

SINTESIS KATALIS CuO-ZnO/ γ -Al₂O₃ UNTUK PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK (*Ceiba Pentandra L*)

Ainun Atiqoh¹, Eka Ayu Puspita Sari², Nyoman Puspa Asri³

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas WR Supratman

Jl. Arif Rahman Hakim No.14, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111

E-mail: ekaayupuspitasari439@gmail.com

Abstrak: Peningkatan populasi penduduk menyebabkan kebutuhan energi juga meningkat. Biodiesel menjadi salah satu alternatif sebagai pengganti bahan bakar pada mesin diesel. Proses pembuatan biodiesel dengan cara transesterifikasi dengan mereaksikan katalis, metanol dan minyak. Produksi biodiesel menggunakan katalis homogen memiliki beberapa kelemahan seperti kompleksitas proses pemisahan yang mengarah biaya produksi yang tinggi. Tembaga oksida dan seng oksida (CuO/ZnO) katalis heterogen terbukti efektif dan ramah untuk mengatasi kelemahan tersebut. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan katalis heterogen CuO-ZnO yang didukung gamma alumina (γ -Al₂O₃) yang menggunakan minyak biji kapuk (*Ceiba Pentandra*) sebagai bahan baku produksi biodiesel. Sintesis katalis dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel dan kalsinasi pada suhu 500°C. Karakteristik produk katalis dianalisa melalui difraksi X-ray (XRD), pemindaian mikroskop elektron-EDX (SEM-EDX) dan Brunauer Emmet Teller (BET). Kegiatan katalis dipelajari diberbagai komposisi ZnO (0-25 wt%) untuk menentukan aktivitas tertinggi. Transesterifikasi dilakukan suhu 65°C dalam reaktor batch. Melalui uji efektivitas katalis diperoleh komposisi katalis tertinggi pada 15%wt ZnO dengan yield FAME sebesar 50,82%. Hasil yield FAME terbaik untuk waktu kalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam yaitu sebesar 50,82%

Kata kunci: Biodiesel, Katalis, CuO- ZnO/ γ -Al₂O₃, Minyak Biji Kapuk, Transesterifikasi.

Abstract: An increase in population led to increased energy requirements. Biodiesel has become one alternative as a substitute fuel in diesel engines. The process of making biodiesel by transesterification reaction catalyst, methanol and oil. Biodiesel production using homogeneous catalysts have some drawbacks such as the complexity of the separation process that leads to high production costs. Copper oxide and zinc oxide (CuO/ZnO) heterogeneous catalysts proved effective and friendly to overcome these weaknesses. This study focused on the development of heterogeneous catalysts supported CuO-ZnO alumina (γ -Al₂O₃) which use cotton seed oil (*Ceiba pentandra*) as raw material for biodiesel production. Catalyst synthesis is done by using sol-gel method and the calcination at a temperature of 500°C. Characteristics of catalyst products were analyzed by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy-EDX (SEM-EDX) and Brunauer Emmet Teller (BET). Activity studied various compositions ZnO catalyst (0-25 wt%) to determine the highest activity. Transesterification done 65 ° C in a batch reactor. Through the catalyst effectiveness test the highest catalyst composition was obtained at 15% wt ZnO with a FAME yield of 50.82%. The best FAME yield for calcination time at 500°C for 5 hours is 50.82%

Keywords: Biodiesel, Catalysts, CuO- ZnO/ γ -Al₂O₃, Kapok Seed Oil, Transesterification.

