

PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH YANG MENGANDUNG LOGAM Cu

Mochtar Hadiwidodo *)

Abstract

The industrial development have been increased together with the increasement of the society need. The industrial development will produce another product in the shape of dump that will be throw away to the environment. One of the industrial dump was the industrial dump from the copper industry that contains hard metal copper (Cu). One of the way to manufacture dump is with the adsorption process of the rice plant dust husk. This research has the aim to know the adsorption ability of the rice plant dust husk in decreasing the concentration of Cu metal in the artificial water dump and it was done with batch process and continuous. The batch experiment use 10, 20, 30 gram adsorben for each media size variation 10-30 mesh and 30-50 mesh. Has the highest decreasing efficiency in the weight of 30 gram (30-50 mesh) that is 52,81%-87,80%. In the continuous experiment, it was done in the column with 2 inch diameter and with 222 ml/menit debit. The result was the highest decreasing efficiency until 94,98%-97,10%. Speed constan values (k_t) 0,00743-0,0160 ml/mg.second with adsorp capacity(q_0) 0,7734-1,3376 mg/g. Keywords: copper industry, adsorption, water dump, copper, rice plant dust husk.

Pendahuluan

Salah satu industri yang menghasilkan limbah yang mengandung logam berat adalah industri kerajinan tembaga. Limbah industri kerajinan tembaga di daerah Cepogo Boyolali Jawa Tengah tersebut mengandung kadar logam berat tembaga (Cu) sebesar 8,01 mg/l (Haryanto, 2005). Untuk mengatasi permasalahan limbah cair industri kerajinan tembaga yang mengandung logam berat Cu, maka dilakukan penelitian tentang uji kemampuan abu sekam padi sebagai media adsorben terhadap senyawa logam berat Cu yang terdapat pada industri kerajinan tembaga.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorben abu sekam padi saat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cu pada air limbah, untuk mempelajari metode adsorpsi, menganalisis pola adsorpsi dan menghitung nilai konstanta kecepatan adsorpsi dan kapasitas jerap sekam padi sebagai media adsorpsi terhadap penurunan kadar logam berat Cu pada kolom adsorpsi, untuk mencari titik tembus dan titik jenuh yang didapatkan pada percobaan kolom kontinyu

Pembakaran sekam pada suhu dibawah 500°C, dapat berubah menjadi abu yang merupakan sumber silika dalam bentuk amorf. Dari pembakaran ini dapat dihasilkan ± 20% abu dari berat sekam yang dibakar dan mengandung silika (SiO₂) sebagai komponen utamanya sekitar 96,6%. Sesuai dengan sifat senyawa silikat, perubahan suhu dapat mengakibatkan perubahan bentuk senyawa silikatnya. Untuk mendapatkan bentuk amorf tersebut, pembakaran dilakukan pada suhu < 500°C selama ± 5 jam (Astriningsih dan Wijayanti, 1998 dalam Supriyanto, 2002).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan dipermukaan oleh suatu adsorben atau daya jerap dari zat penyerap yang terjadi pada permukaan. Peristiwa ad-

sorpsi dapat terjadi karena adsorben yang umumnya zat padat, terdiri dari atom-atom atau molekul-molekul yang saling tarik-menarik dengan gaya *Van der Waals*. Kalau ditinjau dari molekul-molekul dalam zat padat oleh karena banyaknya molekul-molekul atau atom-atom yang mengelilingi tiap-tiap arah sama, maka gaya tarik antara molekul yang satu dengan yang lain disekelilingnya adalah seimbang, sebab gaya tarik yang satu akan dinetralkan oleh yang lain yang letaknya simetris atau dengan kata lain resultan gayanya sama dengan nol. Lain halnya dengan yang ada pada permukaan, gaya-gaya tersebut tidak seimbang oleh karena pada satu arah di sekeliling molekul tersebut akan mempunyai sifat menarik molekul-molekul gas atau solute pada permukannya. Fenomena ini disebut adsorpsi (Reynolds, 1982).

Partikel adsorben (abu sekam padi) ditempatkan di dalam sebuah larutan *adsorbat* (larutan Cu dengan konsentrasi tertentu) dan diaduk untuk mendapatkan kontak yang merata sehingga terjadi proses adsorpsi. Konsentrasi larutan awal (Co) nantinya akan berkurang dan bergerak ke konsentrasi kesetimbangan (Ce) setelah beberapa waktu tertentu. Waktu untuk mencapai kesetimbangan biasanya setelah 1-4 jam proses pengadukan selesai (Reynold,1982). Pada proses adsorpsi 50% kesetimbangan akan terjadi setelah 2 jam. Lebih dari 2 jam dapat dipastikan lebih dari 90% kesetimbangan sudah terbentuk. Makin lama waktu kontaknya maka makin setimbang larutan tersebut. (Eckenfelder,2000).

Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengetahui karakteristik *adsorbate* dan adsorben (abu sekam padi) yang dinyatakan dalam hubungan antara penurunan *adsorbate* (kadar logam berat Cu) dan berat adsorben dalam suatu koefisien dari persamaan yang ada. Persamaan yang digunakan pada proses batch adalah:

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Persamaan Isoterm Freundlich

$$q = k \cdot C^{1/n}$$

Keterangan:

q = konsentrasi maksimum adsorbate dalam adsorben dalam keadaan setimbang (gram /gram).

k dan n = konstanta dimana nilainya tergantung pada temperatur, jenis adsorben, dan jenis unsur yang akan diserap (Sawyer, 2003).

C = konsentrasi zat terlarut pada saat setimbang (mg/l).

Persamaan Isoterm Langmuir

$$q = q_m \frac{K_{ads} \cdot C}{1 + K_{ads} \cdot C}$$

Keterangan:

q = konsentrasi adsorbat yang terjerap (massa adsorbat/ massa adsorben) biasanya disebut adsorption density Γ)

q_m = kapasitas maksimum adsorben

K_{ads} = ukuran afinitas adsorbat pada adsorben

C = konsentrasi zat terlarut pada saat setimbang

Selain dengan proses batch, adsorpsi juga dapat dilakukan dengan sistem kontinyu. Pada sistem kontinyu adsorben selalu berkontak dengan *adsorbate* yang selalu mengalir. Ukuran partikel adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi dengan sistem kontinyu biasanya 8-50 mesh (Sundstrom dan Klei, 1979). Persamaan yang digunakan pada proses kontinyu adalah:

Persamaan Thomas

Persamaan Thomas ini merupakan penurunan dari rumus Bohart dan Adams (1920). Berikut ini adalah rumus Thomas untuk kolom adsorpsi (Reynold, 1982):

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{k_1/Q(q_0 M - C_0 V)}}$$

Keterangan :

C = konsentrasi efluen (mg/l)

C_0 = konsentrasi influen (mg/l)

k_1 = konstanta kecepatan adsorpsi (m/mg.s)

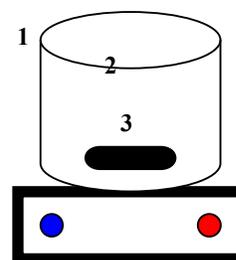
M = massa adsorben (gram)

V = volume total efluen (l)

Q = laju air limbah (ml/s)

q_0 = kapasitas jerap (mg/g)

Rangkaian Peralatan Percobaan Batch



Gambar 1 Rangkaian Percobaan Batch

Sumber: Hasil Pengamatan, 2007

Keterangan:

1 = gelas beaker 500 ml

2 = logam pengaduk (*stirrer*)

3 = tombol pengaturan

Variasi Percobaan Batch

Variabel berubah

1. Variasi ukuran partikel.

Ukuran partikel yang akan diambil adalah 10-30 mesh dan ukuran 30-50 mesh. Hal ini didasarkan pada ukuran media yang sering digunakan pada proses kontinyu yaitu 8-50 mesh (Sundstorm dan Klei, 1979). Hal ini dikarenakan ukuran media yang efisiensinya paling besar pada proses batch akan digunakan pada proses kolom kontinyu (Reynolds, 1982).

2. Variasi berat media adsorben

Berat media yang dipilih adalah 10 gram, 20 gram, 30 gram. Variasi berat ini diambil untuk memvariasikan nilai m di dalam persamaan proses batch yaitu persamaan Freundlich dan Langmuir.

Variabel tetap

1. Lama pengadukan.

Lama pengadukan yang ditetapkan adalah 60 menit (Anindratia, 2006).

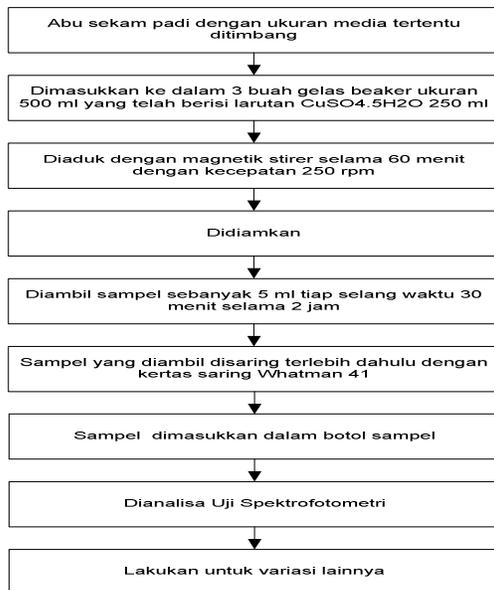
2. Kecepatan pengadukan.

