

PENJERAPAN ION Pb DALAM ZEOLIT-Na

Fadilah

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta

Abstract : Sorption process is have been known for a long time and utilised for removal metal ion from solution. Natural zeolite can be used as adsorbent for heavy metal ion in waste water. The using of activated natural zeolite in the sorption process needs some information of the sorption characteristic. The objective of this research was to study the sorption characteristic in the equilibrium process. The batch equilibrium test was conducted at constant temperature by contacting a certain amount of zeolite-Na with the heavy metal salt solution in an elenmeyer flask. A series of erlenmeyer flasks containing different salt solution concentration placed in a shaker bath. Tha effect of temperature was studied at 27, 35, and 50 °C. The results show that sorption of Pb ions can be viewed as adsorption process either ion exchange process. At higher temperatur, more Pb ions can be adsorp by zeolite-Na.

Keywords : adsorption, ion exchange, equilibrium, zeolite-Na.

PENDAHULUAN

Pembuangan limbah cair dapat menurunkan kualitas badan cair meskipun dilakukan pada badan dengan bentuk kehidupan yang sederhana. Limbah yang dibuang harus mempunyai pengaruh terhadap lingkungan seminimal mungkin. Jika tidak, kemungkinan yang terjadi adalah penurunan kualitas air pada suatu tingkat di mana air tidak dapat lagi digunakan sesuai peruntukannya. Dalam usaha menjaga kualitas lingkungan, pemerintah melalui Menteri Negara LINGKUNGAN HIDUP telah mengeluarkan peraturan mengenai baku mutu air permukaan melalui KEP. MEN.No. 02/MENKLH/1/88.

Keberadaan ion logam yang melebihi syarat baku mutu disebabkan limbah dibuang tanpa melewati pengolahan terlebih dahulu. Salah satu limbah yang sering ditemukan dalam jumlah yang melebihi syarat baku mutu air adalah logam Pb. Limbah dengan kandungan logam Pb diklasifikasikan sebagai limbah beracun dan berbahaya. Limbah ini bersifat karsinogenik dan mutagenik, tidak terbiodegradasi sehingga tahan berada di dalam lingkungan.

Proses yang sering digunakan dalam pengolan limbah cair yang mengandung ion logam adalah adsorpsi dan pertukaran ion. Kedua proses ini merupakan proses penjerapan, yang memungkinkan pemindahan satu atau lebih spesies ion dari fase cair ke fase padat.

Dalam pengambilan ion logam, hal yang paling penting untuk diketahui adalah seberapa besar logam dapat diambil dari limbah dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk proses ini. Penentuan besarnya logam yang

terjerap (*uptake*) dapat diketahui dari data kesetimbangan.

Zeolit alam merupakan bahan mineral yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Zeolit alam ini dapat digunakan sebagai penjerap ion dalam pengolahan limbah. Untuk meningkatkan kualitas, zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter penjerapan ion Pb pada zeolit-Na dengan membuat kurva kesetimbangan (*isotherm*).

DASAR TEORI

Untuk menjelaskan kesetimbangan penjerapan secara kuantitatif, persamaan kimia-fisis yang telah dikenal dapat digunakan. Proses penjerapan dapat didekati dengan fenomena adsorpsi dan pertukaran ion. (Dortner, 1990)

Dalam hal proses penjerapan didekati sebagai fenomena adsorpsi, model yang paling sering digunakan untuk kesetimbangan adsorpsi adalah persamaan Freundlich dan persamaan Langmuir. (AL Duri, 1990)

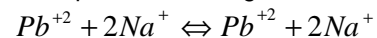
Persamaan Freundlich :

$$q_e = k_f C_e^n \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan Langmuir :

$$q_e = \frac{q^o EC_e}{1 + EC_e} \dots\dots\dots(2)$$

Dalam hal proses penjerapan didekati sebagai proses pertukaran ion, proses pertukaran dapat ditulis sebagai :



Konstanta kesetimbangan dinyatakan dengan aktivitas ditulis sebagai :

$$K_{Pb-Na} = \frac{(a_{Pb})(a_{Na})^2}{(a_{Pb})(a_{Na})^2} = \frac{(\overline{\gamma}_{Pb} y_{mPb})(\overline{\gamma}_{Na} C_{Na})^2}{(\overline{\gamma}_{Pb} C_{Pb})(\overline{\gamma}_{Na} y_{mNa})^2} \dots\dots(3)$$

Untuk suatu komposisi fase cair, C_{Pb} , C_{Na} yang diketahui, maka komposisi ion fase padat y_{mPb} dan y_{mNa} yang setimbang dengan konsentrasi di fase cair dapat ditentukan jika konstanta kesetimbangan diketahui dan koefisien aktivitas di kedua fase diperkirakan. Koefisien aktivitas fase padat diperkirakan dengan persamaan Wilson (Mehablia, 1994), sedangkan koefisien aktivitas fase cair dihitung dengan persamaan yang disusun oleh Pitzer. (Prausnitz dkk, 1999)

