

Keseimbangan Adsorpsi Logam Cu (Ii) Dengan Arang Aktif Cangkang Sawit Sisa Pembuatan Asap Cair

Drastinawati, Khairat, Zulfikar

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

Logam Tembaga Cu (II) masuk ke dalam perairan berdampak pada pencemaran lingkungan apabila kandungannya melebihi nilai ambang batas yang telah ditentukan. Arang cangkang kelapa sawit merupakan limbah dari pembuatan asap cair yang diaktivasi menggunakan uap air yang dapat berfungsi sebagai adsorben logam berat seperti logam Cu(II). Penelitian dilakukan untuk mendapatkan data dan model keseimbangan adsorpsi logam Cu(II) dengan adsorben arang aktif cangkang sawit sisa pembuatan asap cair. Penelitian diawali dengan pembuatan arang aktif cangkang sawit dengan cara pirolisis pada suhu 350°C selama 2 jam, kemudian arang aktif diaktivasi dengan cara memanaskan dengan menggunakan tube furnace pada suhu 800 °C selama 60 menit. Arang aktif cangkang sawit seberat 2 gr dimasukkan ke dalam 500 ml larutan Logam Cu dengan konsentrasi awal (C_0) 20 ppm di dalam reaktor bath berpengaduk dengan kecepatan pengadukan 200 rpm pada suhu 27°C sampai mencapai waktu keseimbangan. Dengan menggunakan AAS (Atomic Adsorption Spectrofotometri) didapatkan konsentrasi logam Cu yang tersisa dalam larutan (C_e), dan dapat ditentukan kapasitas penjerapan arang cangkang sawit saat keseimbangan (Q_e). Percobaan yang sama dilakukan pada suhu 35 °C dan 45 °C dengan variasi konsentrasi (25, 50 dan 75 ppm). Data untuk waktu keseimbangan adsorpsi diperoleh pada 120 menit dan persen penjerapan rata-rata 91,231%. Mekanisme adsorpsi yang terjadi lebih didominasi oleh model isoterm Freundlich yang mewakili adsorpsi fisika dengan panas adsorpsi 9.039 kkal/mol⁰K

Kata kunci: Adsorpsi, Arang Aktif, Cu, Keseimbangan.

1 Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ternyata mengubah kondisi lingkungan karena aplikasinya menyebabkan pesatnya pertumbuhan industri yang juga akan menghasilkan limbah yang besar. Biasanya industri sangat sensitif bila dibicarakan masalah limbah yang ditimbulkan, hal ini disebabkan oleh biaya pengolahan limbah tersebut sulit dan memerlukan biaya yang tinggi. Pada umumnya industri membuang limbah ke perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu, hal ini menyebabkan pencemaran yang terjadi di perairan, yang akan merusak ekosistem perairan, dan yang paling membahayakan adalah bagi manusia yang tinggal di sepanjang aliran sungai, yang menggunakan air sebagai kebutuhan hidup. Salah satu bahan pencemar yang terdapat di perairan adalah logam berat. Logam berat ketika terlepas ke perairan tidak dapat dirombak oleh mikroorganisme dan cenderung terakumulasi pada rantai makanan.

Berawal dari bahasan di atas, terlihat sangat diperlukan suatu kajian teknologi alternatif dalam menangani permasalahan kontaminasi logam Cu²⁺ di perairan. Sebelumnya Lestiasari (2009) telah melakukan penelitian adsorpsi Cu²⁺ dengan menggunakan adsorben abu sekam padi, dari percobaan didapatkan waktu keseimbangan 4 jam pada suhu 27°C dengan persen penjerapan 84.002% Penjerapan logam berat dengan arang aktif merupakan teknologi alternatif lain yang dapat dikembangkan, sebab arang yang digunakan memiliki kelebihan-kelebihan diantaranya mampu bekerja pada konsentrasi rendah (Shinta, 2006), harganya murah dan mudah didapat. Limbah yang berasal dari cangkang kelapa sawit dapat dijadikan arang aktif dan dimanfaatkan sebagai alternatif penjerap logam-logam yang berbahaya seperti ion Pb²⁺, Cu²⁺ dan lain-lain.

Secara alamiah Cu dapat masuk ke dalam suatu lingkungan sebagai akibat dari berbagai peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa pengikisan dari batuan mineral. Sumber lain adalah debu, partikulat

Cu yang ada dalam udara yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan non alamiah masuk ke tatanan alamiah akibat aktifitas manusia seperti: buangan industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam-macam aktifitas pelabuhan lainnya merupakan aktifitas yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan

Biota perairan sangat peka terhadap kelebihan Cu dalam perairan tempat hidupnya. Konsentrasi Cu terlarut yang mencapai 0,01 ppm kematian bagi fitoplankton Konsentrasi Cu yang berada dalam kisaran 2,5 – 3,0 ppm dalam badan perairan dapat menyebabkan kematian pada ikan-ikan (Pallar, 1994).

Suatu zat dapat digunakan sebagai adsorben bila mempunyai daya adsorpsi selektif, berpori atau mempunyai luas permukaan persatuan massa yang besar serta mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik maupun kimia (Setyaningsih, 1995). Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-35000 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben (Sembiring, 2003). Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Semakin luas permukaan pori-pori, semakin tinggi daya jerapnya, daya jerap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif (Sembiring, 2003).

Untuk mengoptimalkan proses penjerapan perlu diteliti terlebih dahulu waktu kesetimbangan adsorpsi, yaitu waktu ketika daya jerap adsorben mulai menurun atau dimana adsorben tidak lagi dapat menyerap adsorbat secara signifikan. Terdapat beberapa persamaan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi komponen tunggal, yaitu:

Model Langmuir Isoterm

$$Q_e = \frac{Q_0 K_L C_e}{1 + K_L C_e} \dots\dots\dots (1)$$

Model Freundlich Isoterm

$$Q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

Model Isoterm BET (Brunauer-Emmett-Teller)

$$Q_e = \frac{Q_0 K \frac{C_e}{C_0}}{\left(1 - \frac{C_e}{C_0}\right) \left[1 + (K - 1) \frac{C_e}{C_0}\right]} \dots (3)$$

Untuk menguji adsorpsi bersifat fisis atau kimia, dilakukan dengan menghitung panas adsorpsi. Panas adsorpsi fisis sekitar 10 kkal (Sukardjo,1997) Nilai panas adsorpsi (ΔH) berhubungan dengan konstanta

kesetimbangan (K), yang dinyatakan dengan persamaan (Levenspiel, 1999)

$$K = K_0 \exp\left(\frac{-\Delta H}{RT}\right) \dots\dots\dots (4)$$

Dalam bentuk linear dapat ditulis:

$$\begin{matrix} \text{Ln}K_L = \text{Ln}K_0 - \frac{\Delta H}{R} \cdot \frac{1}{T} \\ \downarrow \qquad \downarrow \qquad \downarrow \\ y = a + b x \dots\dots\dots(5) \end{matrix}$$

Dengan memplotkan harga K pada setiap variasi suhu, diperoleh hubungan suhu terhadap K.

2 Metoda Penelitian

Variabel penelitian menggunakan variable tetap volume larutan CuSO₄.5H₂O (500 ml), berat adsorben (2 gr), kecepatan pengadukan (200 rpm), waktu pengadukan (2 jam) dan variabel berubah yaitu suhu proses adsorpsi (27°C, 35°C dan 45°C) dan konsentrasi larutan Cu⁺² (10, 25, 50 dan 75 ppm).

Persiapan Bahan Baku

Arang yang akan digunakan diperkecil dan diayak pada ukuran -40+60 mesh. Kemudian di aktifasi pada suhu 800°C selama 60 menit.

Penentuan Waktu Kesetimbangan

Untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan Cu²⁺. Percobaan dilakukan secara *batch*. Larutan Cu²⁺ dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 500 ml dimasukkan ke dalam ketel kemudian dimasukkan arang aktif seberat 2 gram diaduk dengan kecepatan 200 rpm pada suhu kamar (27°C). Pengambilan sampel dilakukan setiap 20 menit sebanyak 10 ml kemudian disaring lalu dianalisa dengan menggunakan AAS, dilakukan sampai konsentrasi adsorbat tetap.

Pengambilan dan Pengolahan Data Kesetimbangan

Larutan Cu²⁺ dengan konsentrasi teoritis 10 ppm 500 ml dimasukkan ke dalam ketel. Kedalam larutan dimasukkan arang aktif seberat 2 gram pada suhu kamar (27 °C). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu t = 0 dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kesetimbangan (te) kemudian dianalisa dengan AAS, maka akan diperoleh Co dan Ce. Percobaan diulangi dengan konsentrasi larutan Cu²⁺ 25 ppm, 50 ppm dan 75 ppm.

Dengan data Co dan Ce maka dapat diketahui Qe dengan rumus :

$$Q_e = \frac{V(C_0 - C_e)}{m} \dots\dots\dots (6)$$

Jika,

V = volume larutan logam

m = massa adsorben

Ce = konsentrasi adsorbat di larutan saat setimbang.

Q_e = Jumlah adsorbat yang dijerap saat setimbang
 C_o = konsentrasi adsorbat di larutan mula - mula

Pasangan data Q_e dan C_e di plot dalam kurva C_e Vs Q_e membentuk kurva kesetimbangan. Dari data dan kurva kesetimbangan dapat dipelajari karakteristik kesetimbangan dan dapat dimodelkan untuk memperoleh konstanta-konstanta dan model yang paling sesuai. Kurva yang diperoleh kemudian dibandingkan, dianalisa dan dimodelkan sehingga diperoleh karakteristik kesetimbangan dan parameter yang diperlukan.

Untuk menentukan model yang cocok dilakukan dengan cara membandingkan Q_e perhitungan dengan Q_e percobaan. Model yang terbaik adalah model yang memiliki kesalahan relatif dan kesalahan rerata terkecil.

3 Hasil dan Pembahasan

Persen penjerapan diperoleh pada berbagai suhu, terlihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Persen penjerapan suhu 27 °C

Co (ppm)	Ce (ppm)	Persen Penjerapan (%)
9,923	1,003	89,892
24,989	2,115	91,536
49,919	4,037	91,913
75,102	6,323	91,581
Rata - rata		91,231

Tabel 2. Persen penjerapan suhu 35 °C

Co (ppm)	Ce (ppm)	Persen Penjerapan (%)
9,923	1,202	87,887
24,989	2,341	90,632
49,919	4,423	91,140
75,102	6,804	90,940
Rata - rata		90,150

Tabel 3. Persen penjerapan suhu 45 °C

Co (ppm)	Ce (ppm)	Persen Penjerapan (%)
9,923	1,532	84,561
24,989	2,905	88,375
49,919	5,045	89,894
75,102	7,734	89,702
Ratarata		88,133

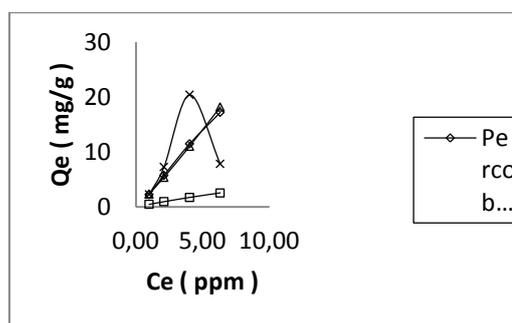
Pada Tabel 1, 2 dan 3 diperoleh persen penjerapan rata-rata yang paling tinggi a pada suhu adsorpsi 27 °C yaitu sebesar 91,231 %.

Untuk lebih memastikan mekanisme adsorpsi yang terjadi, dilakukan pengujian model kesetimbangan adsorpsi. Pengujian model kesetimbangan ini bertujuan untuk menentukan model kesetimbangan yang dipakai pada adsorpsi logam Cu dengan adsorben arang aktif cangkang sawit. Pengujian model dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear untuk tiap variasi suhu. Model kesetimbangan yang ditinjau adalah: model kesetimbangan Freundlich, model kesetimbangan Langmuir, dan model kesetimbangan BET.

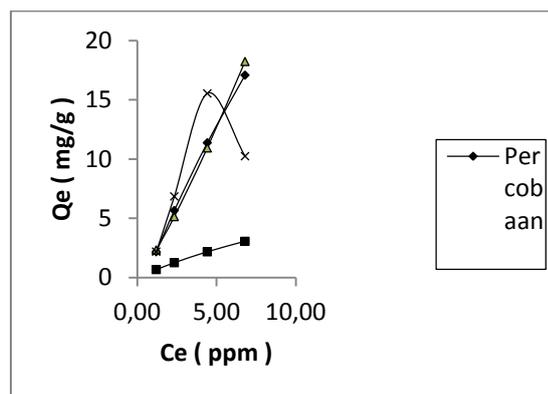
Pengujian model kesetimbangan untuk setiap variasi suhu, akan diperoleh parameter kesetimbangannya. Parameter kesetimbangan tersebut akan dimasukkan ke dalam masing-masing persamaan model yang ditinjau.

Jumlah logam Cu yang terjerap berdasarkan hasil perhitungan (Q_e perhitungan) pada masing-masing model akan dibandingkan dengan jumlah logam Cu yang terjerap berdasarkan hasil percobaan (Q_e percobaan), sehingga akan diperoleh persentase kesalahan. Dimana semakin kecil persentase kesalahan, semakin cocok dan mendekati model yang diuji.

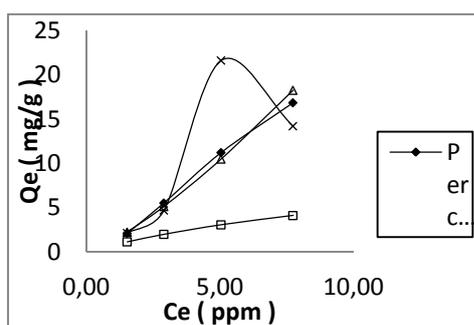
Hubungan antara konsentrasi logam Cu yang pada keadaan setimbang (C_e) dengan kapasitas jerap adsorben (Q_e) yang diperoleh dari berbagai variasi C_o pada suhu tertentu membentuk kumpulan data kesetimbangan isoterm adsorpsi.



Gambar 1. Grafik hubungan C_e dengan Q_e percobaan dan Q_e perhitungan pada suhu 27°C



Gambar 2. Grafik hubungan Ce dengan Qe percobaan dan Qe perhitungan pada suhu 35⁰C



Gambar 3. Grafik hubungan Ce dengan Qe percobaan dan Qe perhitungan pada suhu 45⁰C

Gambar 1 sampai 3 memperlihatkan bahwa isoterm Freundlich memberikan % ralat yang kecil bila dibandingkan dengan Langmuir dan BET, hal ini mengindikasikan bahwa penyerapan yang lebih dominan terjadi secara fisis, dimana logam Cu menempel dengan gaya Van der Waals di dinding pori arang aktif.

Dari persamaan (4) dan (5) dapat diketahui panas adsorpsi senilai 9,039 kkal/mol⁰K, kita dapat mengetahui bahwa adsorpsi yang terjadi lebih didominasi dengan adsorpsi fisika, karena panas adsorpsinya sekitar 10 kkal.

4 Kesimpulan

Pada penelitian adsorpsi Logam Cu²⁺ dengan adsorben arang aktif cangkang sawit sisa pembuatan asap cair, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu kesetimbangan adsorpsi Logam Cu²⁺ sebanyak 10 ppm menggunakan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm pada suhu kamar (27⁰C) adalah selama 120 menit.
2. Persen penyerapan rata-rata arang aktif cangkang sawit sisa pembuatan asap cair sebagai adsorben dalam penyerapan logam Cu²⁺ adalah 91,231 %.
3. Mekanisme adsorpsi Logam Cu²⁺ lebih didominasi oleh model isoterm Freundlich yang mewakili adsorpsi fisika dengan panas adsorpsi 9,039 kkal/mol⁰K.

Daftar Pustaka

- Amri, A., 2002, *Kesetimbangan Adsorpsi Sistem Campuran Biner Cd (II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi-2-Merkaptobenzotiazol (MBT)*, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Andriyasih, T., 2008, *Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Kelapa Sawit*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru
- Ketaren, 1987, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Edisi 1, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Lestiasari, R., 2009, *Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Adsorben Abu Sekam Padi*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru
- Levenspiel, O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, third edition, A Wiley-Interscience Publication, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York
- Pallar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta [7] Fengel D., G. Wegener, H. Sostrohamidjojo, 1995, *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Sari, E. N., 2009, *Pembuatan Arang Aktif dari Arang Sisa Pembuatan Asap Cair*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru
- Shinta, D., 2006, *Perbandingan Daya Jerap Zeolit Terhadap Karbon Aktif pada Proses Adsorpsi Logam Pb*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau, Pekanbaru
- Sembiring, M. T., dan Sinaga, T. S., 2003, *Arang Aktif (Pengenal dan Proses Pembuatannya)*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Setyaningsih, H., 1995, *Pengolahan Limbah Batik dalam Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif*, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia, Jakarta