

## **KINETIKA ADSORPSI LOGAM Cu(II) PADA PROSES *CONTINUE* DENGAN ADSORBENT SERBUK GERGAJI TERAKTIVASI**

**Yelmida A. , Is Sulistyati P., Cory D.Alfarisi**

Fakultas Teknik Universitas Riau

e-mail ; [yelmida\\_azis@yahoo.com](mailto:yelmida_azis@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

*Serbuk gergaji merupakan limbah yang masih mengandung lignin sekitar 20-30 % dan dapat berfungsi sebagai adsorben untuk logam berat. Untuk meningkatkan daya jerap serbuk gergaji, dapat dilakukan aktivasi dengan asam atau basa. Pada penelitian ini, serbuk gergaji diaktivasi secara asetilasi dan digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi secara continue untuk penjerapan logam Cu(II). Untuk mempelajari daya jerap dan kinetika adsorpsi logam Cu (II) dengan serbuk gergaji terasetilasi pada proses continue, dilakukan variasi tinggi unggun adsorben yaitu : 10 ; 15 ; 20 cm . Penelitian diawali dengan pengaktifan serbuk gergaji dengan konsentrasi asam asetat 0,5M selama 90 menit pada suhu 30<sup>0</sup>C ,ukuran partikel 40 mesh dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Pada proses adsorpsi secara continue , pengambilan sampel dilakukan setiap satu jam, sampai keadaan jenuh tercapai. Hasil adsorpsi dianalisa dengan spektrofotometer serapan atom (AAS). Metode perhitungan konstanta laju adsorpsi (k) dan harga kapasitas jerap sisa adsorben (a<sub>0</sub>) dilakukan menggunakan persamaan Bohard Adam's. Nilai konstanta laju adsorpsi (k) mengalami peningkatan sesuai dengan tinggi unggun adsorben. Pada tinggi unggun 10, 15 dan 20 cm diperoleh nilai konstanta laju adsorpsi berturut-turut yaitu 0,00207 ml/mg menit , 0,002412 m/mg menit dan 0,002812 ml/mg menit . Nilai kapasitas jerap sisa adsorben (a<sub>0</sub>) mengalami peningkatan sesuai dengan tinggi unggun. Nilai kapasitas jerap yang relatif baik yaitu pada tinggi unggun 20 cm sebesar 94.605,21 mg/L.*

***Kata kunci :*** Bohard - Adam's, kinetika adsorpsi, logam Cu, serbuk gergaji.

### **1.Pendahuluan**

Salah satu limbah padat yang jumlahnya cukup banyak di kota Pekanbaru dan belum dimanfaatkan secara optimal adalah serbuk gergaji. Serbuk gergaji hasil samping dari industri penggergajian, mengandung lignin sekitar 20-30% dan dapat berfungsi seperti resin [Abdurrahim, 1984]. Penelitian – penelitian tentang serbuk gergaji sebagai adsorben logam berat telah cukup banyak dilakukan. Dewi dan Yuliaty (2003) menggunakan serbuk gergaji sebagai adsorben logam berat Cu(II) dan diperoleh daya jerap 2,2 mg/gr adsorben. Untuk meningkatkan daya jerap serbuk gergaji terhadap logam berat Cu, Sunarno (2006) telah melakukan penelitian menggunakan serbuk gergaji yang diaktivasi secara sulfonasi

sebagai penyerap logam Cu. Besar penyerapan logam Cu dengan menggunakan serbuk gergaji yang diaktivasi menggunakan asam sulfat mencapai 9,53 mg/gr adsorben. Yelmida (2009) melakukan aktivasi serbuk gergaji dengan asam asetat dan NaOH, mengingat asam sulfat adalah asam yang sangat korosif dan dikhawatirkan menimbulkan masalah lain dalam penggunaannya. Dari proses adsorpsi yang dilakukan, didapatkan daya jerap serbuk gergaji yang diaktivasi dengan asam asetat dan NaOH berturut-turut 9,208 mg/gr dan 9,752 mg/gr adsorben. Proses adsorpsi logam berat Cu(II) dengan serbuk gergaji teraktivasi lebih didominasi oleh adsorpsi fisika

