

PENJERAPAN KROM LIMBAH CAIR PROSES PENYAMAKAN KULIT OLEH ZEOLIT ALAM

ADSORPTION OF CHROMIUM FROM TANNING WASTEWATER BY NATURAL ZEOLITE

Eti Rohaeti, Muhammad Sri Saeni, Bibiana Widiyati Lay dan Astiana Sastiono
Departemen Kimia FMIPA IPB, Bogor
email: er_a444@hotmail.com

Abstrak

Perolehan kembali krom limbah cair penyamakan kulit dengan cara pengendapan telah dilaporkan menjadi mahal manakala konsentrasi krom dalam limbah sudah sedikit. Karena itu penggunaan zeolit alam yang keberadaannya di Indonesia cukup melimpah dan telah diketahui sebagai penjerap dan penukar kation krom dari larutan krom pada konsentrasi rendah, menjadi penting. Pada penelitian ini limbah cair proses penyamakan kulit diendapkan dengan menggunakan larutan NaOH 1,5 M dan filtrat dari pengendapan ini dilalirkan kedalam unggun zeolit. Limbah cair penyamakan kulit berasal dari dua pabrik penyamakan kulit yaitu penyamakan Citeureup dan penyamakan Gunung Putri di Kabupaten Bogor. Zeolit berasal dari penambangan di daerah Cikalong, Cikembar dan Lampung. Zeolit asal Cikalong dan Cikembar berjenis mordenit dengan tingkat kemurnian berturut-turut 79% and 84%. Zeolit asal Lampung berjenis klinoptilolit dengan tingkat kemurnian 94%. Kapasitas tukar kation dari zeolit Cikalong, Lampung dan Cikembar berturut-turut 94.14, 89.62 and 79.70. me/100 g. Kapasitas penjerapan terhadap krom dari larutan krom simulasi masing-masing sebesar 710, 1629 dan 1150 mg/kg untuk zeolit asal Cikalong, Lampung and Cikembar pada cara *batch* dan sebesar 1350, 1507 and 399 mg/kg pada cara unggun.. Kapasitas jerapan ketiga zeolit ini dengan cara unggun terhadap krom yang berasal dari limbah berturut-turut sebesar 82, 160, and 82 mg/kg.

Kata kunci : krom, penyamakan kulit, zeolit, adsorpsi.

Abstract

Chromium removal and recovery carried out by using precipitation process was reported to become costly at lower cation concentration. Therefore, the use of natural zeolit, as one of mineral abundance in Indonesia, becomes an important ion exchanger and adsorbent for this cation at low concentration. In this research, chromium's tanning wastewater was first reacted with a precipitating agent, sodium hydroxide 1,5 M. The remaining, chromium in the filtrate, was passed through columns packed with zeolit . Tanning wastewaters are originated from two tanneries, namely Gunung Putri and Citeureup in Kabupaten Bogor. The zeolite used is originated from Cikalong, Cikembar and Lampung. The first two are mordenite type with purity grade 79% and 84% respectively. The zeolite originated from Lampung was clinoptilolite type with 94% purity grade. The capacity of cation exchange of Cikalong zeolite, Lampung and Cikembar were 94,14, 89,62 and 79,70 respectively. The capacity of chromium adsorption of Cikalong zeolit, Lampung and Cikembar under chromium synthetic solution with batch operation were 1710, 1629 and 1150 mg/kg respectively. The capacity of chromium adsorption of Cikalong zeolit Lampung, and Cikembar under chromium synthetic solution with fixed-bed operation were 1350, 1507 and 399 mg/kg respectively. Under spent tanning solution with fixed-bad method the capacity of chromium adsorption of these three zeolit were 82, 160, and 82 mg/kg respectively.

Keywords: chromium, tanning, zeolite, adsorption.

1. PENDAHULUAN

Selain mendatangkan keuntungan, industri penyamakan kulit (*tannery*) merupakan kegiatan yang menimbulkan bahaya bagi lingkungan, karena merupakan industri yang potensial menghasilkan berbagai zat pencemar. Berbagai bahan buangan kegi-

atan penyamakan kulit pada prinsipnya dapat dikelompokkan sesuai dengan tiga tahapan pokok kegiatan teknik penyamakan kulit yaitu: proses pra-penyamakan, penyamakan dan pasca-penyamakan.

