



PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR NaOH DAN TINGGI KOLOM PADA ARANG AKTIF DARI KULIT PISANG TERHADAP EFEKTIVITAS PENURUNAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN SENG (Zn) LIMBAH CAIR INDUSTRI ELEKTROPLATING

Salasatun Atminingtyas^{*)}, Wiharyanto Oktiawan^{)}, Irawan Wisnu Wardana^{**)}**

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

JL. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email: salasatunatminingtyas@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini tentang pemanfaatan arang aktif kulit pisang sebagai adsorben untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cu dan Zn pada limbah cair elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi NaOH terbaik sebagai aktivator yang dapat menurunkan konsentrasi logam berat Cu dan Zn pada limbah electroplating pada proses batch dan menentukan tinggi media kolom optimum untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cu dan Zn limbah cair elektroplating pada proses kontinyu. Penelitian ini menggunakan 3 variasi pada proses batch konsentrasi aktivator NaOH yaitu: 0,5 M, 1 M, dan 2 M, dan variasi tinggi media kolom pada proses kontinyu yaitu 65 cm, 75 cm, dan 85 cm. Hasil analisis variasi pada proses batch menunjukkan konsentrasi aktivator terbaik adalah NaOH 1 M dengan dipengaruhi semakin tingginya konsentrasi awal limbah maka semakin besar daya serap adsorben dan waktu kesetimbangan dicapai pada menit ke 120. Hasil analisis isoterm uji batch menunjukkan untuk parameter logam berat Cu lebih sesuai dengan isoterm Langmuir tipe 2 dan untuk logam berat Zn lebih sesuai dengan isoterm Freundlich dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimumnya sebesar 3,69 mg/g untuk Cu dan 1,73 mg/g untuk Zn. Dari hasil analisis kinetika adsorpsi menunjukkan logam berat Cu lebih cepat laju adsorpsinya dibandingkan dengan logam berat Zn dan sesuai dengan model kinetika adsorpsi Pseudo Second Order. Tetapi untuk laju adsorpsi logam berat Cu dipengaruhi juga oleh model kinetika Intraparticle Diffusion karena nilai konstanta laju adsorpsinya semakin besar seiring semakin kecilnya konsentrasi awal logam berat Cu. Hasil analisis variasi pada proses kontinyu menunjukkan tinggi media kolom terbaik adalah 65 cm. Berdasarkan uji isoterm Thomas kapasitas adsorpsi tinggi media kolom 65 cm untuk logam berat Cu dan Zn adalah 20,775 mg/g dan 2,384 mg/g.

Kata kunci: arang aktif, adsorben, kulit pisang, logam berat, elektroplating

Abstract

[The Influence of Activator Concentration of NaOH and Height of Column in the Active Charcoal from Banana Peel on the Effectiveness of the Decrease Heavy Metals Copper (Cu) and Zinc (Zn) in the Waste Water from Electroplating Industry]. This research on extracting active charcoal the banana peel as the adsorbent to reducing the concentration of heavy metals Cu and Zn on wastewater electroplating. This study attempts to determines the concentration NaOH as best activator to reducing the concentration of heavy metals Cu and Zn on wastewater electroplating at process batch and determine media steady high column for reducing the concentration of heavy metals cu and zn liquid

waste electroplating to the process of continuous. This research using 3 variation in the process of a batch of concentration NaOH as activator NaOH : 0,5 M , 1 M , and 2 M , and variation high media column in the process of continuous 65 cm , 75 cm , and 85 cm . The results of the analysis variation to the process of a batch show activator concentration was best to NaOH 1 M with influenced higher wastewater early concentration hence the bigger absorption capacity adsorbent and time equilibrium reached at minute to 120. The results of the analysis isotherm test a batch show for parameter heavy metal Cu are better suited to isotherm Langmuir type 2 and to heavy metal Zn are better suited to isotherm Freundlich with the adsorption capacity maximum by 3.69 mg / g for Cu and 1.73 mg / g for Zn. The results of the analysis kinetics adsorption show heavy metal Cu faster the adsorption rate compared with heavy metal Zn and according to a kinetic model adsorption Pseudo Second Order. But to the rate of adsorption heavy metals Cu influenced also by kinetic model Intraparticle Diffusion because the value of constant adsorption rate increase over the small early concentration heavy metals Cu. The results of the analysis variation to the process of continuous show high media column best is 65 cm .Based on the isotherm Thomas adsorption capacity high media column 65 cm to heavy metal Cu and Zn is 20,775 mg / g and 2,384 mg / g.

Key word : active charcoal, adsorbent, banana peel, heavy metal, electroplating.

I. PENDAHULUAN

Elektroplating atau lapis listrik atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit. Larutan yang digunakan untuk penyepuhan logam perak harus diganti setiap dua minggu karena mutu hasil menurun akibat ketahanan kehalusan permukaan dan penampaknya. Penggantian larutan ini menyebabkan biaya produksi tinggi dan limbah elektroplating yang dihasilkan dibuang langsung ke lingkungan. Larutan yang digunakan tersebut berupa bahan-bahan kimia yang merupakan bahan beracun dan berbahaya sehingga limbah yang dihasilkan berbahaya bagi kesehatan manusia baik yang terlibat langsung dengan kegiatan industri maupun yang di sekitar perusahaan. Hampir semua industri perak baik pengrajin maupun penyepuh saat ini belum memiliki pengolahan limbah yang memadai. Kemungkinan pencemaran memang ada terutama dari penyepuhan perak.

