

ADSORPSI LOGAM SENG PADA LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN PULPA KOPI TERXANTHASI

Giyatmi¹, Arya Pramana Sembiring², Sugili Putra³.

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN, Jln Babarsari Yogyakarta, Telp.(0274)484085^{1&3}
Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir –BATAN, jln Lebak Bulus Raya no49 Pasar Jumat, Jakarta
Telp (021) 7695394²

E-mail : giat_78@yahoo.com

Abstrak: Limbah pencucian industri batik dapat menyebabkan perubahan fisik dan kimia lingkungan yang menerima limbah. Pencemaran yang terjadi dapat disebabkan adanya kandungan logam yang berada di dalam limbah batik tersebut, salah satunya yaitu logam seng. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa pulpa kopi dapat mengadsorpsi logam seng dalam limbah batik, untuk mendapatkan pH larutan optimum, waktu pengadukan optimum dan jumlah bioadsorben optimum, serta untuk mendapatkan kinetika dan isotherm dari proses adsorpsi. Digunakan variasi pH 2; 3,5; 5; 7; 10 dan 12, variasi waktu pengadukan 6, 12, 18, 24, 30, 36 dan 42 menit, serta variasi massa adsorben 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 gram. Diperoleh hasil untuk pH optimum pada saat adsorpsi adalah 12, waktu pengadukan optimum saat adsorpsi adalah 36 menit dan kapasitas serap maksimum terjadi saat digunakan adsorben sebanyak 0,5 gram. Untuk isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich tidak dapat digunakan dikarenakan data konsentrasi menunjukkan peristiwa desorpsi. Pada kinetika adsorpsi didapatkan proses adsorpsi mengikuti persamaan Orde Dua Pseudo dengan nilai k sebesar 8,0013 menit⁻¹.

Kata kunci: adsorpsi, seng, pulpa kopi terxanthasi.

Abstract: Batik industry waste water can cause physical and chemical changes in the environment that receive waste. Pollution that occurs can be caused by the metal content that is in the batik waste water, one of which is zinc metal. The purpose of this research are to know that coffee pulp xanthate can adsorb the zinc metal in batik waste water, to determine the optimum pH, optimum time of agitation, and optimum mass of adsorbent, and also to determine the isotherm and kinetics of this adsorption process. In this study it has been found that the coffee pulp xanthate can adsorb the zinc metal in the batik waste. The variation that used were pH at 2; 3.5; 5; 7; 10; and 12, variation of agitation time at 6, 12, 18, 24, 30, 36 and 42 minutes, and variation of adsorbent mass at 0.5; 1; 1.5; 2 and 2.5 gram. Also obtained for optimum pH at adsorption was 12, the optimum agitation time at adsorption was 36 minutes and maximum absorption capacity of the adsorbent 0.5 gram. For Langmuir and Freundlich adsorption isotherm cannot be used because the concentration data indicates the desorption event. For the adsorption kinetics, this process uses the second order of pseudo with the number of k is 8.0013 minutes⁻¹.

Keywords: adsorption, zinc, coffee pulp xanthate.

PENDAHULUAN

Batik merupakan salah satu kekayaan budaya bangsa Indonesia yang telah mendapatkan pengakuan internasional dari UNESCO pada tahun 2009. Pencanangan hari batik nasional pada setiap tanggal 2 Oktober berperan meningkatkan minat pemakai batik. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian, pada tahun 2010 jumlah konsumen batik tercatat 72,86 juta orang (Kompas, 2011). Meningkatnya permintaan dan konsumsi batik berdampak pada tumbuh dan berkembangnya sentra-sentra industri batik di berbagai daerah di Indonesia. Namun demikian, seiring dengan berkembangnya industri batik, meningkat pula volume limbah cair yang dihasilkannya. Limbah cair industri batik dilaporkan mengandung logam berat seperti timbal, besi, seng, krom, tembaga dan cadmium (Tri Murtini, dkk., 2015). Logam berat tersebut terdapat pada kandungan pewarna batik. Pencemaran air oleh logam berat telah lama menjadi masalah serius yang perlu ditangani, mengingat volume limbah yang terus meningkat, sifat toksik logam berat, serta masuknya logam berat ke badan air dapat mempengaruhi kualitas air (Bashyal, dkk., 2010). Logam berat yang terdapat dalam air juga mudah terserap dan tertimbun dalam fitoplankton yang merupakan titik awal dari rantai makanan. Selanjutnya melalui rantai makanan, logam berat akan sampai ke organisme lainnya termasuk manusia.

Sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yakni bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn; bersifat toksik sedang yang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co; serta yang bersifat toksik rendah yang terdiri atas unsur Mn dan Fe (Morganof, 2003). Limbah batik pada kebanyakan industri batik biasanya dibuang begitu saja ke lingkungan sehingga dapat mencemari lingkungan disekitarnya. Salah satu jenis logam pencemar prioritas tinggi yang ditemukan dalam limbah industri batik adalah seng/Zn. Kandungan pada limbah batik dapat dilihat pada Tabel 1. (Agustina TE, dkk., 2011).

Tabel 1 Karakteristik Air Limbah Pabrik Batik

Parameter	Limbah Industri Batik (mg/L)	Parameter	Limbah Industri Batik (mg/L)
pH	6	Besi	2,0587
COD	4230	Tembaga	0,2696
Amoniak Total	5,47	Seng	54,7175
TSS	535	Kadmium	0,0063
Sulfida	0,040	Timbal	0,2349
Crom Total	0,1385	Fenol Total	0,008

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan bahwa kandungan dari seng yang terdapat dalam limbah batik adalah 54,7175 mg/L. Logam seng bila masuk ke dalam tubuh dengan jumlah total sebanyak 2 gram dapat menyebabkan dehidrasi, ketidakseimbangan elektrolit, sakit perut, mual dan pusing. Menurut peraturan yang dikeluarkan oleh Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, ditunjukkan bahwa baku mutu yang ditetapkan untuk suatu usaha dapat membuang limbah adalah dengan kandungan seng sebesar 5-10 ppm. Menimbang bahaya dan kerugian yang ditimbulkan oleh pencemaran

logam berat, berbagai teknik telah diaplikasikan dalam pengolahan limbah logam berat, diantaranya adalah proses presipitasi, filtrasi, oksidasi/reduksi, elektrokimia, pertukaran ion, teknologi membran dan adsorpsi. Dalam percobaan ini, teknik adsorpsi digunakan karena efisiensinya dalam pemisahan polutan lebih baik dari pada teknik lainnya. Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Indonesia merupakan negara pengekspor kopi terbesar keempat di dunia setelah Brasil, Vietnam dan Kolombia. Pada buah kopi itu sendiri, pulpa kopi merupakan bagian yang biasa dibuang pada saat pemrosesan buah kopi tersebut. Pulpa kopi yang dibuang dapat menimbulkan bau busuk yang dapat mencemari lingkungan. Pulpa kopi mengandung 15-43% selulosa (Hartati,dkk.,2011), sementara kadar pektinnya mencapai 6,5% (Misran,2009). Oleh karena itu, pulpa kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben terxanthasi. Adsorpsi ion logam berat dengan menggunakan pulpa kopi terxanthasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH, berat adsorben, waktu kontak dan suhu (Riwayati,dkk.,2014)

Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan isotherm dikaji oleh Freundlich, Langmuir, serta Brunauer, Emmet dan Teller (BET). Tipe isotherm adsorpsi yang dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi-adsorpsi fase cair-padat pada umumnya menganut adsorpsi tipe Persamaan Langmuir dan Freundlich (Kundari,2015).