Karakteristik limbah pada proses pra-penyamakan adalah kadar bahan organik dan anorganik yang

cukup tinggi. Bahan organik berasal dari pembuangan bagian kulit yang tidak berguna dan bahan anorganik berasal dari berbagai bahan pembantu seperti, kalsium hidroksida, natrium sulfida dan ammonium sulfat. Limbah ini bila tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan bau.

Proses penyamakan (*tanning*) adalah kegiatan inti dalam industri penyamakan. Berbagai bahan penyamak dapat digunakan, tetapi bahan yang paling umum digunakan adalah larutan krom(III). Sembilan puluh persen penyamakan di dunia menggunakan krom (Ortega *et al*, 2005). Limbah cair dari proses penyamakan (*tanning*) sangat potensial mencemari lingkungan karena konsentrasi kromnya yang cukup tinggi. Konsentrasi krom limbah *tanning* dapat mencapai 8000 mg/L (Esmaili *et al* 2005). Krom(III) bila teroksidasi menjadi krom bervalensi enam merupakan senyawa yang karsinogen (ATSDR, 2000).

Di Kabupaten Bogor terdapat potensi pencemaran lingkungan oleh pembuangan krom limbah penyamakan kulit. Dinas Perindustrian Kabupaten Bogor tahun 2003 melaporkan ada 4 industri penyamakan kulit di wilayah ini. Pemeriksaan pendahuluan pada limbah *tanning* di salah satu perusahaan menunjukkan data kadar krom sebesar 4000 mg/L. Dari berbagai laporan dan tanya jawab yang dilakukan di tiga perusahaan diperkirakan jumlah krom terbuang dari limbah *tanning* sebanyak 29 kg/hari. Sementara, sistem pengolahan limbah cair yang ada di tiga perusahaan tersebut tidak memadai, terutama karena menggabungkan semua limbah cair, termasuk limbah cair yang mengandung krom, dalam satu bak penampungan untuk kemudian diendapkan. Endapan yang mengandung krom ini kemudian dibuang di suatu lahan pembuangan. Cara pembuangan demikian berpotensi mencemari tanah di sekitar tempat pembuangan yang pada akhirnya dapat mencemari badan air.

Upaya terbaik menangani pencemaran akibat buangan limbah adalah mengurangi limbah pada sumbernya. Mengingat masih tingginya konsentrasi krom dalam limbah *tanning*, maka pengambilan dan pemanfaatan ulang (*recovery dan reuse*) krom dimaksud akan dapat mengurangi jumlah pembuangan krom ke lingkungan, sekaligus akan mengurangi pemakaian dan biaya pembelian bahan baku krom. *Recovery* krom dengan cara mengendapkan krom sebagai krom hidroksida telah lama dikenal. Tetapi pengendapan oleh penambahan hidroksida

atau basa ini hanya efisien ketika kadar krom dalam limbah masih cukup tinggi. Pada konsentrasi lebih rendah diperlukan cara lain. Zeolit yang dapat digunakan sebagai bahan penjerap merupakan salah satu solusi penanganan limbah krom dengan konsentrasi krom kurang dari 20 mg/L (Barros *et al* 2003). Zeolit alam Indonesia potensinya cukup melimpah dan lokasinya tersebar di berbagai pulau diantaranya berasal dari penambangan di Cikalong, Lampung dan Cikembar.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kemampuan jerapan zeolit alam asal Lampung, Cikalong dan Cikembar dalam menjerap krom yang terdapat dalam limbah cair proses penyamakan kulit.

2. METODE PENELITIAN

Bahan zeolit disiapkan dengan penumbukan dan pengayakan sehingga diperoleh ukuran butir +20-40 mesh, dicuci lalu diaktifasi dengan pemanasan pada suhu 200°C selama 2 jam, sehingga zeolit siap untuk digunakan pada perlakuan penjerapan. Zeolit juga dikarakterisasi melalui pemeriksaan nilai kapasitas tukar kation (KTK), penentuan jenis dan komposisi mineral dengan difraksi sinar X dan uji kimia, pengukuran massa jenis serta pengujian luas pori dengan alat mikromeritik.

