

Kinetika Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Menggunakan Serbuk Gergaji Teraktivasi dengan Asam Asetat

Drastinawati¹, Fajril Akbar², Efri Yulia Fitri³

Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya UR Km 12,5 Pekanbaru Telp. (0761)566937
drastinawati@yahoo.co.id

Abstrak

Serbuk gergaji merupakan salah satu limbah yang mengandung lignin sekitar 20-30 %. Lignin berfungsi sebagai adsorben logam berat. Untuk meningkatkan kemampuan jerap serbuk gergaji dilakukan aktivasi pada serbuk gergaji dengan menggunakan asam asetat 0,5 M. Proses adsorpsi yang dilakukan pada penelitian ini secara *batch* dengan variabel berubah yaitu kecepatan pengadukan adsorpsi (300, 400, 500 dan 600 rpm) dan suhu adsorpsi (30, 40, 50 dan 60°C). Data proses adsorpsi, dianalisa secara spektrofotometri menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectrofotometri*). Kinetika adsorpsi logam Cu (II) menggunakan serbuk gergaji teraktivasi didapatkan mengikuti orde satu. Nilai konstanta laju adsorpsi, k serbuk gergaji dengan variabel kecepatan pengadukan didapatkan harga k sebesar 0,008 menit⁻¹ untuk kecepatan pengadukan 600 rpm. Pada variasi suhu diperoleh nilai k lebih rendah sebesar 0,003 menit⁻¹ untuk suhu 60°C pada semua kecepatan pengadukan.

Kata kunci: Kinetika Adsorpsi, Logam Cu, Serbuk Gergaji

1 Pendahuluan

Salah satu limbah yang jumlahnya cukup banyak di kota Pekanbaru dan belum dimanfaatkan secara optimal adalah serbuk gergaji. Pemanfaatan serbuk gergaji yang biasanya hanya sebagai media penimbun tanah, ternyata dapat dijadikan sebagai adsorben yang berdaya jerap tinggi. Serbuk gergaji masih mengandung komponen selulosa sekitar 62,9% dan lignin sekitar 20-30% yang dapat berfungsi seperti resin [Abdurrahim, 1984].

Penelitian – penelitian tentang serbuk gergaji sebagai adsorben logam berat telah 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, aktivasi dapat dilakukan secara sulfonasi, asetilasi, nitrasasi atau hidrosilasi [Dorfner dan Hartomo, 1995]. Sunarno (2006) dan Hakim (2007) menggunakan serbuk gergaji yang diaktivasi dengan asam sulfat, dan diperoleh daya jerap sebesar 9,53 mg/gr adsorben. Namun penggunaan asam sulfat sebagai aktivator dikhawatirkan menimbulkan masalah baru, karena asam sulfat bersifat korosif. Zohar (2009) dan Azmi (2009) melakukan aktivasi serbuk gergaji menggunakan asam asetat dan mendapatkan daya jerap optimum 9,208 mg/gr adsorben, untuk asetilasi menggunakan asam asetat 0,5 M pada kecepatan pengadukan 150 rpm selama 90 menit dan berlangsung pada suhu 30 °C.

Pada penelitian ini ditentukan daya jerap serbuk gergaji terhadap ion Cu (II), dan mempelajari kinetika adsorpsi pada suhu dan kecepatan pengadukan yang bervariasi. Kinetika adsorpsi dipelajari dengan melihat perubahan kondisi reaktan sebagai fungsi waktu, daya jerap serbuk gergaji yang diaktivasi menggunakan asam asetat dan hasil adsorpsi dianalisa secara spektroskopi serapan atom (AAS). Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan kondisi aktivitas optimum dengan mempelajari kinetika adsorpsi logam Cu dengan melihat daya jerap serbuk gergaji yang diaktivasi dengan asam asetat terhadap logam Cu, dimana proses adsorpsi dilakukan secara *batch*.