Salah satu alternatif lain dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah penggunaan bahan-bahan organik sebagai adsorben. Proses ini kemudian disebut sebagai adsorpsi. Adsorpsimenunjukkan kemampuan adsorben untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah kimia-fisika. Keuntungan penggunaan proses adsorpsi diantaranya adalah biaya yang relatif murah, efisiensi tinggi pada larutan encer, dan minimalisasi pembentukan lumpur.

Kulit pisang merupakan bahan buangan atau limbah buah pisang yang cukup banyak jumlahnya. Umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai limbah organik saja atau digunakan sebagai makanan ternak seperti kambing, sapi dan kerbau. Jumlah dari kulit pisang cukup banyak yaitu sekitar 1/3 dari buah pisang yang belum dikupas. Kulit pisang juga menjadi salah satu limbah dari industri pengolahan pisang, namun bisa dijadikan teknologi karbon aktif alami

Untuk menunjang teknologi tersebut dibutuhkan penelitian yang dapat mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi Cu dan Zn dengan media adsorben kulit pisang sehingga nantinya teknologi tersebut dapat digunakan secara optimal.

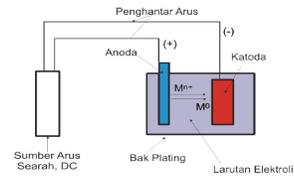
Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi konsentrasi aktivator NaOH pada proses batch dan tinggi media kolom pada proses kontinyu terhadap efektivitas penurunan konsentrasi logam berat Cu dan Zn dalam limbah cair elektroplating.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Elektroplating adalah Proses pelapisan suatu logam dengan menggunakan Logam lain yang lebih tahan karat. Proses ini menggunakan Katoda dan Anoda sebagai dasarnya. Logam yang ingin dilapisi kemudian akan dimasukan kedalam larutan Konduktor Ion (Larutan yang mengandung Elektrolit dan Logam pelapis). Larutan ini akan melapisi Logam yang dimasukan kedalam larutan tersebut dengan menggunakan Arus listrik sebagai bahannya. Proses ini bertujuan untuk melapisi logam sehingga lebih tahan terhadap Korosi atau perkaratan.

Elektroplating juga dapat didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Lapisan logam yang mengendap disebut juga deposit. Sumber arus listrik searah dihubungkan dengan kutub negatif yang disebut katoda dan elektroda positif disebut anoda. Benda yang akan dilapisi harus bersifat konduktif atau mengantarkan arus listrik dan berfungsi sebagai katoda atau disebut sebagai benda kerja. Pada elektroplating dengan anoda aktif digunakan anoda logam yang mempunyai kemurnian tinggi. Arus mengalir dari anoda menuju katoda

melalui elektrolit (Purwanto & Huda, 2005 dalam Yosi, 2011).



Gambar 1. Proses Elektroplating

Air limbah elektroplating berasal dari kegiatan pencucian, pembersihan dan proses plating. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam air limbah elektroplating merupakan logam terlarut yang berbahaya (Yosi, 2011). Logam berat yang terkandung di dalam limbah elektroplating diantaranya adalah Cu, dan Zn yang menjadi fokus penulis.

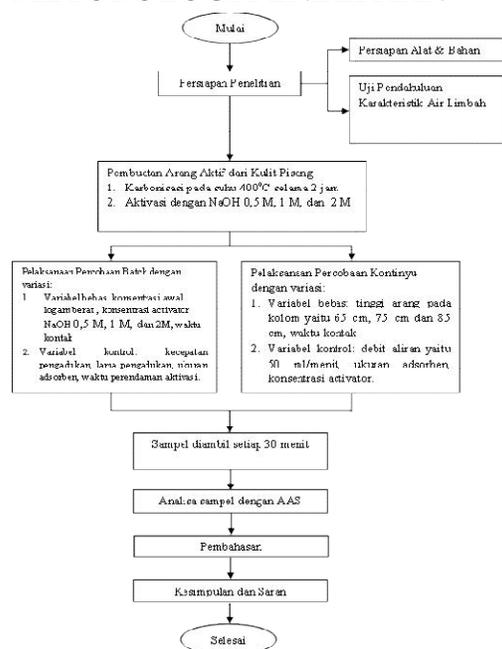
Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terjerap, adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan.

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Ikawati & Melati, 2010 : 2).