Contoh limbah *tanning* berasal dari dua pabrik penyamakan kulit yang berlokasi di Kecamatan Gunung Putri dan Kecamatan Citeureup Kabupaten Bogor. Limbah ini diendapkan lebih dulu dengan penambahan larutan NaOH 1,5 M sehingga dicapai pH 8 atau 9. Filtrat kemudian dipisahkan dari endapan untuk perlakuan penjerapan pada zeolit.

Sebelum diberi perlakuan dengan larutan krom asal limbah, zeolit diuji sifat penjerapannya terhadap krom dengan menggunakan larutan krom simulasi. Larutan krom simulasi disiapkan dengan melarutkan $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam akuades. Digunakan dua metode penjerapan yaitu cara pengocokan (*batch*) dan cara unggun (*fixed-bed*) yaitu pengaliran larutan ke dalam kolom gelas yang berisi zeolit.

Pada penjerapan cara *batch*, digunakan 2 gram zeolit yang dikocok dengan 50 ml larutan krom simulasi (20-400 mg/L Cr^{3+}) selama 40 jam. Massa krom terjerap dihitung dari selisih konsentrasi awal (sebelum pengocokan) dan akhir (setelah pengocokan). Kapasitas jerapan dihitung sebagai massa krom terjerap dibagi dengan massa zeolit.

Penjerapan cara unggul terhadap larutan krom simulasi digunakan 20, 25 dan 30 gram zeolit yang dimasukkan ke dalam kolom gelas berkerat (diameter kolom 2,3 cm) dan distabilkan dengan perendaman selama semalam. Larutan krom simulasi (20 ppm Cr^{3+}) dialirkan ke dalam unggul zeolit tersebut dengan laju alir 5, 8 dan 12 ml/menit sampai unggul mencapai keadaan jenuh. Cairan yang keluar dari kolom (*effluent*) ditampung dalam fraksi-fraksi yang bervolume 20 ml. Jumlah krom terjerap dihitung dengan bantuan perangkat lunak *Curve Expert versi 1.3* melalui pembentukan kurva *breakthrough* yaitu kurva aliran waktu terhadap C/Co, dengan C menyatakan konsentrasi krom dalam efluen dan Co konsentrasi dalam influen. Kapasitas jerapan dihitung pada kondisi C/Co 50%.

Penjerapan pada berbagai massa unggul dan laju aliran larutan dimaksudkan untuk menetapkan laju optimum penjerapan krom oleh zeolit dalam unggul. Penjerapan akan lebih besar pada laju alir rendah. Hal ini disebabkan pada laju alir tersebut tersedia cukup waktu untuk interaksi krom dan zeolit yang menyebabkan krom terjerap pada zeolit. Tetapi dari sisi penggunaan waktu laju alir rendah merugikan karena proses penjerapan terlalu lama.

Penjerapan limbah krom dilakukan dengan metode unggul, sebab menurut Selim dan Spark (2001) walaupun kapasitas jerapan cara *batch* lebih tinggi dibandingkan cara unggul, cara unggul relatif lebih mudah diaplikasikan. Untuk penjerapan limbah krom dipilih massa unggul 30 gram dan laju alir optimum (dari data aliran larutan krom simulasi).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi ketiga zeolit disajikan dalam Tabel 1. Tampak bahwa zeolit asal Lampung berjenis klinoptilolit dan zeolit asal Cikembar dan Cikalong berjenis mordenit. Jenis zeolit klinoptilolit mempunyai rumus unit sel $(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96})\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ sedangkan mordenit $\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96})\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ (Shepard, 1973). Zeolit jenis klinoptilolit dan mordenit merupakan jenis yang paling banyak terdapat di Indonesia (Sastiono, 1993).