Koefisien aktivitas fase padat adalah :

$$\ln \overline{\gamma}_1 = 1 - \ln[y_{m1} + y_{m2} \Lambda_{12}] - \left[\frac{y_{m1}}{y_{m1} + y_{m2} \Lambda_{12}} + \frac{y_{m2} \Lambda_{21}}{y_{m1} \Lambda_{21} + y_{m2}} \right] \dots\dots(4)$$

Di dalam padatan berlaku

$$y_{mPb} + y_{mNa} = 1 \dots\dots(5)$$

sehingga fraksi ekuivalen ionik Pb di padatan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\frac{(y_{mPb})}{(1 - y_{mPb})} = K_{Pb-Na} \left(\frac{C_{Pb} \overline{\gamma}_{Pb}}{\overline{\gamma}_{Pb}} \right) \left(\frac{\overline{\gamma}_{Na}}{C_{Na} \overline{\gamma}_{Na}} \right)^2 \dots\dots(6)$$

METODE PENELITIAN

Zeolit alam yang berasal dari Sukabumi dibuat menjadi ukuran lolos ayakan 20 mesh dan tertahan ayakan 30 mesh. Zeolit dicuci dengan akuades kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 250 °C selama 1-2 jam. Untuk mendapatkan zeolit dalam bentuk Na, zeolit drendam dalam larutan NaOH 1N selama 48 jam. Setelah itu dicuci dengan akuades sampai bebas NaCl, lalu dikeringkan dalam oven.

Larutan garam Pb-nitrat sebanyak 100 mL dengan konsentrasi tertentu ditempatkan dalam labu erlenmeyer 250 mL. Setetes larutan asam nitrat 0,1 N ditambahkan ke dalam larutan untuk membuat pH larutan antara 3,5 sampai 4. Kemudian 5 gram zeolit dimasukkan. Data isoterm didapatkan dengan memvariasikan konsentrasi larutan awal. Labu ditempatkan dalam shaker bath pada suhu 27 °C dan dilakukan penggoyangan selama 7 jam. Setelah selesai diambil duplikan larutan untuk ditentukan

kandungan ion logam Pb. Dilakukan variasi suhu sistem 35 dan 50 °C.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi ion logam di dalam zeolit dihitung dengan menggunakan neraca massa Pb sebelum dan sesudah proses :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \dots\dots(7)$$

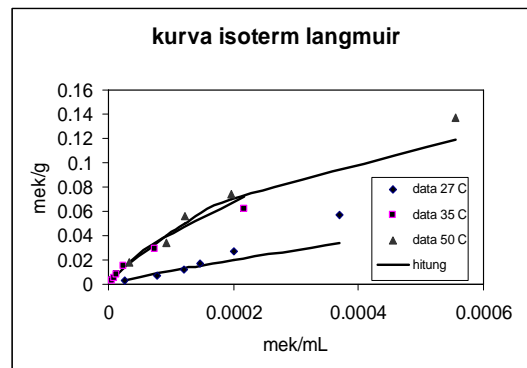
Proses penjerapan didekati sebagai fenomena adsorpsi.

Tabel 1 memperlihatkan hasil perhitungan model kesetimbangan. Secara umum, sistem yang ditinjau cocok dengan kedua persamaan. Keduanya memberikan ralat yang hampir sama.

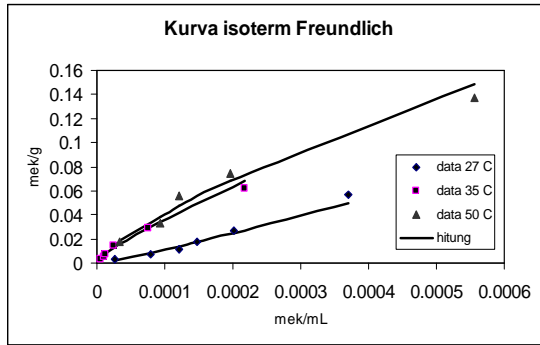
Kesesuaian dengan persamaan Langmuir menunjukkan bahwa adsorpsi yang terjadi hanya membentuk satu lapisan adsorbat pada permukaan. Kecocokan terhadap persamaan Freundlich disebabkan karena persamaan ini memperhitungkan heterogenitas permukaan adsorben dan interaksi dengan yang terjerap. Profil hasil perhitungan dengan konstanta yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Konstanta dan ralat berbagai model isoterm.