Secara umum, kulit pisang banyak mengandung karbohidrat, air, vitamin C, kalium, lutein, anti-oksidan, kalsium, vitamin B, lemak, protein, beragam vitamin B kompleks di antaranya vitamin B6, minyak nabati, serat, serotonin dan banyak lagi lainnya. Kulit pisang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan, diantaranya yaitu sebagai penjernih air (Anggraini, 2013). Kulit pisang mengandung selulosa. Selulosa merupakan senyawa yang hidrofilik karena adanya gugus hidroksil dalam

setiap unit polimernya. Permukaan gugus fungsi selulosa alam ataupun turunannya dapat berinteraksi secara fisik atau kimia. Selulosa memiliki gugus fungsi yang mampu melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama karboksil, hidroksil. Aktivasi selulosa dapat dilakukan dengan penambahan alkali misalnya NaOH, KOH, dan LiOH. Fengel (2005) dalam Aries (2010) mengungkapkan NaOH merupakan aktivator yang lebih baik dibandingkan KOH dan LiOH.

III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

Alat: Furnace, Jartest, Gelas Beker, AAS, Desikator, Timbangan

Bahan: Kulit pisang, kertas saring, NAOH, Aquades, Alumunium Foil

Prosedur Operasional Penelitian

1. Proses Karbonisasi Kulit Pisang

Kulit pisang dibersihkan dari sisa-sisa kotoran dengan air bersih. Kulit pisang yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Selanjutnya kulit pisang

dimasukkan ke dalam furnace selama 2 jam pada suhu 400°C, sampai kulit pisang menjadi arang. Setelah menjadi arang, dibiarkan dingin (Lestari, 2011)

2. Proses Pengaktifan Adsorben

Larutan NaOH dibuat dengan konsentrasi tertentu sesuai variasi yaitu 0,5M, 1 M, dan 2M. Arang kulit pisang direndam masing – masing dalam larutan NaOH 0,5 M, 1 M, dan 2 M sampai semua terbasahi selama 24 jam, lalu dicuci dengan aquades, kemudian dicuci dengan HCl dengan perbandingan 1 : 1 dengan NaOH, kemudian di cuci dengan aquades lagi sampai pH di atas 4 dan atau netral (Ramakrishnan, 2009). Kemudian dikeringkan. Lalu didiamkan pada suhu ruangan di dalam desikator selama 1 jam. Arang aktif siap digunakan.

Pelaksanaan Uji Batch

Adsorben kulit pisang dengan variasi konsentrasi aktivator NaOH 0,5 M, 1 M, dan 2 M masing – masing ditimbang sebanyak 2,5 gr. Kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker masing – masing dengan volume 600 mL. Kemudian 250 mL air limbah dengan 2 konsentrasi awal berbeda sebagai variasi tambahan dimasukkan ke dalam gelas beker masing – masing yang berisi adsorben kulit pisang. Setelah itu dilakukan pengadukan dengan jartest dengan kecepatan pengadukan 90 rpm selama 60 menit. Sampel diambil setiap 30 menit selama 3 jam di mulai dari menit ke 0. Kemudian sampel disaring dengan kertas saring. Setelah disaring, dilakukan pengukiran konsentrasi Cu dan Zn menggunakan AAS.

Pelaksanaan Uji Batch Untuk Penentuan Model Isoterm

Adsorben kulit pisang dengan konsentrasi aktivator ditimbang masing – masing 0,5 gr, 1 gr, 1,5 gr, 2 gr, 2,5 gr, 3 gr, 3,5 gr, dan 4 gr dimasukkan ke dalam gelas beker 600 mL. Kemudian 250 mL air limbah dengan konsentrasi awal terbaik menurut hasil uji batch dimasukkan ke dalam masing – masing gelas

beker yang berisi adsorben kulit pisang dengan massa yang berbeda – beda. Dilakukan pengadukan dengan jartest selama 60 menit dengan kecepatan 90 rpm. Pengambilan sampel dilakukan pada menit terbaik pada uji batch sebanyak 25 mL. Kemudian sampel disaring dengan kertas saring. Setelah disaring, dilakukan pengukuran konsentrasi Cu dan Zn menggunakan AAS.

Persamaan Freundlich

$$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}}$$

Dimana:

Q_e = Banyaknya solut yang terserap per satuan berat biomassa (mg/g)

C_e = Konsentrasi solut pada saat kesetimbangan (mg/L)

n = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K_f = Konstanta Freundlich (L/mg)

Persamaan di atas dapat disusun secara linear menjadi:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

Persamaan Langmuir

$$Q_e = \frac{XmKCe}{(1+KCe)}$$

Dimana:

Q_e = Banyaknya solut yang terserap per satuan berat biomassa (mg/g)

C_e = Konsentrasi solut pada saat kesetimbangan (mg/L)

Xm = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K = Konstanta Langmuir (L/mg)

Persamaan BET

$$q = \frac{q_{maks} \times k_b \times C_e}{(C_o - C_e) \left[1 + (k_b - 1) \left(\frac{C_e}{C_o} \right) \right]}$$

Keterangan:

C_o = konsentrasi awal larutan

q = kapasitas adsorpsi (mg/gr)

k_b = koefisien BET

q_{maks} = koefisien kapasitas maksimum adsorben

C_o = konsentrasi awal larutan (mg/L)

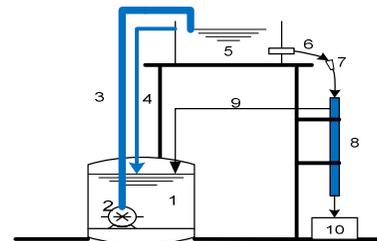
C_e = konsentrasi zat terlarut pada saat setimbang (mg/L)