PENDAHULUAN

Pertambahan populasi penduduk dan peningkatan kebutuhan manusia seiring dengan berkembangnya zaman, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan energi yang tidak dapat diperbarui. Selama ini sebagian besar sumber energi menggunakan bahan bakar fosil yang jumlah cadangannya akan semakin menipis. Hal ini mendorong kita mencari berbagai cara untuk menghemat penggunaan minyak bumi serta menciptakan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil. (Hasan, Mahlia, Nur, 2012 : 2316-2328). Salah satunya adalah energi alternatif yang berasal dari sumber daya terbarukan yaitu minyak nabati. Minyak nabati sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi biodiesel, karena ketersediaannya yang melimpah, khususnya di Indonesia. Sifat dari biodiesel yang dihasilkan oleh minyak nabati ini lebih cocok digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel. Pada pembuatan biodiesel ini menggunakan katalis heterogen. Katalis heterogen yang sering digunakan pada penelitian sebelumnya yaitu ZnO, SiO₂, TiO₂/ ZrO₂ dan sebagainya. Kelebihan penggunaan katalis heterogen antara lain proses pemisahan produk biodiesel dengan katalis cukup mudah, katalis dapat diregenerasi dan digunakan kembali. Sehingga biaya produksi biodiesel lebih ekonomis (Lam M 2010 :500-518).

Sebelumnya telah banyak penelitian tentang pembuatan biodiesel dengan menggunakan minyak kelapa sawit, minyak jelantah, minyak jarak dan sebagainya. Minyak biji kapuk memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan, mengingat minyak biji kapuk belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia maka peneliti memilih minyak biji kapuk sebagai pembuatan biodiesel.

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya ialah penelitian yang dilakukan oleh Asri Nyoman, dkk tahun 2017, Department of Chemical Engineering, Indonesia yang berjudul Utilization of Kapok Seed Oil (*Ceiba Petandra*) for Biodiesel Production using MgO/CaO Bimetallic Oxide Catalyst. Penelitian ini menggunakan minyak biji kapuk sebagai bahan baku produksi biodiesel. Katalis MgO/CaO yang dikalsinasi pada suhu 950°C selama 5 jam. Kegiatan katalis dipelajari diberbagai komposisi MgO (0,5-2 %wt) untuk menentukan aktivitas tertinggi. Transesterifikasi dilakukan dalam berbagai suhu (50-70°C) dalam reaktor batch. Hasil tertinggi dicapai selama 0,5 % wt dari komposisi MgO dalam katalis dengan hasil 59,58% yield. Dalam efek studi suhu dan waktu reaksi, hasil tertinggi 55,22% yield dicapai pada suhu 70°C selama 75 menit.

. Dalam studi ini, kami telah mengembangkan produksi biodiesel dari minyak non-edible, minyak biji kapuk, dikatalisasi oleh katalis bimetal oksida CuO/ZnO. Efek dari komposisi katalis dan waktu kalsinasi dipelajari untuk menyelidiki hasil reaksi. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan katalis heterogen CuO-ZnO yang didukung gamma alumina (γ -Al₂O₃) dengan menggunakan minyak biji kapuk (*Ceiba Pentandra*) sebagai bahan baku produksi biodiesel. Transesterifikasi dilakukan suhu 65°C dalam reaktor batch. Sintesis katalis dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel dan kalsinasi pada suhu 500°C. Karakteristik produk katalis dianalisa melalui difraksi X-ray (XRD), pemindaian mikroskop elektron-EDX (SEM-EDX) dan Brunauer Emmet Teller (BET). Kegiatan katalis dipelajari diberbagai komposisi ZnO (0-25 wt%) dan waktu kalsinasi (4-6 jam) untuk menentukan aktivitas tertinggi.

METODE PENELITIAN

Produksi biodiesel dicapai melalui dua tahap utama, tahap *pratment* dan proses transesterifikasi. Tahap *pratment* bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan mengurangi asam lemak bebas (FFA) dari minyak biji kapuk mentah. Tahap pra-perlakuan yang terdiri dari degumming dan esterifikasi proses.

