

PENGAMBILAN ION LOGAM Mn^{2+} DAN Ni^{2+} MENGGUNAKAN Na-ZEOLIT: SUATU USAHA PENGKAJIAN PEMANFAATAN SUMBER DAYA ALAM INDONESIA

Didik Setiyo Widodo ¹⁾, Eko Sugiharto ²⁾, Endang Tri Wahyuni ²⁾

¹⁾Jurusan Kimia FMIPA Universitas Diponegoro

²⁾Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Zeolit alam asal Cikalong Jawa Barat telah digunakan untuk pengambilan ion Mn^{2+} dan Ni^{2+} dari larutannya, dengan cara mempertukarkan ion-ion tersebut dengan ion Na^+ dalam zeolit alam termodifikasi berdasarkan sistem batch. Penelitian ini juga mengkaji pengaruh keberadaan ion Cu^{2+} di dalam sistem pertukaran kation. Konsentrasi ion-ion dianalisis dengan metode spektrofotometri serapan atom. Data eksperimen menunjukkan bahwa zeolit alam yang telah dimodifikasi dengan Na^+ dapat digunakan untuk mengambil ion Mn^{2+} dan Ni^{2+} melalui mekanisme pertukaran kation. Uji selektivitas memperlihatkan bahwa Na-Zeolit lebih selektif terhadap Mn^{2+} dibandingkan terhadap Ni^{2+} . Urutan selektivitas ini tidak dipengaruhi oleh keberadaan Cu^{2+} . Na-Zeolit mampu mempertukarkan kation Mn^{2+} sampai 57,73% dalam keadaan sendiri dan 19,72% dalam keadaan bersama; Ni^{2+} sampai 37,71% dalam keadaan sendiri dan hanya 5,81% dalam keadaan bersama kation logam lain di dalam larutannya.

Kata kunci: Na-zeolit, pengambilan ion, selektivitas

UPTAKE OF Mn^{2+} AND Ni^{2+} IONS BY Na-ZEOLITE: A STUDY OF INDONESIA NATURAL RESOURCES ENFORCEMENT EFFORT

ABSTRACT

Study on metal ion uptake from its solution has been conducted. The experiment was performed by feeding Mn^{2+} and Ni^{2+} solutions to a batch system of ion exchanger, Na-zeolite. Effect of Cu^{2+} in the solution and simultaneous existence of the ions were also studied. Ions concentration before and after processes was evaluated by atomic absorption spectrophotometer. Result shows that Na-modified zeolite uptake ions tested in some extends. Na-zeolite selectivity toward Mn^{2+} and Ni^{2+} shows decreasing trend by the effect of Cu^{2+} existence in test solutions, while selectivity order was not affected. Na-zeolite exchanged Mn^{2+} and Ni^{2+} ions up to 57.73% and 37.71% in its sole ion solution, respectively, and 19.72% and 5.81% in the presence of Cu^{2+} in simultaneous ions solution.

Keywords: Na-Zeolite, ion uptake, selectivity

PENDAHULUAN

Senyawaan logam berat mangan dan nikel yang berada di lingkungan perairan biasanya berasal dari air limbah yang dibuang tanpa pengolahan yang baik. Industri-industri yang berpotensi sebagai sumber pencemar antara lain adalah industri pemurnian logam, pelapisan logam, baja, baterai sel kering, cat, pewarna hingga industri yang berhubungan dengan pengerjaan penyambungan logam.

Mangan (Mn) merupakan logam berat esensial yang bermanfaat bagi manusia, tetapi pada tingkat tertentu memiliki potensi sebagai racun.

Logam Ni merupakan racun yang memiliki efek ganda. Keadaan tersebut semakin berbahaya karena logam-logam tersebut mengalami interaksi di dalam tubuh dengan mineral lain yang diperlukan (Goyer, 1986). Tingkat bahaya dari logam-logam tersebut mutlak memerlukan penanganan agar diperoleh lingkungan perairan yang tidak tercemar. Suatu usaha penanganan yang semakin berkembang adalah dengan memanfaatkan zeolit.

