristijanto. 2014. Karakterisasi dan Komposisi Kimia Minyak Biji Tumbuhan Kupu-Kupu (*Bauhinia purpurea* L) Bunga Merah Muda. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX*, hal 11-17, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, 21 Juni 2014.
- Leilah, A.A. dan S.A. Al-Khateeb, "Growth and Yield Of Canola (*Brassica napus* L.) in relation to irrigation Treatments and Nitrogen Levels," *J. Agr. Sci. Vol 28*, hal 819-828, 2003.
- Liu L, Howe P, Zhou YF, Xu ZQ, Hocart C, Zhang R. 2000. Fatty acids and b-carotene in Australian purslane *Portulaca oleracea* varieties. *Journal of Chromatography A*. 893: 207–213.
- Liu L, Xie C, Yue L, Jing S, Cai Y. 2014. Preparation of *Portulaca oleracea* L. seed oil by ultrasound-assisted enzyme hydrolysis combined with Soxhlet extraction method and the analysis of its fatty acids. *Food Ferment Ind* 40: 218-222.
- Mittelbach M dan Remschmidt C. 2006. *Biodiesel: The Comprehensive Handbook*. Ed ke-3. Austria: Boersedruck Ges.m.b.h.
- Muchtadi, D dan Sugiyono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Pusat Antar-Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Osman SM, Hussein MA. 2015. Purslane seeds fixed oil as a Functional Food in Treatment of Obesity Induced by High Fat Diet in Obese Diabetic Mice. *J Nutr Food Sci* 5: 332. Doi: 10.4172/2155-9600.1000332.
- Sargent JR, Tocher DR, Bell JG. 2002. *The lipid*. In: Halver JE, Hardy RW (ed). *Fish Nutrition*. 3 rd edition. San Diego: Academic Press.
- Schmidt, J.H. dan Weidema, B.P. 2008. Shift in the Marginal Supply of Vegetable Oil. *International Journal Life Cycle Assessment*. 13(3):235–239.
- SNI 01-3555-1998. *Cara Uji Minyak dan Lemak*
- SNI 7431:2015. *Mutu dan Metode Uji Minyak Nabati Murni Untuk Bahan Bakar Motor Diesel Putran Sedang*
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1997. *Prosedur untuk Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., Suhardi. 1989. *Analisa bahan makanan dan Pertanian*. ISBN 979-499-193-7. Liberty Yogyakarta. Yogyakarta.
- Syurkani, P. 2015. *Kebutuhan Minyak Nabati Capai 20 Juta Ton Pada 2050* (Sabtu, 31 Oktober 2015, 11.50 WIB). Diakses di :<http://bisnis.tempo.co/read/news/2015/10/31/090714741/kebutuhan-minyak-nabati-capai-20-juta-ton-pada-2050> diakses pada 19 Juli 2016 pukul 19.25 WIB
- Toscano, G. dan E. Maldini, "Analysis of The Physical and Chemical Characteristics of Vegetable oils as Fuel." *J.of Ag. Eng.vol. 3*, hal. 39-47, 2007.
- Uddin KM, Juraimi AS, Hossain MS, Un Nahar MA, Ali ME, Rahman MM. 2014. Purslane weed *Portulaca oleracea*: A prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *The Scientific World Journal*. 6 p.
- Winarno F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Winarno, F. G., Srikandi Fardiaz, dan Dedi Fardiaz. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*, P.T. Gramedia, Jakarta.

UJI VIABILITAS SEL L6 (RAT MUSCLE CELLS) TERHADAP ION LOGAM TRANSISI YANG BERPOTENSI SEBAGAI OBAT ANTI-DIABETES MENGGUNAKAN CCK-8

Anna Safitri^{a,b}, Aviva Levina^b, dan Peter A. Lay^b

^a Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

^b School of Chemistry, the University of Sydney
City Road, Camperdown 2006, NSW

*Correspondence author's email: a.safitri@ub.ac.id

ABSTRAK

Pada saat ini, tidak ada tes *in vitro* standar untuk pengujian toksisitas obat anti-diabetes. Hal ini penting untuk mengurangi jumlah pengujian obat anti-diabetes dengan penggunaan hewan coba (*in vivo*). Tujuan penelitian ini adalah untuk pengujian toksisitas dari ion logam yang berpotensi sebagai obat anti-diabetes tipe 2 yaitu V(V/IV), Mo(VI), W(VI), dan Cr(III) pada sel L6, sebagai model sel yang sensitif terhadap kerja insulin. Tes toksisitas dilakukan dengan menggunakan CCK-8 (cell-counting kit-8). Prinsip kerja dari assay ini yaitu berdasarkan konversi dari garam tetrazolium yang larut dalam air, WST-8, atau 2-(2-metoksi-4-nitrofenil)-3-(4-nitrofenil)-5-(2,4-disulfenil)-2H-tetrazolium, ke zat warna formazan yang larut dalam air, hasil reduksi oleh enzim dehidrogenase. Tes ini dilakukan untuk menguji tingkat viabilitas dari sel yang hidup. Perubahan warna yang terjadi diukur serapannya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi ion logam yang digunakan yaitu 100 μM untuk kompleks Mo(VI), W(VI), dan Cr(III), tidak menurunkan sel viabilitas ($p < 0,05$). Dengan konsentrasi yang sama (100 μM) menyebabkan penurunan sel viabilitas pada V(V) dan V(IV). Tetapi pada konsentrasi rendah, yaitu 1 μM sudah meningkatkan sel viabilitas untuk V(V), dan 5 μM pada V(IV).

Kata kunci: anti diabetes, CCK-8, *in vitro*, viabilitas

ABSTRACT

There is no well-established *in vitro* test for toxicity testing of anti-diabetic drugs. It is important to reduce the amount of anti-diabetic drug testing with the use of experimental animals (*in vivo* study). The purpose of this study was to test the toxicity of metal ions proposed as a potential drugs for type 2 diabetes, V (V/IV), Mo (VI), W (VI) and Cr (III) complexes, on L6 cells, as insulin-sensitive cell model. Toxicity test was performed using CCK-8 (cell counting kit-8). The working principle of this assay is based on the conversion of water-soluble tetrazolium salt, WST-8, or 2- (2-methoxy-4-nitrophenyl) -3- (4-nitrophenyl) -5- (2,4, disulfenil) -2H-tetrazolium, to formazan dye which is soluble in water, as a result of the reduction by dehydrogenase enzyme. This test is conducted to determine the level of viability of living cells. The colour change was then measured by detect its absorbance using UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the highest concentration of the metal ions used, 100 μM for Mo (VI), W (VI) and Cr (III) compounds, did not decrease cell viability ($p < 0.05$). Similar concentration (100 μM) led to a decrease in cell viability at the V(V) and V(IV) complexes. But at low concentrations, 1 μM cell viability increased significantly for V (V), and 5 μM for V (IV).

Keywords: anti-diabetes, CCK-8, *in vitro*, viability

PENDAHULUAN

Jumlah penderita diabetes di dunia diperkirakan meningkat menjadi sekitar dari 171 juta di tahun 2000 menjadi 366 juta pada tahun 2030 (Wild, Roglic et al. 2004). Diabetes epidemik terutama berkaitan dengan diabetes tipe 2, yang menyumbang lebih dari 90% dari semua kasus diabetes (Verspohl 2012). Ada banyak faktor yang berkontribusi terhadap perkembangan penyakit ini, termasuk resistensi insulin, faktor genetik, obesitas, praktek gizi buruk dan kurangnya aktivitas fisik (Schäfer, Machicao et al. 2011). Komplikasi yang terkait diabetes tipe 2, seperti diabetik neuropati, diabetik retinopati, penyakit jantung, dan stroke, dapat menyebabkan disabilitas, harapan hidup berkurang, dan memerlukan biaya yang besar. Pemahaman dalam patofisiologi penyakit diabetes, dan mekanisme kerja obat anti diabetes dapat digunakan dalam mengembangkan pengobatan yang aman dan efektif untuk diabetes dan komplikasinya.

Penggunaan kompleks dari logam transisi sebagai senyawaan obat telah berkembang dengan pesat. Hasil-hasil riset telah menunjukkan bahwa kompleks dari ion logam transisi memiliki kegunaan yang luas dan dapat digunakan sebagai anti inflamasi, anti kanker dan anti diabetes (Rafique, Idrees et al. 2010). Logam-logam transisi merupakan unsur blok d pada tabel periodik yang termasuk dalam golongan 3-12, dan merupakan unsur utama pada kimia koordinasi.

Sampai saat ini vanadium dalam tingkat oksida +4, dan +5, merupakan ion logam transisi yang paling banyak diteliti dan berpotensi besar sebagai obat anti diabetes (Thompson, Chiles et al. 2004). Walaupun untuk senyawa kompleks dari ion logam transisi lainnya seperti Cr(III), Mo(VI), W(VI), Zn(II) dan Cu(II), juga telah diteliti dan juga memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai obat anti diabetes. Tetapi mekanisme anti diabetes dari Zn(II) dan Cu(II) berbeda dari ion logam transisi lainnya dan penggunaannya secara oral tidak dimungkinkan disebabkan oleh aktivitas biologisnya yang tidak terduga.