Yusnimar dkk (2009) telah melakukan aktivasi serbuk gergaji menggunakan asam asetat, dan menentukan isoterm adsorpsi logam berat Cu pada proses *batch*. Pada penelitian ini, dilakukan adsorpsi logam Cu(II) dengan adsorben serbuk gergaji terasetilasi pada proses *continue* menggunakan kolom, dan menentukan konstanta laju adsorpsi menggunakan pemodelan Bohart – Adams (1920). Pemodelan Bohart Adams memiliki keunggulan yaitu dapat langsung ditentukan daya jerap teoritisnya dan sering digunakan dalam berbagai kasus adsorpsi kolom (proses *continue*). Proses adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan tinggi unggun. Konsentrasi adsorbat yang tak terjerap, dianalisa menggunakan spektrofotometer serapan atom

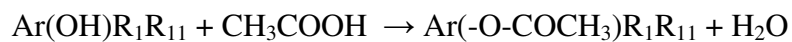
## **2. Tinjauan Pustaka**

Tingginya potensi hutan di Riau menyebabkan banyak bermunculan industri pengolahan kayu. Produksi total kayu gergajian di Propinsi Riau mencapai 500.000 m<sup>3</sup> per tahun [BPS, 2002] dan 15% dari produksi tersebut berupa serbuk gergaji. Serbuk gergaji selama ini hanya digunakan sebagai media penimbun tanah yang tidak bernilai ekonomis. Serbuk gergaji masih mengandung selulosa (45-55%), hemiselulosa (25-30%), lignin (20-30%), dan substansi ekstraktif (1-3%) [Abdurrahim, 1984, Nikitin, 1975]. Lignin dari serbuk gergaji dapat diolah untuk dibuat sebagai penukar ion dengan cara sulfonasi, asetilasi, nitrasi atau hidroksilasi [Dorfner dan Hartomo, 1995].

Konstituen utama kayu banyak mengandung gugus metil ester. Gugus metil ester kurang dapat mengikat ion logam secara signifikan. Untuk meningkatkan daya jerap serbuk gergaji, pada penelitian ini serbuk gergaji diaktivasi menggunakan asam asetat.

Serbuk gergaji yang telah diaktivasi akan digunakan untuk menjerap ion logam berat Cu(II).

Asetilasi adalah reaksi untuk memasukkan gugus fungsi asetat kedalam senyawa organik. Pada asetilasi serbuk gergaji terjadi reaksi substitusi nukliofilik dari gugus hidroksil yang terdapat pada kayu dengan atom C karbonil gugus asetat, sehingga menghasilkan lignoasetat yang merupakan senyawa ester [Wikipedia, 2008]. Zat aditif masuk ke dalam struktur kayu, sehingga struktur kayu menjadi stabil dimensinya. Reaksi asetilasi pada lignin ( $\text{Ar}(\text{OH})\text{R}_1\text{R}_{11}$ ) dapat ditulis sebagai berikut:



Sebagai salah satu unsur logam, tembaga juga dapat berkoordinasi dengan bahan organik yang membentuk suatu ikatan yaitu celat (senyawa kompleks). Beberapa faktor yang mempengaruhi pengikatan dengan bahan organik antara lain: berat molekul dan gugus fungsi (Arianto,2006). Serbuk gergaji terasetilasi, akan digunakan sebagai adsorben terhadap logam tembaga.

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan atau gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Proses adsorpsi yang umum dilakukan adalah fase gas-padat dan fase cair-padat. Komponen-komponen yang terdapat di dalam proses adsorpsi adalah adsorbat dan adsorben [Noll, 1992].

Adsorpsi pada antar muka padat-cair menggambarkan masalah yang kompleks dimana adsorpsi ini sangat dipengaruhi oleh sifat dari substansi yang diadsorpsi, sifat dari adsorben padat dan cair dari medium cair [Cheremisinoff, 1978]. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah jenis adsorben dan adsorbat, temperatur, pH serta laju alir dan tinggi unggun, pada proses adsorpsi secara continue.