A. Proses *Degumming*

Degumming bertujuan memisahkan pengotor dari minyak biji kapuk berupa *gum*. Berdasarkan hasil percobaan, saat proses *degumming* muncul *gum* berwarna putih. *Gum* tersebut merupakan *latex* dan *oil-slime* [6]. Pengotor lain berupa alkaloid, fosfatida, karotenoid, dan lain-lain juga dihilangkan dengan proses *degumming* [5]. *Degumming* dilakukan dengan memanaskan minyak biji kapuk dalam beaker glass hingga suhu mencapai 70°C. Kemudian menambahkan larutan H₃PO₄ p.a sebesar 0,1% dari volume minyak. Proses ini dilakukan selama 30 menit dengan suhu konstan 70°C.

B. Proses Esterifikasi

Esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar FFA dalam minyak. Esterifikasi dilakukan dalam labu leher tiga dengan mereaksikan minyak dengan methanol sebesar molar rasio 1:6 dengan bantuan katalis asam H₂SO₄ sebanyak 1% dari massa minyak. Suhu operasi esterifikasi 60°C selama 1,5 jam. Reaksi esterifikasi mengubah FFA menjadi *fatty acid ester* sehingga kadar FFA menjadi turun. Turunnya kadar FFA diharapkan menekan terjadinya reaksi saponifikasi. Hasil samping reaksi esterifikasi adalah terbentuknya air [2]. Produk esterifikasi digunakan sebagai bahan baku untuk reaksi transesterifikasi. Awal metil ester asam lemak (FAME) dikonfirmasi menggunakan Gas Chromatography (GC) analisis.

C. Preparasi Katalis

Katalis CuO / ZnO siap dengan berbagai komposisi 5,10,10,15,20 dan 25 %wt ZnO. Impregnasi larutan γ -Al₂O₃ diaduk selama 3 jam. CuSO₄.5H₂O/ ZnCl₂ dilarutkan dengan metanol dan tetes demi tetes larutan NaOH 3% selama 1 jam. Campur bersama dan tetes demi tetes larutan asam oksalat dan diaduk selama 3 jam pada suhu kamar. Kelebihan air diupkan dengan memanaskan campuran pada 70°C. Partikel padat yang tersisa dikeringkan dalam oven pada 110°C selama 12 jam. Selanjutnya katalis dikalsinasi pada 500°C selama dengan berbagai waktu (4, 4.5, 5, 5.5, 6) jam dalam tungku. Analisis The Brunauer Emmett Teller (BET) dilakukan untuk menentukan luas permukaan pori-pori katalis. Kandungan logam oksida akhir katalis uji aktivitas menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).

D. Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak dan metanol dalam rasio molar 1:15 dengan berbagai komposisi katalis 5,10,10,15,20 dan 25 %wt ZnO. Transesterifikasi dipertahankan pada suhu 65°C selama 3 jam di *reactor batch* yang dilengkapi dengan sistem refluks. Selanjutnya, oven pada suhu 70°C selama 3 jam. produk biodiesel dianalisis dengan analisis GC untuk menentukan %FAME.

HASIL DAN ANALISIS

A. Hasil Analisa Bahan Baku

Minyak biji kapuk berwarna kuning jernih. Berdasarkan hasil analisa *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)* dapat diketahui bahwa komposisi minyak biji kapuk didominasi oleh *linoleic acid*, *palmitic acid* dan *stearic acid* seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Analisa GCMS Minyak Biji Kapuk

| Komposisi Asam Lemak | Komposisi (%) |
|------------------------------|---------------|
| <i>Caprylic acid</i> | 0,1 |
| <i>Nonanoic acid</i> | 0,08 |
| <i>Capric acid</i> | 0,08 |
| <i>Lauric acid</i> | 0,65 |
| <i>Myristic acid</i> | 0,37 |
| <i>Oleic acid</i> | 0,26 |
| <i>14-pentadecenoic acid</i> | 0,18 |
| <i>Palmitic acid</i> | 28,51 |
| <i>Heptadecanoic acid</i> | 1,08 |
| <i>Linoleic acid</i> | 59,1 |
| <i>Stearic acid</i> | 9,57 |