Mekanisme aksi dari V(V/IV) dihipotesiskan berperan dalam menghambat kerja enzim fosfatase pada jalur sinyal insulin. Hal ini disebabkan karena ion vanadate, $[\text{VO}_4]^{3-}$ dapat menggantikan ion fosfat pada situs aktif enzim. Ion ini membentuk struktur trigonal bipiramidal trigonal pada ligan polidentat, seperti situs aktif residu sistein dari PTP1-B (protein tirosin fosfatase-1B), yang merupakan enzim fosfatase, dan mengikat erat situsnya (Crans, Tarlton et al. 2014). Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa $[\text{MoO}_4]^{2-}$ dan $[\text{WO}_4]^{2-}$ juga mengikat ke situs aktif dari PTP, seperti yang ditunjukkan dari studi hasil X-ray kristalografi (Heo, Ryu et al. 2002). Ion-ion ini juga memiliki efek biologis yang mirip dengan vanadate, seperti hambatan PTP yang bersifat reversibel. Tetapi untuk Cr(III), mekanisme anti diabetesnya diprediksikan karena Cr(III) mengalami oksidasi intraseluler atau ekstraseluler pada sistem biologis menjadi Cr(V) dan Cr(VI) yang bersifat karsinogenik (Levina and Lay 2011). Kromium pada bentuk oksidasi +5 dan +6 ini dapat menghambat kerja dari enzim PTP1-B dengan mekanisme yang sama seperti pada V(IV/V), Mo(VI), dan W(VI) (Levina and Lay 2011).

Sehingga untuk penggunaan senyawaan kompleks dari V(IV/V), Mo(VI), W(VI), dan Cr(III), perlu dilakukan uji awal toksisitas senyawa tersebut pada sistem biologis. Pada penelitian ini dilakukan dengan cara uji viabilitas kompleks tersebut pada kultur sel L6 (sel otot tikus) dengan menggunakan assai CCK-8. Sel L6 dipilih karena merupakan sel model untuk sel yang sensitif terhadap kerja insulin (Lee, Lee et al. 2011). Sedangkan uji viabilitas dengan CCK-8 didasarkan pada konversi dari garam tetrazolium yang larut dalam air, WST-8 atau 2-(2-metoksi-4-nitrofenil)-3-(4-nitrofenil)-5-(2,4-disulfenil)-2H-tetrazolium, ke formazan, oleh enzim dehidrogenase. Perubahan warna ini akan dideteksi dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Viabilitas sel atau jumlah sel-sel yang hidup akan berbanding lurus dengan absorbansi pada panjang gelombang 450 nm (Ishiyama, Tominaga et al. 1996). Tingkat viabilitas akan dinyatakan dalam persentasi sel yang diberikan perlakuan kepada sel kontrol (tanpa perlakuan).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan antara lain: natrium ortovanadate (Na_3VO_4), vanadil asetoasetonate [$\text{VO}(\text{acac})_2$] (acac = acetylacetonato (1-)), natrium molibdate dihidrat ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), reagen CCK-8 yang dibeli dari Sigma-Aldrich. Sedangkan natrium tungsten dihidrat ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) berasal dari AnalaR; $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{cit})_2]$ (cit = citrato (3-)) merupakan hasil sintesis dan dikarakterisasi oleh Dr T. H. N. Pham. (Pham 2014) Reagen biokimia yang digunakan berasal dari Gibco, Invitrogen Corp. yaitu BSA (bovine serum albumin), sel media (DMEM, Dulbecco's modified Eagle's medium, mengandung glukosa 4,5 g/L), FCS (foetal calf serum), L-glutamin, insulin dari pankreas sapi, campuran antibiotik-antimikotik (mengandung penisilin 100 U/mL, streptomisin 100 U/mL, dan amfoterisin B 0,25 U/mL), dan PBS (phosphate buffer saline). Untuk sel yang digunakan, L6 (*rat thigh myoblasts*, CRL-1458) berasal dari ATCC (American Tissue Culture Collection).

Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat gelas, sel inkubator (5% CO_2 , 95% udara, pada suhu 37°C), *flask* untuk pertumbuhan sel ukuran 75 cm^2 , 96-well plate untuk assai menggunakan CCK-8, mikropipet ukuran 20 μL , 200 μL , dan 1000 μL , tip untuk mikropipet yang sesuai dengan ukuran mikropipet tersebut, dan 0,2 μm filter. Instrumen yang digunakan adalah *microplate reader* (Victor³V, Perkin Elmer).

Prosedur

Kultur untuk Sel L6

Sel L6 ditumbuhkan pada sel inkubator pada media DMEM yang disuplementasi menggunakan larutan glutamin (200 mM), campuran antibiotik-antimikotik, dan 10% FCS. Sel L6 ditumbuhkan sampai mencapai tingkat konfluensi 80% sebelum di sub-kultur.

Preparasi Larutan Ion Logam Transisi

Larutan stok dengan pelarut air, konsentrasi 10 mM, disiapkan segera sebelum eksperimen dilakukan (*fresh prepared*) yaitu larutan $\text{Na}_3[\text{VO}_4]$, $[\text{VO}(\text{acac})_2]$, $\text{Na}_2[\text{MoO}_4]$, $\text{Na}_2[\text{WO}_4]$, $\text{Na}_2[\text{WO}_4]$, $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{cit})_2]$. Larutan stok ini kemudian disterilisasi menggunakan filter dengan ukuran 0,2 μm sebelum ditambahkan ke dalam kultur sel L6. Struktur molekul dari kompleks V(V/IV), Mo(VI), W(VI), dan Cr(III) yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

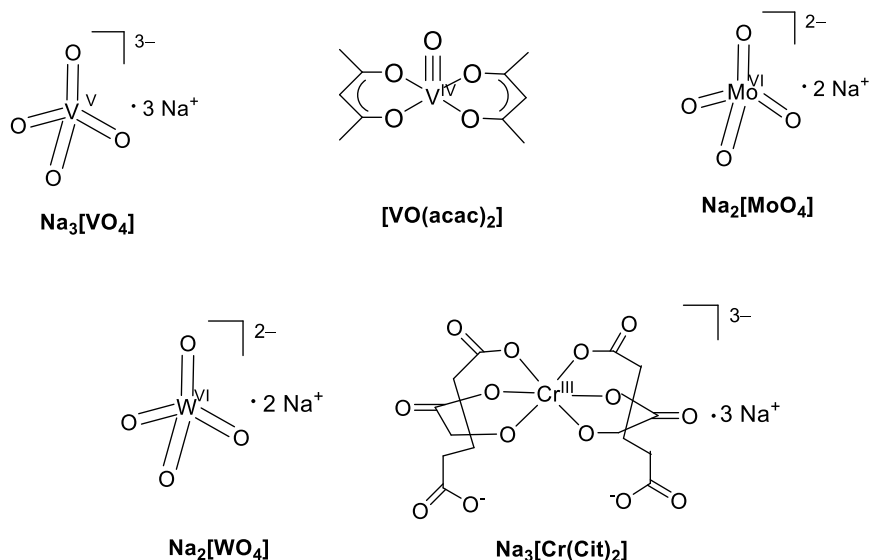
Uji Viabilitas Sel L6 dengan CCK-8

Dua hari sebelum assai dilakukan, sel L6 ditumbuhkan pada 96-well plate dengan densitas 1000 sel per well. Sel kemudian diinkubasi selama 48 jam pada media pertumbuhannya (mengandung 10% FCS). Kemudian sel dipuasakan selama semalam dengan media yang tidak mengandung FCS (0% FCS), sebagai gantinya media diberikan 0,1% BSA. Ditambahkan perlakuan kepada sel selama sel dipuasakan yaitu, $\text{Na}_3[\text{VO}_4]$ and $[\text{VO}(\text{acac})_2]$ pada konsentrasi 1,0; 5,0; 10; 20; dan 50 μM ; $\text{Na}_2[\text{WO}_4]$, $\text{Na}_2[\text{MoO}_4]$, and $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{cit})_2]$ pada konsentrasi 1,0; 5,0; 10; 50; dan 100 μM . Setelah 24 jam, ditambahkan 10 μL reagen CCK-8 pada tiap well. Sel kemudian diinkubasi 4 jam pada suhu 37°C agar WST-8 yang terkandung pada CCK-8 dapat terkonversi menjadi formazan. Setelah 4 jam, perubahan warna yang terjadi pada sel kultur plate diukur absorbansinya pada microplate reader pada panjang gelombang 450 nm. Sel viabilitas akan proporsional dengan besar absorbansi.