Kinetika adsorpsi pada kolom dapat diuji dengan menggunakan permodelan Bohart – Adams (1920), The Bed Depth Service Time (DBST) model, Thomas Model, dan Yoon – Nelson model. Permodelan Bohart – Adams berdasarkan teori reaksi permukaan dan model ini mengasumsikan bahwa kesetimbangan adsorpsi tidak terjadi dengan spontan. Sedangkan, ketiga permodelan lainnya merupakan modifikasi dari permodelan

Bohart Adams. Goel dkk, pernah melakukan penelitian dengan menggunakan karbon aktif, dari penelitian ini diketahui bahwa laju adsorpsi dapat dilihat dari kapasitas residu dari karbon aktif dan konsentrasi pada bahan penyerap. Oleh karena itu, laju penyerapan sebanding dengan fraksi dari kapasitas jerap yang masih terdapat pada sorbent (Baral et al, 2008). Permodelan Bohard Adams merupakan permodelan yang unik, karena permodelan Bohart Adams sering digunakan dalam berbagai kasus adsorpsi secara *continue* (proses kolom). Permodelan Bohart Adam mengisyaratkan bahwa  $x' = (ka_0 \frac{z}{v})$  dan  $t' = kCot$  yang didapat dari persamaan awal (Butt,2000) :

$$\left( \frac{\partial a}{\partial t} \right) = -ka.C \quad \dots 1$$

$$-v \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right) = kaC \quad \dots 2$$

Dimana : pada saat

$$t = 0 \quad a = a_0 \quad \text{untuk semua nilai } x$$

$$x = 0 \quad C = C_0 \quad \text{untuk semua nilai } t$$

Untuk melakukan perhitungan dengan menggunakan permodelan Bohart- Adams digunakan rumus :

$$\ln \left( \frac{C_0}{C_t} - 1 \right) = k.a_0 \frac{z}{v} - k.C_0.t \quad \dots\dots\dots 3$$

Dimana:

$a_0$  = Kapasitas jerap sisa adsorben (mg/L)

$C$  = Konsentrasi logam Cu

$C_0$  = Konsentrasi Cu(II) masuk ke kolom(mg/L)

$C_t$  = Konsentrasi Cu(II) keluar dari kolom (mg/L)

$v$  = Kecepatan supervisial dari fluida (cm/mnt)

$k$  = Konstanta laju adsorpsi

$t$  = Waktu (mnt)

$z$  = Tinggi unggun (cm)

Hasil analisa menggunakan spektrofotometer serapan atom, akan diperoleh konsentrasi logam Cu (II) yang dianggap sebagai konsentrasi logam Cu(II) keluaran kolom ( $C_t$ ). Nilai kapasitas jerap sisa adsorben ( $a_0$ ) dan konstanta laju adsorpsi ( $k$ ) dapat dihitung dari *slope* dan *intercept* kurva antara  $\ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right)$  vs  $t$ .

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gergaji yang telah diaktivasi dengan asam asetat, larutan  $\text{CuSO}_4$  100 ppm, akuades, kertas saring dan lain-lain.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium, kolom adsorpsi, seperangkat alat spektrofotometri serapan atom (AAS), pengaduk mekanik, oven, *stopwatch*, dan *tachometer*.