2 Tinjauan Pustaka

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. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi ini antara lain : jenis adsorben, jenis adsorbat (jenis, kepolaran adsorbat, jenis ikatan, ukuran adsorbat, viskositas campuran), temperatur dan pengaruh pH.

Kinetika adsorpsi menyatakan tingkat kecepatan penyerapan yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat. Laju adsorpsi didasarkan atas asumsi bahwa adsorpsi ion Cu ke dalam partikel serbuk gergaji adalah suatu proses difusi yang dikendalikan oleh proses dapat balik tingkat pertama. Untuk pengujian laju adsorpsi

dapat dilakukan dengan mengasumsikan orde reaksi yang mungkin (Husni, 2007). Pertimbangkan reaksi berikut: $A \longrightarrow \text{produk}$. Jika reaksi orde-persamaan yang digunakan adalah (Levenspiel,1999):

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad (1)$$

dengan $C_A = C_{Ao}$ pada $t = 0$ maka diperoleh:

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_A} = kt \quad (2)$$

$$\ln C_A = -kt + \ln C_{Ao} \quad (3)$$

Jika disusun dalam bentuk persamaan linier adalah : $Y = -mx + b$

Plot $\ln \frac{C_{Ao}}{C_A}$ vs t , sebagai fungsi waktu

diperoleh garis linier dengan slope (k) untuk reaksi orde-satu. Jika reaksi orde dua : $A+B \rightarrow \text{Produk}$, persamaan yang digunakan :

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2 \quad (4)$$

Integrasi dengan $C_A = C_{Ao}$ pada $t = 0$

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{Ao}} = kt \quad (5)$$

Plot $\frac{1}{C_A}$ vs t , sebagai fungsi waktu adalah linier dengan

slope (k) untuk reaksi orde - dua. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi konstanta laju reaksi adalah temperatur, pengadukkan, jumlah adsorben dan konsentrasi

3 Metoda Penelitian

Variabel aktivasi menggunakan ukuran partikel 40 mesh, konsentrasi Asam Asetat 0,5 M, pada volume adsorbat 500 ml. Proses adsorpsi menggunakan variable tetap serbuk gergaji 5 gram dan konsentrasi larutan Cu (II) 100 ppm dan variabel berubah yaitu kecepatan pengadukan (300, 400, 500, 600 rpm) dan suhu adsorpsi (30°C, 40°C, 50°C dan 60°C).

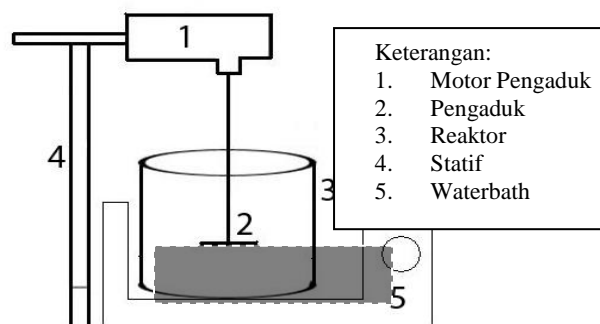
3.1 Persiapan dan Aktivasi Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji yang dipakai pada penelitian ini berasal dari Industri pengetaman kayu di jalan Kubang Raya Kotamadya Pekanbaru. Serbuk gergaji terlebih dahulu dibersihkan, dikeringkan, diayak sehingga menghasilkan ukuran partikel ± 40 mesh.

Serbuk gergaji diaktivasi dengan cara asetilasi menggunakan larutan CH_3COOH 0,5 M. pada suhu kamar ($\pm 30^\circ\text{C}$). Campuran diaduk dengan kecepatan 150 ppm, selama 90 menit

3.2 Pelaksanaan Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch*, yaitu dengan mencampurkan 5 gram adsorben serbuk gergaji ke dalam larutan Cu^{+2} (100 ppm). Larutan diaduk selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan bervariasi (300, 400, 500, 600 rpm). Pengambilan sampel dilakukan setiap selang waktu tertentu (20 menit) sampai keadaan setimbang tercapai dan dianalisa menggunakan AAS.