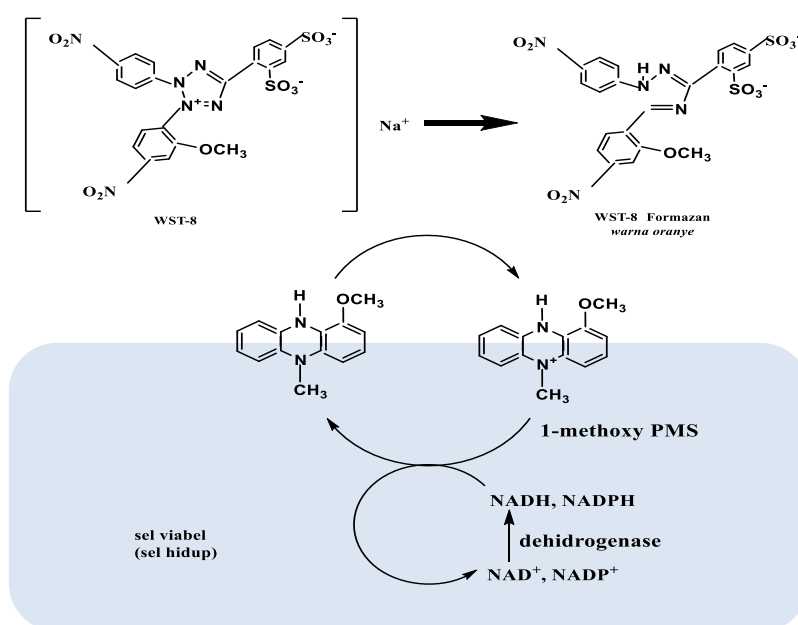
Analisa Statistik

Untuk analisis statistik, *student's t test* digunakan untuk mengukur keragaman di antara dua grup perlakuan. Tes independen dengan dua sampel digunakan untuk menganalisis perbedaan antara grup kontrol dan grup perlakuan menggunakan software Origin (Origin 1999). Untuk semua hasil yang $p < 0.05$ dikategorikan memberikan perbedaan yang nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1 Struktur molekul dari Na₃[VO₄], [VO(acac)₂], Na₂[MoO₄], Na₂[WO₄], Na₂[WO₄], dan Na₃[Cr(cit)₂] yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2 Prinsip deteksi viabilitas sel oleh reagen CCK-8

Uji viabilitas sel dengan menggunakan reagen CCK-8 dapat digunakan juga untuk mengetahui efek dari perlakuan yang diberikan ke metabolisme sel secara umum. Hal ini disebabkan WST-8 yang ada pada reagen CCK-8 akan terkonversi oleh aktivitas enzimatis yang ada pada sel. Assai ini memerlukan inkubasi reagen dengan populasi sel hidup untuk mengkonversi substrat menjadi produk berwarna yang dapat dideteksi oleh spektrofotometer. Secara umum mekanisme deteksi viabilitas dapat diilustrasikan pada Gambar 2. Reagen WST-8 direduksi secara tidak langsung oleh enzim dehidrogenase menjadi formazan. Enzim ini berada pada di dalam sel dan berperan dalam

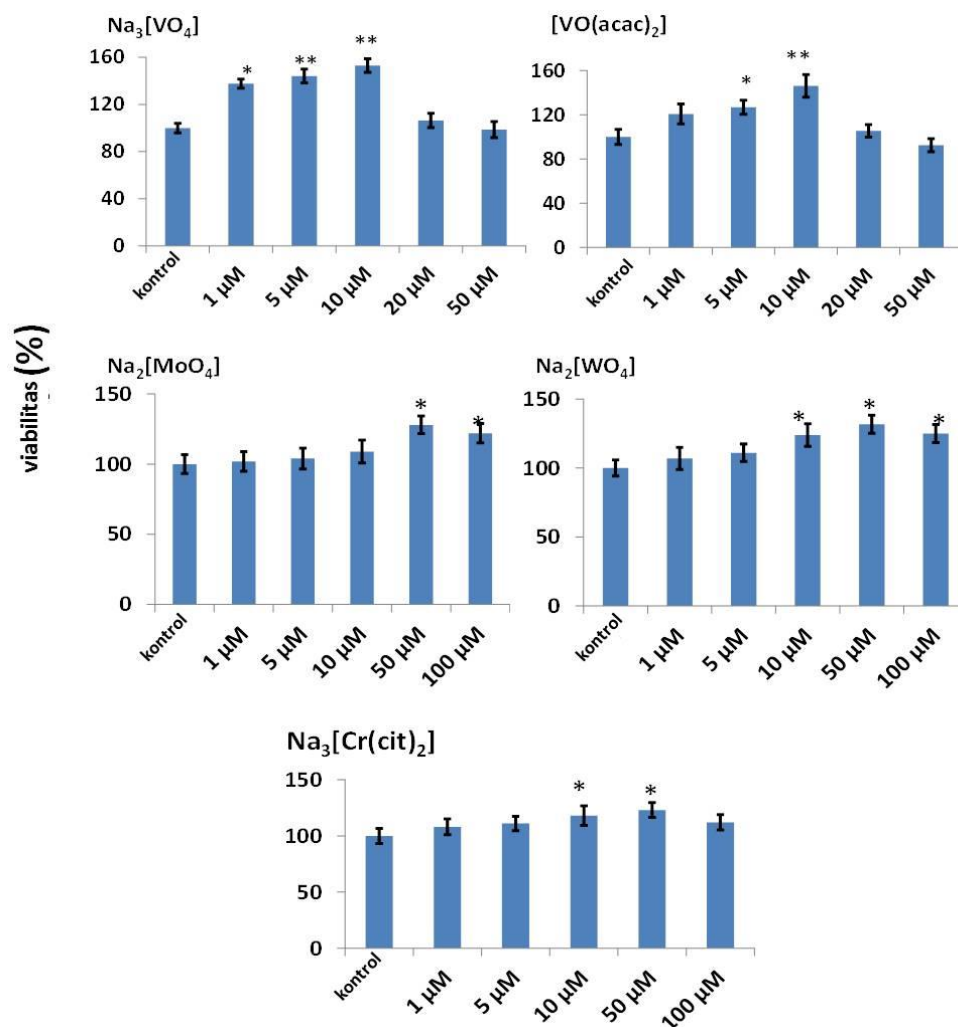
hidrogenasi NAD^+ dan NADP^+ menjadi NADH dan NADPH . Jumlah zat warna formazan yang dihasilkan oleh aktivitas enzim dehidrogenase dalam sel berbanding lurus dengan jumlah sel-sel hidup dan terdeteksi oleh absorbansi pada 450 nm (Ishiyama, Tominaga et al. 1996). Sensitivitas deteksi CCK-8 lebih tinggi dari garam tetrazolium lainnya seperti MTT atau MTS (Tominaga, Ishiyama et al. 1999).

Hasil uji viabilitas dari kompleks ion logam transisi, V(V/IV) , Mo(VI) , W(VI) , dan Cr(III) pada sel L6 disajikan pada Gambar 3. Pada Gambar tersebut terlihat penambahan bahwa $\text{Na}_3[\text{VO}_4]$ pada konsentrasi yang rendah yaitu 1 μM meningkatkan secara signifikan ($p < 0,05$) viabilitas sel. Sedangkan untuk penambahan V(IV) , $[\text{VO}(\text{acac})_2]$, viabilitas sel mulai meningkat pada konsentrasi 5 μM . Tetapi pada konsentrasi 20 μM , penambahan V(V) dan V(IV) mulai menurunkan viabilitas sel, meskipun hasilnya tidak berbeda nyata dengan sel kontrol (tanpa perlakuan).

Penambahan kompleks dari ion logam transisi lainnya, Mo(VI) , W(VI) , dan Cr(III) , memberikan hasil yang sedikit berbeda. Konsentrasi sebesar 10 μM pada W(VI) dan Cr(III) baru dapat meningkatkan viabilitas sel secara signifikan ($p < 0,05$). Pada perlakuan dengan Mo(VI) , konsentrasi sebesar 50 μM baru dapat meningkatkan viabilitas sel secara signifikan. Pada konsentrasi tertinggi yang digunakan dalam penelitian ini, 100 μM untuk kompleks dengan Mo(VI) , W(VI) , dan Cr(III) , tidak menurunkan viabilitas sel sel L6.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa kompleks dari V(IV/V) senyawa memiliki toksisitas lebih tinggi dari Mo(VI) , W(VI) , dan Cr(III) . Dengan demikian, untuk digunakan dalam penelitian selanjutnya, konsentrasi yang lebih rendah untuk V(V/IV) harus diterapkan ($< 50 \mu\text{M}$), sedangkan untuk Mo(VI) , W(VI) , dan Cr(III) , dapat digunakan dengan konsentrasi sampai 100 μM .

Hal ini dapat dijelaskan bahwa meskipun memiliki potensi yang besar sebagai obat anti diabetes, senyawa vanadium juga dilaporkan bersifat toksik secara *in vivo* dan *in vitro*. Efek yang paling umum dilaporkan adalah diare, dehidrasi penurunan cairan, dan menimbulkan problem pada penyerapan makanan (Srivastava and Mehdi 2005). Efek samping ini dapat dikurangi dengan mengurangi dosis pemakaian (Jelikić-Stankova, Uskoković-Marković et al. 2007). Toksisitas kompleks vanadium berkorelasi dengan tingkat oksidasinya, V(IV) bersifat kurang toksik dari V(V) . Selain itu juga ligan yang berikatan dengan vanadium, kompleks vanadium dengan ligan anorganik bersifat lebih toksik dari kompleks vanadium dengan ligan organik (Goc 2006). Tetapi dalam penelitian ini, tidak ada perbedaan yang signifikan antara V(V) dan V(IV) pada viabilitas sel L6. Hal ini dapat dikaitkan dengan sifat-sifat V(V) dan V(IV) yang mudah mengalami reaksi reduksi-oksidasi yang convertibel pada sistem biologis (Crans, Smee et al. 2004).



Gambar 3 Hasil uji viabilitas sel L6 dengan perlakuan senyawa kompleks Na₃[VO₄], [VO(acac)₂], Na₂[MoO₄], Na₂[WO₄], dan Na₃[Cr(Cit)₂].

KESIMPULAN

Uji viabilitas sel menggunakan CCK-8 telah terbukti merupakan assay yang dapat diandalkan untuk menguji toksisitas dari ion logam transisi yang mempunyai potensi untuk dapat digunakan sebagai anti diabetes. Selain itu, kesederhanaan dalam persiapan sampel pada assay CCK-8, dan kelebihan dari pengujian seperti non-toksik, lebih sensitif, dan hasilnya cepat, membuat assay lebih bermanfaat dilakukan untuk masa-masa mendatang. Hasil uji menunjukkan bahwa senyawa kompleks dari V(V/IV) lebih toksik dari Mo(VI), W(VI), dan Cr(III). Tetapi pada konsentrasi yang lebih rendah dapat meningkatkan viabilitas sel L6. Konsentrasi tertinggi yang dapat digunakan untuk perlakuan kepada sel L6 dengan kompleks dari Mo(VI), W(VI), dan Cr(III) adalah 100 µM, dan 50 µM untuk V(V/IV).