Minyak biji kapuk mengandung kadar *free fatty acid* (FFA) yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa minyak biji kapuk mengandung terutama FFA sebagai asam oleat [7]. Kadar FFA yang tinggi dapat mengganggu reaksi transesterifikasi karena adanya FFA menyebabkan reaksi penyabunan atau saponifikasi sehingga *yield* biodiesel yang dihasilkan akan menjadi rendah. Beberapa literatur menyebutkan bahwa transesterifikasi dapat dilakukan apabila kadar FFA $\leq 2,5\%$. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh kadar FFA dalam bahan baku minyak biji kapuk sebesar 2,44%. Nilai ini berada di bawah batas toleransi yang diijinkan yaitu 2,5%, namun untuk minyak biji kapuk diharapkan kadar FFA 1% [6].

B. Pretreatment Minyak Biji Kapuk

Sebelum ditransesterifikasi, minyak biji kapuk terlebih dahulu melalui tahap *pretreatment* yaitu *degumming* dan esterifikasi. *Degumming* bertujuan memisahkan pengotor dari minyak biji kapuk berupa *gum*. Berdasarkan hasil percobaan, saat proses *degumming* muncul *gum* berwarna putih. *Gum* tersebut merupakan *latex* dan *oil-slime* [6]. Pengotor lain berupa alkaloid, fosfatida, karotenoid, dan lain – lain juga dihilangkan dengan proses *degumming* [8].

Esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar FFA dalam minyak. Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak dengan metanol dengan bantuan katalis asam yaitu H_2SO_4 . Reaksi esterifikasi mengubah FFA menjadi *fatty acid ester* sehingga kadar FFA menjadi turun. Minyak biji kapuk sebelum mengalami proses esterifikasi memiliki kadar FFA 2,44% dan setelah mengalami esterifikasi kadar FFA turun menjadi 1,28%. Kadar FFA ini belum memenuhi ketentuan untuk dilakukan proses transesterifikasi. Ketentuan untuk proses

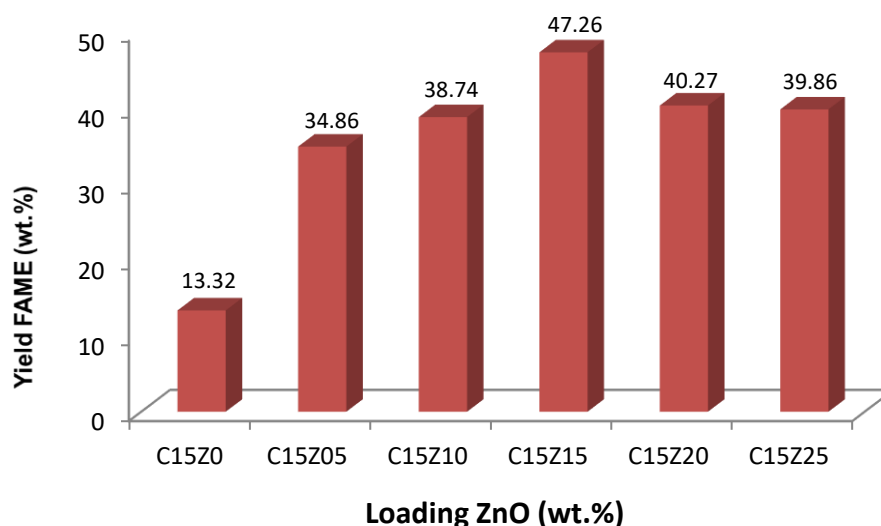
transesterifikasi yang diharapkan yaitu kadar FFA dibawah 1% [6]. Turunnya kadar FFA diharapkan menekan terjadinya reaksi saponifikasi. Hasil samping reaksi esterifikasi adalah terbentuknya air [2]. Untuk menghilangkan katalis H_2SO_4 dari produk esterifikasi maka dilakukan pencucian dengan air.

Penambahan katalis H_2SO_4 pada proses esterifikasi dapat menyebabkan terjadinya proses transesterifikasi secara simultan namun laju reaksinya sangat lambat dan hanya bisa terjadi pada kondisi tertentu, yaitu pada suhu tinggi serta perbandingan molar rasio antara metanol dan minyak yang tinggi [5].