Dari Tabel 1 tampak pula bahwa zeolit asal Cikalong paling baik dari sisi kapasitas tukar kation (KTK)-nya sebesar 92,14 me/100g. Angka ini lebih tinggi dari zeolit Lampung (89,62 me/100 gram) dan zeolit asal Cikembar (79,70 me/100g). Penjerapan suatu kation, contohnya ion Cr^{3+} , oleh

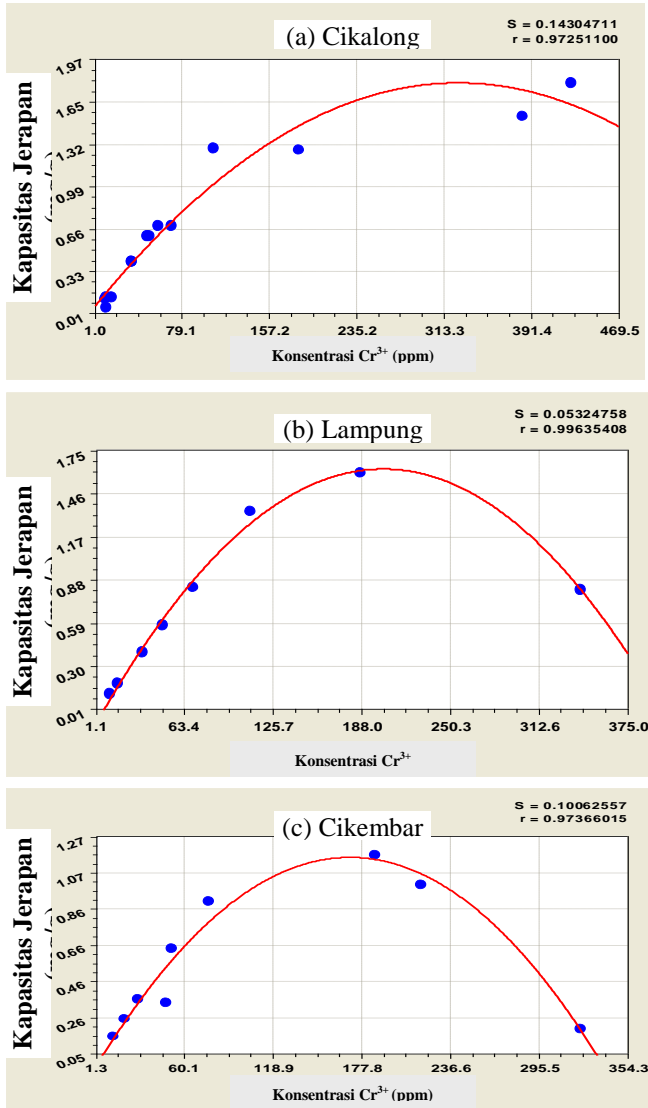
suatu bahan penjerap (zeolit) pada dasarnya terjadi dengan mekanisme pertukaran kation. KTK adalah angka yang menunjukkan jumlah kation yang dapat ditukar atau diganti dari suatu satuan massa zeolit. Tetapi kapasitas penjerapan juga tergantung pada faktor lain, yaitu struktur, luas dan bentuk pori serta jenis dan ukuran kation yang ditukar.

Nilai KTK suatu zeolit terkait erat dengan perbandingan komposisi Si, Al dan Fe. Nilai KTK semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah Al dan Fe dalam struktur kerangka dasar zeolit. Dari data % kandungan SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 (Tabel 1) nilai perbandingan jumlah (ion Al+Fe) terhadap jumlah total (ion Si+Al+Fe) masing-masing sebesar 0,80; 0,82 dan 0,81 untuk zeolit asal Cikalong Lampung dan Cikembar. Artinya, tidak ada perbedaan nyata antara ketiga zeolit, dan ketiganya tergolong bersifat masam dan tahan panas.