DAFTAR PUSTAKA

- Crans, D. C., et al., 2004, *Chem. Rev.*, **104**: 849-902.
 Crans, D. C., et al., 2014, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2014**(27): 4450-4468.
 Goc, A., 2006, *Cent. Eur. J. Biol*, **1**(3): 314-332.
 Heo, Y.-S., et al., 2002, *Exp. Mol. Med.*, **34**(3): 211-223.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2016

Malang, 27 November 2016

- Ishiyama, M., et al., 1996, *Biol. Pharm. Bull.*, **19**(11): 1518-1520.
- Jelikić-Stankova, M., et al., 2007, *J. Trace Elem. Med. Biol.*, **21**: 8-16.
- Lee, S. K., et al., 2011, *J. Cell. Biochem.*, **112**: 1259-1267.
- Levina, A. and P. A. Lay, 2011, *Dalton Trans.*, **40**: 11675-11686.
- Origin Version 6.0, Microcal, 1999, Northampton, MA, USA.
- Pham, T. H. N., 2014, "Speciation and Reactivity of Cr(III) Nutritional Supplements in Biological Media," PhD thesis, School of Chemistry, The University of Sydney, Sydney.
- Rafique, S., et al., 2010, *Biotech. Mol. Biol. Rev.*, **5**(2): 38-45.
- Schäfer, S. A., et al., 2011, *Diabet. Res. Clin. Prac.* **93S**: S9-S24.
- Srivastava, A. K. and M. Z. Mehdi, 2005, *Diabet. Med.*, **22**: 2-13.
- Thompson, K. H., et al., 2004, *J. Inorg. Biochem.* **98**: 683-690.
- Tominaga, H., et al., 1999, *Anal. Commun.* **36**: 47-50.
- Verspohl, E. J., 2012, *Pharmacol. Rev.* **64**(2): 188-237.
- Wild, S., et al., 2004, *Diabetes Care*, **27**: 1047-1053.

ILMU KIMIA METABOLIT SEKUNDER DALAM BIJA ASAM JAWA (*Tamarindus indica* Linn) DAN UJI (Bio)AKTIVITASNYA

Sutrisno^{a*}, Rini Retnosari^a, Rangga Putra Pranika Perdana^a, Fiqih Fajar Ria Khasanah^a, Aini Fitrotun Hanifa^a, dan Ayu Nurjannah^a

^aProdi Kimia Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5 Malang 65145

*Correspondence author's email: sutrisno.kimia@um.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk memperoleh zat-zat kimia dari biji asam jawa (*Tamarindus indica* Linn). Penelitian ini bertujuan mempelajari senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam biji asam jawa tersebut dan menguji (bio)aktivitasnya. Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Isolasi komponen yang meliputi ekstraksi dan fraksinasi; (2) Karakterisasi dan identifikasi senyawa; dan (3) Uji aktivitas antibakteri dan/atau *sunscreen*. Dari tahapan yang telah dilakukan tersebut dihasilkan sebagai berikut:

1. Isolasi yang dilakukan dengan maserasi dan fraksinasi dari fraksi I (*n*-heksana) dilanjutkan dengan fraksi II (campuran *n*-heksana dan etil asetat dengan perbandingan 1:1) ekstrak aseton biji asam jawa masing-masing diperoleh zat cair sebagai trigliserida dan selanjutnya disebut **minyak biji asam jawa**. Selanjutnya masing-masing disebut minyak I dan minyak II biji asam jawa. Berdasarkan karakterisasinya derajat ketidakjenuhan (*unsaturated degree*) minyak I lebih tinggi daripada minyak II. Kandungan asam lemak minyak biji asam jawa I yang dominan adalah asam kaprilat atau oktanoat (12,66%) dan asam linoleat atau 9,12-oktadekadienoat (38,68%), dan asam oktadekenoat (19,93%). Sedang untuk minyak biji asam jawa II adalah asam laurat atau dodekanoat (25,18%), palmitat atau heksadekanoat (16,06%), dan linoleat atau 9,12-oktadekadienoat (21,91%), dan oleat asam 9-oktadekenoat (17,76%). Uji aktivitas sebagai antibakteri yang dilakukan terhadap minyak biji asam jawa mengindikasikan tidak aktif sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.
2. Isolasi komponen lain secara ekstraksi, fraksinasi, dan pemurnian secara kromatografi kolom gravitasi secara berulang yang terdapat pada fraksi III (campuran *n*-heksana dan etil asetat dengan perbandingan 9:1) ekstrak aseton diperoleh **zat padat berwarna putih** dan **zat padat lunak berwarna kuning muda** dengan sifat-sifat sebagai berikut:
 - (a) Zat padat berwarna putih ini memiliki titik lebur 69-71°C. Larut dalam kloroform dan *n*-heksana, tidak larut dalam metanol, air, dan etil asetat, λ_{maks} 309, 298, 250 nm (masing-masing dengan $a = 13,6, 13,4, \text{ dan } 11,05 \text{ cm}^2.\text{mg}^{-1}$), mempunyai ikatan C=C terkonjugasi, C=C aromatik, gugus -OH, gugus C=O ester, dan C-O ester.
 - (b) Zat berwujud padat lunak berwarna kuning muda mempunyai titik lebur 45-47°C, larut dalam *n*-heksana dan kloroform, sedikit larut dalam etil asetat, serta tidak larut dalam metanol dan air. Zat ini mempunyai λ_{max} 242,30 dan 265,80 nm (dengan $a = 16,46 \text{ dan } 16,36 \text{ cm}^2.\text{mg}^{-1}$), mengindikasikan adanya gugus OH, gugus karbonil, ikatan C=C terkonjugasi, dan C=C aromatik;
 - (c) Kedua zat hasil isolasi dari fraksi (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1) ekstrak aseton menunjukkan tidak aktif sebagai antibakteri baik terhadap *Escherichia coli* maupun *Staphylococcus aureus*;
 - (d) Hasil analisis spektra UV terhadap kedua zat ini juga menunjukkan tidak berpotensi sebagai *sunscreen*. Zat padat berwarna putih dan zat padat lunak berwarna kuning muda mempunyai nilai SPF berturut-turut 1,466 dan 1,493.

Kata kunci: biji asam jawa (*Tamarindus indica* Linn), minyak biji asam jawa, dan metabolit sekunder biji asam jawa

ABSTRACT

Research was conducted to obtain chemicals from tamarind seeds (*Tamarindus indica* Linn). This research aims to study of chemical compounds contained in tamarind seeds and its' (bio)activity. The study was conducted in stages as follows: (1) Isolation of components by extraction and fractionation; (2) The characterization and identification of compounds; and (3) Assay of antibacterial activity and/or sunscreen. From the stage that has been done is generated as follows:

1. Isolation is done by maceration and the fractionation of the Fraction I (n-hexane) followed by Fractions II (a mixture of n-hexane and ethyl acetate in the ratio 1: 1) acetone extract tamarind seeds each obtained liquid substances as triglycerides and called as **tamarind seed oil**. Furthermore, eachncalled Oil I and Oil II of tamarind seed. Based on its' characterization, the degree of unsaturation (unsaturated degree) of Oil I higher than Oil II. Fatty acids content of tamarind seeds oil I is predominantly caprylic or octanoic acid (12.66%), linoleic or 9,12-octadecadienoic acid, (38.68%), and octadecenoic acid (19.93%). While in the tamarind seeds oil II is lauric or dodecanoic acid (25.18%), palmitic or hexadecanoic acis (16.06%), linoleic or 9,12-octadecadienoic acid (21.91%), and oleic or 9-octadecenoic acid (17.76%). Antibacterial activity assays is carried-out to tamarind seeds oil indicates inactive as antibacterial against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.
2. Isolation of other components by extraction, fractionation, and purification by column chromatography contained in Fraction III (a mixture of n-hexane and ethyl acetate in a ratio of 9: 1) acetone extract obtained white solids and soft solids with properties as follows:
 - (a) This white solid substance has a melting point 69-71°C. Soluble in chloroform and n-hexane, are insoluble in methanol, water, and ethyl acetate, $\lambda_{\max}$ 309, 298, 250 nm ($a = 13.6, 13.4,$ and $11.05 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ respectively), has a conjugated C=C bond, C=C aromatics, -OH group, C = O ester and CO ester groups;
 - (b) It is a soft solid substance has a melting point 45-47°C, soluble in n-hexane and chloroform, slightly soluble in ethyl acetate, and insoluble in methanol and water. This substance has a $\lambda_{\max}$ 242.30 and 265.80 nm ($a = 16.46$ and $16.36 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ respectively), indicate of the -OH and carbonyl groups, conjugated C=C bond, and C=C aromatics;
 - (c) Both substances isolated from the fraction III acetone extracts indicate inactive as antibacterial against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*;
 - (d) The results of the analysis of UV spectra of both these substances also showed not potentially as sunscreen. SPF value of white solids and soft solid are 1.466 and 1.493 respectively.

Keywords: tamarind seeds (*Tamarindus indica* Linn), tamarind seed oil, and secondary metabolites tamarind seeds.