Persamaan Langmuir digunakan persamaan berikut
$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{a b} + \frac{1}{a} C_e \quad (1)$$

dengan C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L), Q_e = Jumlah adsorbat per gram adsorben (mg/g), a = jumlah maksimum adsorbat yang dapat diadsorpsi untuk membentuk lapisan monolayer dan b = konstanta kesetimbangan yang berhubungan dengan kekuatan ikatan.

Persamaan Freundlich digunakan persamaan berikut,
$$\log Q_e = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

dimana Q_e = berat zat teradsorpsi per gram adsorben (mg/g), C_e = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L), K = konstanta yang menyatakan kapasitas adsorpsi, dan n = konstanta yang menyatakan lapisan multilayer. Untuk mengetahui adsorpsi terhadap waktu maka perlu dipelajari kinetika adsorpsi, Model-model kinetika yang dapat digunakan antara lain yaitu model kinetika orde-pertama pseudo, dan model kinetika orde-kedua pseudo (Muhdarina,dkk.,2010.,Kusmiyati,2012). Persamaan orde satu pseudo dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,
$$\ln \frac{q_e}{q_e - q_t} = k_1 t \quad (3)$$

dimana q_e = Jumlah zat teradsorpsi per massa adsorben (mg/g), q_t = Jumlah zat teradsorpsi per massa adsorben saat setimbang (mg/g), k_1 = Konstanta kecepatan adsorpsi orde 1 (menit^{-1}), dan t = waktu (menit). Sedang untuk persamaan orde dua pseudo digunakan persamaan

berikut,
$$\frac{q}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan bahan limbah batik hasil pencucian, limbah pulpa kopi, aquadest, etanol, NaOH 1%, NaOH 4M, larutan CS₂, aseton, larutan HCl 1 M, dan larutan NaOH 1 M, dan menggunakan alat yaitu *magnetic stirrer*,

Spektrofotometer Serapan Atom, *Floculator*, pH meter, alat-alat gelas, mesin blender, oven, pengaduk, pompa vakum, *screen* dengan Mesh 16 dan kertas saring whatman.

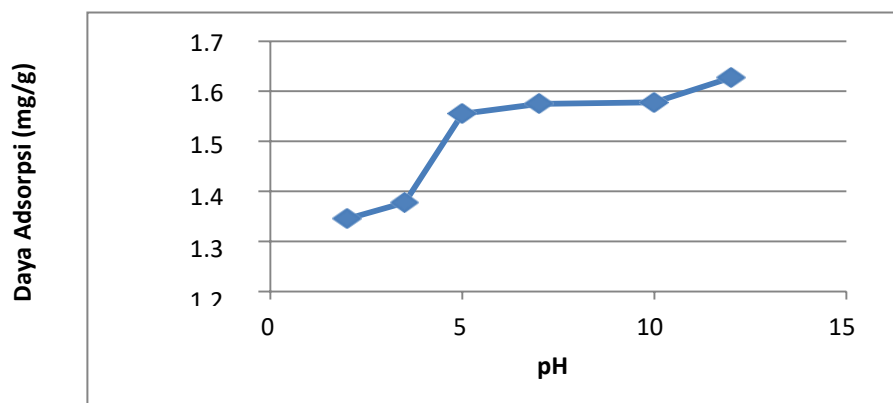
Prosedur penelitian diawali dengan melakukan sintesa pulpa kopi terxanthasi, analisis konsentrasi Zn dan Pb limbah batik, dilanjutkan dengan proses adsorpsi dengan variasi pH limbah batik 2, 5, 7, 10, 12, variasi masa adsorben pulpa kopi terxanthasi 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 gram dan variasi waktu pengadukan menggunakan *floculator* selama 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 menit. Analisis dilakukan dengan menggunakan AAS, selanjutnya dilakukan perhitungan isotherm adsorpsi dan perhitungan kinetika adsorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan awal dilakukan dengan menganalisis kandungan Zn dan Pb pada limbah batik, hasil analisis diperoleh konsentrasi Zn dan Pb sebesar 16,5182 ppm dan 0,6983 ppm. Dari kedua data tersebut dijadikan acuan sebagai konsentrasi awal dari limbah dan akan dilihat penurunannya setelah dilakukan adsorpsi dengan menggunakan pulpa kopi terxanthasi.