Tabel 1. Karakteristik zeolit Cikalong Lampung dan Cikembar

Parameter	Asal Zeolit		
	Cikalong	Lampung	Cikembar
Jenis zeolit	Mordenit	Klinoptilolit	Mordenit
Kadar zeolit (%)	79	94	84
Mineral lain	α Quartz	α Quartz	Feldspar, α Quartz
SiO_2 (%)	66,23	70,55	68,75
Al_2O_3 (%)	12,7	11,89	12,91
Fe_2O_3 (%)	1,54	1,85	1,43
Warna	Hijau putih	Putih	Hijau
KTK (me/100g)	92,14	89,62	79,70
Massa Jenis g/ml	2,0892	2,0249	2,2562
Volume pori ml/g	0,39	0,39	0,35
Luas pori (m^2/g)	24,7979	37,7768	12,7565

Dari Tabel 1 diketahui pula tingkat kemurnian zeolit. Kemurnian tertinggi diperlihatkan zeolit Lampung (94%), diikuti Cikembar (84%) dan Cikalong (79%). Secara teoritis KTK zeolit jenis klinoptilolit dan mordenit, bila murni, akan bernilai sama sebab jumlah perbandingan Si dan Al dalam keduanya sama (Shepard, 1973). Sehingga nampak bahwa zeolit Lampung lebih unggul dibanding dua lainnya. Dari sisi luas pori, zeolit Lampung lebih baik dengan luas pori tertinggi ($37,7768 \text{ m}^2/\text{g}$), lebih tinggi dari zeolit Cikalong ($24,7979 \text{ m}^2/\text{g}$) dan zeolit Cikembar ($12,7565 \text{ m}^2/\text{g}$) (Tabel 1). Luas permukaan pori besar mencerminkan peluang penjerapan yang tinggi. Kation-kation yang efektif melakukan reaksi pertukaran harus menempati permukaan yang mudah dicapai oleh kation yang menggantikannya. Makin luas permukaan pori makin besar peluang reaksi pertukaran terjadi.

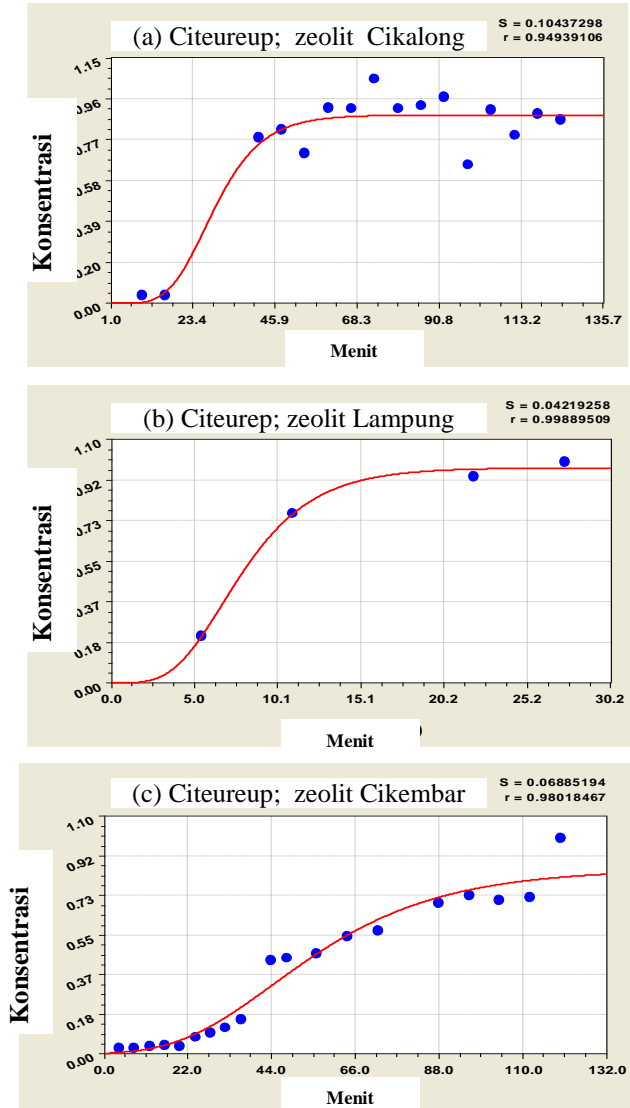


Gambar 1. Isoterm Adsorpsi Zeolit Cikalong Lampung dan Cikembar terhadap Larutan Krom Simulasi

Pengendapan

Konsentrasi krom dalam limbah dari 3 kali pengambilan contoh menunjukkan nilai 3966, 2669 dan 2674 ppm untuk limbah Gunung Putri dan sebesar 1595, 1970 dan 4357 mg/L untuk limbah Citeureup. Nilai tersebut masuk dalam kisaran konsentrasi krom yang dilaporkan oleh Esmaeili *et al* (2005), yakni antara 1300 sampai 8000 mg/L.