Kecepatan pengadukan yang ditetapkan adalah 250 rpm.

3. Konsentrasi logam berat.

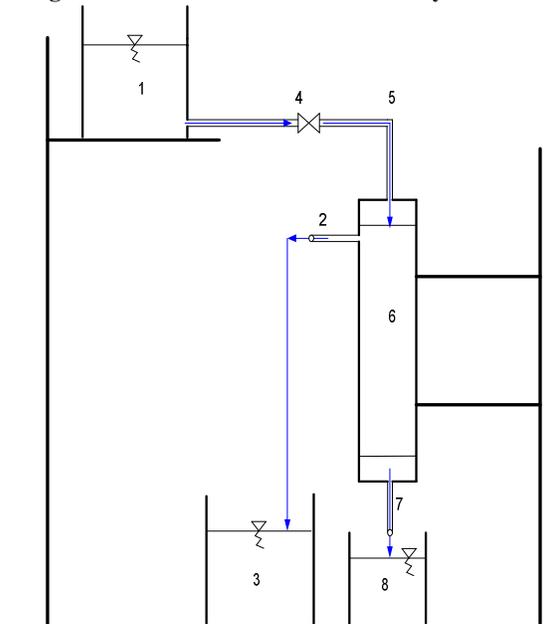
Konsentrasi larutan Cu yang digunakan adalah 8,01 mg/l didasarkan dari penelitian terdahulu (Haryanto, 2005).

Proses Pelaksanaan Percobaan Batch



Gambar 2 Proses Pelaksanaan Percobaan Batch
Sumber: Hasil Analisa, 2007

Rangkaian Peralatan Percobaan Kontinyu



Gambar 3 Rangkaian Percobaan Kontinyu
Sumber: Hasil Analisa, 2007

Variasi Percobaan Kontinyu

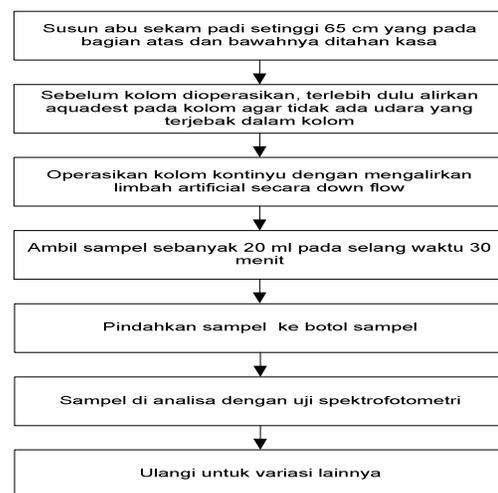
Variabel berubah

Variasi konsentrasi larutan yang mengandung logam berat Cu. Variasi konsentrasi larutan Cu adalah 4 mg/l, 8 mg/l, dan 12 mg/l. dimana nilai tersebut didasarkan dari batas atas, batas bawah, dan nilai yang didapat dari data sekunder dengan kadar Cu 8,01 mg/l (Haryanto, 2005).

Variabel tetap

1. Debit larutan umpan.
Besarnya nilai debit larutan umpan pada kolom kontinyu ini berkisar antara 2-5 gal/menit.ft² (Reynold,1982). Bila besaran tersebut dikonversikan ke satuan SI maka didapatkan besaran 8,149-20,373 ml/menit.cm². dari nilai tersebut dibagi dengan luas kolom kontinyu sebesar 20,26 cm² maka didapat debit umpan sebesar 165,08 ml/menit untuk batas bawahnya dan 412,716 ml/menit untuk batas atasnya. Dari kriteria desain tersebut diambil debit larutan umpan sebesar 222 ml/menit.
2. Ketinggian media kolom kontinyu.
Ketinggian kolom dipilih adalah 75 cm dengan ketinggian kolom yang terisi adsorben adalah 65 cm didasarkan pada kriteria desain (Reynolds, 1982), dimana Ø min 1 inci (2,54 cm) dan ketinggian kolom min 24 inci (60,96 cm)
3. Ukuran Partikel
Ukuran yang akan dipakai dalam kolom kontinyu didasarkan pada ukuran yang efisiensinya paling besar dalam penjerapan logam berat Cu yang dilakukan pada proses batch.