Persamaan Kinetika Adsorpsi

Kinetic model	Non-linear	Linear	Plot	References
Pseudo first order	$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q_t)$	$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2.303}t$	$\log(q_e - q_t)$ vs t	Lagergren (1898)
Pseudo second order	$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2$	$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e}t$	$\frac{t}{q}$ vs t	Ho and McKay (1999)
Intraparticle diffusion	$q_t = k_3 t^{1/2}$	$q_t = k_3 t^{1/2} + c$	q_t vs $t^{1/2}$	Weber and Morris (1963)
Elovich	$\frac{dq}{dt} = ae^{-bq}$	$q_t = \frac{1}{b} \ln(at) + \frac{1}{b} \ln t$	q_t vs $\ln t$	Chen and Clayton (1980)

Gambar 3. Daftar Persamaan Kinetika Adsorpsi

Pelaksanaan Uji Kontinyu



Gambar 4. Rangkaian peralatan uji kontinyu

Kolom dibuat 3 variasi dengan diisi adsorben setinggi 65 cm, 75 cm, dan 85 cm. Hal ini didasarkan pada kriteria desain dimana diameter minimum 1 inchi (2,54 cm) dan ketinggian kolom minimum 24 inchi (60,96) (Reynolds, 1982).

Persamaan Thomas

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{K_1}{Q}(q_0 M - C_0 V)}}$$

Dalam hubungan di atas :

C = konsentrasi solut keluar kolom

C_0 = konsentrasi solut masuk kolom

K_1 = konsentrasi laju

q_0 = konsentrasi solut teradsorpsi maksimum fase padat, misal, garam solut per gram karbon

M = massa adsorben, misal gram

V = volume yang dilewatkan, misal liter

Q = laju alir, misal liter/jam

Persamaan di atas bisa disusun ulang menjadi :

$$1 + e^{\frac{K_1}{Q}(q_0 M - C_0 V)} = \frac{C}{C_0}$$

Dengan logaritma alami, persamaan di atas bisa disusun ulang menjadi :

$$\ln\left(\frac{C}{C_0} - 1\right) = \frac{K_1 q_0 M}{Q} - \frac{K_1 C_0 V}{Q}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Batch

1. Pengaruh Konsentrasi Awal Air Limbah Terhadap Daya Serap Karbon Aktif



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Awal Cu Terhadap Daya Serap Adsorben

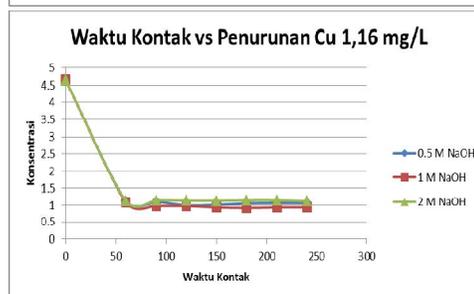
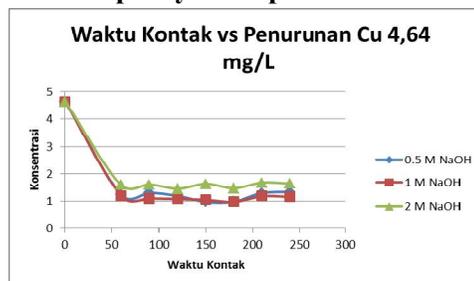


Gambar 6. Pengaruh Konsentrasi Awal Zn Terhadap Daya Serap Adsorben

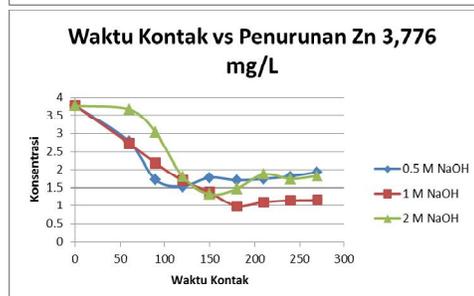
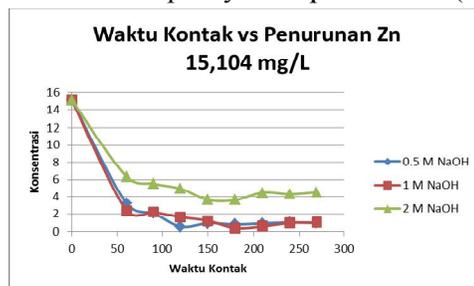
Menurut Kundari (2008) semakin tinggi konsentrasi awal limbah maka semakin besar daya serapnya hingga di titik maksimum dari kapasitas arang aktif daya serapnya perlahan mulai stabil atau justru menurun.

Dengan konsentrasi awal limbah yang besar maka bahan yang teradsorpsi juga besar begitu pula sebaliknya jika konsentrasi awal limbah kecil maka bahan yang teradsorpsi juga kecil. Hal ini disebabkan semakin besarnya faktor tumbukan dan gaya dorong yang terjadi antara ion logam berat Cu dan Zn dengan permukaan aktif adsorben, sehingga memungkinkan proses penjerapan dalam jumlah yang lebih banyak.

2. Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Terhadap Daya Serap Karbon Aktif



Gambar 7. Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Terhadap Daya Serap Adsorben (Cu)



Gambar 8. Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Terhadap Daya Serap Adsorben (Zn)

Aktivasi dengan konsentrasi NaOH 0,5 M diduga belum cukup melarutkan pengotor sehingga permukaan pori belum banyak yang terbuka. Aktivasi dengan konsentrasi NaOH 1 M diduga cukup banyak pengotor yang larut

sehingga permukaan pori arang aktif menjadi lebih terbuka. Namun aktivasi menggunakan NaOH dengan konsentrasi 2 M daya serap arang aktif kulit pisang mengalami penurunan, hal ini diduga karena telah terjadi pelarutan pada struktur bagian dalam dari arang sehingga ada bagian-bagian pori yang tertutup kembali. Hal ini sesuai dengan penelitian N. P. Diantariani mengenai batu padas sebagai adsorben dimana konsentrasi aktivator yang lebih tinggi menyebabkan pelarutan struktur bagian dalam batu padas sehingga bagian pori tertutup kembali.

Dalam penelitian ini, waktu kontak yang memberikan hasil optimum adalah pada menit ke- 120 (Gambar 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8) untuk konsentrasi Cu dan Zn pada limbah dengan Cu 4.64 mg/L dan Zn 15.104 mg/L serta Cu 1.16 mg/L dan Zn 3.776 mg/L yang diaktivasi menggunakan konsentrasi aktivator NaOH sebesar 1 M. Sedangkan untuk logam berat Cu dan Zn limbah Cu 4.64 mg/L dan Zn 15.104 mg/L serta Cu 1.16 mg/L dan Zn 3.776 mg/L dengan konsentrasi aktivator NaOH 2 M menunjukkan hasil yang bervariasi. Hal ini dapat disebabkan karena konsentrasi NaOH yang lebih tinggi (2 M) kemungkinan dapat menyebabkan perubahan struktur arang aktif kulit pisang sehingga daya serapnya menjadi menurun. Sedangkan aktivasi dengan konsentrasi NaOH 0,5 M diduga belum cukup melarutkan pengotor sehingga permukaan pori belum banyak yang terbuka sehingga waktu kontak optimumnya terjadi lebih cepat yaitu pada menit ke 60, hal ini dikarenakan adanya kemungkinan pori – pori adsorben telah terisi penuh.

Hasil Analisis Isoterm Adsorpsi

Tabel 1. Hasil Perhitungan dan Analisis Isoterm Adsorpsi

Parameter	1 M NaOH					
	Freundlich	Langmuir 1	Langmuir 2	Langmuir 3	Langmuir 4	BET

Parameter	1 M NaOH						
	Freundlich	Langmuir 1	Langmuir 2	Langmuir 3	Langmuir 4	BET	
Cu	persamaan	$y = 1,2101x - 0,63$	$y = 0,4183x + 4,661$	$y = 4,4313x - 0,2709$	$y = 3,4313x - 0,457$	$y = 0,2075x + 0,1704$	$y = 1,4167x + 0,8568$
	k	0,234	-0,089	-0,061	-0,291	0,2075	0,653
	n atau qm	0,826	-2,39	-3,69	-0,457	0,8212	1,786
	R ²	0,8232	0,1045	0,8757	0,7119	0,7119	0,2946
Zn	persamaan	$y = 0,5774x - 0,405$	$y = 0,3247x + 3,3915$	$y = 2,5104x + 0,4776$	$y = 4,005x + 1,907$	$y = 0,0575x + 0,2578$	$y = 2,1153x - 0,1418$
	k	0,393	0,095	0,1909	0,2496	-0,0575	-15,917
	n atau qm	1,73	3,0797	2,093	1,907	-4,483	0,44305
	R ²	0,8357	0,5665	0,8293	0,2303	0,2303	0,982

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa R² terbesar terdapat pada isoterm *Langmuir 2* untuk parameter Cu dan BET untuk Zn yaitu sebesar 0,8757 (Cu) dan 0,982 (Zn). Tetapi berdasarkan perhitungan analisis q model isotherm (pada lampiran), model isotherm yang lebih mendekati hasil dari q percobaan adalah isotherm *Langmuir 2* untuk Cu dengan R² sebesar 0,8757 dan isotherm *Freundlich* untuk Zn dengan R² sebesar 0,8357.