Gambar 1. Peralatan Aktivasi Serbuk Gergaji

3.3 Penentuan kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi dihitung dengan melihat perubahan kondisi konsentrasi sebagai fungsi waktu. Misal untuk orde 1 digunakan rumus

$$\ln C_A = -kt + \ln C_{Ao} \quad (2)$$

dimana :

C_A = Konsentrasi

C_{Ao} = Konsentrasi awal

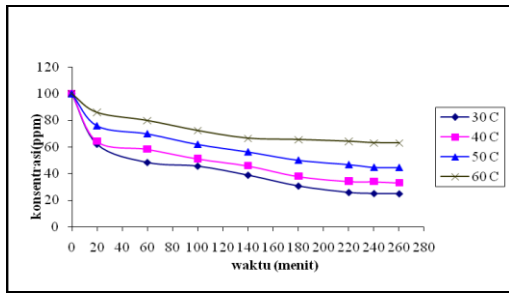
t = waktu (menit)

k = konstanta

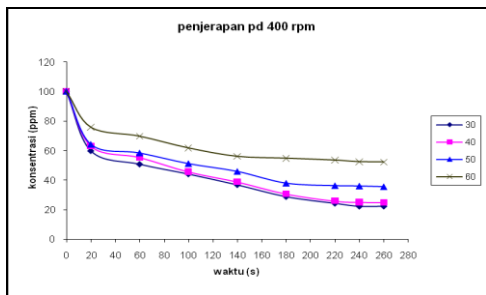
4 Hasil dan pembahasan

Data yang diambil pada penelitian ini adalah konsentrasi Cu^{2+} yang tak terjerap pada rentang waktu kontak tertentu. Rentang waktu kontak pengambilan sampel dilakukan setiap 20 menit sekali sampai waktu kesetimbangan tercapai (± 4 jam). Sampel kemudian dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*).

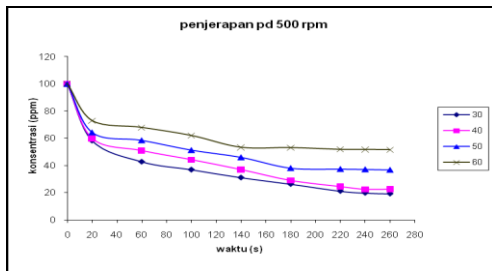
Hasil penyerapan serbuk gergaji terasetilasi terhadap logam Cu^{2+} dengan bervariasi kecepatan pengadukan pada temperatur adsorpsi 30, 40, 50 dan 60°C dapat dilihat pada Gambar 2 sampai Gambar 6.



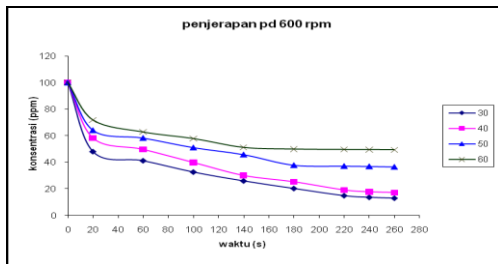
Gambar 2. Penjerapan Serbuk Gergaji Terasetilasi terhadap Cu^{2+} dengan Kecepatan Pengadukan 300 rpm pada Berbagai Variasi Suhu



Gambar 3. Penyerapan Serbuk Gergaji terhadap Cu^{2+} dengan Kecepatan Pengadukan 400 rpm pada berbagai variasi suhu



Gambar 4. Penyerapan Serbuk Gergaji terhadap Cu^{2+} dengan Kecepatan /Pengadukan 500 rpm pada berbagai variasi suhu