Zeolit merupakan senyawa tektosilikat yang berbentuk kristal aluminosilikat terhidrat yang mengandung ion-ion logam-logam alkali dan

alkali tanah di dalam kerangka tiga dimensi kristal. Zeolit memiliki kerangka terbuka yang dicirikan oleh adanya jaringan rongga-rongga atau pori-pori yang terdapat di dalam celah-celah kristalnya. Struktur tersebut terbangun atas rantai-rantai tetrahedral yang terangkai pada sudut-sudutnya yang semakin panjang dan besar dalam ukuran tiga dimensi. Pori yang terbentuk berperan dalam sifat penyaring molekul, katalis dan penukar ion (Imelik, *et.al.*, 1994). Beberapa silikon di dalam zeolit tergantikan oleh atom aluminium yang memberikan struktur bermuatan negatif (Husaini, 1992). Muatan ini diimbangi oleh adanya kation seperti natrium, kalsium, kalsium dan sebagainya yang terikat kurang kuat. Keadaan ini memungkinkan penggantian ion-ion tersebut dengan kation logam lain di dalam larutan dengan cara pertukaran ion. Pertukaran ion pada zeolit terjadi apabila kation-kation pada sistem pori zeolit digantikan oleh kation lain dari larutan hingga mencapai kesetimbangan. Pertukaran ini semakin baik pada penggunaan sistem larutan umpan yang cukup besar.

Sebagai penukar ion zeolit telah dimanfaatkan untuk menghilangkan amonium dan ion logam dalam proses pemurnian air minum serta ion logam berat dalam limbah (Blanchard, *et.al.*, 1984; Haralambous, 1992). Studi pengambilan logam-logam berat di perairan pada umumnya dilakukan dengan simulasi pertukaran ion untuk sistem larutan tunggal, sementara keberadaan logam-logam di perairan selalu bercampur dengan logam-logam lain, sehingga perlu dilakukan kajian pengambilan ion logam di perairan untuk sistem larutan campuran ion-ion logam. Zeolit alam memiliki struktur rongga yang mengandung kation-kation yang dapat dipertukarkan dengan kation lain di dalam larutan. Ukuran rongga tersebut memungkinkan berbagai ion logam masuk ke dalam struktur zeolit secara bersamaan dan melakukan pertukaran ion. Fakta ini memungkinkan pengambilan ion-ion logam dari larutan dengan

cara pertukaran kation baik di dalam sistem larutan tunggal maupun campuran ion-ion. Dalam penelitian ini diujikan ion-ion Mn^{2+} dan Ni^{2+} dalam sistem larutan tunggal dan campuran, dan ion lain, Cu^{2+} untuk mengkaji kemampuan dan selektivitas zeolit alam termodifikasi dalam mengambil ion-ion logam dari larutannya dan pengaruh keberadaan ion logam lain di dalam sistem pertukaran ion.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan penelitian yang digunakan diperoleh dari BDH kecuali $MnSO_4 \cdot H_2O$ dari E-Merck. Akuades dan akuabides bebas mineral diperoleh dari laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM. Zeolit alam diambil dari Cicalong Jawa Barat.

Alat-alat yang digunakan meliputi penumbuk porselen dan ayakan 100 dan 250 *mesh*, termometer dan alat-alat gelas. Pemanas dan pengaduk magnet *Thermoline Multi-stir plate 4* buatan Sybron Thermoline. Analisis ion-ion logam dikerjakan dengan Spektrofotometer Serapan Atom buatan PERKIN-ELMER model 1108.

Pertukaran ion diawali dengan modifikasi zeolit alam sebagai Na-Zeolit sebagaimana dikembangkan oleh Loukatos Loukatos, *et.al.*, 1993) sebagai berikut: enampuluh gram zeolit ukuran 100 s.d 250 *mesh* dicampur dengan 900 mL larutan NaCl 1 M pada suhu 70°C selama \pm 5 jam. Setiap hari larutan NaCl diganti dengan larutan baru selama seminggu. Campuran disaring dan zeolit dikeringkan pada suhu 80 ° C. Zeolit kering (Na-Z) digunakan sebagai bahan penukar ion.