#### 3.2. Prosedur Penelitian

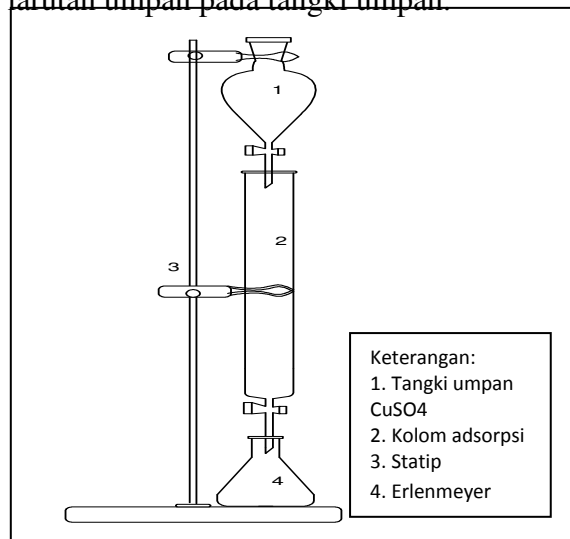
##### a. Pengaktifan Serbuk Gergaji

Ditimbang serbuk gergaji yang telah dipersiapkan sebelumnya dengan ukuran seragam seberat 60 gram, kemudian dimasukkan dalam reaktor berpengaduk yang berisi 1000 ml larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,5 M. Pengaduk mekanik dinyalakan dengan kecepatan putar 150 rpm selama 90 menit [Yelmida, 2009]. Serbuk gergaji yang sudah diaktifasi ini disaring dengan menggunakan *filter Macer Pyrex* dan dibilas dengan akuades hingga kondisinya netral ( $\text{pH} = 7$ ). Serbuk gergaji selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$ . Serbuk gergaji siap digunakan untuk mengadsorpsi logam Cu.

##### b. Penentuan Laju Alir

Pada penelitian ini, daya jerap serbuk gergaji terasetilasi terhadap logam Cu merupakan indikasi proses adsorpsi logam Cu yang terjadi pada proses *continue*. Sebelum mengetahui daya jerap logam Cu, harus ditentukan terlebih dahulu laju alir dari keluaran tangki umpan. Laju Alir diperoleh dengan mengatur bukaan kran pada tangki umpan beberapa kali hingga di peroleh laju alir yang sesuai dengan ukuran gelas penampung yang

di gunakan. Untuk mendapatkan laju alir yang mendekati konstan, hal yang harus diperhatikan adalah level larutan umpan pada tangki umpan.



Gambar 1 . Peralatan Kolom Adsorpsi Logam Cu

### c. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan menggunakan kolom dengan diameter 3 cm, ukuran partikel serbuk gergaji 40 mesh, konsentrasi adsorbat 100 ppm, dan laju alir umpan 2 ml/mnt. Proses adsorpsi dilakukan secara *continue* dengan memvariasikan tinggi unggun (10 cm, 15 cm dan 20 cm). Serbuk gergaji yang telah diasetilasi dimasukkan ke dalam kolom sesuai tinggi unggun yang dipilih. Larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  100 ppm sebagai larutan umpan, ditempatkan dalam tangki umpan, dialirkan ke dalam kolom dengan laju alir tetap. Pengambilan sampel hasil proses adsorpsi dilakukan setiap 1 jam hingga tercapai keadaan jenuh. Konsentrasi larutan Cu(II) sisa penjerapan keluaran kolom dianalisa secara spektroskopi. Proses adsorpsi yang selanjutnya dilakukan pada tinggi unggun berbeda dengan laju alir tetap

### d. Penentuan Kinetika Adsorpsi

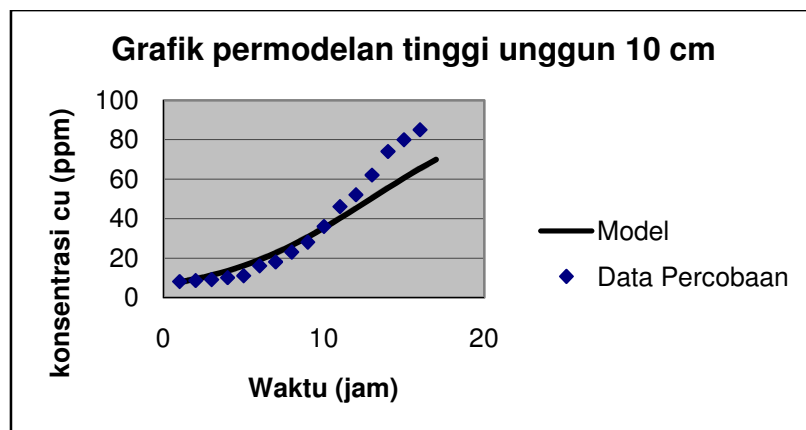
Dari hasil analisa menggunakan spektrofotometer serapan atom, diperoleh konsentrasi logam Cu yang dianggap sebagai konsentrasi logam Cu keluaran kolom ( $C_t$ ). Nilai kapasitas jerap sisa adsorben ( $a_0$ ) dan konstanta laju adsorpsi ( $k$ ) dapat dihitung dari *slope* dan *intercept* kurva antara —

