

KARAKTERISASI ZEOLIT ALAM PADA REDUKSI KADAR CHROM DALAM LIMBAH CAIR

RETNO SUSETYANINGSIH¹⁾, ENDRO KISMOLO²⁾, PRAYITNO³⁾

¹⁾ Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, YLH - Yogyakarta

²⁾ dan ³⁾ Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN, Yogyakarta

Abstrak

KARAKTERISASI ZEOLIT ALAM PADA REDUKSI KADAR CHROM DALAM LIMBAH CAIR. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sorpsi zeolit alam pada reduksi logam chrom dalam limbah cair. Reduksi kadar chrom dilakukan dengan metode penyerapan secara batch menggunakan zeolit dari Bayah – Jawa Barat sebelum dan sesudah pengaktifan. Pengaktifan zeolit dilakukan dengan metode pemanasan sampai 150 °C selama 60 menit. Ukuran butir zeolit (-60 + 80) mesh dan (-80+100) mesh dan penambahan zeolit divariasi dari 2,50 % sampai 12,50 %. Kecepatan pengadukan divariasi dari 50 rpm sampai 175 rpm, waktu pengadukan 10 menit sampai 60 menit dan pengendapan selama 120 menit. Dari penelitian diperoleh kesimpulan bahwa kondisi terbaik dicapai pada penambahan zeolit alam (-80 + 100) mesh sebanyak 10 % berat/volume, kecepatan pengadukan 100 rpm selama 50 menit dengan waktu pengendapan selama 120 menit. Pada kondisi ini diperoleh nilai efisiensi sorpsi yang sebesar 92,60 %.

Kata Kunci : Reduksi Limbah Chrom , Zeolit alam-sorpsi batch.

Abstract

CHARACTERIZATION OF NATURAL ZEOLITE ON REDUCTION CHROMIUM IN THE LIQUID WASTE. The aim of the research for to know performance of sorption characteristic on reduction of chromium in the liquid waste. Reduction of chromium content was done by batch sorption method using natural zeolite from Bayah - West Java before and after activated. Activation of zeolit was done by heating method to 150 °C on 60 minutes. Grain size of zeolite are (-40+60) mesh, (-60+80) mesh and (-80 +100) mesh and the added of zeolite was varied from 2,5 % to 15 %. Stirring speed was varied from 50 rpm to 175 rpm and the stirring time at 10 minutes to 60 minutes and settling time was 120 minutes. From the experience can be deduced of the best condition to achieved on the addition of natural zeolite for grain size (-80+100) mesh was 10 % weight/volume, stirring speed of 100 rpm on 50 minutes with the settling time 120 minutes. At the condition was obtained sorption efficiency value are 92,60 %.

Key Words : Chromiumwaste reduction, Natural zeolite-batch sorption.

PENDAHULUAN

Efluen atau beningan yang diperoleh dari proses pengolahan kimia biasanya masih memiliki kadar logam berat yang belum memenuhi syarat untuk didispersi ke lingkungan. Cara sederhana untuk meminimalisir kadar logam berat dalam efluen/beningan tersebut sampai batas yang diijinkan, dapat dilakukan dengan cara proses sorpsi atau penyerapan menggunakan mineral lokal misalnya zeolit.

Mineral zeolit banyak dimanfaatkan sebagai sorben alamiah alternatif, karena zeolit secara ekonomis dapat digunakan sebagai bahan penyerap logam berbahaya dalam limbah B3 cair. Salah satu faktor penting mineral zeolit banyak digunakan untuk bahan penyerap logam B3 dalam limbah cair selain murah, adalah kemampuan mineral lokal tersebut dalam hal pertukaran ionnya^(1,2).