Penentuan kondisi optimum pH larutan saat adsorpsi

Proses adsorpsi beberapa ion logam optimum pada range pH yang berbeda-beda, perbedaan ini dipengaruhi oleh tipe adsorben, ion logam dan atau konsentrasi ion logam. Untuk mengetahui pengaruh pH pada proses adsorpsi, dilakukan pada nilai pH yang berbeda-beda. Kondisi pH optimum ditentukan berdasarkan jumlah adsorpsi tertinggi adsorben pulpa kopi terxanthasi terhadap ion logam. Pada percobaan ini dilakukan variasi pH 2; 3,5; 5; 7; 10 dan 12 diperoleh hasil daya serap adsorpsi seperti pada Gambar 1.



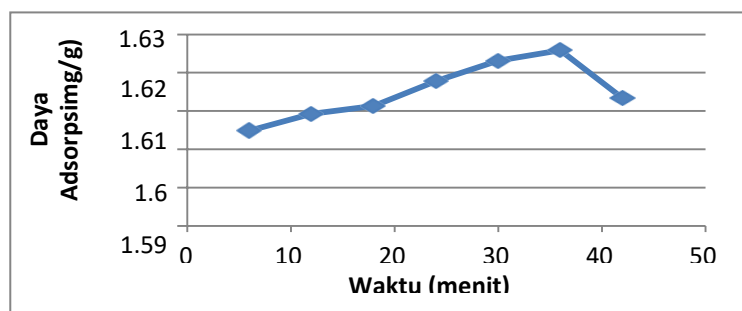
Gambar 1. Grafik hubungan PH dengan daya adsorpsi

Berdasar Gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi pH larutan maka daya adsorpsi juga semakin meningkat, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Zn^{2+} pada keadaan sisa limbah batik akan berkurang. Pada pH rendah yaitu pH 2 dan 3,5 adsorpsi ion Zn^{2+} juga rendah, hal ini dikarenakan pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ . Dalam kondisi asam, permukaan adsorben juga bermuatan positif, yang menyebabkan terjadinya tolak menolak antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorpsinya juga menjadi rendah. Kenaikan jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi mulai terlihat pada pH 5 hingga mencapai

pH optimumnya yaitu pada pH 12 dengan daya adsorpsi sebesar 1,6274 mg/g dan jumlah ion Zn^{2+} yang diadsorpsi adalah 0,24445 mg/L. Kenaikan jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi ini terjadi dikarenakan permukaan adsorben yang bermuatan negatif, dimana terjadi penarikan ion positif pada ion Zn^{2+} oleh ion negatif (OH^-) pada adsorben sehingga pada pH basa (pH12) ion Zn^{2+} banyak teradsorpsi. Menurut peneliti sebelumnya (Kusmiyati,dkk.,2012) derajat keasaman (pH) berpengaruh dalam proses adsorpsi, semakin tinggi pH persentase ion logam yang teradsorpsi semakin besar dan menurut (Akaninwor., 2007) kompetisi ion H^+ dengan logam menjadi berkurang saat kondisi pH tinggi sehingga kemampuan ion logam yang terserap semakin besar dibandingkan pada pH rendah.

Penentuan kondisi optimum waktu pengadukan.

Pada percobaan ini dilakukan variasi waktu pengadukan di *floculator* selama 6, 12, 18, 24, 30, 36, dan 42 menit. Hasil pengaruh variasi waktu pengadukan terhadap daya adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 2.