PENDAHULUAN

Perkebangan ilmu kimia organik, pada hakikatnya seiring dengan usaha pemisahan/produksi dan penyelidikan senyawa bahan alam. Hal ini antara lain disebabkan karena struktur molekul dari senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh organisme mempunyai variasi yang sangat luas. Karenanya, dalam perkembangannya senyawa organik bahan alam merupakan penyumbang utama zat-zat kimia yang berperan sebagai obat-obatan. *Natural Cancer Institute* (USA, 2003) telah melansir bahwa tidak kurang dari 25% obat yang saat ini digunakan adalah dihasilkan atau diturunkan dari bahan alam khususnya bahan alam, 74% obat anti-kanker, dan 78% obat anti-bakteri merukan senyawa-senyawa yang dihasilkan dari bahan alam hayati (*natural product*).

Sejak dulu orang telah mengenal bahwa bunga, daun, akar, buah, dan biji dari berbagai tumbuhan mengandung bahan yang sangat bermanfaat untuk obat. Tidak dapat dipungkiri bahwa pengalaman empirik nenek moyang atau leluhur dan berkembang menjadi apa yang dikenal dengan obat-obat tradisional ini telah menginspirasi untuk penemuan obat-obat “modern” yang dilandasi oleh penalaran ilmiah. Selama dekade terakhir, sistem atau model pengobatan tradisional telah menjadi landasan dalam mengembangkan obat modern. Estimasi WHO (*World Health Organization*) 80% dari penduduk dunia menggunakan obat-obat herbal (obat tradisional) untuk menjaga kesehatannya.

Kecenderungan masyarakat dunia menggunakan obat tradisional (*herbal medicine*) ini terus meningkat dan tampaknya ini dilandasi oleh persepsi keamanan, kualitas, dan kemanjurannya (Yasir, *et al*, 2010).

Salah satu produk bahan alam hayati yang telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat adalah **asam (jawa)** (*Tamarindus indica* Linn), khususnya bagian buahnya dan hingga kini telah berkembang atau mengarah menjadi obat modern. Tanaman asam (jawa) baik akar batang, daun, maupun buahnya telah banyak dimanfaatkan untuk pengobatan tradisional, sedangkan khusus untuk bagian buahnya, pemanfaatannya dibedakan menjadi kulit buah, daging buah, dan biji buah asam (jawa). Dalam Wikipedia Indonesia disebutkan bahwa asam (jawa) memiliki banyak manfaat. Bijinya dapat digunakan untuk mengobati sakit gigi dan kencing manis. Dari informasi ini belum dapat diungkap secara molekuler bagaimana peran zat-zat atau senyawa-senyawa dalam asam (jawa) dan bagaimana sifat-sifat senyawa di dalamnya. Berbagai riset tentang khasiat dan potensi biji asam (jawa) telah dilakukan. Ekstrak heksana dan metanol buah asam jawa sebagai sumber senyawa organik yang terjadi secara alami yang mempunyai sifat antimikrobal. Juga tidak ada perbedaan komposisi kimia buah asam dari lokasi yang berbeda. Dari hasil penelitian ini, senyawa bahan alam buah asam menunjukkan kapabilitas potensi digunakan sebagai proteksi hewan dan/atau tanaman terhadap patogen (Adeola, *et al.*, 2010).

Ekstrak etanol biji asam mempunyai aktivitas antibakteri terhadap empat bakteri gram positif (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Staphylococcus aureus*, dan *Sarcina lutea*), dan empat bakteri gram negatif (*Shigella dysenteriae*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, dan *Salmonella paratyphi*). Terdapat kandungan fitokimia dalam ekstrak ini, yakni golongan glikosida flavonoid, saponin, alkaloid, dan glikosida jantung (Ara dan Islam, 2009)

Ekstrak air dan pelarut organik serbuk kering *Tamarinds indica* L. menunjukkan aktivitas antimikrobal baik terhadap bakteri gram negatif dan positif dengan metode difusi agar. Komponen utama kandungan fitokimia yang teridentifikasi adalah glikosida flavonoid yakni orientin dan viteksin. Jadi, *T. indica* mempunyai spektrum aktivitas antimikrobal dan sangat berpotensi sebagai antibiotik khususnya akibat kemoterapi dan kendalnya (Gumgumjee, *et al.*, 2012).

Ekstrak metanol biji *T. indica* mempunyai aktivitas anti-inflamasi dan analgesik secara *in-vivo*. Skrining fitokimia pendahuluan terhadap ekstrak metanol mengindikasikan terdapatnya glikosida alkaloid, tanin, saponin, dan flavonoid. Hasilnya, menunjukkan bahwa ekstrak metanol menunjukkan aktivitas analgesik dan anti-inflamasi (Suralkar, *et al.*, 2012). Ekstrak biji *T. indica* dengan CO₂ sebagai pelarut pada tekanan 100, 175 and 250 bar dan temperatur 68, 95 and 122 F, dan pada kondisi tekanan 250 bar dan 122 F menggunakan CO₂ + etanol pada konsentrasi 10, 25, 50 dan 75% menunjukkan aktivitas sebagai antioksidan. Ekstrak ini mengindikasikan adanya senyawa-senyawa fenolik (Reis, *et al.*, 2013). Menurut Meherl, *dkk.* (2014), *Tamarindus indica* mempunyai kandungan senyawa-senyawa yang berpotensi dan bersifat sebagai antidiabetik, hipolipidemic, hepatoprotektif, dan antimikrobal.

Penelitian lain melaporkan bahwa, kajian fitokimia dan farmakognosi, biji buah *T. indica* mengindikasikan bahwa biji buah ini berpotensi sebagai antioksidan, anti-inflamasi, anti-mikrobal, dan anti-jamur (Caluwé, *et al.*, 2010). Nwodo, *et al.* (2010) melaporkan bahwa, ekstrak etanol dan air (baik panas maupun dingin) terhadap buah, kulit, dan daun *Tamarindus indica* menunjukkan aktivitas antibakteri secara *in vitro* terhadap 13 jenis bakteri Gram negatif dan 5 jenis bakteri Gram positif yang diuji dengan metode difusi dan makro-dilusi. Ekstrak buahnya menunjukkan spektrum aktivitas yang lebih luas.

Namun demikian, secara spesifik belum ada informasi yang jelas tentang ilmu kimia zat-zat metabolit sekunder yang terdapat di dalamnya, khususnya dalam bagian bijinya. Di sisi lain, bagian biji ini umumnya kurang dimanfaatkan dan menjadi bahan buangan. Oleh karena itu, studi dan riset tentang ilmu kimia metabolit sekunder (senyawa organik bahan alam) dari biji asam (jawa) perlu dilakukan agar mampu memberikan informasi ilmiah yang berharga bagi kepentingan biokimia tumbuhan ini, pengobatan, farmakologi, dan khasiat biji asam (jawa) dengan penjelasan secara ilmiah yang komprehensif.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji asam jawa yang diperoleh dari Kabupaten Situbondo, kertas Lakmus, kertas cakram (kertas Whatman No. 1 dipotong bentuk lingkaran dengan diameter 6 mm), *cotton bud*, kapas, kertas sampul, *aluminum foil*, Nutrien Agar (NA), Nutrien Cair (NC), biakan murni bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*), dan bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*). Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari Merck kualitas p.a. kecuali yang disebutkan. Bahan-bahan tersebut adalah metanol, etanol, *n*-heksana, etil asetat, kloroform, aseton (teknis), *silica gel* 60 F₂₅₄, *silica gel* 60 (0,063-0,200 mm), *silica gel* 60 GF₂₅₄. Bahan kimia yang lain adalah aquades, larutan HCl 37%, larutan asam sulfat pekat, kalium iodida, larutan Hanus, larutan standart Mc Farland 0,5, air brom, brom dalam CCl₄, iodin, kalium hidroksida, besi(III) klorida, etanol 98%, natrium tiosulfat, indikator phenolftalein, indikator amilum, dimetil sulfoksida (DMSO), dan ampicilin (obat generik).

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu seperangkat alat gelas, neraca analitik dengan ketelitian 0,0001 g dan 0,001 g, timbangan dengan ketelitian 1 g, oven, seperangkat alat maserasi, seperangkat alat *rotavapor* (*rotary evaporator*), seperangkat alat destilasi, seperangkat alat refluks, seperangkat alat Kromatografi Lapis Tipis (KLT), seperangkat alat Kromatografi Vakum Cair (KVC), kromatografi kolom diameter 1,5 cm panjang 50 cm, autoklaf, *microtube*, jarum ose, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, jangka sorong, *vortex*, *magnetit stirrer*, *hot plate*, oven, pelat tetes, jangka sorong, autoklaf, *vortex*, inkubator, refraktometer Abbe, viskosimeter Ostwald, seperangkat alat untuk titrasi, dan seperangkat alat GC-MS Shimadzu QP2010S, *Fischer Scientific Melting Point Apparatus*, seperangkat spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1610, dan seperangkat spektrofotometer FTIR Shimadzu IR-prestige 21.

Prosedur

1. Preparasi sampel

Biji asam jawa segar dicuci bersih, digiling kasar, dan ditimbang. Serbuk kasar biji asam jawa yang telah ditimbang dikeringkan dibawah sinar matahari sampai diperoleh berat yang konstan sehingga serbuk kering yang siap untuk digunakan sebagai bahan penelitian. Selisih antara bobot basah dan bobot kering merupakan kadar airnya.

2. Isolasi Komponen Biji Asam Jawa

Isolasi komponen meliputi ekstraksi, fraksinasi, dan pemurnian. Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

a. Ekstraksi.