TEORI

Mineral zeolit mengandung senyawa aluminium silikat yang memiliki struktur

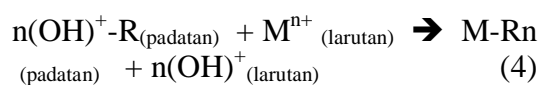
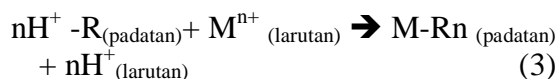
kerangka tiga dimensi terbentuk oleh tetrahedral AlO_4^{5-} dan SiO_4^{4-} dengan rongga di dalamnya terisi ion-ion logam biasanya logam alkali tanah (Na, K, Mg, Ca dan Fe) dan molekul air yang cenderung dapat bergerak bebas dalam ruang intermiliar struktur rongga. Untuk mempermudah terjadinya proses pertukaran kation-kation, padatan zeolit dibuat homogen, maka perlu dilakukan proses preparasi baik fisika maupun kimia yaitu dengan pemanasan dan atau menambah asam atau garam tertentu ^(3,4).

Biasanya pada aplikasi pemanfaatan zeolit alam prosesnya menjadi mahal karena harus melalui proses pengaktifan sorben tersebut dengan bahan kimia sebelum digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini diusulkan percobaan melalui perlakuan preparasi terhadap mineral zeolit dengan cara pengaturan ukuran butir zeolit setelah pengeringan $150\text{ }^{\circ}C$. Langkah ini bertujuan selain untuk memperluas bidang kontak sorben zeolit, juga dengan adanya perubahan ukuran butir sorben diharapkan terjadi kenaikan distribusi sorben dalam proses penjerapan sehingga terjadi kenaikan pergerakan logam-logam alkali tanah yang ada di dalamnya ^(4,5).

Meskipun pada aplikasi analisis ditentukan nilai khrom total, yaitu total Cr^{3+} dan Cr^{+6} , tetapi pada proses sorpsi Cr^{3+} dan Cr^{+6} berkompetisi dalam hal pertukaran ion, sehingga pada proses penjerapan menggunakan zeolit alam, ion Cr^{3+} dan Cr^{+6} yang ada dalam limbah akan terserap oleh pori permukaan zeolit dan bersubstitusi dengan kation H^+ yang ada pada permukaan adsorben, seperti dalam reaksi di bawah ini :



Atau secara umum dapat ditulis sebagai berikut dengan M suatu kerangka anionik dari zeolit.:



Kemampuan sorpsi mineral lokal sangat ditentukan oleh nilai kapasitas tukar kation (KTK) oleh mineral lokal tersebut. Zeolit pada

umumnya memiliki nilai kapasitas tukar kation lebih tinggi bila dibandingkan lempung. Hal ini dapat diterangkan berdasarkan perbedaan struktur kristal kedua material yang mempengaruhi sifat serapan dan pertukaran ionnya. KTK total zeolit jenis klinoptilolit pada umumnya antara (1,5 – 2,0) meq/g dan KTK total lempung bervariasi dari (0,4 - 1,2) meq/g. Selanjutnya nilai KTK dari zeolit juga sangat ditentukan sifat pergerakan logam-logam alkali tanah yang ada di dalamnya (K, Na, Ca, Mg dan Fe).^(6,7,8)

Logam-logam alkali tanah secara terpisah mampu menaikkan nilai KTK total sorben zeolit tergantung pada kemudahan logam-logam alkali tersebut bergerak dalam sistem saluran-saluran kerangka zeolit. Kemungkinan ini dapat dicapai salah satunya dengan mengusir molekul air dalam bahan sorben melalui pemanasan. Karakter zeolit lainnya adalah pembentukan kerangka struktur molekular dari penggabungan molekul-molekul tetrahedra membentuk celah-celah dan saluran yang teratur yang mengakibatkan adanya struktur berpori sehingga memungkinkan suatu molekul yang mungkin dapat melewati dan terperangkap dalam struktur. Hal ini yang menyebabkan mineral zeolit juga bersifat sebagai penukar ion, penyerap dan penyaring molekul ^(5,7).