Hasil Analisis Kinetika Adsorpsi

Tabel 2. Perbandingan Hasil Plot Grafik Model Kinetik Cu 4.64 mg/L

Kinetik Model	Persamaan	R ²	slope	intercept	k/beta
Pseudo First Order	$y = -0,0034x - 0,985$	0,0577	0,0034	0,985	0,00783
Pseudo Second Order	$y = 0,7148x - 0,8019$	0,9988	0,7148	0,8019	0,637161
Intraparticle Diffusion	$y = 0,0017x + 1,4017$	0,0678	0,0017	1,4017	0,0017
Elovich	$y = 0,0068x + 1,3899$	0,1657	0,0068	1,3899	147,0588

Tabel 3. Perbandingan Hasil Plot Grafik Model Kinetik Zn 15.104 mg/L

Kinetik Model	Persamaan	R ²	slope	intercept	k/beta
Pseudo First Order	$y = 0,0032x - 0,7147$	0,2674	0,0032	0,7147	0,00737
Pseudo Second Order	$y = 0,174x + 0,2549$	0,9987	0,174	0,2549	0,118776
Intraparticle Diffusion	$y = 0,0514x + 5,0572$	0,7284	0,0514	5,0572	0,0514
Elovich	$y = 0,1316x + 4,9997$	0,6454	0,1316	4,9997	7,598784

Tabel 4. Perbandingan Hasil Plot Grafik Model Kinetik Cu 1.16 mg/L

Kinetik Model	Persamaan	R ²	slope	intercept	k/beta
Pseudo First Order	$y = 0,0036x - 1,4405$	0,0463	0,0036	1,4405	0,008291
Pseudo Second Order	$y = 10,713x + 71,484$	0,9888	10,713	71,484	1,605511
Intraparticle Diffusion	$y = 0,0049x + 0,0345$	0,8839	0,0049	0,0345	0,0049
Elovich	$y = 0,0129x + 0,026$	0,955	0,0129	0,026	77,51938

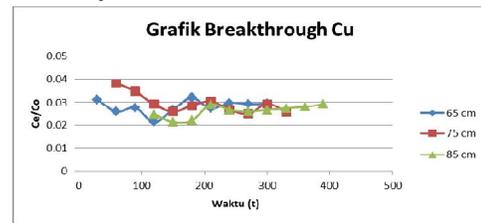
Tabel 5. Perbandingan Hasil Plot Grafik Model Kinetik Zn 4,703 mg/L

Kinetik Model	Persamaan	R ²	slope	intercept	k/beta
Pseudo First Order	$y = -0.0014x - 0.5682$	0.0491	0.0014	0.5682	0.003224
Pseudo Second Order	$y = 0.876x + 11.383$	0.9807	0.876	11.383	0.067414
Intraparticle Diffusion	$y = 0.0543x + 0.409$	0.9347	0.0543	0.409	0.0543
Elovich	$y = 0.1333x + 0.3557$	0.8641	0.1333	0.3557	7.501875

Berdasarkan hasil analisis tabel 2, 3, 4, dan 5 semuanya menunjukkan bahwa nilai R² pada grafik *Pseudo Second Order* lebih besar dan lebih mendekati angka satu dibandingkan dengan *Pseudo First Order*, *Elovich*, dan *Intraparticle Diffusion* baik pada kinetika untuk logam berat Cu maupun Zn. Oleh karena itu *Pseudo Second Order* merupakan tingkatan orde yang paling menggambarkan proses adsorpsi. Tetapi jika diperhatikan lebih lanjut khusus untuk logam berat Cu pada tabel 2 dan 4 menunjukkan nilai konstanta laju reaksinya semakin kecil dengan semakin besarnya konsentrasi awal logam berat Cu. Maka akan sangat menarik jika melihat pada tabel 2 dan 4 bagian model kinetika *Intraparticle Diffusion* dimana menunjukkan hasil analisis konstanta laju reaksi yang juga semakin kecil seiring semakin besarnya konsentrasi awal. Ini berarti bahwa sebelum tahap adsorpsi fisika ataupun kimia, reaksi adsorpsi Cu dipengaruhi oleh tahap difusi. Semakin besar konsentrasi awal kation logam Cu, maka akan semakin berjejal kation - kation logam Cu yang akan berdifusi dan ini akan mengakibatkan laju difusi akan menurun sehingga akan semakin kecil laju adsorpsinya (Umaningrum, 2010).

Jika laju adsorpsi Cu dan Zn dibandingkan berdasarkan nilai konstanta laju reaksi *Pseudo Second Order*, maka dapat diketahui bahwa reaksi adsorpsi Cu lebih cepat daripada reaksi adsorpsi Zn.

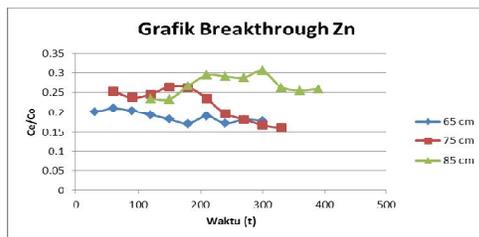
Uji Kontinyu



Gambar 13. Grafik Breakthrough Cu

Konsentrasi awal Cu limbah elektroplating untuk proses kontinyu adalah sebesar 4,703 mg/L. Pada gambar 4.41 menjelaskan bahwa variasi tinggi media kolom arang aktif tidak jauh berbeda dalam menurunkan konsentrasi Cu yang sama. Pada tinggi media kolom 85 cm menunjukkan peningkatan konsentrasi effluent yang lebih lama daripada tinggi media kolom 65 cm. Hal ini disebabkan karena adanya zone perpindahan massa yang pendek. Hasil tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh Hadiwidodo, 2008 bahwa semakin pendek zona perpindahan massa maka akan semakin cepat mencapai titik tembus dan titik jenuh.