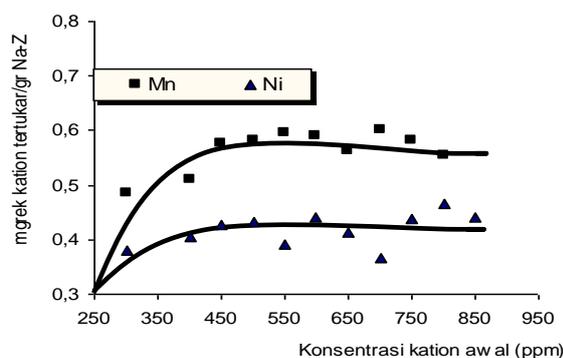
Uji selektivitas zeolit terhadap ion-ion logam dilakukan di dalam sistem *batch*. Pengujian ini dimaksudkan untuk optimasi konsentrasi awal sampel pada pertukaran ion dan selektivitas zeolit terhadap ion-ion logam, sebagai berikut: larutan Mn^{2+} sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam gelas piala yang telah diisi Na-Z sebanyak 1 gram. Konsentrasi Mn^{2+} divariasi pada 300,

400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800 dan 850 ppm. Campuran diaduk dengan kecepatan sama selama 3 jam, kemudian disaring dan filtrat dianalisis dengan AAS. Prosedur ini juga diterapkan terhadap larutan Ni^{2+} dan larutan ion-ion tersebut bila di dalamnya terdapat ion logam lain Cu^{2+} .

Telah kualitatif kinetika pertukaran kation dilakukan pada konsentrasi optimum pertukaran ion dalam sistem larutan tunggal dan campuran dengan variasi waktu pengadukan dari 0 sampai dengan 60 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pendahuluan memperoleh informasi bahwa sebagian kation-kation terserap oleh pori-pori zeolit tanpa interaksi pertukaran ion. Keadaan ini semakin menambah jumlah kation yang dapat terambil selama proses pertukaran ion itu sendiri. Pertukaran ion dengan kation-kation yang diujikan menghasilkan pola kurva yang sama. Jumlah kation terambil akan semakin bertambah dengan semakin besarnya konsentrasi kation awal yang diumpangkan. Pola tersebut secara grafis disajikan pada gambar 1 di bawah.



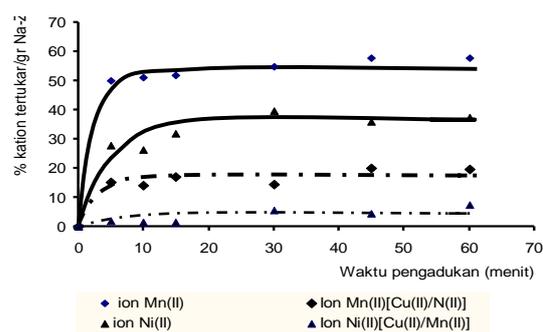
Gambar 1. Hubungan konsentrasi awal kation terhadap jumlah kation tertukar

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa kondisi optimum pertukaran ion Na-Z dengan Mn^{2+} dan Ni^{2+} berada pada konsentrasi 500 ppm. Jumlah Mn^{2+} yang tertukar lebih besar dari jumlah Ni^{2+} .

Keadaan ini terkait dengan kecenderungan Na-Z terhadap Mn^{2+} yang lebih besar dibandingkan terhadap Ni^{2+} , dengan kata lain Na-zeolit lebih selektif terhadap Mn^{2+} dibandingkan dengan

Ni^{2+} . Tingkat selektivitas ini berhubungan dengan ukuran jari-jari ion terhidrat masing-masing ion logam dalam larutannya. Ukuran yang lebih kecil memungkinkan interaksi yang lebih sering dan lebih kuat.