#### 4. Hasil dan Pembahasan

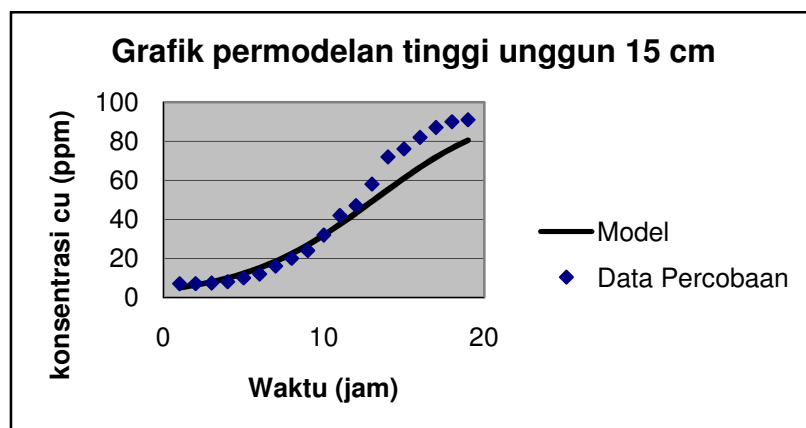
Proses adsorpsi dengan pengaruh tinggi unggun dilakukan pada kolom dengan diameter 3 cm, ukuran partikel serbuk gergaji 40 mesh, konsentrasi adsorbat 100 ppm, dan laju alir umpan 2 ml/mnt. Variasi tinggi unggun yang digunakan adalah 10 cm, 15 cm dan 20 cm. Perhitungan konstanta laju adsorpsi dan harga kapasitas jerap pada adsorpsi secara *continue* ini, dilakukan menggunakan permodelan Bohart-Adams dengan membuat grafik

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_t} - 1\right) \text{ vs } t .$$

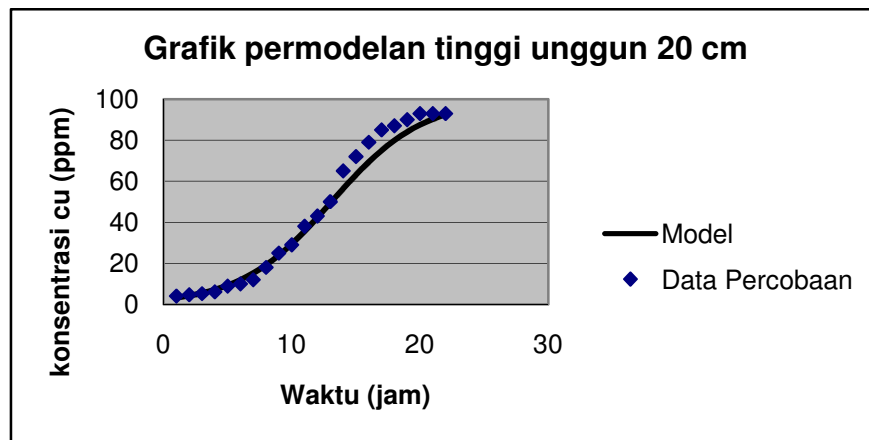
Pengaruh tinggi unggun terhadap daya jerap serbuk gergaji terasetilasi ditampilkan pada gambar 2, 3 dan 4 berikut :