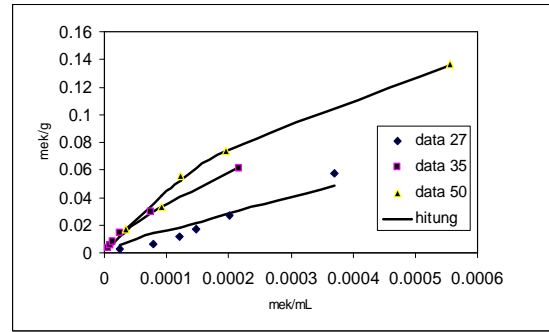
Isoterm	Konstanta	27 °C	35 °C	50 °C
Freundlich	K_f	362,17	59,76	42,66
	n	1,127	0,803	0,755
	ralat	13,39	11,10	8,29
Langmuir	q^0	0,171	0,171	0,196
	ralat	18,94	10,81	8,46



Gambar 1. Kurva isoterm Langmuir



Gambar 2. Kurva isoterm Freundlich



Gambar 3. Kurva isoterm Pb-Na pada berbagai suhu

Proses penjerapan didekati sebagai fenomena pertukaran ion.

Perhitungan kesetimbangan pertukaran ion melibatkan perhitungan koefisien aktivitas fase padat dan fase cair. Karena cairan sangat encer, maka hanya suku pertama dari persamaan Pitzer yang dipergunakan untuk menghitung koefisien aktivitas fase cair. Konstanta kesetimbangan dan parameter Wilson dihitung secara bersama dengan metode coba-coba. Nilai parameter yang dipakai adalah nilai yang memberikan jumlah kuadrat kesalahan (SSE, sum of square of error) dari fraksi ekuivalen ionik yang terkecil. Hasil perhitungan parameter dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Konstanta kesetimbangan pertukaran ion, parameter Wilson dan ralat rata-rata.

	27 °C	35 °C	50 °C
K_{Pb-Na}	1,59E-4	6,98E-4	2,46E-3
Λ_{Pb-Na}	1,1526	0,5430	0,6240
Λ_{Na-Pb}	0,154	1,05	1,246
ralat	48,65%	8,18%	5,35%

Dari tabel 2 terlihat bahwa ralat yang diberikan relatif baik. Model Wilson dapat menggambarkan ketidakidealan dalam sistem. Profil hasil perhitungan dengan konstanta yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 3.

Pengaruh suhu.

Dari gambar 1, 2, dan 3 terlihat bahwa uptake ion bertambah dengan naiknya suhu. Pada suhu di atas suhu kamar, uptake ion berkisar antar 86 – 96 % dari jumlah semula. Peningkatan uptake disebabkan dengan bertambahnya suhu maka reaktivitas ion meningkat, sehingga pertukaran ion akan bertambah. Dengan meningkatnya suhu, difusivitas ion dalam pori-pori zeolit akan meningkat.

Kondisi proses yang endotermis dapat dilihat pada nilai konstanta Langmuir, q^0 , yang naik dengan bertambahnya suhu. Naiknya nilai konstanta kesetimbangan dengan meningkatnya suhu menunjukkan bahwa proses pertukaran ion yang dipelajari cenderung berperilaku sebagai *chemisorption*.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan :

1. Proses penjerapan ion Pb dalam zeolit-Na dapat didekati sebagai proses adsorpsi dan proses pertukaran ion.
2. Persamaan Freundlich dan persamaan Langmuir dapat menggambarkan proses penjerapan sebagai proses adsorpsi.
3. Persamaan Wilson dapat menggambarkan ketidakidealan sistem.
4. Semakin besar suhu, uptake kesetimbangan meningkat.
5. Proses penjerapan cenderung berperilaku sebagai *chemisorption*.

DAFTAR LAMBANG

- Ce = konsentrasi ion dalam larutan, mek/L
- E = konstanta pada persamaan Langmuir
- K_f = konstanta pada persamaan Freundlich
- K_{Pb-Na} = konstanta kesetimbangan pertukaran ion
- m = massa zeolit, g

n = konstanta empiris pada persamaan Freundlich
 q_e = konsentrasi ion dalam zeolit, mek/g
 V = volum larutan
 Y_{mi} = fraksi ioik spesies i dalam padatan
 \underline{y}_i = koefisien aktivitas i fase cair
 γ_i = koefisien aktivitas i fase padat
 Λ_{ij} = parameter interaksi biner Wilson

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Duri, B., and McKay, G., 1990, " Comparison in Theory and Aplication of Several Mathematical Models to Predict Kinetics of Single Component Batch Adsorption Systems", *Trans. I. Chem. E.*, 68, 254-268
- Castellan, G.W., 1985, "Physical Chemistry", 2 ed., pp. 435-437, Addison Wesley Publishing Co., Massachusetts
- Dorfner, K., 1990, " Ion Exchanger", pp. 1-187, Walter de Gruyter, Berlin.
- Mehabilia, M.A., Shalcross, D.C., and Stevens, G.W., 1994, "Prediction of Multicomponent Ion Exchange Equilibria", *Chem. Eng. Sci.*, 49, 2277-2866
- Prausnitz, J.M., Lichtentaler, R.N., and de Azevedo, E.G., 1999, "Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria", 3 ed., pp. 287-839, Prentice Hall Inc., new Jersey