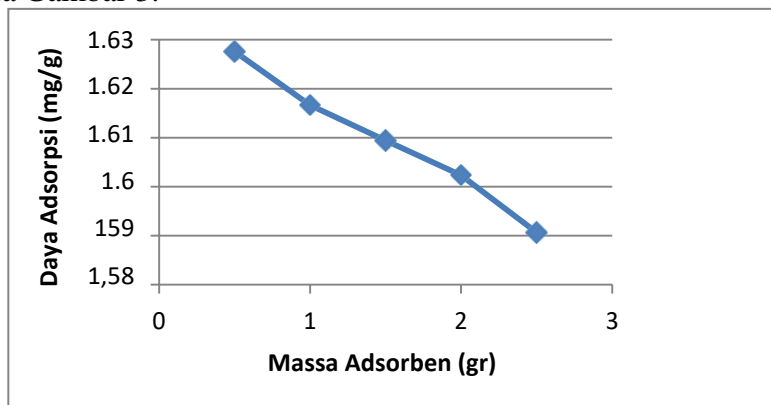
Gambar 2. Daya Adsorpsi pada Variasi Waktu Pengadukan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar2, bahwa semakin lama waktu pengadukan maka daya adsorpsi akan semakin meningkat maka konsentrasi ion Zn^{2+} padalimbah akan semakin sedikit. Waktu pengadukan berpengaruh pada lamanya adsorben yang bereaksi dengan limbah batik. Semakin lama waktu pengadukan, maka adsorben akan semakin banyak mengadsorpsi ion logam yang berada di dalam larutan hingga mencapai titik jenuh dari kemampuan adsorben tersebut mengadsorpsi larutan ion.

Dalam proses adsorpsi akan ada kemungkinan adsorben menjadi jenuh, karena semua sisi aktifnya telah terisi oleh ion logam yang teradsorb, sehingga kemungkinan pada waktu kontak tertentu diperkirakan persentase reduksi akan konstan atau penyerapan maksimum. Padatan menyerap sejumlah solute yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu, ketika kapasitas adsorpsi padatan mendekati atau telah mencapai kejenuhan harus dilakukan regenerasi (Widayatno,T dkk.,2017). Pengadukan optimum terjadi pada waktu pengadukan 36 menit menghasilkan daya adsorpsi tertinggi yaitu 1.6258 mg adsorbat per gram adsorben, ini menunjukkan telah terjadi adsorpsi maksimum dari pulpa kopi terxanthasi terhadap logam Zn. Daya adsorpsi mengalami penurunan pada waktu pengadukan 42 menit di mungkin adsorben sudah jenuh sehingga terjadi kenaikan konsentrasi Zn^{2+} yang tersisa di dalam limbah.

Penentuan kondisi Optimum massa adsorben

Pada variasi massa adsorben, dapat diketahui kondisi optimum dengan berapa banyak penambahan massa pada saat adsorpsi. Percobaan dilakukan dengan variasi massa adsorben sebesar 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 gram. Hasil pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Daya Adsorpsi pada Variasi Massa Adsorben

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa saat dilakukan penambahan massa adsorben daya adsorpsi terus menurun, sehingga konsentrasi ion Zn^{2+} yang tersisa menjadi bertambah. Konsentrasi ion Zn^{2+} yang bertambah pada peningkatan massa adsorben dari 0,5 hingga 2,5 gram. Peningkatan konsentrasi adsorben umumnya meningkatkan jumlah zat terlarut dimana luas permukaan meningkat sehingga jumlah adsorben per satuan berat pada satu titik tertentu akan menurun seiring bertambahnya dosis adsorben. Sehingga untuk massa adsorben optimum adalah 0,5 gram. Fenomena dengan penambahan massa adsorben diperoleh daya adsorpsi terus menurun, ini diduga akibat kejenuhan pori-pori permukaan adsorben yang telah dipenuhi oleh logam berat sehingga adsorben tidak mampu menyerap kembali. Fenomena ini juga dapat disebutkan sebagai fenomena desorpsi. Menurut (Purnamasari, IW., 2016) desorpsi terjadi bila proses adsorpsi yang terjadi sudah maksimal, permukaan adsorben jenuh/tidak mampu lagi menyerap adsorbat dan terjadi kesetimbangan.