Gambar 5. Penyerapan Serbuk Gergaji terhadap Cu^{2+} dengan Kecepatan Pengadukan 500 rpm pada berbagai variasi suhu

Dari gambar 3 sampai 6 terlihat bahwa penjerapan serbuk gergaji terhadap logam Cu^{2+} semakin meningkat sampai dicapai kondisi setimbang. Karena dengan

bertambahnya waktu kontak yang diberikan maka daya serap serbuk gergaji terhadap Cu^{2+} akan semakin meningkat, sehingga konsentrasi Cu^{2+} dalam larutan semakin kecil. Waktu kesetimbangan tercapai setelah pengontakan larutan Cu^{2+} dengan serbuk gergaji selama 260 menit, ini disebabkan logam Cu^{2+} yang terjerap pada waktu kontak 260 menit tidak bertambah lagi. Hal ini terjadi karena pada saat kesetimbangan laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi. Peningkatan penjerapan pada variasi pengadukan disebabkan semakin cepat pengadukan yang digunakan, semakin banyak serbuk gergaji dapat menyerap logam Cu^{2+} .

Penentuan Kinetika

Studi kinetika dilakukan dengan memvariasikan suhu adsorpsi (30, 40, 50 dan $60^{\circ}C$) dan variasi kecepatan pengadukan adsorpsi (300, 400, 500, 600 rpm). Dari data analisa diperoleh konsentrasi Cu terjerap setiap selang waktu 20 menit. Data tersebut dihitung untuk memperoleh harga k dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) :

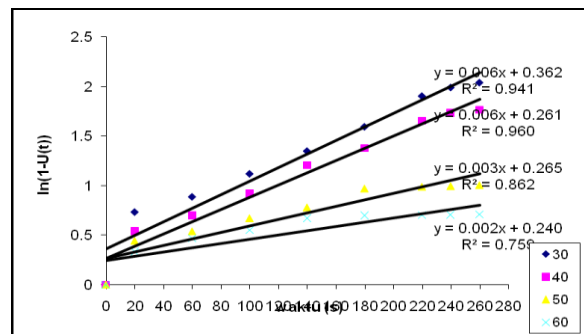
$$U(t) = \frac{C_o - C_t}{C_o - C_i} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana nilai k diperoleh persamaan
 $Ln [1-U(t)] = -k \times t \dots\dots\dots(2)$

Kemudian dibahas pengaruh waktu terhadap konsentasi Cu

a. Pengaruh Variasi Pengadukkan Terhadap Laju Adsorpsi Serbuk Gergaji

Pengaruh variasi pengadukkan terhadap waktu adsorpsi, menunjukkan bahwa pada suhu $30^{\circ}C$ dengan variasi pengadukkan , 300, 400, 500 dan 600 rpm, nilai laju adsorpsi (k) yang dihasilkan dari adsorpsi serbuk gergaji lebih baik dibandingkan suhu yang lainnya. Semakin cepat kecepatan pengadukkan maka nilai konstanta laju adsorpsi semakin besar dan laju adsorpsi semakin cepat.

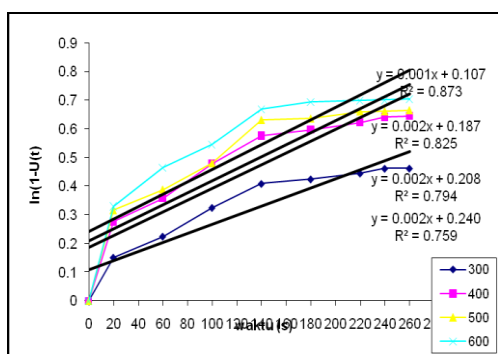


Gambar 6 Kinetika penjerapan logam Cu^{2+} pada kecepatan pengadukkan 600 rpm

b. Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Laju Jerap Serbuk Gergaji

Pada kinetika reaksi, suhu sangat berpengaruh pada laju adsorpsi, pada penelitian didapatkan bahwa pada suhu 60°C laju adsorpsi tidak lebih cepat dari laju adsorpsi pada suhu yang lebih rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh Cu yang terjerap lepas dan kembali larut ke dalam pelarut (air) dan lignin sebagai adsorben yang mengikat Cu tersebut terdegradasi.