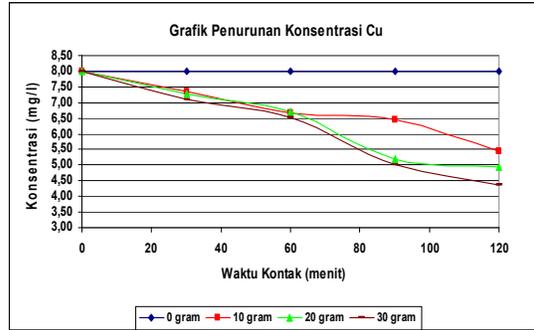
Proses Pelaksanaan Percobaan Kontinyu



Gambar 4 Proses Pelaksanaan Percobaan Kontinyu
Sumber: Hasil analisa,2007

Hasil Dan Pembahasan
Proses Batch Menggunakan Abu Sekam Padi
10-30 mesh

Dari percobaan batch yang telah dilakukan, maka didapat grafik penurunan konsentrasi Cu seperti dibawah ini:



Gambar 5 Grafik Penurunan Konsentrasi Cu Ukuran Media 10-30 mesh
 (Sumber : Hasil Penelitian, 2007)

Dari gambar 5 di atas, hasil penurunan konsentrasi Cu dapat digunakan untuk menentukan Isoterm yang berlaku.

Tabel 1 Persamaan Freundlich dan Langmuir Abu Sekam Padi 10-30 mesh

	Isoterm Freundlich	Isoterm Langmuir
Persamaan	$y = 3,2009 x - 6,5839$	$y = 359276 x - 48839$
Slope	3,2009	359276
Intercept	-6,5839	48839
R ²	0,9088	0,9403

Sumber: Hasil Perhitungan, 2007.

Tabel 2 Perbandingan Hasil antara q Percobaan dan q Perhitungan Model (Abu Sekam Padi 10-30 mesh)

Co (mg/l)	Ce (mg/l)	q percobaan (mg/mg.l)	q (mg/mg.l)	
			q model Freundlich	q model Langmuir
8,01	8,010	∞	0,0002037407	0,0002509053
8,01	5,450	0,0000640000	0,0000593980	0,0000585370
8,01	4,951	0,0000382375	0,0000436800	0,0000421455
8,01	4,350	0,0000305000	0,0000288656	0,0000296268

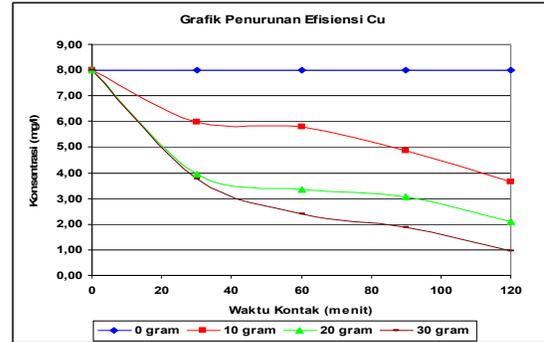
Sumber: Hasil Perhitungan, 2007

Hasil menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi (R²) persamaan Langmuir lebih besar daripada persamaan Freundlich. Hasil analisa juga menyatakan bahwa rata-rata q percobaan laboratorium dan q model yang dihasilkan isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun, isoterm Langmuir lebih mendekati q percobaan daripada isoterm Freundlich. Oleh sebab itu persamaan Langmuir lebih sesuai digunakan sebagai persamaan dasar untuk percobaan ini.

$$\frac{1}{q} = 359276 \left(\frac{1}{C} \right) - 48839$$

Proses Batch Menggunakan Abu Sekam Padi
30-50 mesh

Dari percobaan batch yang telah dilakukan, maka didapat grafik penurunan konsentrasi Cu seperti dibawah ini:



Gambar 6 Grafik Penurunan Konsentrasi Cu Ukuran Media 30-50 mesh
 (Sumber : Hasil Penelitian, 2007)

Dari gambar 6 di atas, hasil penurunan konsentrasi Cu dapat digunakan untuk menentukan Isoterm yang berlaku.

Tabel 3 Persamaan Freundlich dan Langmuir Abu Sekam Padi 30-50 mesh

	Isoterm Freundlich	Isoterm Langmuir
Persamaan	$y = 0,4556x - 4,2425$	$y = 9614,2 x + 7592,3$
Slope	0,4556	9614,2
Intercept	-4,2425	7592,3
R ²	0,947	0,9031

Sumber: Hasil Perhitungan, 2007.

Tabel 4 Perbandingan Hasil antara q Percobaan dan q Perhitungan Model (Abu Sekam Padi 30-50 mesh)

Co (mg/l)	Ce (mg/l)	q percobaan (mg/mg.l)	q (mg/mg.l)	
			q model Freundlich	q model Langmuir
8,01	8,010	∞	0,0001476016	0,0001137323
8,01	3,670	0,0001085000	0,0001034327	0,0000979243
8,01	2,100	0,0000738750	0,0000802046	0,0000821660
8,01	0,977	0,0000586083	0,0000565968	0,0000573630

Sumber: Hasil Perhitungan, 2007.