Pengendapan kedua limbah pada pH 8 dan contoh pengambilan pertama menghasilkan filtrat dengan kadar krom 365 mg/L dan 49 mg/L masing-masing untuk limbah dari Gunung Putri dan Citeureup. Nilai tersebut berbeda dari yang dilaporkan Barros, (2003) sebesar 18 mg/L. Perbedaan ini diduga disebabkan perbedaan kadar krom awal limbah dan kon-



Gambar 2. Kurva Breakthrough Limbah pada Tiga Zeolit

disi pengendapan. Esmaeili *et al* (2005) melaporkan, selain pH, kecepatan penambahan NaOH dan kecepatan pengadukan juga mempengaruhi pengendapan krom dalam larutan limbah. Selanjutnya, pada limbah Gunung Putri pengendapan dilakukan pada pH 9, diperoleh konsentrasi krom pada filtrat sebesar 24 mg/L. Dalam hal pemilihan pH untuk pengendapan bila konsentrasi krom pada limbah *tanning* sangat tinggi, mencapai 4000 mg/L sebaiknya digunakan pH 9 dan bila konsentrasi kurang dari 2000 mg/L dipilih pH 8.

Penjerapan pada zeolit

Hasil uji penjerapan larutan krom simulasi dengan metode *batch* ditunjukkan pada Gambar 1. Tampak bahwa kapasitas jerapan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi. Namun, hal ini hanya ber-

langsung sampai konsentrasi tertentu. Pada konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi tersebut kapasitas jerapan berkurang dengan bertambahnya konsentrasi. Kapasitas jerapan tertinggi zeolit Cikalong sebesar 1,71 mg/g zeolit atau 1710 mg krom per kilogram zeolit, terjadi pada konsentrasi larutan Cr^{3+} sebesar 286 mg/L (Gambar 1.a); Lampung sebesar 1629 mg/kg pada konsentrasi 205 mg/L (Gambar 1.b); dan Cikembar sebesar 1150 mg/kg pada konsentrasi sebesar 175 mg/L (Gambar 1.c). Data diolah dengan *Curve Expert* dengan asumsi kurva kuadratik.

Bentuk kurva pada Gambar 1 menunjukkan pada konsentrasi yang lebih rendah, zeolit dalam keadaan belum jenuh, masih ada sisi aktif zeolit yang masih bebas, belum mengikat krom, sehingga penambahan konsentrasi akan meningkatkan pula jumlah krom yang kemudian terjerap, Isoterm linier hanya terjadi saat penutupan permukaan penjerap masih sedikit (Selim dan Spark, 2001). Setelah semua sisi aktif zeolit menjerap krom (zeolit dalam keadaan jenuh), maka naiknya konsentrasi tidak lagi meningkatkan kapasitas jerapan. Sebaliknya pada kondisi ini kapasitas jerapan menurun. Hal ini disebabkan pada konsentrasi yang lebih tinggi terjadi persaingan antar kation untuk menempati sisi aktif zeolit sehingga krom yang dapat terikat menjadi berkurang.

Hasil penjerapan cara unggun zeolit asal Cikalong, Lampung dan Cikembar terhadap larutan krom simulasi sebagai berikut. Kapasitas jerapan optimum masing masing zeolit terjadi pada laju alir 5,7 ml/ menit (Lampung), 6,9 ml/menit (Cikalong) dan 5,0 ml/menit (Cikembar). Kapasitas jerapan rata-rata sebesar: 1350, 1507 dan 399 mg krom per kg zeolit masing-masing untuk zeolit asal Cikalong, Lampung dan Cikembar.