Pengaruh suhu terhadap laju adsorpsi pada suhu 60°C dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Kinetika penyerapan logam Cu^{2+} pada Serbuk Gergaji pada suhu 60°C

5 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Semakin lama waktu adsorpsi maka daya jerap serbuk gergaji terhadap logam Cu^{2+} makin besar sebaliknya konsentrasi larutan logam Cu^{2+} dalam larutan makin kecil sampai kondisi setimbang.
2. Semakin besar kecepatan pengadukkan maka diperoleh konstanta laju adsorpsi yang besar pula.
3. Pada pengaruh suhu konstanta penyerapan yang baik terjadi pada suhu 30°C.
4. Kinetika adsorpsi pada penelitian ini mengikuti kinetika orde-satu. Nilai konstanta kecepatan penyerapan masing-masing sebagai berikut :
 - a. Pengaruh suhu 30, 40, 50 dan 60°C terhadap penyerapan serbuk gergaji diperoleh nilai k antara 0,001 sampai 0,006 (menit)⁻¹.
 - b. Pengaruh kecepatan pengadukkan terhadap penyerapan serbuk gergaji diperoleh nilai k antara 0,001 sampai 0,006 (menit)⁻¹.

Ucapan Terima kasih

Penulis mennyampaikan terima kasih kepada Efri Yulia Fitri yang telah melaksanakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdurrahim, 1984, *Atlas Kayu Indonesia*, 2 ed, hal.136-139, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan, Bogor.
- Azmi, 2009, Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat Cu (II) Dengan Serbuk Gergaji Terasetilasi, Laporan Penelitian, Program Sarjana Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Butt, John.B, 2000. *Reaction Kinetics and Reactor Design* .2 ed, hal 689 – 691, CRC Press.
- Cheremisinoff, F. A., 1978, *Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbor Science Publisher Ind, Michigan, hal. 4-7.
- Dewi, D.S dan Yulianti, 2003, *Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat Cu pada Serbuk Gergaji*, Laporan Penelitian, Program Sarjana Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Dorfner, K., dan Hartomo, A. J., 1995, *Iptek Penukar Ion*, 1 ed, hal 45-75, i Offset, Yogyakarta.
- Fengel D.,G. Wegener, H. Sostrohamidjojo, 1995, *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Hakim, TB. Lukman Nul, 2007, *Pengaktifan Serbuk Gergaji dengan Larutan Asam Sulfat untuk Menyerap Logam Berat Cu*, Pekanbaru: Program Sarjana Teknik Kimia Unri.
- Husni, H., dan Rosnelly C.M., 2007, Studi Kinetika Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Karbon Aktif Dari Batang Pisang, *Jurnal Hasil Penelitian Industri* (19) : 1, Banda Aceh.
- Pallar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Noll, K. E., Gaurnaris, V., Hou, W. S., 1992, *Adsorption Technollogy for Air and Water Pollution Control*, pp 1-8, Lewis Publisher Inc, Michigan.
- Sunarno, 2006, *Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cu^{2+} dengan Serbuk Gergaji Tersulfonasi*, Universitas Riau.
- Wikipedia Foundation, Inc., 2008, *Acetylation in Organic Synthesis*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Acetylation.html>, 25 Oktober 2008.

Wordpress, 2009, Karakteristik Lignoselulosa berbagai jenis kayu.
<http://isroi.wordpress.com/karakteristik-lignoselulosa>., 25 Januari 2009.

Zohar, B.,2009, *Asetilasi Serbuk Gergaji Sebagai Absorben Logam Berat Cu*, Laporan Penelitian, Program Sarjana Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru.