Reaktor, Vol. 8 No. 2, Desember 2004, Hal : 59-62

MODEL KESETIMBANGAN ADSORPSI Zn^{+2} DENGAN KAOLIN

A. Fadli*), Komalasari, M. S. Amir, D. R. Sari dan R. Siburian

Abstrak

Kaolin merupakan salah satu mineral yang dapat digunakan sebagai adsorben. Kaolin yang digunakan untuk menjerap logam berat Zinc (II) berasal dari Daerah Sincalang Provinsi Riau. Kaolin dihancurkan dan diayak hingga berukuran –200+240 mesh. Kaolin direndam dalam 0.1 M NaOH selama 24 jam. Kemudian kaolin dimasukkan ke dalam larutan Zinc (II) dan dianalisa menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrometer). Sampel diambil setiap 15 menit. Variabel yang dipelajari adalah temperatur antara 30 °C – 50 °C dan konsentrasi antara 40 – 120 ppm. Data adsorpsi dianalisa dengan model Freundlich and Langmuir yang diusulkan secara legresi linier. Dari hasil analisa diperoleh bahwa model Freundlich adalah model yang cocok untuk mendeskripsikan kesetimbangan adsorpsi. Dari model Freundlich diperoleh nilai konstanta kesetimbangan; K = 2.6503 pada temperatur 30 °C. Kapasitas Jerap (Q_e) akan meningkat jika temperatur adsorpsi dinaikkan pada konsentrasi Zn (II) 120 ppm. Temperatur adsorpsi mempengaruhi secara signifikan kapasitas adsorpsi.

Kata kunci : *adsorpsi Zn (II); model; kesetimbangan; kaolin.*

Pendahuluan

Salah satu bahan mineral yang banyak tersedia di Provinsi Riau adalah kaolin ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) dengan cadangan potensi 50.000.000 M^3 [Pemerintah Provinsi Riau, 2000]. Kaolin telah digunakan sebagai penjerap (adsorben) logam-logam berat berbahaya seperti Cd^{+2}, Hg^{+2} dan Pb^{+2} (Bailey dkk, 1999; Sarkar dkk, 2000; Dipa dkk, 2002).

Banyaknya industri yang menghasilkan limbah industri telah menyebabkan kualitas air di sungai menurun. Limbah yang dibuang di sungai meliputi limbah organik maupun anorganik. Namun yang lebih berbahaya adalah limbah logam berat karena bahan ini tidak dapat terurai dan cenderung terakumulasi dalam organisme hidup yang dapat menyebabkan dampak yang negatif. Seng (Zn^{+2}) merupakan salah satu logam berat yang banyak mencemari sungai.

Peristiwa adsorpsi dapat terjadi apabila dua fasa bergabung, sehingga terjadi proses dimana molekul-molekul atau atom-atom atau ion-ion dari satu fasa yang melekat pada permukaan fasa yang lain. Adsorpsi pada permukaan atau antar permukaan, sejumlah besar diakibatkan oleh gaya-gaya ikatan diantara masing-masing atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul dari adsorbat dan permukaan adsorben, semua gaya ini pada dasarnya adalah interaksi elektromagnetik. Faktor-faktor yang mem- pengaruhi adsorpsi antara lain adalah konsentrasi dan temperatur. Pada prinsipnya proses adsorpsi dapat dibedakan atas empat tipe diantaranya adalah: Adsorpsi pertukaran (*exchange adsorption*), Adsorpsi fisika (*physical adsorption*), Adsorpsi kimia (*chemical adsorption*) dan Adsorpsi spesifik (*spesific adsorption*) (Tasrif, 1997).

Model-model persamaan untuk kesetimbangan adsorpsi komponen tunggal terdiri dari tiga model, yaitu: (Noll dkk, 1992; Do, 1998):

1. Model Isoterm Langmuir, yang menyatakan bahwa pada proses adsorpsi terjadi lima asumsi berikut: mekanisme *chemisorption* lebih mendominasi, bentuk molekul adsorbat lapisan tunggal, tidak ada interaksi antara molekul adsorbat, afinitas molekul adsorbat sama untuk setiap tempat pada permukaan padatan homogen, dan molekul adsorben pada lokasi yang spesifik tidak pindah ke permukaan padatan dan selalu *irreversibel*. Model Isoterm Langmuir ini dapat ditulis:

$$Q_e = \frac{Q_0 K C_e}{1 + K C_e} \qquad (1)$$

2. Model Isoterm Freundlich, yang menyatakan bahwa hubungan kesetimbangan dalam adsorben dapat dijelas- kan sebagai berikut: tidak adanya pemisahan molekul pada permukaan setelah teradsorpsi, tidak adanya peristiwa adsorpsi kimia. Persamaan Freundlich ini hanya terjadi pada peristiwa adsorpsi fisis, karena tidak adanya pertukaran konfigurasi molekul pada adsorpsi yang dapat ditulis:

$$Q_e = K C_e^{1/n} \qquad (2)$$

*) Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Panam Pekanbaru 28293 Riau
Telp./Fax (0761) 566937 Email : fadliunri@unri.ac.id

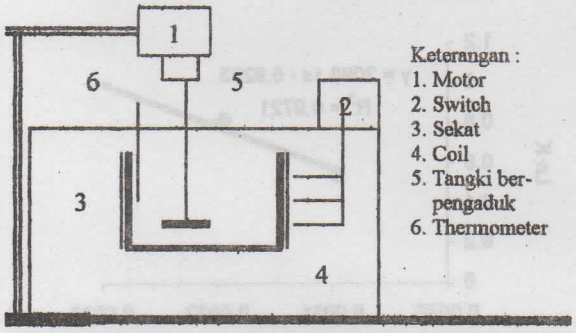
Konstanta kesetimbangan (K) merupakan fungsi suhu (T). Hubungan antara K dengan T dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$K = K_0 \exp\left[\frac{-\Delta H}{RT}\right] \quad (3)$$

Pada penelitian ini akan dipelajari kesetimbangan adsorpsi Zn^{+2} dengan menggunakan kaolin sebagai adsorben, kemudian ditentukan model kesetimbangan adsorpsi yang cocok.

Bahan dan Metode Penelitian

Kaolin, berupa padatan berwarna putih. Kaolin diperoleh dari Desa Sincalang Kecamatan Keritang Kabupaten Indragiri Hilir. Hasil analisa: SiO_2 = 54,54 %, Al_2O_3 = 16,15 %, Fe_2O_3 = 1,13 %, berat jenis = 2,60 gr/mL. $ZnCl_2$. NaOH 0,1 M. Rangkaian alat penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat penelitian

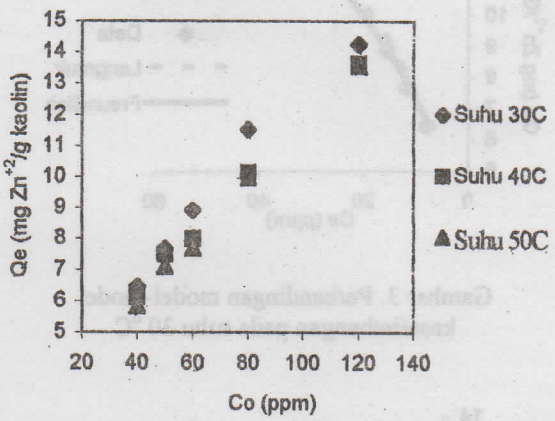
Mula-mula kaolin dihancurkan, digiling dan diayak dengan ayakan –200 + 240 mesh. Kemudian kaolin dimasukkan ke dalam tangki berpengaduk yang telah diisi aquadest, dipanaskan dalam *Water Bath* pada temperatur 30 °C dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm. Setelah waktu 3 jam, matikan semua alat dan cuci kaolin hasil proses menggunakan aquadest sampai netral serta dikeringkan di dalam *oven*. Kaolin yang sudah kering direndam dalam larutan 0,1 M NaOH selama 24 jam.

Penentuan waktu kesetimbangan dilakukan dengan membuat larutan Zn^{+2} dengan konsentrasi 40 ppm kemudian dimasukkan ke dalam tangki berpengaduk yang sudah diisi kaolin sebanyak 5 gram sebanyak 1 liter, lalu diaduk dengan kecepatan 300 rpm. Ambil cairan sampel ± 10 ml tiap 15 menit, kemudian disaring lalu dianalisa dengan menggunakan AAS. Percobaan dihentikan setelah konsentrasi Zn^{+2} dalam larutan relatif konstan, maka diperoleh waktu kesetimbangan.

Percobaan adsorpsi dilakukan dengan membuat larutan Zn^{+2} dengan konsentrasi 40 ppm dimasukkan dalam tangki berpengaduk sebanyak 1 liter, kemudian pada tangki dimasukkan kaolin sejumlah 5 gram dan diaduk dengan kecepatan 300 rpm pada suhu kamar. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu kesetimbangan. Percobaan diulangi dengan konsentrasi 50 ppm 60 ppm, 80 dan 120 ppm.

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil analisa diperoleh daya jerap kaolin terhadap Zn^{+2} dengan konsentrasi 40 ppm sampai 120 ppm, dan variasi suhu yang dilakukan 30 °C sampai 50 °C selama 3 jam dengan kecepatan pengaduk 300 rpm, dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Hubungan konsentrasi awal Zn^{+2} terhadap daya jerap Kaolin

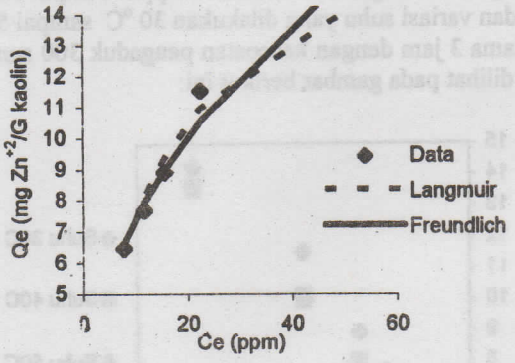
Berdasarkan dari hasil perhitungan yang diperlihatkan pada gambar 2 di atas terlihat bahwa semakin tinggi suhu adsorpsi maka daya jerap kaolin terhadap Zn^{+2} akan semakin menurun. Daya jerap kaolin dari konsentrasi 40 ppm sampai 120 ppm Zn^{+2} sebesar 5,84 mg Zn^{+2}/g kaolin sampai 14,26 mg Zn^{+2}/g kaolin. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Zn^{+2} yang akan dijerap tersebut maka daya jerap kaolin akan semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena semakin banyak ion Zn^{+2} yang terdapat di dalam larutan maka perpindahan ion Zn^{+2} ke permukaan kaolin akan semakin banyak.

Pengujian model kesetimbangan

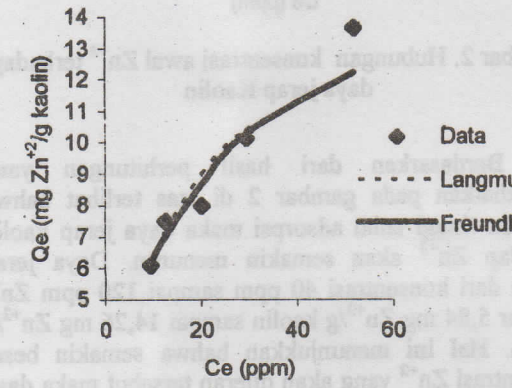
Untuk memperoleh harga konstanta kesetimbangan adsorpsi (K) pada Model Isoterm Langmuir digunakan persamaan 1, sedangkan untuk Model Isoterm Freundlich digunakan persamaan 2. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier untuk setiap variasi suhu adsorpsi.. Kemudian nilai konstanta kesetimbangan tersebut disubstitusikan ke dalam masing-masing persamaan model yang ditinjau sehingga akan diperoleh daya jerap hasil perhitungan yang akan dibandingkan dengan daya jerap hasil penelitian untuk memperoleh persentase kesalahan.

Tabel 1. Harga konstanta kesetimbangan (K) untuk setiap model kesetimbangan

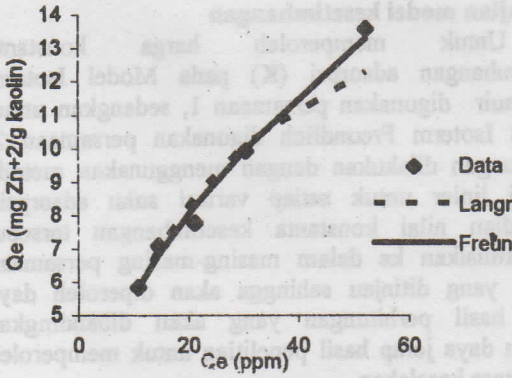
Suhu, °C	$K_{Langmuir}$	$K_{Freundlich}$
30	0,0698	2,6503
40	0,0681	2,2699
50	0,0499	1,7239