Gambar 2 berikut menunjukkan bahwa untuk terjadinya pertukaran kation diperlukan waktu kontak tertentu. Sudut pandang ini melahirkan tiga daerah relatif pertukaran ion; sangat cepat, lambat dan sangat lambat yang menggambarkan tak ada lagi fenomena pertukaran ion karena telah terlewatnya kapasitas pertukaran ion Na-zeolit. Waktu pertukaran ion ditentukan oleh difusi ion di sekitar bahan penukar, difusi untuk mencapai sisi aktif pertukaran ion, proses pertukaran ion, difusi ion keluar dari partikel bahan penukar dan difusi ion tertukar pada larutan di sekitar bahan penukar (Ahuja, 1989).



Gambar 2. Hubungan antara waktu pengadukan dan jumlah kation tertukar dalam sistem larutan tunggal dan multikation.

Adanya tiga daerah kurva yang menggambarkan laju pertukaran ion tersebut menjelaskan proses-proses yang harus dilewati untuk terjadinya pertukaran kation secara sempurna. Pengaruh keberadaan kation lain di dalam sistem pertukaran ion menyebabkan ion-ion di dalam larutan berkompetisi satu dengan yang lain.

Kompetisi ini tidak berpengaruh pada urutan selektivitas zeolit terhadap Mn^{2+} dan Ni^{2+} , sebagaimana dapat disimpulkan dari kurva pada gambar 2 di atas. Secara grafik digambarkan pula bahwa pengaruh kompetisi ini hanya menurunkan jumlah ion logam tertentu yang terambil melalui pertukaran ion. Penurunan

jumlah ion logam terambil ini mengindikasikan telah terjadinya pertukaran ion lain secara bersamaan.

Gambar 2 di atas juga memberikan indikasi bahwa zeolit alam asal Cikalong Jawa Barat bisa digunakan untuk mengambil ion-ion logam berat Mn^{2+} , Ni^{2+} baik dalam larutan tunggal dan campuran serta dengan keberadaan ion logam lain Cu^{2+} . Fakta ini memberikan harapan pada pemecahan masalah limbah dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia melimpah sehingga mampu menekan biaya operasional penanganan limbah. Tingkat kemampuan zeolit dalam pengambilan ion logam dari larutannya diperkirakan masih bisa ditingkatkan dengan perlakuan lain, seperti pH sistem, yang belum tergarap dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Zeolit alam asal Cikalong berpotensi sebagai bahan penukar kation untuk mengambil ion-ion logam uji pencemar perairan sampai tingkat 500 ppm untuk volume umpan 50 mL. Selektivitas Na-zeolit dalam pertukaran ion terhadap kation-kation yang diujikan menurun sesuai urutan $Mn^{2+} > Ni^{2+}$, yang tidak dipengaruhi oleh keberadaan kation logam lain. Keberadaan ion lain di dalam sistem akan menurunkan jumlah ion logam tertentu yang terambil (tertukar).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Eko Sugiharto, DEA sebagai pembimbing atas diskusi dan analisisnya yang tajam, Dra. Endang T.W., M.S. atas diskusi, saran-saran penulisan dan bantuan sampel zeolitnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Goyer, R.A., 1986, *Toxicology*, edisi ke-3, Macmillan Pub. Co., New York, 581-583 dan 609-614.
- Imelik, B. and Vedrine, J.C., 1994, *Catalist Characterization-Physical Techniques for Solid Materials*, Plenum Press, New York, 26, 418.
- Husaini, 1992, Daya Pertukaran Ion Zeolit Polmas terhadap Beberapa Jenis Logam Berat, *Bulletin PPTM*, vol. 14, no. 2, 15-29.
- Blanchard, G., Maunaye, M., and Martin, G., 1984, Removal of Heavy Metals from Waters by Means of Natural Zeolites, *Wat. Res.*, vol. 18, no. 12, 1502-1507.
- Haralambous, A., 1992, The Use of Zeolite for Ammonium Uptake, *Wat. Sci. Tech.*, vo. 25, no. 1, 139-145.
- Loukatos, A., Loizidou, M., and Spyrellis, N., 1993, Ion Exchange Behaviour of Mercury Using Natural and Synthetic Zeolites, *Fransenius Envir. Bull.*, vol. 2, 250-255.
- Ahuja, S., 1989, *Selectivity and Detectability Optimations in HPLC*, John Wiley and Son, Inc., New York, 242-243.