Hasil analisa menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi (R²) persamaan Freundlich lebih besar daripada persamaan Langmuir. Hasil analisa juga menyatakan bahwa rata-rata q percobaan laboratorium dan q model yang dihasilkan isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir tidak ada perbedaan yang sig-

nifikan. Namun, isoterm Freundlich lebih mendekati q percobaan daripada isoterm Langmuir. Oleh sebab itu persamaan Freundlich lebih signifikan digunakan sebagai persamaan dasar untuk percobaan ini.

$$q = 0,0000572 \cdot C^{0,4556}$$

Pembahasan Percobaan Batch

Karakter kimia suatu adsorben merupakan faktor yang ikut menentukan kemampuan adsorpsi. Abu sekam padi yang digunakan sebagai adsorben mempunyai kandungan silika dan karbon yang tinggi. Perolehan kualitas yang paling efektif didapat setelah membakar sekam padi pada suhu dibawah 500°C, dimana akan diperoleh abu sekam padi dalam bentuk amorf. Hal ini berpengaruh pada hasil adsorpsi, karena pada bentuk amorf akan diperoleh volume pori yang paling baik, sehingga jumlah total yang diadsorpsi lebih banyak. Proses adsorpsi selain tergantung pada luas permukaan juga dipengaruhi oleh jumlah volume pori yang terkandung dalam suatu adsorben.

Namun, besar koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan belum dapat mewakili keterbatasan dalam memprediksi fenomena yang terjadi dalam adsorpsi. Oleh karena itu, parameter ini tidak dilakukan. Sehingga parameter lain yang dijadikan pertimbangan adalah besarnya penyimpangan yang terjadi antara q percobaan dan q model., dimana pada kedua isoterm di atas menunjukkan bahwa penyimpangan terbesar pada adsorpsi menggunakan abu sekam padi 10-30 mesh diperoleh dari isoterm Freundlich. Dengan kata lain, isoterm Langmuir dapat menggambarkan secara lebih baik fenomena adsorpsi yang terjadi dengan adsorben abu sekam padi ukuran 10-30 mesh. Sedangkan pada adsorpsi menggunakan abu sekam padi 30-50 mesh, penyimpangan terbesar didapatkan pada isoterm Langmuir, sehingga isoterm Freundlich lebih signifikan untuk menggambarkan fenomena adsorpsi yang terjadi.

Selain itu isoterm Freundlich hanya dapat menggambarkan dengan baik adsorpsi secara fisik, namun tidak demikian dengan adsorpsi secara kimia. Padahal adsorpsi yang terjadi pada abu sekam padi dalam menyerap Cu adalah adsorpsi secara fisik dan secara kimia. Adsorpsi secara fisik (abu sekam padi sebagai adsorben berpori) terjadi pada pori permukaan abu sekam padi, dimana adanya peristiwa penjerapan partikel adsorbate masuk ke dalam pori-pori abu sekam padi oleh karena gaya-gaya fisik seperti gaya Van der Waals. Sedangkan adsorpsi secara kimia terjadi karena terbentuknya ikatan kimia kompleks koordinasi antar gugus aktif abu sekam padi dengan partikel adsorbat. Namun, banyak hasil penelitian yang cocok dengan isoterm Freundlich. Kecocokan tersebut bukan berarti model isoterm Freundlich merupakan model yang paling benar, tapi karena sejauh ini belum ada model isoterm yang berlaku umum (Notodarmojo, 2005).

Pengaruh Waktu Kontak

Pada eksperimen batch kali ini dilakukan pengadukan dengan menggunakan *stirer* selama 60 menit dengan tujuan menambah kontak antara abu sekam padi dan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sehingga penurunan konsentrasi Cu dalam larutan dapat cepat terjadi. Penurunan terjadi secara perlahan-lahan, semakin lama waktu kontak maka persen penurunan konsentrasi Cu juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak, berarti semakin besar kesempatan abu sekam padi untuk menyerap ion Cu^{2+} . Dari analisa statistik yang dilakukan dengan menggunakan SPSS 12.0 (Pratisto, 2005) terlihat dari hubungan korelasi antara waktu kontak dengan konsentrasi akhir tembaga (Cu) menunjukkan hubungan yang sangat erat (- 0,709) dan berpola negatif. Ini berarti bahwa semakin lama kontak antara limbah dengan abu sekam padi maka semakin berkurang konsentrasi akhir tembaga (Cu) yang ada.