Gambar 3. Perbandingan model-model kesetimbangan pada suhu 30 °C



Gambar 4. Perbandingan model-model kesetimbangan pada suhu 40 °C

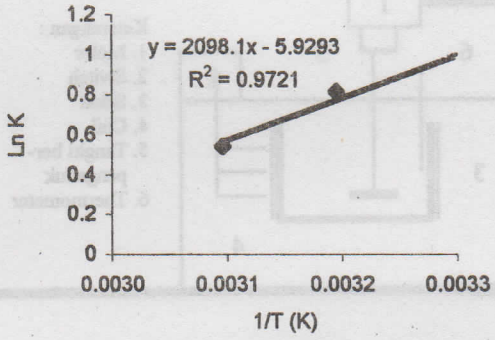


Gambar 5. Perbandingan model-model kesetimbangan pada suhu 50 °C

Dari tabel 1 diperoleh konstanta kesetimbangan semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu pada semua model. Pada gambar 3 sampai 5 dapat dilihat hasil pengujian terhadap 2 macam model kesetimbangan dengan variasi suhu 30 °C sampai 50 °C serta konsentrasi dari 40 sampai 120 ppm. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan kesalahan relatif rata-rata terkecil terdapat pada model kesetimbangan Freundlich yakni 3,53 % pada suhu 30 °C dengan kata lain bahwa model Freundlich merupakan model yang cocok untuk mendeskripsikan kesetimbangan adsorpsi Zn^{+2} dengan kaolin sebagai adsorben.

Pengaruh suhu adsorpsi terhadap konstanta kesetimbangan

Semakin tinggi suhu operasi maka nilai konstanta kesetimbangannya akan semakin menurun, hal ini dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 6. Hubungan suhu adsorpsi dengan konstanta kesetimbangan

Hubungan konstanta kesetimbangan dengan suhu adsorpsi dinyatakan dalam persamaan: $K = K_o.\exp[-\Delta H/RT]$. Dari gambar 6 diperoleh persamaan liniernya $y = 2098,1x - 5,9293$ dan didapatkan panas adsorpsi sebesar 4,1689 kcal/mol.°K dengan kata lain jenis adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisis karena panas adsorpsinya dibawah 20 kcal (Noll dkk, 1992).

Kesimpulan

Kapasitas daya jerap kaolin terhadap Zn^{+2} terbesar dari variasi konsentrasi awal Zn^{2+}: 40 ppm, 50 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 120 ppm adalah 14,26 mg Zn^{+2}/g kaolin pada konsentrasi 120 ppm, suhu 30 °C. Model yang cocok untuk mendeskripsikan kesetimbangan adsorpsi yang terjadi adalah Model Isoterm Freundlich dengan kesalahan relatif rata–rata 3,53 %. Jenis adsorpsinya adalah adsorpsi fisis dengan panas adsorpsi 4,1689 kcal/mol.K.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Forum Heds yang telah membiayai penelitian ini.

Daftar Notasi

Ce = Konsentrasi adsorbat di cairan pada kondisi kesetimbangan (mg Zn^{+2} /L)

Co = Konsentrasi adsorbat mula-mula (mg Zn^{+2} /L)

K = Konstanta kesetimbangan adsorpsi

K_0 = Faktor frekuensi natural

n = Faktor heterogenitas

R = Konstanta ketetapan gas (cal/mol °K)

T = Suhu operasi (K)

Q_0 = Kapasitas jerap maksimum adsorben terhadap adsorbat (mg Zn^{+2}/mg kaolin)

Q_e = Jumlah adsorbat yang terjerap pada adsorben pada kondisi kesetimbangan (mg Zn^{+2}/mg kaolin)

ΔH = Panas adsorpsi (kcal/mol K)

Daftar Pustaka

Barry, C. and W. John, T, (1998), *"Adsorption Technology and Design"*, Reed Elsevier publishing, Oxford.

Dipa, G, and Krishna, G, (2002), "Adsorption of Methylene Blue on Kaolinite", *Applied Clay Science*, Elsevier Science., pp. 250 – 300.

Do, D, (1998), *"Adsorption Analysis Equilibria and Kintics"*, Departement of Chemical Engineering University of Queensland, Queensland.

Noll, K. E., Gounaris, V. and Sun H, W., (1992), *"Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control"*, 1 ed, Lewis Publishers, pp. 21-22, 28-29, 35-36.

Pemerintah Propinsi Riau, (2000), *"Informasi Bahan galian Golongan C di Propinsi Riau"*, Dinas Pertambangan, Propinsi Riau.

Sarkar, D., Essington, M.E., and Misra, K.C, (2000), "Adsorption of Mercury (II) by Kaolinite", *Soil Sci. Soc. AM. J.*, Vol. 64, pp. 1968-1975.

Tasrif, (1997), *"Proses Pengolahan Air Limbah Cair Industri secara Adsorpsi"*, Puslitbang Kimia Terapan LIPI, Jakarta, hal. 9-10.