Sebanyak 1300 g serbuk biji kering bagian kernel asam jawa dimaserasi dengan 2 liter aseton selama 24 jam. Hasil maserasi disaring dengan corong *Buchner* sehingga diperoleh residu dan maserat. Residu hasil maserasi pertama kemudian dimaserasi ulang hingga kali ketiga. Maserat hasil maserasi pertama, kedua, dan ketiga digabung. Maserat aseton yang diperoleh selanjutnya diuapkan dengan *rotavapor* hingga diperoleh maserat pekat kental.

b. Fraksinasi secara kromatografi vakum cair

Ke dalam bejana kolom KVC (Kromatografi Cair Vakum, $\varnothing$ 5 cm) dimasukan 100 gram silika gel 60 GF₂₅₄ 7730, hingga diperoleh tinggi silika dalam kolom 10 cm yang siap untuk pemisahan dan pemurnian. Sebanyak 10 gram ekstrak aseton diimpregnasi dengan 10 gram silika gel 60 (0,063-0,200 mm 7734), selanjutnya dimasukkan ke dalam kolom KVC dan dielusi. Elusi dilakukan dengan berbagai pelarut yang kepolarannya meningkat, yakni: (1) 150 mL *n*-heksana, (2) 2x150 mL (*n*-heksana + etil asetat = 9,8 + 0,2), (3) 2x150 mL (*n*-heksana + etil asetat = 9,6 + 0,4), (4) 150 mL (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1), (5) 2 x 150 mL (*n*-heksana + etil asetat = 5 + 5), (6) 2x150 mL (*n*-heksana + etil asetat = 4 + 6), (7) 2x150 mL (*n*-heksana + etil asetat = 2 + 8), (8) 2x150 mL etil, dan

(9) diakhiri dengan metanol hingga eluat tidak berwarna. Setiap eluat sebanyak 150 mL dari setiap fraksi ditampung dan masing-masing fraksi dianalisis secara KLT.

b. Pemisahan/Pemurnian Fraksi-fraksi Hasil Ekstraksi secara Maserasi

Zat-zat hasil fraksinasi dengan KVC (9 fraksi) dievaporasi untuk memperoleh komponen penyusunnya. Komponen-komponen zat yang dihasilkan kemudian diamati secara visual. Zat yang berwujud cair dianalisis lebih lanjut sedang yang berwujud padat dianalisis dan dipisahkan lebih lanjut secara kromatografi kolom gravitasi.

c. Karakterisasi Hasil Fraksinasi yang Berwujud Cair

Zat-zat hasil fraksinasi yang berwujud cair dikarakterisasi sifat fisik dan kimianya. Sifat fisik meliputi wujud, warna, massa jenis, indeks bias, dan viskositas. Sifat-sifat fisik ini ditentukan dengan prosedur yang standar dan sebagaimana lazimnya. Sifat kimia meliputi uji penyabunan, uji ketidakjenuhan, bilangan asam, bilangan penyabunan, dan bilangan iod.

Wujud dan warna dilakukan melalui pengamatan secara visual. **Indeks bias** ditentukan dengan refraktometer Abbe. Indeks bias hasil pengukuran dikonversi pada suhu 25°C dengan faktor koreksi (0,00045).

Massa jenis ditentukan dengan mengukur massa zat untuk 1 mL sampel. **Viskositas** ditentukan dengan viskosimeter Ostwald. Perbandingan waktu alir zat dengan waktu alir air (sebagai pembanding) merupakan nilai viskositasnya, yakni η (viskositas dinamika, cP) dan ν (viskositas kinematika, cSt).

Uji saponifikasi atau Uji trigliserida. Ke dalam tabung uji dimasukkan 5 tetes sampel dan 1 mL larutan KOH 0,1M, dikocok hingga homogen. Uji positif ditandai dengan timbulnya busa.

Uji ketidakjenuhan. Ke dalam tabung uji dimasukkan 5 tetes sampel dan 5 tetes etil asetat, selanjutnya dikocok hingga homogen. Ke dalam larutan ini lalu ditambah 1 tetes brom (dalam CCl_4) kemudian diamati perubahan warna brom. Uji positif adanya ikatan tidak jenuh ditandai dengan pudarnya warna brom.

Penentuan bilangan asam. Ke dalam Erlenmeyer 250 mL dimasukkan 0,4 g sampel, etil asetat 2,5 mL, dan 10 tetes indikator fenolftalein. Campuran dikocok kuat hingga membentuk larutan (campuran yang homogen). Selanjutnya dititrasi dengan larutan KOH 0,1M sampai diperoleh warna merah muda. Bilangan asam dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \times M \times M_r \text{ KOH}}{\text{massa sampel}}$$

Dengan, V = volume KOH yang dibutuhkan untuk titrasi (mL), M = konsentrasi larutan KOH (mol.L^{-1}), dan $M_r \text{ KOH} = 56 \text{ g.mol}^{-1}$

Penentuan bilangan penyabunan. Ke dalam labu leher tiga dimasukkan 0,189 g sampel, 25 tetes n -heksana, dan 25 mL larutan KOH 0,5M. Campuran dididihkan selama 45 menit lalu didinginkan pada suhu kamar. Kemudian ditambah 5 tetes fenolftalein, dikocok, sampai larutan berwarna merah muda. Selanjutnya campuran dititrasi dengan larutan HCl 0,5M hingga warna larutan berubah warna dari merah muda menjadi tidak berwarna. Titrasi juga dilakukan terhadap blanko. (Blanko berisi 25 tetes n -heksana dan 25 mL larutan KOH 0,5M, dan dididihkan selama 45 menit). Bilangan penyabunan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Bilangan penyabunan} = \frac{(A - B) \times M \times M_r \text{ KOH}}{\text{massa sampel}}$$

Di mana, A = volume HCl 0,5M untuk titrasi blanko (mL), B = volume HCl 0,5M untuk titrasi sampel (mL), M = konsentrasi HCl (mol.L^{-1}), dan $M_r \text{ KOH} = 56 \text{ g.mol}^{-1}$

Penentuan bilangan iod. Ke dalam Erlenmeyer 250 mL dimasukkan 0,1 g sampel, 25 mL etil asetat, dan 10 mL larutan Hanus. Selanjutnya, campuran dikocok hingga membentuk campuran yang homogen lalu didiamkan dalam ruang gelap selama satu jam dan dikocok setiap sepuluh menit. Kemudian ditambah 10 mL larutan KI 10% dan aquades 100 mL. Selanjutnya dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1M. Setelah terjadi perubahan warna menjadi kuning pucat titrasi dihentikan, kemudian ditambah indikator amilum sampai warna larutan berubah menjadi biru gelap. Titrasi dilanjutkan kembali hingga warna biru pudar. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap blanko yang berisi 25 mL etil asetat dan 10 mL larutan Hanus. Bilangan iod dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Bilangan iod} = \frac{(A - B) \times C \times 12,7}{\text{massa sampel}}$$

Di mana, A dan B berturut-turut adalah volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi blanko dan untuk titrasi sampel (mL), dan C = konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mol.L^{-1}).

d. Transformasi Trigliserida menjadi Metil Ester dan Identifikasinya

Transformasi minyak biji asam jawa menjadi metil esternya dengan metanol berkatalis borontrifluorida dilakukan secara in-itu. Analisis metil ester didasarkan pada setiap puncak pada kromatogram GC yang dilakukan berdasarkan spektrum massanya. Spektrum massa untuk setiap metil ester menggambarkan jenis asam lemak trigliserida ini.

e. Pemisahan/Pemurnian secara Kromatografi Kolom Gravitasi

Fraksi ke-6 yakni fraksi dengan eluen (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1) dari hasil KVC (kromatografi vakum cair) dimurnikan lebih lanjut secara KKG (kromatografi kolom gravitasi) dengan fasa diam silika gel 60 (0,063-0,0200 mm) dengan berbagai eluen, yakni (1) kloroform, (2) (kloroform + *n*-heksana = 8 + 2), (3) (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1), dan (4) (*n*-heksana + etil asetat = 8 + 2). Tampungan hasil pemisahan dengan KKG dilakukan tiap $\pm 3 \text{ mL}$, dan fraksi-fraksi ini selanjutnya dianalisis secara KLT. Fraksi-fraksi dengan nilai R_f sama dikumpulkan menjadi satu gabungan fraksi. Fraksi gabungan yang diperoleh diuapkan sehingga diperoleh zat hasil isolasi/pemurnian.

f. Karakterisasi dan Identifikasi Komponen Hasil Pemurnian secara Kromatografi

Karakterisasi komponen hasil pemurnian meliputi karakterisasi secara fisika (wujud, warna, titik lebur, dan kelarutan), kimia (uji ketidakhenuhan dan golongan senyawa bahan alam). Identifikasi komponen hasil pemurnian meliputi spektrofotometri (UV dan IR).

Wujud dan warna. Wujud dan warna melalui pengamatan secara visual. **Titik lebur,** ditentukan dengan *Fischer Scientific Melting Point Apparatus*. Titik lebur sampel dicatat dari mulai melebur sampai melebur sempurna.

Uji Kelarutan, dilakukan dengan memasukkan sedikit sampel ke dalam 2 mL pelarut, yakni *n*-heksana, kloroform, etil asetat, air dan metanol. Saat pencampuran dilakukan pengocokan atau pengadukan.

Uji Ketidakhenuhan. Kepada larutan sampel uji dalam kloroform ditambahkan 3 tetes brom dalam CCl_4 . Uji positif ditandai dengan memudarnya warna brom.

Uji Golongan senyawa bahan alam. Uji golongan senyawa bahan alam yang dilakukan adalah uji fenolik, uji terpenoid, uji flavonoid, uji tanin dan uji saponin. Uji ini dilakukan dengan cara memasukan sedikit zat hasil isolasi (sampel) ke dalam 1 mL larutan penguji, yakni larutan FeCl_3 1% (uji fenolik, timbul warna hijau), 1 mL gelatin (untuk uji tanin, ditandai timbulnya endapan putih), larutan H_2SO_4 pekat (uji terpenoid, timbul coklat kemerahan), larutan NaOH 10% (uji flavonoid,

timbul warna kuning), dan akuades (untuk uji saponin yang ditandai dengan terbentuknya busa yang permanen setelah dikocok).

Analisis Spektrofotometri UV. Sebanyak 0,3 mg sampel dilarutkan dalam 10 mL kloroform (konsentrasinya 30 ppm), kemudian 5 mL larutan ini dianalisis dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 200-400 nm dengan blanko kloroform.

Analisis Spektrofotometri IR. Sedikit sampel dicampur dengan kalium bromida kering, kemudian digerus bersama hingga homogen kemudian sampai kehalusan tertentu. Selanjutnya dibuat lapisan tipis (pellet), dianalisis dengan spektrofotometer IR pada bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} .

Uji Aktivitas Antibakteri. Sebanyak 5 mg sampel dilarutkan ke dalam 1 mL DMSO. Kertas cakram kosong dimasukkan (direndam) ke dalam larutan sampel uji ini. Setelah direndam, selanjutnya kertas cakram tersebut diletakkan dalam media NA (nutrient agar) yang di dalamnya telah diinokulasi biakan murni bakteri uji (*Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*) diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 × 24 jam. Pertumbuhan bakteri dan hambatannya ditentukan dengan mengukur diameter zona bening selama inkubasi.

Uji Aktivitas Sunscreen. Penentuan efektivitas sunscreen dilakukan dengan menentukan nilai SPF dengan metode spektrofotometri UV (Sayre *et al.*, 1979). Sebanyak 1 mg sampel dilarutkan dalam 10 mL CHCl_3 (konsentrasi 100 mg.L^{-1}). Selanjutnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 290–320 dengan kloroform sebagai blanko.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Preparasi Sampel dan Ekstraksi

Preparasi sampel yang dilakukan dengan mengeringkan biji asam jawa bersih (setelah dicuci) kemudian digiling. Dari pengeringan biji asam jawa dihasilkan kadar air biji asam jawa sebesar 9,66%. Ekstraksi secara maserasi terhadap 1300 gram serbuk halus (isi) biji asam jawa dilakukan dengan 2L aseton selama 24 jam, dihasilkan maserat dan residu. Residu diekstraksi dengan cara yang sama, dan selanjutnya diulangi lagi untuk yang ketiga. Dari percobaan ini dihasilkan maserat aseton sebanyak 6 liter. Penguapan aseton dengan rotavapor sedikit demi sedikit hingga menghasilkan maserat kental berwarna kuning kecoklatan sebanyak 122,67 g dan sisanya sebagai residu (rendemen 9,44%).

2. Fraksinasi dan Isolasi/Pemurnian

Maserat kental difraksinasi dengan KVC (kromatografi vakum cair) menggunakan eluen dengan kepolaran meningkat diperoleh 9 fraksi. Dari penguapan pelarut pengekstrak, diperoleh hasil fraksi 1 (fraksi n-heksana) dan fraksi 7 (campuran n-heksana + etil asetat = 1 + 1) sama-sama berwujud cair seperti minyak, mempunyai jumlah yang relatif lebih banyak dibanding fraksi lain. Berdasarkan fakta ini maka fraksi 1 dan fraksi 7 diteliti lebih lanjut, yakni dikarakterisasi dan diidentifikasi. Selajutnya, dengan identitas yang sama dilakukan tindak lanjut terhadap Fraksi 4, yakni hasil KVC dengan eluen (n-heksana + etil asetat = 9 + 1).

3. Karakterisasi, Transformasi, dan Identifikasi Fraksi 1 dan Fraksi 7

Karakterisasi secara visual terhadap zat hasil fraksinasi ekstrak aseton biji asam jawa, baik secara visual (organo leptik), sifat fisik, dan sifat kimia untuk Fraksi 1 dan Fraksi 7 diperoleh hasil seperti tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik zat-zat hasil isolasi untuk fraksi 1 dan fraksi 7

No	Karakteristik	Fraksi 1	Fraksi 7
1	Wujud zat	cair	cair
2	Warna	kuning	hijau kekuningan
3	Massa jenis (g.mL^{-1})	0,84	0,92
4	Indeks bias	1,472	(25°C)/ 1,478 (25°C) atau 1,476

5	Viskositas (cSt)	1,470 (29°C)	(28,2°C)
6	Uji penyabunan/ trigliserida	62,32	195,20
7	Uji ketidakjenuhan	Uji positip (timbul busa)	positip (timbul busa)
8	Bilangan penyabunan	positip (melenyapkan warna brom)	positip (melenyapkan warna brom)
9	Bilangan asam	392	88,89
10	Bilangan iod	1,68	0,126
		54,61	25,40

Catatan: Karakterisasi no. 8, 10, dan 10 dilakukan setelah uji penyabunan dan uji ketidakjenuhan menunjukkan hasil yang positip

Fraksi 1 maupun fraksi 7 merupakan dua diantara komponen zat yang terdapat biji asam jawa merupakan suatu trigliserida yang berwujud cair atau minyak. Selanjutnya kedua komponen ini disebut sebagai minyak biji asam jawa I (untuk fraksi 1) dan minyak biji asam jawa II (untuk fraksi n-heksana + etil asetat = 1 + 1), dan keduanya disebut sebagai Minyak Biji Asam Jawa. Minyak biji asam jawa II lebih viskos, lebih bermassa pada volume yang sama, kurang membiaskan cahaya, dan mempunyai derajat dibanding minyak biji asam jawa II. Keduanya mengandung asam lemak bebas, namun minyak biji asam jawa I mengandung asam lemak bebas lebih besar daripada minyak biji asam jawa.

Transformasi yang dilakukan dengan metanol berkatalis boron trifluorida secara trans-esterifikasi secara in-situ dan langsung diinjeksikan ke kolom GC-MS untuk ditentukan jumlah dan jenis metil ester dari asam lemaknya. Hasil pemisahan secara kromatografi gas terhadap metil ester asam lemak dari minyak biji asam jawa I dan minyak biji asam jawa II berturut-turut tersusun dari 10 dan 14 macam asam lemak. Analisis spektra massa untuk setiap puncak kromatogram GC-MS dan merujuk pada Library WILEY229.LIB dihasilkan asam-asam lemak penyusun minyak biji asam jawa seperti tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 4.5 Metil ester dan asam lemak yang sesuai hasil trans-esterifikasi fraksi 1

Puncak ke-	(t_R) (menit)	Metil ester	Asam lemak	Kadar (%)
1	22,033	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOCH}_3$ metil dodekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ asam dodekanoat,	12,66
2	26,692	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOCH}_3$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ asam tetradekanoat	5,17
3	30,925	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOCH}_3$ metil heksadekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ asam heksadekanoat	9,90
4	34,250	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOCH}_3$ metil 9,12-oktadekadienoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ asam 9,12-oktadekadienoat	38,68
5	34,342	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOCH}_3$ metil 11-oktadekenoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$ asam 11-oktadekenoat	19,93
6	34,783	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOCH}_3$ metil oktadekanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ asam oktadekanoat	4,80
7	37,858	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOCH}_3$ metil 11-eikosanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$ asam 11-eikosanoat	0,76
8	38,317	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOCH}_3$ metil eikosanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$ asam eikosanoat	1,55
9	41,583	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOCH}_3$ metil dokosanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$ asam dokosanoat	2,01
10	44,625	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOCH}_3$ metil tetrakosanoat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$ asam tetrakosanoat	4,54

Catatan: asam lemak yang diturunkan dari kromatogram puncak ke-4, -5, dan -7 merupakan asam lemak jenuh, dua sebagai MUFA (*mono unsaturated fatty acid*) yakni ke-5 dan ke-7, sedang yang ke-4 adalah golongan PUFA (*poly unsaturated fatty acid*), dan asam lemak yang lain tergolong asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*).

4. Pemurnian, Karakterisasi, dan Identifikasi Fraksi 3

Komponen lain yang terdapat dalam biji asam jawa yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Isolasi salah satu komponen secara ekstraksi, fraksinasi, dan pemurnian secara kromatografi kolom gravitasi secara berulang yang terdapat pada fraksi (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1) ekstrak aseton diperoleh **zat padat berwarna putih** dan **zat padat lunak berwarna kuning muda**;
2. Zat padat berwarna putih ini memiliki titik lebur 69-71 °C. Larut dalam kloroform dan *n*-heksana, dan tidak larut dalam metanol, air, dan etil asetat. Dalam kloroform mempunyai λ_{maks} 309, 298, 250 nm dengan absorptivitas berturut-turut 13,6, 13,4, dan 11,05 cm² mg⁻¹. Zat ini mempunyai ikatan rangkap C=C terkonjugasi, C=C aromatik, gugus -OH, C=O ester, dan C-O ester.
3. Zat hasil isolasi yang berwujud padat lunak berwarna kuning muda mempunyai titik lebur 45-47 °C, larut dalam *n*-heksana dan kloroform, sedikit larut dalam etil asetat, serta tidak larut dalam metanol dan air. Dalam kloroform, zat ini mempunyai λ_{max} 242,30 nm ($a = 16,46 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) menindikasikan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ terkonjugasi, λ_{max} 265,80 ($a = 16,36 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) menindikasikan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ benzenoid dan λ_{max} 319,70 ($a = 1,6 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) menindikasikan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$. Dari spektrum IRnya mengindikasikan adanya gugus OH, gugus karbonil, terdapat -C=C- terkonjugasi, dan -C=C- aromatik. Zat hasil isolasi positif terhadap uji ketidakkenuhan, fenolik, dan tanin.
4. Kedua zat hasil isolasi dari Fraksi III (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1) ekstrak aseton menunjukkan tidak aktif sebagai antibakteri baik terhadap *Escherichia coli* maupun *Staphylococcus aureus*.
5. Hasil analisis spektra UV terhadap kedua zat ini juga menunjukkan tidak berpotensi sebagai *sunscreens*. Zat padat berwarna putih dan zat padat lunak berwarna kuning muda mempunyai nilai SPF berturut-turut 1,466 dan 1,493.