Pengaruh Penambahan Berat Adsorben

Penambahan berat abu sekam padi yang paling berpengaruh adalah pada berat abu 30 gram dimana penurunan kadar Cu^{2+} adalah 45,693% untuk abu sekam padi dengan ukuran 10-30 mesh dan penurunan kadar Cu^{2+} adalah 87,803% untuk abu sekam padi dengan ukuran 30-50 mesh. Dari uji T analisa statistik yang dilakukan dengan menggunakan SPSS 12.0 menjelaskan bahwa ukuran butir media tidak memiliki perbedaan yang nyata terhadap konsentrasi tembaga (Cu). Hal ini ditunjukkan oleh signifikansi sebesar 3,47 ($>0,05$). Demikian pula pada uji ANOVA yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara berat media yang digunakan terhadap konsentrasi tembaga (Cu), ini ditunjukkan oleh nilai signifikansi sebesar 0,316 ($>0,05$). Semakin banyak jumlah abu sekam padi yang ditambahkan, persen penurunan konsentrasi Cu juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah abu sekam padi yang ditambahkan berarti semakin banyak pula pori-pori dalam abu sekam padi yang dapat menyerap ion Cu^{2+} dalam larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Sehingga jumlah ion Cu^{2+} menjadi berkurang lebih banyak

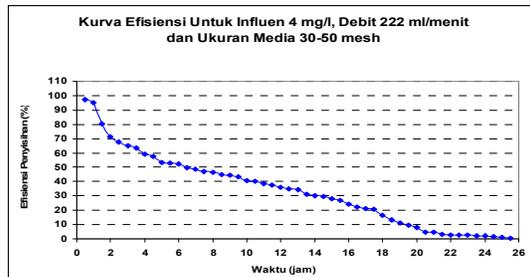
Pengaruh Ukuran Media Adsorben

Pada percobaan batch diperoleh hasil bahwa ukuran abu sekam padi yang paling optimal dalam penyisihan ion Cu^{2+} ialah ukuran 30-50 mesh dengan pencapaian efisiensi 87,803% sedangkan untuk ukuran media 10-30 mesh efisiensinya mencapai 45,693%, sehingga abu sekam padi dengan ukuran 30-50 mesh akan digunakan dalam percobaan kontinyu. Dari uji *Post Hoc* analisa statistik yang dilakukan dengan menggunakan SPSS 12.0 terlihat tidak adanya perbedaan konsentrasi yang signifikan pada variasi butir media yang digunakan (tidak ada tanda *). Hal ini ditunjukkan dengan nilai probabilitas (Sig) $>0,05$ yang berarti non signifikan. Hal ini sesuai dengan Benefield dan Larry 1982 dalam Anastasia 2006, bahwa semakin kecil ukuran media

yang digunakan maka akan semakin memperluas permukaan bidang kontak sehingga akan mempercepat proses adsorpsi yang terjadi. Dengan luas permukaan yang semakin besar maka kemungkinan terjadinya penyerapan Cu juga semakin besar. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan kadar Cu yang lebih banyak.

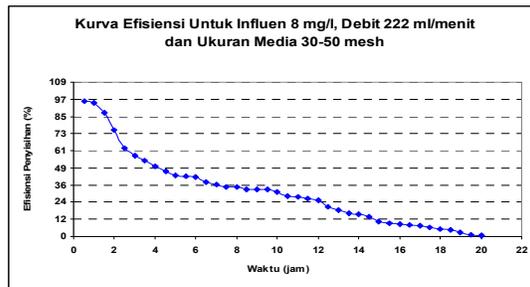
Percobaan Kontinyu

Percobaan Kontinyu Dengan Konsentrasi Influen 4 mg/l, Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh



Gambar 7 Kurva Efisiensi Untuk $C_0 = 4$ mg/l Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh
(Sumber : Hasil Penelitian, 2007)

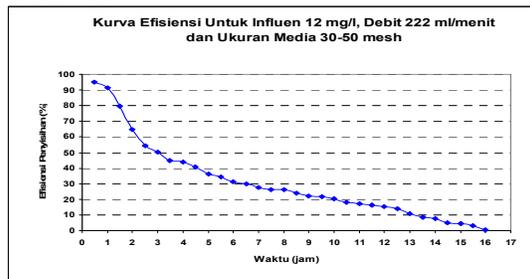
Percobaan Kontinyu Dengan Konsentrasi Influen 8 mg/l, Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh



Gambar 8 Kurva Efisiensi Untuk $C_0 = 8$ mg/l Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh
(Sumber : Hasil Penelitian, 2007)