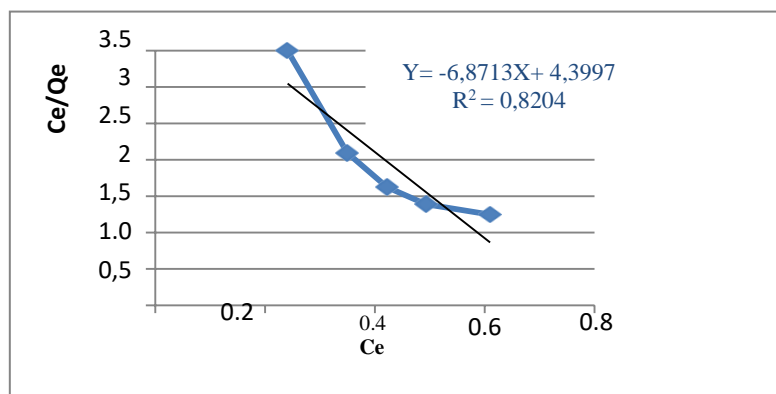
Menghitung Isoterm Adsorpsi.

Untuk menghitung isoterm adsorpsi dapat menggunakan Persamaan Langmuir dan Freundlich. Persamaan Langmuir digunakan persamaan (1) dan Persamaan Freundlich digunakan persamaan (2). Dihitung nilai C_e , C_0 , Q_e , C_e/Q_e , $\log C_e$, dan $\log Q_e$ seperti terlihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Perhitungan Isotherm Adsorpsi

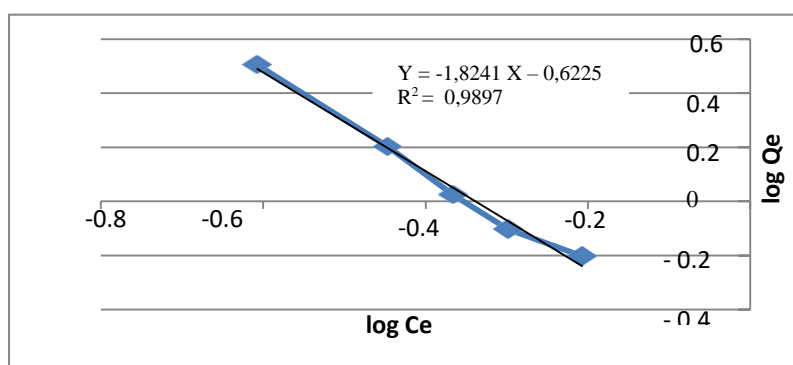
Ce (mg/L)	C ₀ (mg/L)	Q _e (mg/g)	Ce/Q _e	Log Ce	Log Q _e
0,24305	16,5182	3,2550	0,0747	-0,6143	0,5126
0,3523	16,5182	1,6166	0,2179	-0,4531	0,2086
0,4245	16,5182	1,0729	0,3957	-0,3721	0,0306
0,49525	16,5182	0,8012	0,6182	-0,3052	-0,0963
0,6121	16,5182	0,6362	0,9621	-0,2132	-0,1964

Dari data Tabel 2 dimasukkan ke persamaan (1) untuk mencari persamaan Langmuir, didapat grafik seperti Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Hasil Persamaan Langmuir

dan dari Tabel 2 dimasukkan ke Persamaan (2) untuk mencari persamaan Freundlich didapat grafik sesuai dengan Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil Persamaan 5 Freundlich

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh persamaan Langmuir yaitu $y = - 6,8713x + 4,3997$ dan harga $R^2 = 0,8204$, harga R tersebut masih jauh dari nilai 1, sedang pada Gambar 5 diperoleh persamaan Freundlich yaitu $y = - 1,824x - 0,6225$ didapat regresi linear dengan harga $R^2 = 0,9897$ harga tersebut mendekati nilai 1. Untuk persamaan

Langmuir diperoleh nilai a (daya adsorpsi) bernilai minus yaitu $-30,2317$ mg/gram, dan untuk Freundlich diperoleh nilai n (konstanta lapisan multiyaler) bernilai minus sebesar $-1,6064$ mg/g, sehingga dari kedua data tersebut tidak didapatkan persamaan Langmuir dan Freundlichnya.