Dari penjerapan zeolit terhadap krom dalam larutan simulasi nampak bahwa cara *batch* menghasilkan kapasitas jerapan lebih tinggi dibandingkan cara unggun pada ketiga zeolit. Hal ini disebabkan pada penjerapan cara unggun kondisi kesetimbangan konsentrasi krom dalam larutan dan zeolit tidak tercapai. Sebaliknya dalam cara *batch*, adanya gaya dorong dari pengocokkan menyebabkan reaksi pertukaran pada semua sisi aktif zeolit dapat mencapai kesetimbangan. Dalam cara *batch* reaksi pertukaran mencapai keadaan kesetimbangan (Selim dan Spark 2001).

Kapasitas jerapan cara *batch* yang tertinggi pada zeolit Cikalong saling mendukung dengan pengukuran nilai KTK. Nilai KTK zeolit Cikalong tertinggi diantara dua lainnya (Tabel 1). Namun, reaksi pertukaran pada cara unggun lebih mudah terjadi pada zeolit Lampung yang lebih berpori dibandingkan zeolit Cikalong sehingga kapasitas jerapan cara unggun lebih tinggi pada zeolit Lampung.

Hasil penjerapan zeolit pada cara unggun terhadap krom yang berasal dari limbah cair penyamakan Gunung Putri dan Citeureup pada ketiga zeolit disajikan dalam Tabel 2. Hasil tersebut berdasarkan kurva *breakthrough* yang tiga di antaranya disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan Tabel 2, dapat dihitung rata-rata kapasitas jerapan krom asal limbah untuk ketiga zeolit tersebut sebesar 160 mg/kg untuk zeolit Lampung dan 82 mg/kg untuk zeolit Cikalong dan Cikembar. Artinya bila zeolit digunakan untuk menjerap krom yang tersisa pada filtrat setelah pengendapan, yang berkonsentrasi 20 mg/L, diperlukan zeolit Cikalong dan Cikembar masing-masing sebanyak 0,232 kg untuk menangani satu liter filtrat. Atau, setara dengan 232 kg zeolit untuk tiap meter kubik limbah. Bila digunakan zeolit Lampung diperlukan 250 kg untuk menangani satu meter kubik limbah penyamakan.

Tabel 2. Kapasitas Jerapan Zeolit Krom Limbah

Limbah	Zeolit	Konsentrasi krom limbah asal (mg/l)	Konsentrasi krom filtrat (mg/l)	Kapasitas pada C/Co 0,5 (mg/kg)
Citeureup	Cikalong	4577	76,56	76
	Lampung	4577	76,56	131
	Cikembar	4557	30,57	130
Gunung Putri	Cikalong	2674	0,87	96
	Lampung	2674	16,93	188
	Cikembar	2665	10,82	43

Kapasitas jerapan zeolit terhadap krom yang berasal dari limbah ternyata jauh lebih kecil dibandingkan jerapan terhadap krom yang berasal dari larutan krom sintetis. Kapasitas jerapan terhadap larutan krom sintetis sebesar 1350, 1507 dan 399 mg krom per kg zeolit masing-masing untuk zeolit asal Cikalong, Lampung dan Cikembar. Sedangkan kapasitasnya terhadap larutan krom asal limbah sebesar 82, 160 dan 82. Dengan demikian, daya jerap zeolit terhadap larutan yang berisi kation tunggal, dalam hal ini ion krom(III), lebih besar dibandingkan dengan bila ion krom(III) berada bersama kation-kation lain dalam limbah.

Kehadiran kation-kation lain dalam limbah menurunkan kapasitas jerapan zeolit terhadap ion krom (III). Hal ini disebabkan kation-kation tersebut merupakan pesaing bagi terjadinya reaksi pertukaran ion krom pada larutan dengan kation dapat tukar pada zeolit. Pemeriksaan kandungan kation-kation Na(I), K(I), Mg(II) dan Ca(II) pada filtrat sisa pengendapan limbah Gunung Putri menunjukkan nilai masing-masing sebesar 1002, 32, 2400 dan 1287 mg/l. Sementara Fabiani *et al* (1996) menyebutkan kation yang terdapat dalam limbah cair penyamakan kulit diantaranya adalah Fe(III) 20-50 mg/L, Al(III) 100-400 mg/l, Mn(II) 3 mg/l, dan Ca(II) dan Mg(II) masing-masing 400-800 mg/l.