Gambar 2. Hubungan konsentrasi logam Cu dan waktu adsorpsi pada tinggi unggun 10 cm



Gambar 3. Hubungan konsentrasi logam Cu dan waktu adsorpsi pada tinggi unggun 15 cm



Gambar 4. Hubungan konsentrasi logam Cu dan waktu adsorpsi pada tinggi unggun 20 cm

Dari Gambar 2, 3 dan 4 terlihat, bahwa ketinggian dari unggun mempengaruhi proses adsorpsi. Pada tinggi unggun yang rendah yaitu 10 cm, grafik menunjukkan kondisi jenuh lebih cepat tiga jam yaitu pada konsentrasi keluaran kolom yaitu 90 ppm dibandingkan dengan tinggi unggun 15 cm dan 20 cm yang masing – masing sebesar 91 ppm dan 93 ppm. Jika dibandingkan dengan proses adsorpsi secara batch, kondisi jenuh sudah terjadi pada rentang waktu 3 sampai 4 jam. Hal ini terjadi karena semakin rendah unggun, jumlah massa adsorbent yang berkontak dengan adsorbat lebih sedikit dibanding unggun yang lebih tinggi. Akibatnya waktu kontak adsorbat dengan adsorbent lebih singkat dan kondisi jenuh lebih cepat tercapai dan begitu pula sebaliknya [Cheremisinoff, 1978].

Penentuan konstanta laju adsorpsi ( $k$ ) dan harga kapasitas jerap adsorbent ( $a_0$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan awal Bohard Adam's yaitu

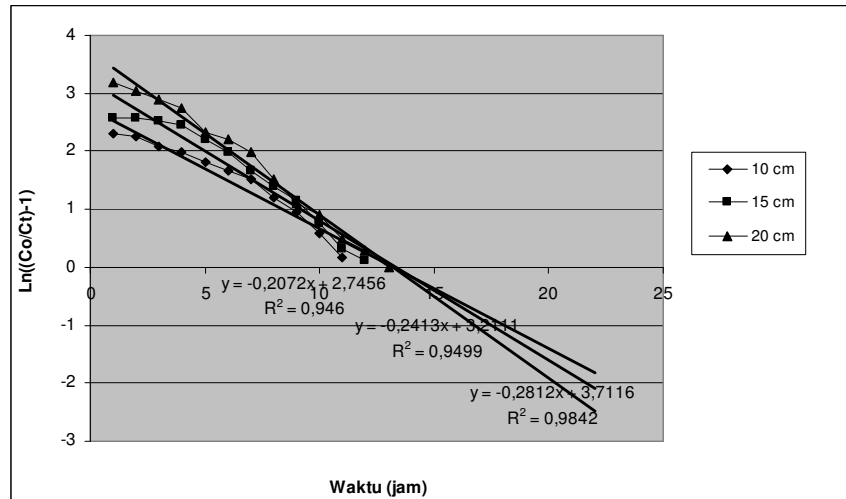
$$\ln \left( \frac{C_0}{C_t} - 1 \right) = ka_0 \frac{z}{u} - kCot \quad \text{sehingga akan diperoleh :}$$

$$k = - \frac{\text{slope}}{C_0} \quad \dots 1$$

$$a_0 = \frac{\text{intercept}}{\left( \frac{z}{v} \right) k} \quad \dots 2$$



Grafik konstanta laju adsorpsi ( $k$ ) dan kapasitas jerap adsorbent ( $a_0$ ) pada setiap variasi tinggi unggun dapat dilihat pada gambar 5. dan tabel 1 berikut:



Gambar 5. Grafik hubungan waktu dan  $\ln((C_0/C_t)-1)$  pada variasi tinggi unggun

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai  $k$  dan  $a_0$  pada variasi tinggi unggun

No.	Tinggi unggun (cm)	$k$ (ml/mg mnt)	$a_0$ (mg/L)
1	10	0,002070	46.809,03
2	15	0,002412	70.533,57
3	20	0,002812	93.251,97