Percobaan Kontinyu

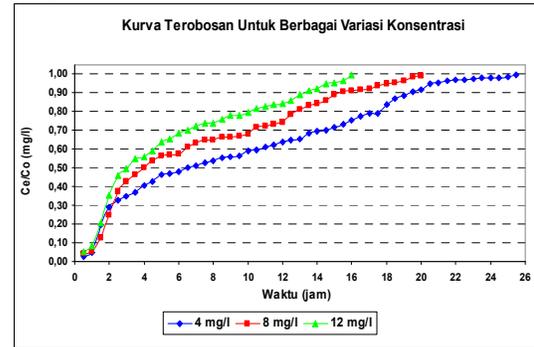
Percobaan Kontinyu Dengan Konsentrasi Influen 12 mg/l, Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh



Gambar 9 Kurva Efisiensi Untuk $C_0 = 12$ mg/l Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh
(Sumber : Hasil Penelitian, 2007)

Pembahasan Percobaan Kontinyu Perbandingan Pola Adsorpsi

Perbandingan pola adsorpsi dapat diketahui dengan membuat kurva terobosan dari percobaan kontinyu yang dilakukan.

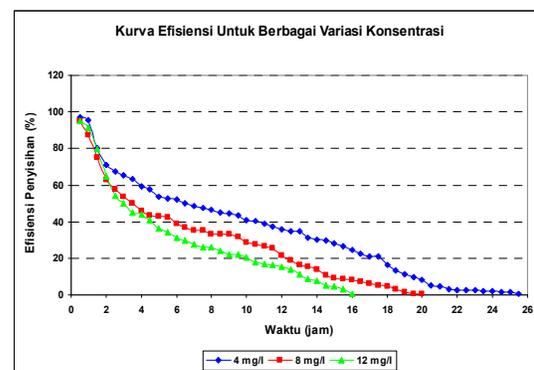


Gambar 10 Kurva Terobosan Untuk Berbagai Macam Variasi Konsentrasi Influen
(Sumber : Hasil Penelitian, 2007)

Dari kurva terobosan terlihat bahwa kurva terobosan untuk konsentrasi 12 mg/l lebih curam dibandingkan kurva terobosan untuk konsentrasi 8 mg/l dan 4 mg/l maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi influen maka semakin curam pula kurva terobosan yang dihasilkannya. Kurva terobosan yang curam disebabkan karena adanya zone perpindahan massa yang pendek. Karena semakin pendek zona perpindahan massa maka akan semakin cepat mencapai titik tembus dan titik jenuh. Menurut Mc Cabe (1993), semakin pendek zona aktif menunjukkan bahwa penggunaan media adsorben sudah tidak efisien untuk dipakai Berikut ini adalah waktu titik tembus dan titik jenuh untuk berbagai variasi influen.

Tabel 5 Waktu Titik Tembus dan Titik Jenuh Untuk Berbagai Variasi Influen

Konsentrasi	Waktu titik tembus (jam)	Waktu titik jenuh (jam)
4 mg/l	1,05	20,5
8 mg/l	0,92	18,03
12 mg/l	0,5	14,6



Gambar 11 Kurva Efisiensi Untuk Berbagai Macam Variasi Konsentrasi Influen

Dari gambar kurva efisiensi diatas dapat dilihat adanya penambahan waktu pada efisiensi penyisihan bila konsentrasi influen dalam larutan bertambah kecil. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi larutan akan menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi abu sekam padi terhadap Cu dalam larutan.

Perhitungan k_1 dan q_0

Percobaan Kontinyu Dengan Konsentrasi Influen 4 mg/l, Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh

Didapat nilai:

$$k_1 = 0,0160 \text{ ml/mg.detik}$$

$$q_0 = 0,7734 \text{ mg/g}$$

sehingga persamaan Thomas yang dihasilkan:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{0,0160/Q(0,7734M - Co.V)}}$$

Percobaan Kontinyu Dengan Konsentrasi Influen 8 mg/l, Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh

Didapat nilai:

$$k_1 = 0,00938 \text{ ml/mg.detik}$$

$$q_0 = 1,185 \text{ mg/g}$$

sehingga persamaan Thomas yang dihasilkan:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{0,00938/Q(1,185M - Co.V)}}$$

Percobaan Kontinyu Dengan Konsentrasi Influen 12 mg/l, Debit 222 ml/menit, dan Ukuran Media 30-50 mesh

Didapat nilai:

$$k_1 = 0,00743 \text{ ml/mg.detik}$$

$$q_0 = 1,3376 \text{ mg/g}$$

sehingga persamaan Thomas yang dihasilkan:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{0,00743/Q(1,3376M - Co.V)}}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa untuk konsentrasi Cu sebesar 12 mg/l mempunyai kapasitas adsorpsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi Cu sebesar 4 mg/l dan 8 mg/l. Tetapi memiliki kecepatan adsorpsi yang lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi Cu sebesar 4 mg/l dan 8 mg/l. Nilai kapasitas adsorpsi yang lebih besar pada konsentrasi Cu 12 mg/l mengakibatkan media adsorben cepat mengalami jenuh, sehingga titik jenuh lebih cepat tercapai dibandingkan dengan konsentrasi Cu sebesar 4 mg/l dan 8 mg/l.