Adanya air dapat mengganggu proses transesterifikasi karena dapat menyebabkan trigliserida terhidrolisis menjadi FFA. Kadar FFA yang tinggi dapat menyebabkan reaksi penyabunan [5]. Apabila ada kandungan air dalam minyak maka akan menghasilkan produk yang sangat kental. Untuk mengatasi hal tersebut maka minyak hasil esterifikasi dioven pada suhu 110 °C.

C. Pengaruh Komposisi Katalis

Pengaruh komposisi katalis bertujuan untuk menentukan komposisi katalis yang paling efektif untuk menghasilkan *yield* biodiesel yang tertinggi. Reaksi dilakukan dalam reaktor batch yang dilengkapi dengan sistem refluks dengan mereaksikan minyak biji kapuk dan metanol dalam rasio molar 1:15. Kelebihan metanol digunakan untuk memastikan konversi minyak ke esternya karena reaksi reversibel. Jumlah katalis yang dimasukkan 5% dari massa minyak ditambahkan ke dalam campuran. Transesterifikasi dipertahankan suhu 65 °C selama 3 jam.



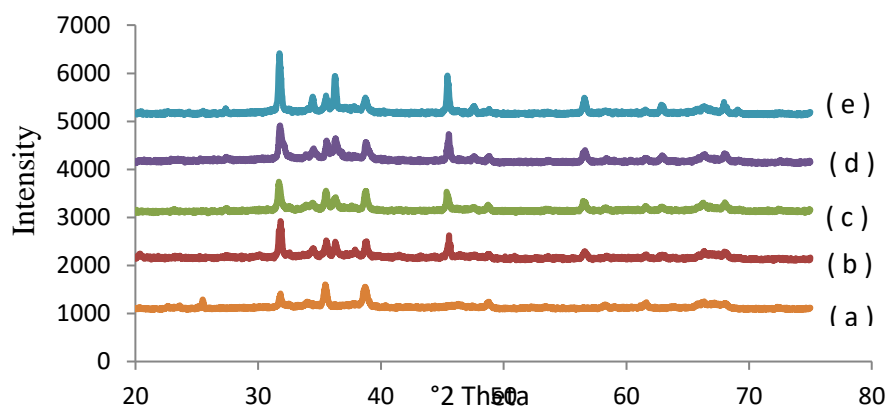
Gambar 1. Pengaruh komposisi katalis pada produksi biodiesel di minyak untuk rasio metanol 1:15, suhu reaksi 65°C, waktu reaksi 3 jam dan 200 rpm kecepatan pengaduk

Gambar 1 menunjukkan efek dari komposisi katalis pada produksi biodiesel di minyak untuk rasio metanol 1:15, suhu reaksi 65°C, waktu reaksi 3 jam dan 200 rpm kecepatan pengaduk. Dalam Gambar 1, hasil maksimum 47,26% dicapai pada komposisi ZnO 15 wt.%.

Hasil menunjukkan bahwa kenaikan yield dengan peningkatan CuO dalam campuran katalis. Untuk efek studi ZnO, pertama kita dikonfirmasi eksperimen yang murni CuO mencapai hasil 13,32%. Penambahan ZnO dalam katalis dapat digunakan untuk meningkatkan *yield* biodiesel namun harus diperhatikan ZnO memiliki sifat *moisture sensitive* sehingga apabila terlalu banyak digunakan maka akan menyebabkan produk menjadi sangat *viscous*. *Yield* tertinggi terjadi pada komposisi 15 wt% ZnO. Komposisi katalis ini kemudian digunakan untuk produksi biodiesel selanjutnya.