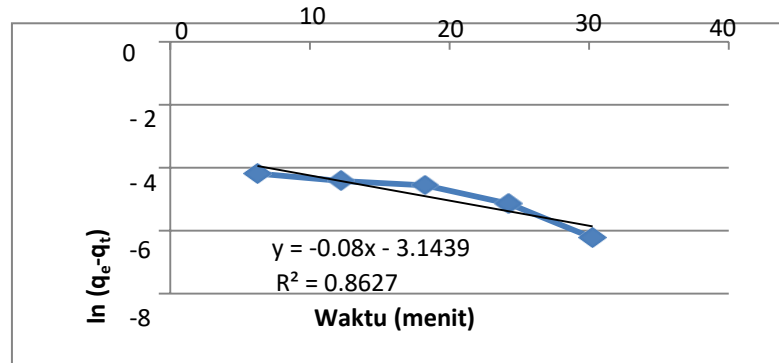
Menghitung Kinetika Adsorpsi

Untuk menghitung kinetika adsorpsi dapat digunakan persamaan orde satu pseudo dengan menggunakan persamaan (3) dan untuk orde dua pseudo menggunakan persamaan (4). Data perhitungan kinetika adsorpsi seperti Tabel 3 berikut.

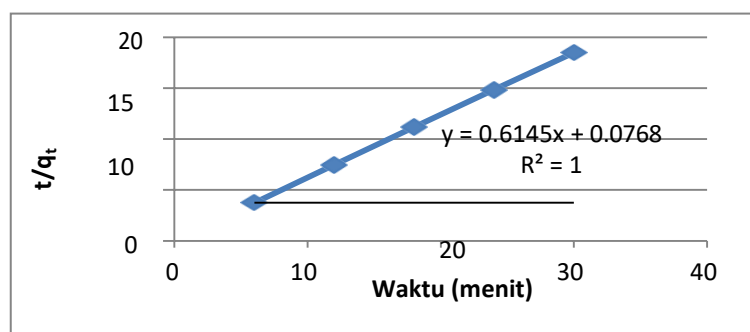
Tabel 3. Data Perhitungan Kinetika Adsorpsi

No.	t (menit)	q_e (mg/g)	q_t (mg/g)	$\ln(q_e - q_t)$	t/q_t (menit g/mg)
1.	6	1,6258	1,6049	-3,8649	3,7387
2.	12	1,6258	1,6092	-4,0971	7,4561
3.	18	1,6258	1,6113	-4,2353	11,1708
4.	24	1,6258	1,6178	-4,8227	14,8352
5.	30	1,6258	1,6231	-5,9035	18,4833

Dari data pada Tabel 3, dapat digunakan untuk menentukan persamaan kinetika adsorpsi. ditunjukkan pada Gambar 6 untuk persamaan orde satu pseudo dan Gambar 7 untuk persamaan orde dua pseudo.