Kesimpulan

- Efisiensi penyisihan Cu terbaik pada percobaan batch diperoleh pada abu sekam padi dengan ukuran media 30-50 mesh, dengan berat media 30 gram yaitu sebesar 52,81% - 87,803%. Efisiensi penyisihan Cu pada eksperimen kontinyu dengan ukuran media 30-50 mesh sebesar 94,98% - 97,10%.
- Percobaan adsorpsi dengan percobaan batch adalah:
 - Untuk 10-30 mesh, persamannya mengikuti persamaan Langmuir yaitu
$$\frac{1}{q} = 359276 \left(\frac{1}{C} \right) - 48839$$
 - Untuk 30-50 mesh, persamannya mengikuti persamaan Freundlich yaitu
$$q = 0,0000572 \cdot C^{0,4556}$$
- Percobaan adsorpsi dengan percobaan kontinyu adalah:
 - Untuk konsentrasi awal 4 mg/l:
$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{0,0160/Q(0,7734M - Co.V)}}$$
 - Untuk konsentrasi awal 8 mg/l:
$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{0,00938/Q(1,185M - Co.V)}}$$
 - Untuk konsentrasi awal 12 mg/l:
$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{0,00743/Q(1,3376M - Co.V)}}$$
- Titik Tembus dan titik jenuh yang dihasilkan pada kolom kontinyu adalah:
 - Co 4 mg/l, titik tembus 1,05 jam dan titik jenuh 20,5 jam.
 - Co 8 mg/l, titik tembus 0,92 jam dan titik jenuh 18,03 jam.
 - Co 12 mg/l, titik tembus 0,5 jam dan titik jenuh 14,6 jam.
- Nilai k_1 dan q_0 yang dihasilkan pada kolom kontinyu adalah:
 - Co 4 mg/l, k_1 0,0160 ml/mg.dtk dan q_0 0,7734 mg/g.
 - Co 8 mg/l, k_1 0,00938 ml/mg.dtk dan q_0 1,185 mg/g.
 - Co 12 mg/l, k_1 0,00743 ml/mg.dtk dan q_0 1,3376 mg/g.

Saran

- Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi pada proses adsorpsi secara kontinyu, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan berbagai variabel sehingga diperoleh gambaran yang lengkap untuk merumuskan suatu model.
- Perlu digunakan rentang uji yang cukup besar pada setiap variabel yang digunakan pada penelitian selanjutnya, sehingga perbedaan hasil setiap variabel dapat terlihat lebih jelas.

3. Aplikasi model di lapangan lebih ekonomis jika menggunakan sistem kolom kontinyu.

Daftar Pustaka

1. Anindratia, Prima. 2006. *Uji Kemampuan Abu Sekam Padi sebagai Media Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar Seng (Zn) dari Limbah Cair Industri Galvanisasi Logam (Skripsi S-1)*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
2. Eckenfelder. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. Mc Graw Hill Book Company: Singapore.
3. Haryanto. 2005. *Penjerapan Tembaga (II) dalam Limbah dengan Beberapa Jenis Tanah (Tanah Berlempung, Tanah Lempung Berpasir dan Tanah Pasir) (Tesis Pasca Sarjana)*. Manajemen Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro: Semarang.
4. Mc Cabe, Warren.L. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering.Fifth Edition*. Mc Graw Hill: Singapore.
5. Montgomery, James. E. 1985. *Water Treatment Principles and Disposal*. John Wiley & Sons Inc: Canada.
6. Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Air dan Air Tanah..* ITB Press: Bandung.
7. P.R., Anastasia. 2006. *Uji Kemampuan Abu Endapan Batu Bara Untuk Menurunkan Kadar Logam Berat (Pb) Pada Industri Percetakan dengan Proses Batch dan Kontinu (Skripsi S-1)*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
8. Pratisto, Arif. 2005. *Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12*. PT. Elex Media Komputindo: Jakarta.
9. Reynolds, Tom, D. 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Wadsworth Inc: California.
10. Sawyer, Clair N,et all. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science Fifth Edition*. Mc Graw Hill: New York.
11. Sundstorm, Donald W., and Herbert E. Klei. 1979. *Waste Water Treatment*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 07632: USA.
12. Supriyanto, Endi dan Irwan Adinanta. 2002. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Kation Exchanger Fe^{2+} dengan Menggunakan Fluidized Bed Column*. Jurusan teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Semarang.