Menurut Metcalf Eddy (2003) waktu yang terjadi untuk sampai pada titik tembus (*breakthrough*) biasanya tercapai pada saat $C_e/C_o = 0,05$ sedangkan waktu untuk sampai pada titik jenuh (*exhaustion*) pada saat $C_e/C_o = 0,95$. Dengan konsentrasi Cu awal 4,703 mg/L maka konsentrasi effluent ketika sampai di titik tembus seharusnya sebesar 0,235 mg/L dan ketika sampai di titik jenuh seharusnya sebesar 4,467 mg/L. Tetapi berdasarkan gambar 4.41 konsentrasi effluent Cu menunjukkan bahwa C_e/C_o masih dibawah titik tembus dan belum mencapai titik jenuh. Hal ini menunjukkan masih diperlukan waktu kontak lebih lama agar bisa mencapai titik tembus dan titik jenuh dan menunjukkan bahwa arang aktif masih bisa dipakai melebihi waktu kontak yang telah dilakukan melalui percobaan kontinyu.



Gambar 14. Grafik Breakthrough Zn

Pada gambar 14 menunjukkan semakin tinggi media kolom yang diberikan maka konsentrasi effluent Zn justru semakin tinggi. Hal ini dikarenakan adsorben telah menjerap Zn dan pori – pori pada adsorben telah penuh. Berdasarkan hasil percobaan Kang Oon Lee, 2011 bahwa logam berat Zn tergolong logam berat yang mudah melepaskan diri (desorpsi) dari arang aktif dibandingkan dengan logam berat Cu begitu pula sebaliknya logam berat Cu lebih mudah adsorpsi pada arang aktif dibanding dengan logam berat Zn. Semakin lama waktu kontakannya maka akan terjadi peristiwa desorpsi, yaitu proses terlepasnya zat/bahan yang telah dijerap oleh adsorben sehingga adsorben yang pori – porinya tadi sudah penuh oleh zat yang diserap menjadi terbuka kembali dan menyebabkan Zn selanjutnya yang akan melewati adsorben ini akan terjerap kembali, walaupun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan Zn yang lolos dari adsorben. Berdasarkan gambar 14 konsentrasi effluent Zn menunjukkan bahwa C_e/C_0 sudah melewati titik tembus dan belum mencapai titik jenuh. Hal ini menunjukkan masih diperlukan waktu kontak lebih lama agar bisa mencapai titik jenuh.

Hasil Analisis Isoterm Thomas

Tabel 6. Nilai Konstanta Kecepatan Adsorpsi (K_1) dan Kapasitas Adsorpsi (q_0)

Parameter	Tinggi Media Kolom (cm)	Konstanta Kecepatan Adsorpsi (k_1) (mL/mg.detik)	Kapasitas Adsorpsi (q_0) (mg/g)
Cu	65	0,001205	20,775

Parameter	Tinggi Media Kolom (cm)	Konstanta Kecepatan Adsorpsi (k_1) (mL/mg.detik)	Kapasitas Adsorpsi (q_0) (mg/g)
Zn	75	0,0039689	4,31
	85	0,003136	5,11
	65	0,003887	2,384
	75	0,01164	0,3725
	85	0,002083	2,21

Pada tabel 6. menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi terbesar pada tinggi media kolom 65 cm. Nilai kapasitas adsorpsi yang lebih besar mengakibatkan media adsorben cepat mengalami jenuh, sehingga titik jenuh lebih cepat tercapai pada tinggi media kolom 65 cm. Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan melalui analisis isoterm pada proses batch dan kontinyu berbeda. Pada proses kontinyu kapasitas adsorpsi lebih besar daripada kapasitas adsorpsi pada proses batch. Hal ini menunjukkan bahwa proses kontinyu lebih cocok diterapkan di lapangan daripada proses batch. Namun hal ini tidak bisa dibandingkan karena faktor konsentrasi awal yang digunakan berbeda dan massa adsorban yang berbeda.

V. PENUTUP

Kesimpulan

1. Besar konsentrasi logam berat Cu dan Zn untuk metode batch adalah Cu 1 sebesar 4,64 mg/L, Cu 2 sebesar 1,16 mg/L dan untuk Zn 1 sebesar 15,1 mg/L serta Zn 2 adalah sebesar 3,78 mg/L. Kemampuan efisiensi removal arang aktif kulit pisang untuk menurunkan logam berat tembaga (Cu) berkisar 1-78,9 % dan untuk logam berat seng (Zn) berkisar 2-97% tergantung dari faktor konsentrasi awal limbah, konsentrasi aktivator dan dosis arang aktifnya yang menjadi variabel bebasnya.
2. Pengaruh variasi konsentrasi aktivator NaOH: Konsentrasi NaOH 1 M lebih baik digunakan untuk arang aktif dari kulit pisang dalam mereduksi logam berat. Pengaruh