Gambar 6. Grafik Pseudo Orde Satu



Gambar7. Grafik Pseudo Orde Dua

Berdasar Gambar 6 dan 7, didapatkan persamaan linear pseudo orde satu dengan model kinetika dengan $Y = -0,08 X - 3,1439$ dengan nilai $R^2 = 0,827$ dan persamaan pseudo orde dua dengan model kinetika $Y = 0,6145 X + 0,0768$ dengan nilai $R^2 = 1$, dari kedua grafik tersebut maka didapatkan bahwa Orde Dua Pseudo dianggap cocok dikarenakan memiliki nilai regresi linear yang paling baik yaitu regresi linier pada Orde Dua Pseudo adalah 1(satu) dan didapatkan konstanta kecepatan adsorpsi orde 2 sebesar $8,0013 \text{ mg g}^{-1} \text{ menit}^{-1}$.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pulpa kopi terxanthasi dapat mengadsorb logam seng yang berada di limbah batik. Harga pH optimum pada proses adsorpsi didapatkan pada pH 12, waktu pengadukan optimum pada proses adsorpsi adalah pada 36 menit dan kapasitas serap maksimum proses adsorpsi adalah $3,2550 \text{ mg Zn per gram adsorben}$. Didapatkan pula adsorpsi mengikuti persamaan Orde Dua Pseudo dengan konstanta adsorpsi orde 2 adalah $8,0013 \text{ mg g}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ serta tidak dapat dilakukan perhitungan isotherm adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T.E., Nurisman, E., Prasetyowati., Haryani, N., Cundari, L., Novisa, A., dan Khristina, O. 2011. Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintesis Dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Prosiding Seminar Nasional AvoER ke-3*, Universitas Sriwijaya Palembang.
- Akaninwor, J.O., Wegwu, M.O., and Iba, I.U. 2007. Removal of Iron, Zinc and Magnesium From Polluted Water Samples Using Thioglycolic modified Oil-Palm Fibbre, *African Journal of Biochemistry Research*, Vol 1(2)
- Bashyal, D., Homagai, P.L., dan Ghimire, K.N. 2010. Removal of Lead from Aqueous Medium Using Xanthate Modified Apple Juice Residue, *Journal of Nepal Chemistry Society*, Tribhuvan University, Nepal.
- Hartati, I., Riwayati, I., dan Kurniasari, L. 2011. Potensi Xanthate Pulpa Kopi Sebagai Adsorben Pada Pemisahan Ion Timbal Dari Industri Batik. Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- Kementrian Lingkungan Hidup nomor: 5 tahun 2014. Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Kompas regional, 3 Oktober 2011. Batik Punya Nilai Ekonomi Tinggi.
- Kundari, N.A. 2015. Buku Kuliah, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir.
- Kusmiyati., Lystanto, P.A., Pratiwi, K. 2012. Pemanfaatan Karbon Aktif Arang Batubara (KAAB) Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Berat Cu^{2+} dan Ag^+ Pada Limbah Cair Industri, *Reaktor*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Marganof. 2003. Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat Timbal, Kadmium dan Tembaga di Perairan, Makalah pribadi Pengantar ke Falsafah Sains Program S3 IPB, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Misran, E. 2009. Pemanfaatan Kulit Coklat dan Kulit Kopi Sebagai Adsorben Ion Pb dalam Larutan, *SIGMA*, 12(1):23- 29.
- Muhdarina., Mohammad, A.W., & Andanastuti, M. 2012. Prospektif Lempung Alam Cengar

Prosiding

Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP) 2019

Malang, 03 November 2019

- Sebagai Adsorben Polutan Anorganik Di Dalam Air: Kajian Kinetika Adsorpsi Kation (Co(II), Reaktor, Universitas Kebangsaan Malaysia, Malaysia.
- Murtini,T., Inayati., dan Astuti,S.B.2015. Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Elektrolisis, Sebagai Upaya Penurunan Tingkat Konsentrasi Logam Disungai Jenes, Laweyan Surakarta.
- Purnamasari,I.W.2016. Adsorpsi-Desorpsi Monologam Dan Multi Logam Ion Ni (II) Dan Cu (II) Oleh Material Biomassa Alga Nitzschiasp Yang Dimodifikasi Dengan Pelapisan Silika Magnetit (Fe₃O₄). Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
- Riwayati,I.,Hartati,I.,Purwanto,H., & suwardiyono.2014. Adsorpsi Logam Berat Timbal dan Kadmium Pada Limbah Batik Menggunakan Biosorbent Pulpa Kopi Terxanthasi. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi.
- Widayatno,T., Yuliatwati,T.,& Susilo,A.A.2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. Jurnal Teknologi Bahan Alam Vol.1 No.1.