Berdasarkan gambar 5 dan tabel 1. di atas dapat dilihat bahwa nilai konstanta laju adsorpsi ( $k$ ) mengalami peningkatan seiring pertambahan tinggi unggun. Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta laju adsorpsi pada tinggi unggun 10 cm sampai 20 cm yaitu  $k = 0,0004Z + 0,0017$  ( $Z$  = tinggi unggun). Hal ini terjadi karena semakin bertambah tinggi unggun, jumlah adsorbat yang berkontak dengan adsorbent semakin banyak sehingga kondisi jenuh adsorbent membutuhkan waktu yang lama dan dapat menyerap lebih banyak logam Cu. Harga kapasitas jerap adsorben ( $a_0$ ) juga mengalami peningkatan terhadap pertambahan tinggi unggun. Harga kapasitas jerap adsorben yang relatif baik yaitu pada tinggi unggun 20 cm yaitu 93,251.97 mg/L.

## 5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

- a. Tinggi unggun berpengaruh pada adsorpsi secara *continue*.
- b. Kondisi yang relatif baik untuk adsorpsi logam Cu dengan serbuk gergaji terasetilasi yang dilakukan pada kolom ialah pada tinggi unggun 20 cm, laju alir umpan 2 ml/mnt..
- c. Konstanta laju adsorpsi pada kolom pada variasi tinggi unggun yaitu pada tinggi unggun 10, 15 dan 20 cm berturut-turut adalah : 0,00207 ml/mg men, 0,002412 ml/mg men dan 0,002812 ml/mg men.
- d. Nilai kapasitas jerap dari adsorben mengalami peningkatan seiring waktu pada setiap variasi tinggi unggun, nilai kapasitas jerap yang relatif baik yaitu pada tinggi umggun 20 cm , yaitu 94.605,21 mg/L.

### Saran

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya diamati variasi pengaruh ukuran partikel dan laju alir umpan untuk adsorpsi dengan proses *continue*

### Daftar Pustaka

1. Baral,Saroj S., Surendra N.Das., Gautam Roy Chaudhury.,and P.Rapth., 2008, *Adsorption of Cr (VI) by treated weed Salvinia cucullata:kinetics and mechanism*, Springer Science+Business Media, Adsorption 14: 111–121
2. BPS, 2002, *Riau Dalam Angka*, Badan Pusat Statistik, Pekanbaru
3. Cheremisinoff, F. A., 1978, *Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbort Science Publisher Ind, Michigan, hal. 4-7.
4. Dewi, D.S dan Yulianti, 2003, *Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat Cu pada Serbuk Gergaji*, Laporan Penelitian, Program Sarjana Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru.
5. Dorfner, K., dan Hartomo, A. J., 1995, *Iptek Penukar Ion*, 1 ed, hal 45-75, Andi Offset, Yogyakarta.
6. Karpowicz.F, J.Hearn , and M.C Wilkinson.,1995,*The Quantitative use of the Bohart Adams to Describe Effluent Vapour Profiles Froms Filter Beds*, Spinger Science hal:1573-1583
7. Noll, K. E., Gaurnaris, V., Hou, W. S., 1992, *Adsorption Technollogy for Air and Water Pollution Control*, pp 1-8, Lewis Publisher Inc, Michigan.
8. Sunarno, P. S. Utama, Silvia R.Y., 2006, *Studi Penjerapan Limbah CairCu(II) dengan Serbuk Gergaji Tersulfonasi*, Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Ristek di Bidang Industri, UGM, Yogyakarta.
9. Yelmida, Is Sulistyati P., Elvi Y.,” *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Teraktivasi Sebagai Penjerap Logam Berat Cu (Pencemar di Perairan Sungai Siak )*, Laporan Penelitian, Universitas Riau
10. Yusnimar, Edward H.S., Yelmida, Kesetimbangan adsorpsi Cu(II) pada serbuk gergaji terasetilasi, “ *Jurnal Sains dan Teknologi* “, vol. 8, no.2, September 2009