Oleh karena sorben alam di dalam sistem air juga mengalami degradasi dan pelarutan fisik, maka ukuran butir di duga mempengaruhi kondisi selama proses dan akhir proses penjerapan ⁽⁸⁾. Kondisi fisik penjerap pasca penjerapan dapat dilihat dari kadar zat padat dalam beningan pasca proses penganapan. Dalam percobaan ini ingin diperoleh karakteristik sorpsi zeolit alam pada berbagai kondisi ukuran butir tanpa pengolahan fisika dan kimia untuk menurunkan kadar logam chrom total dalam limbah B3 cair. Selain ukuran butir, dalam aplikasi proses sorpsi secara batch/ catu ini, beberapa variabel berpengaruh yang akan diteliti adalah beban sorben dalam limbah, kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan pada waktu penganapan (settling time) tertentu ⁽⁷⁾. Secara umum limbah cair industri penyamakan kulit memiliki karakteristik pengotor logam berat utama berupa logam khrom trivalen dan khrom heksavalen, yang pada aplikasinya keduanya

tidak dibedakan, tetapi dipahami sebagai khrom total. Karakteristik limbah cair industri penyamakan kulit berdasarkan tahap prosesnya seperti termuat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit

Proses	Jenis Buangan
Perendaman	Detergen, anseptik, NaCl
Pengapuran	Bulu, protein, Ca(OH) ₂ , sulfat
Pembuangan Kapur	Asam format (HCOOCH), NaCl
Pengasaman	Asam sulfat, NaCl, HCOOH
Penyamakan	Cr , HCOON, Natrium bikarbonat

Sedangkan zeolit yang digunakan memiliki komponen penyusun sebagai berikut :

Tabel 2.

MINERAL	KADAR (%)
SiO ₂	69,54
Al ₂ O ₃	11,89
Fe ₂ O ₃	2,20
TiO ₂	0,06
CAO	4,19
MGO	0,89
NA ₂ O	1,53
K ₂ O	1,15
HILANG PIJAR	8,01

Dengan memvariasi ukuran butir, beban atau konsentrasi zeolit dalam limbah cair, kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan, diharapkan dapat diperoleh efisiensi penyerapan logam chrom (efisiensi sorpsi) dalam limbah cair yang maksimum. Formula / rumus sederhana untuk menghitung nilai efisiensi sorpsi adalah sebagai berikut :

$$Ef = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\%$$

Dengan :

- Ef : nilai efisiensi sorpsi
Co : kadar khrom total dalam limbah awal
Ct : kadar khrom total dalam efluen setelah proses sorpsi

METODE

Bahan penelitian :

Zeolit dari daerah Bayah – Jawa Barat, limbah cair efluen hasil pengolahan kimia limbah chrom industri penyamakan kulit dengan kadar chrom total : 23,535 ppm dan aquades.

Peralatan penelitian

Perangkat penggerus (lumpang-penumbuk besi) digunakan untuk menghancurkan bongkahan zeolit alam kering. Ayakan Tyler digunakan untuk mengayak sorben zeolit sesuai ukuran butir yang dikehendaki. Perangkat tungku digunakan untuk mengeringkan sorben zeolit. Perangkat pengaduk Jar test digunakan untuk proses penjerapan secara catu dengan peralatan pendukung berupa piranti gelas. Untuk analisis khrom total dalam beningan digunakan perangkat AAS.

Cara Kerja

A.Preparasi Zeolit Alam.

Bongkahan kering zeolit alam, ditumbuk dalam peralatan penggerus (lumpang-penumbuk besi) sampai diperoleh butiran halus zeolit. Hasil penumbukan disaring menggunakan penyaring Tyler sehingga diperoleh zeolit dengan ukuran butir (-40+60) mesh, (-60+80) mesh dan (-80+100) mesh.dimasukkan ke dalam cawan porselain,

dipanaskan dalam tungku pada suhu 150 °C selama 60 menit, didiamkan dalam tungku sampai suhu kamar dan ditampung dalam wadah tertutup rapat.