Selektivitas penjerapan zeolit terhadap kation-kation dalam larutan selain ditentukan oleh komposisi larutan kation tersebut juga ditentukan oleh sifat intrinsik zeolitnya. Barros (2003) melaporkan selektivitas penjerapan zeolit sintetis NaX terhadap kation Mg^{2+} dan K^+ lebih besar dari penjerapan terhadap Cr^{3+} ; sekalipun jenis zeolit sintetis lain, NaY, memiliki sifat sebaliknya, yakni kecenderungan penjerapannya terhadap Cr^{3+} lebih besar.

5. KESIMPULAN

Hasil karakterisasi terhadap ketiga zeolit menunjukkan, bahwa zeolit Lampung lebih unggul dibandingkan zeolit Cikalong dan Cikembar. Hal ini tampak dari nilai tingkat kemurnian (94%) dan luas pori ($37,7768 \text{ m}^2/\text{g}$) tertinggi dibandingkan dua zeolit lainnya.

Penjerapan zeolit cara *batch* terhadap larutan krom simulasi menunjukkan zeolit asal Cikalong merupakan zeolit terbaik dengan kapasitas jerapan 1710 mg/kg. Sementara kapasitas jerapan zeolit Lampung dan Cikembar masing-masing sebesar 1629 dan 1150 mg/kg. Penjerapan zeolit cara unggul terhadap larutan krom simulasi maupun larutan krom yang berasal dari limbah *tanning* menunjukkan zeolit asal Lampung lebih unggul dibandingkan dua lainnya. Kapasitas jerapan zeolit terhadap larutan krom simulasi pada cara unggul sebesar 1507 mg/kg (Lampung), 1350 mg/kg (Cikalong) dan 399 mg/kg (Cikembar).

Kapasitas jerapan zeolit terhadap larutan krom dari limbah *tanning* diperoleh sebesar 82 mg/kg (masing-masing zeolit Cikalong dan Cikembar) dan sebesar 160 mg/kg (zeolit Lampung). Dengan demi-

kian, diperlukan jumlah zeolit masing-masing sebesar 232 kg (Cikalong atau Cikembar) dan 125 kg (Lampung) untuk menangani satu meter kubik limbah penyamakan kulit. Besar kebutuhan zeolit ini mengisyaratkan perlunya dukungan analisis finansial terhadap upaya penanganan pencemaran limbah krom pada proses penyamakan kulit.

DAFTAR PUSTAKA

- ATSDR (2000). **Toxicological Profile for Chromium. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry.** www.atdsr.cdc.gov/toxprofile [30 Des 2002].
- Barros, M.A.S.D, A.S. Zola, P.A. Arroyo. E.F. Sousa, C.R.G. Tavares (2003). **Binary Ion Exchange of Metal Ion in Y and X Zeolites.** Braz. J. Chem. Eng. v 20 n 4. Sao Paulo.
- Esmaili A, Mesdaghi A, Vajirinejad R. (2005). **Chromium (III) Removal and Recovery from Tannery Waste Water by Precipitation Process.** *Am J Appl Sci* 2 10:1471-1473.
- Fabiani C, F Ruscio, M Spadoni, dan M Pizzichini. (1996). **Chromium (III) Salt Recovery Process from Tannery Wastewaters.** *Desalination* 108. 183-191.
- Sastiono, A. (1993). **Perilaku Mineral Zeolit dan Pengaruhnya terhadap Perkembangan Tanah.** Disertasi. Program Pasca Sarjana-IPB.
- Sunaryo, I. (1994). **Kemungkinan Penerapan Cleaner Production di Industri Penyamakan Kulit. Dalam: Workshop Sehari "Cleaner Production" Industri Penyamakan Kulit.** Prosiding Hlm. 32-44. Yogyakarta.
- Sheppard RA. (1973). **Zeolites and Associated Authogenic Silicate Mineral in Tuffaceous Rocks.** Washington: US Pr
- Ortega L M, RLebrum, I M Noel dan R Hausler. (2005). **Application of nanofiltration in the recovery of chromium (III) from tannery effluents.** *Separation and Purification Technology* 44 45-52