konsentrasi awal limbah:semakin tinggi konsentrasi awal limbah maka semakin besar daya serapnya hingga di titik maksimum dari kapasitas arang aktif daya serapnya perlahan mulai stabil atau justru menurun.Hasil isotherm pada uji *batch*: Untuk logam berat tembaga (Cu) lebih sesuai dengan isotherm model *Langmuir* dengan persamaan linear $y = 4,4313x - 0,2709$ dengan nilai R2 sebesar 0,8757, nilai k sebesar 0,06 dan nilai q_m sebesar 3,69. Untuk logam berat seng (Zn) lebih sesuai dengan isotherm model *Freundlich* dengan persamaan linear $y = 0,5774x - 0,405$ dengan nilai R2 sebesar 0,8357, nilai k sebesar 0,39 dan nilai n sebesar 1,73.Hasil analisis model kinetika adsorpsi menunjukkan adsorpsi arang aktif kulit pisang terhadap logam berat Cu dan Zn laju reaksinya sesuai dengan model kinetika *pseudo second order*.

3. Semakin tinggi media pada kolom maka debit effluent semakin kecil, sehingga memberikan waktu lebih banyak untuk arang aktif menjerap logam berat Cu. Semakin tinggi media pada kolom maka debit effluent semakin kecil dan semakinpanjang zona perpindahan massanya,sehingga memberikan waktu lebih banyak untuk arang aktif menjerap logam berat Cu.

Semakin tinggi media pada kolom yang digunakan justru menghasilkan semakin meningkatnya konsentrasi effluent Zn. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi media pada kolom maka debit effluent semakin kecil dan zona perpindahan massa semakin panjang menyebabkan waktu yang diperlukan limbah untuk kontak dengan arang aktif lebih lama sehingga waktu penyerapan dan pelepasan logam berat Zn semakin lama. Kemungkinan sudah mulai terjadi desorpsi.

Breakthrough Cu: Dengan waktu kontak proses kontinyu selama 5 jam, konsentrasi effluent Cu menunjukkan bahwa Ce/Co masih dibawah titik tembus dan belum mencapai titik jenuh. Hal ini menunjukkan masih diperlukan waktu kontak lebih lama agar bisa mencapai titik tembus dan titik jenuh dan menunjukkan bahwa arang aktif masih bisa dipakai melebihi waktu kontak yang telah dilakukan melalui percobaan kontinyu.

Breakthrough Zn: Dengan waktu kontak proses kontinyu selama 5 jam, konsentrasi effluent Zn menunjukkan bahwa Ce/Co sudah melewati titik tembus dan belum mencapai titik jenuh. Hal ini menunjukkan masih diperlukan waktu kontak lebih lama agar bisa mencapai titik jenuh.

Saran

1. Perlu adanya berbagai variabel yang digunakan dalam penelitian berikutnya, sehingga dapat dihasilkan model adsorpsi yang lebih akurat
2. Perlu digunakan rentang uji yang cukup besar pada setiap variabel yang digunakan dalam penelitian selanjutnya, sehingga perbedaan hasil antara masing – masing variabel dapat terlihat lebih jelas.
3. Perlu dilakukan uji kontinyu lebih lama agar hasil dapat terlihat lebih jelas.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai menyisihkan limbah cair dengan kandungan multi logam agar dapat diketahui mengenai kompetensi penyisihannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, Titin. 2013. *Kulit Pisang sebagai Adsorben Penjernih Limbah Logam Cr*. Universitas Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Diantariani, N.P. 2010. *Peningkatan Potensi Batu Padas Ladgestone sebagai Adsorben Ion Logam Berat Cr(III) Dalam Air Melalui Aktivasi Asam dan Basa*. Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.
- Hadiwidodo, Mochtar. 2008. *Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Adsorben dalam Pengolahan air Limbah yang Mengandung Logam Cu*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Handayani, Aries Wiwit. 2010. *Penggunaan Selulosa Daun Nanas sebagai Adsorben Logam Berat Cd*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ikawati & Melati. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Sngkong UKM Tapioka Kabupaten Pati*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Kundari, Slamet. 2008. *Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit*. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, BATAN.
- Lee, Kang Oon. 2011. *Competitive Metal Sorption and Desorption Onto Kappaphycus Alvarezii, Seaweed Waste Biomass*. Universiti Kebangsaan Malaysia
- Lestari, R., 2011. *Pembuatan Biocharcoal dari Kulit Pisang untuk Penyerapan Logam Timbal (Pb) dan Seng (Zn)*. Skripsi Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Tadulako, Palu
- Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Fourth Edition*. McGraw Hill, USA
- Purwanto & Syamsul Huda, (2005) *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro..
- Ramakrishnan, Kumar. 2009. *Development and Characteristics of Activated Carbons from Jatropha Husk, an Agro Industrial Solid Waste, by Chemical Activation Methods*. Bharathiar University, India.
- Reynolds, Tom, D. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*.
- R. Yosi Aprian Sari. 2011. *Teknik Pengolahan Limbah Elektroplating dengan Pemanfaatan Kembali Limbah Elektroplating*. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
- Umaningrum, Dewi dkk. 2010. *Kinetika Adsorpsi Pb(II), Cd(II) dan Cr(III) pada Adsorben Produk Pengikatan-Silang Terproteksi Asam Humat/Kitosan*. Indo. J. Chem., 2010, 10 (1), 80 - 87