D. Karakterisasi Katalis

Setelah didapatkan komposisi terbaik maka dilakukan uji karakteristik katalis dengan menggunakan X-ray Diffraction (XRD) yaitu untuk mengetahui kristalinitas katalis. Dari hasil analisa XRD yang ditunjukkan pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa struktur katalis mempunyai struktur berbentuk kristal yang berbentuk tetragonal dengan panjang sumbu 31.68 derajat, 35.55 derajat, 38.73 derajat, 48.80 derajat, 53.55 derajat, 58.37 derajat, 61.59 derajat, 66.30 derajat, 68.07 derajat. Hal ini menunjukkan kecocokan dengan standar dari CuO JCPDS card No 03-0884. Sedangkan pada kurva rendah dan lebar pada 25.50 derajat, 37.92 derajat, 61.61 derajat, 67.98 derajat, 68.07 derajat, menunjukkan aktivitas gamma alumina. Pada puncak 31.67 derajat, 35.54 derajat, 37.58 derajat, 56.58 derajat, 66.27 derajat, 68.07 derajat, 69.09 derajat, dimana posisi ini sama dengan standar ZnO JCPDS Card no 36-1451. Berdasarkan hasil analisa *Brunauer Emmett Teller* (BET) diperoleh luas permukaan katalis C15Z15 500C 5 jam sebesar 34,472 m²/g.



Gambar 2. Grafik hasil analisa XRD loading ZnO

Keterangan : (a) C15Z05 500°C; (b) C15Z10 500°C ; (c) C15Z15 500°C; (d) C15Z20 500°C ; (e) C15Z25 500°C

E. Uji Aktivitas Katalis

Katalis yang telah dibuat akan diuji keaktivitasannya melalui proses transesterifikasi menggunakan minyak biji kapuk. Proses transesterifikasi menggunakan sistem *batch reactor* yang terdiri dari labu leher tiga, pendingin balik, *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Perbandingan

antara minyak biji kapuk dan methanol adalah 1 : 15 (perbandingan mol) dengan penambahan katalis sebesar 4% dari total bobot minyak. Proses transesterifikasi berlangsung pada suhu 65°C selama 4 jam dengan pengadukan. Setelah proses transesterifikasi maka dilakukan proses filtrasi menggunakan kertas saring whatman 40 untuk memisahkan antara katalis dan produk. Katalis yang berada di kertas saring dapat diabukan kembali dan produk dimasukkan ke dalam oven untuk dihilangkan sisa methanol yang masih ada. Lakukan pengukuran volume minyak sebelum dan sesudah masuk oven agar mengetahui perbedaannya. Setelah dilakukan analisa sesuai prosedur penelitian, produk diambil 2ml untuk diuji kadar *fame* dengan metode *gas chromatography*.

Uji Gas Chromatography

Berdasarkan hasil analisa *Gas Chromatography*, variabel waktu kalsinasi ZnO nilai % fame terbesar ada pada kode C15Z15 5 jam 20,28% dan nilai terendah pada kode C15Z15 6 jam dengan 18,51%. Sehingga dari hasil analisa GC-MS variabel katalis *loading* ZnO dapat diketahui bahwa persen fame terbesar ada pada katalis C15Z15 500°C dengan 50,82 dan paling rendah pada C0Z05 500°C 39,47%.

F. Yield Biodiesel

Yield Biodiesel dihitung dengan persamaan berikut :

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{volume akhir produk(ml)} \times \rho \text{ Produk} \times \% \text{ Fame}}{\text{volume minyak biji kapuk} \times \rho \text{ minyak biji kapuk}}$$

Karakteristik Biodiesel

Karakterisasi biodiesel dilakukan untuk mengetahui apakah biodiesel yang didapat pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu biodiesel SNI 7182:2002. Karakterisasi biodiesel yang diuji meliputi densitas, viskositas dan FFA. Perbandingan hasil karakterisasi biodiesel penelitian ini dengan SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Perbandingan Biodiesel Hasil Penelitian dan Hasil SNI 7182:20002

| Parameter dan Satuannya | SNI 7182:2002 | Hasil Penelitian Ini |
|-------------------------------------|---------------|----------------------|
| Viscositas mm ² /s (cSt) | 2,3 - 6,0 | 2,5 |
| Densitas (kg/cm ³) | 850-890 | 0,8771 |
| FFA (% massa) | 0,6 | 0,05 |