KESIMPULAN

1. Studi ilmu kimia kandungan senyawa yang terdapat pada biji asam jawa, untuk sementara ini dihasilkan minyak biji asam jawa. Minyak biji asam jawa dibedakan dua macam, yakni minyak biji asam jawa I dan minyak biji asam jawa II.
2. Minyak biji asam jawa I (fraksi *n*-heksana) berwarna kuning dengan massa jenis 0,84 g.mL⁻¹, indeks bias 1,472 (25°C) atau 1,470 (29,5°C), viskositas 62,32 cSt, bilangan asam 1,68, bilangan penyabunan 148, dan bilangan iod 55.
3. Minyak biji asam jawa II berwarna hijau, massa jenis 0,92 g.mL⁻¹, indeks bias 1,478 (25°C) atau 1,476 (28,2°C), viskositas 194,61 cSt, bilangan asam 0,126, bilangan penyabunan 212, dan bilangan iod 34.
4. Asam lemak penyusun minyak biji asam jawa I adalah asam dodekanoat (12,66%), asam tetradekanoat (5,17%), asam heksadekanoat (9,90%), asam 9,12-oktadekadienoat (38,68%), asam 11-oktadekanoat (19,93%), asam oktadekanoat (4,80%), asam 11-eikosenoat (0,76%), asam eikosenoat (1,55%), asam dokosanoat (2,01%), dan asam tetrakosanoat (4,54%). Asam lemak penyusun minyak biji asam jawa II adalah asam oktanoat (0,87%), asam dekanoat (1,68%), asam dodekanoat (25,18%), asam tetradekanoat (7,93%), asam heksadekanoat (16,06%), asam 9,12-oktadekadienoat (21,91%), asam 9-oktadekanoat (17,76%), asam oktadekanoat (3,82%), asam eikosenoat (0,39%), asam 11-eikosenoat (1,03%), asam dokosanoat (1,00%), dan asam tetrakosanoat (1,92%).
5. Berdasarkan karakteristik ini maka derajat ketidakkenuhan (*unsaturated degree*) minyak I lebih tinggi daripada minyak II. Uji aktivitas sebagai antibakteri yang dilakukan terhadap minyak I maupun minyak II biji asam jawa mengindikasikan sebagai tidak aktif sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Komponen lain yang terdapat dalam biji asam jawa yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

6. Isolasi salah satu komponen secara ekstraksi, fraksinasi, dan pemurnian secara kromatografi kolom gravitasi secara berulang yang terdapat pada fraksi (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1) ekstrak aseton diperoleh **zat padat berwarna putih** dan **zat padat lunak berwarna kuning muda**;
7. Zat padat berwarna putih ini memiliki titik lebur 69-71°C. Larut dalam kloroform dan *n*-heksana, dan tidak larut dalam metanol, air, dan etil asetat. Dalam kloroform mempunyai λ_{maks} 309, 298, 250 nm dengan absorptivitas berturut-turut 13,6, 13,4, dan 11,05 cm² mg⁻¹. Zat ini mempunyai ikatan rangkap C=C terkonjugasi, C=C aromatik, gugus -OH, C=O ester, dan C-O ester. Zat hasil isolasi yang berwujud padat lunak berwarna kuning muda mempunyai titik lebur 45-47°C, larut dalam *n*-heksana dan kloroform, sedikit larut dalam etil asetat, serta tidak larut dalam metanol dan air. Dalam kloroform, zat ini mempunyai λ_{maks} 242,30 nm ($a = 16,46 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) menindikasikan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ terkonjugasi, λ_{maks} 265,80 ($a = 16,36 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) menindikasikan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ benzenoid dan λ_{maks} 319,70 ($a = 1,6 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$) menindikasikan adanya transisi $\pi \rightarrow \pi^*$. Dari spektrum IRnya mengindikasikan adanya gugus OH, gugus karbonil, terdapat -C=C- terkonjugasi, dan -C=C- aromatik. Zat hasil isolasi positif terhadap uji ketidakkjenuhan, fenolik, dan tanin.
8. Kedua zat hasil isolasi dari Fraksi 3 (*n*-heksana + etil asetat = 9 + 1) ekstrak aseton menunjukkan tidak aktif sebagai antibakteri baik terhadap *Escherichia coli* maupun *Staphylococcus aureus*). Hasil analisis spektra UV terhadap kedua zat ini juga menunjukkan tidak berpotensi sebagai *sunscreens*. Zat padat berwarna putih dan zat padat lunak berwarna kuning muda mempunyai nilai SPF berturut-turut 1,466 dan 1,493.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeola, A.A, Adeola, O.O. & Dosumu, O.O. 2010. Comparative analyses of phytochemicals and antimicrobial properties of extracts of wild *Tamarindus indica* pulps. *African Journal of Microbiology Research*. Vol. 4(24): 2769-2779.
- Ara, N. & Islam, M. MD. 2009. Phytochemical screening and *in vitro* antibacterial activity of *tamarindus indica* seeds ethanolic extract. *Pakistan Journal of Pharmacology*. Vol.26 (1): 19-23.
- Caluwé, E. D., Halamová, K., & Damme, P. V. 2010. *Tamarindus indica* L. –A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Afrika focus*. Vol. 23 (1): 53-83.
- Gumgumjee, N. M., Khedr, A., & Hajar, A.S. 2012. Antimicrobial activities and chemical properties of *Tamarindus indica* L . leaves extract. *African Journal of Microbiology Research*. Vol. 6(32): 6172-6181.
- Khanzada, S. K., Shaikh, W., Sofia, S., Kazi, T.G., Usmanghani, K., Kabir, A., & Sheerazi, T. H. 2008. Chemical constituents of *Tamarindus indica* L. medicinal plant in Sindh. *Pak. J. Bot.*, Vol. 40(6): 2553-2559.
- Meher, B., Dash, D.K., & Roy, A. 2014. A Review on: Phytochemistry, pharmacology and traditional uses of *Tamarindus indica* L. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. Vol. 3 (10): 229-240.
- Nwodo, U. U., Obiyeke, G. E., Chigor, V. N., & Okoh, A. I. 2011. Assessment of *Tamarindus indica* Extracts for Antibacterial Activity. *Int. J. Mol. Sci.*, Vol. 12: 6385-6396 (doi: 10.3390/ijms12106385)
- Panchal, B., Deshmukh, S., & Sharma, M. 2014. Optimization of oil extraction and characterization from *tamarindus indica* Linn seed oil. *International Journal of Oil, Gas and Coal Engineering*. Vol. 2(1): 1-6 (doi: 10.11648/j.ogce.20140201.11)
- Rasheed, S. 2014. Antibacterial activity of *Tamarindus indica* seeds extract and study the effect of extract on adherence and biofilm production of some bacteria. *International Journal of Biological & Pharmaceutical Research*. Vol. 5(1): 42-47.
- Reis, P. M. C. L., Hense, H., Dariva, C., Franceschi, E., & Vieira, G. Â. B. 2013. Obtaining antioxidant compounds seed *Tamarindus indica*, sweet variety. *III Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids Cartagena de Indias (Colombia)*.
- Suralkar, A. A., Rodge, K. N., Kamble, R. D., & Maske, K. S. 2012. Evaluation of Anti-inflammatory and Analgesic Activities of *Tamarindus indica* Seeds. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*. Vol. 4(3): 213-217.

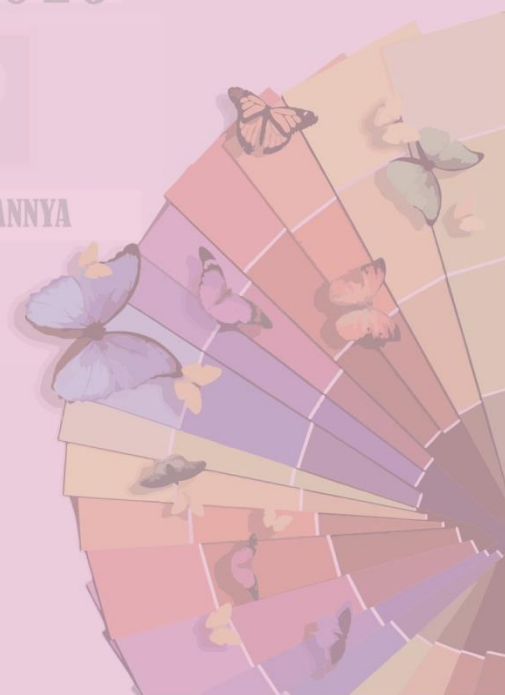
Kimia
UM



2016

S N K P

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PEMBELAJARANNYA



KESEKRETARIATAN
JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Jalan Semarang 5, Malang 65145
Telepon: 0341-551312