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai produksi biodiesel dari minyak biji kapuk menggunakan katalis CuO-ZnO/ γ -Al₂O₃ disimpulkan bahwa Perlakuan variasi waktu reaksi berpengaruh terhadap perolehan yield biodiesel, yield biodiesel tertinggi

diperoleh pada waktu 5 jam yaitu 47,26% dengan katalis CuO 15% dan ZnO 15%. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu menurut SNI 7182:2002 dengan karakteristik: densitas 0,8771 kg/cm³ , kadar air 0,34% , FFA 0,05% w/w, bilangan iodine 62,88 gI₂/g biodiesel, viskositas 2,5 cSt.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2013). *Biodiesel* : https://www.academia.edu/28967747/BAB_II_TIN

JAUAN PUSTAKA 2.1 Biodiesel

- Asri, N. P., Machmudah, S, Wahyudiono, W., Suprpto, S., Budikarjono K., Roesyadi, A., & Goto, M. (2013). Non Catalytic Transesterification of Vegetables Oil to Biodiesel in Sub-and Supercritical Methanol: A kinetic's study. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*,
- Asri, N. P., Podjojono, B., Fujiani, R, Nuraini, N., *Utilization of eggshell wasteas low-cost solidbase catalyst for biodiesel production from used cooking oil*, (2017). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 67 (2017) 012021 do i :10.1088/1755-1315/67/1/012021.
- Anshary, M.A., Damyanti, O., Resyadi., A.2012. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Padat Berpromotor Ganda dalam Reaktor Fixed Bed. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 1*, (2012) 1-4.
- Drelienkiewics, D., Kalemba-Jaje, Z., Lalik, E., Kosydar, R.2014. Organo- Sulfonic acid doped polyaniline-based solid acid catalysts for the formation of bio-estersin transesterification and esterification reactions. *Fuel*116:760-771.
- Hasan,M.H., Mahalia, T.M.I., Nur, H. (2012). "A Review on EnergyScenario andSustainable Energy in Indonesia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, hal. 2316-2328
- Hiikmah, Nurul Maharani, dan Zuliyana, 2010, Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Jurnal Universitas Diponegoro*, 4.
- Jung K. D., Joo, O.S. (2002) Support effect of copper containing catalysts on methanol dehydrogenations, *Korean Chemical Society*, 23, 1135.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. Indonesia Energy Outlook 2014. Jakarta : Pusat Data Teknologi dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Lam, M. K., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2010). Homogeneous, Heterogeneous and enzymatic catalysis fortransesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. *Biotechnologyadvances*,28, hal 500-518.
- Nyoman Puspa Asri, Kusno Budikarjono, dkk., 2015. *Kinetics of Palm Oil Transesterification Using Double Promoted Catalyst Ca/KI γ -Al₂O₃*. *J.ENG.TECHNOL.SCI;VOL.47*, No.4,2015,353-363.
- Puspadiman Herawati, 2013, Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kandungan Asam Linoleat Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra*), *Jurnal Universitas Negeri Yogyakarta*, 54.

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2019

Malang, 03 November 2019

Sopiana.2011. Modifikasi Bentonit Alam Menjadi Fe Sebagai Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Kapuk. Skripsi. Bogor: FMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.

Sutapa, I.W. dan Rosmawaty. 2014. Pengaruh berat katalis, suhu, dan waktu reaksi terhadap produk biodiesel dari lemak sapi. Prosiding Seminar Nasional Basic Science VI. Universitas Patimura. Ambon

Yuniwati, M., 2012, Produksi Minyak Biji Kapuk dalam Usaha Pemanfaatan Biji Kapuk sebagai

Sumber Minyak Nabati, Jurnal Teknologi Technoscientia, AKPRIND Yogyakarta, 202-212.