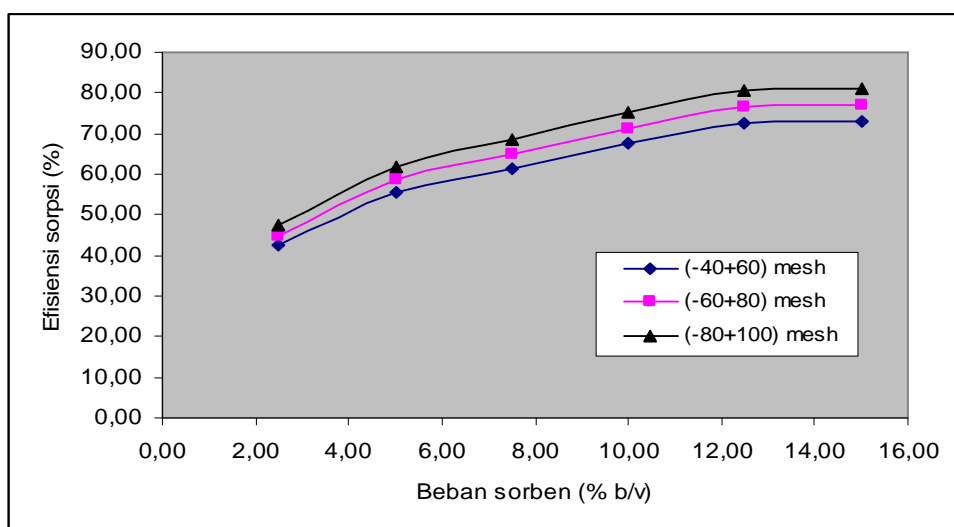
B. Proses Penjerapan

1. Kedalam gelas beker 100 ml yang berisi limbah B3 cair sebanyak 50 ml, ditambahkan zeolit alam dari Bayah-Jawa Barat ukuran butir (-40+60) mesh, (-60+80) mesh dan (-80+100) mesh. masing-masing sebanyak 2,5 %, 5,0 %, 7,5 %, 10,0 %, 12,5 % dan 15,0 % b/v. Campuran diaduk menggunakan Jar Tes pada kecepatan pengadukan 50 rpm selama 10 menit. Hasil pengadukan dianalisis selama 120 menit, dan selanjutnya dilakukan analisis kadar chrom dalam beningan dengan perangkat AAS.
2. Kondisi terbaik percobaan (a), dengan cara yang sama dilakukan variasi kecepatan pengadukan berturut-turut : 75 rpm, 100 rpm, 125 rpm, 150 rpm dan 175 rpm. Kondisi terbaik percobaan (a sampai b), dengan cara yang sama dilakukan variasi waktu pengadukan berturut-turut : 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.
3. Masing-masing dari hasil pengadukan dianalisis selama 120 menit , dan kadar chrom total dalam beningan dianalisis menggunakan perangkat analisis AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh penambahan (beban) sorben zeolit terhadap nilai efisiensi sorpsi

Pengaruh penambahan (beban) sorben zeolit alam yang ditambahkan dalam proses penyerapan limbah dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1. dapat diketahui bahwa semakin banyak zeolit yang ditambahkan ke dalam limbah, menghasilkan nilai efisiensi sorpsi logam chrom yang semakin besar. Kondisi ini terjadi karena semakin banyak sorben yang ditambahkan akan menambah jumlah pori penyerap, sehingga penetrasi logam chrom dalam bentuk Cr^{3+} dan Cr^{+6} dalam limbah cair ke dalam rongga dan atau pori sorben karena adanya proses difusi yang juga meningkat. Dari percobaan ini diperoleh data bahwa ukuran butir dari sorben juga berpengaruh terhadap kemampuan serapnya. Ukuran butir zeolit yang semakin kecil, memberikan nilai efisiensi sorpsi yang cenderung semakin besar. Hal ini dapat dipahami bahwa pada jumlah sorben yang sama, semakin kecil ukuran butirnya akan menambah jumlah pori penyerap sehingga limbah yang terserap juga akan semakin besar atau nilai efisiensi sorpsinya akan cenderung semakin besar.

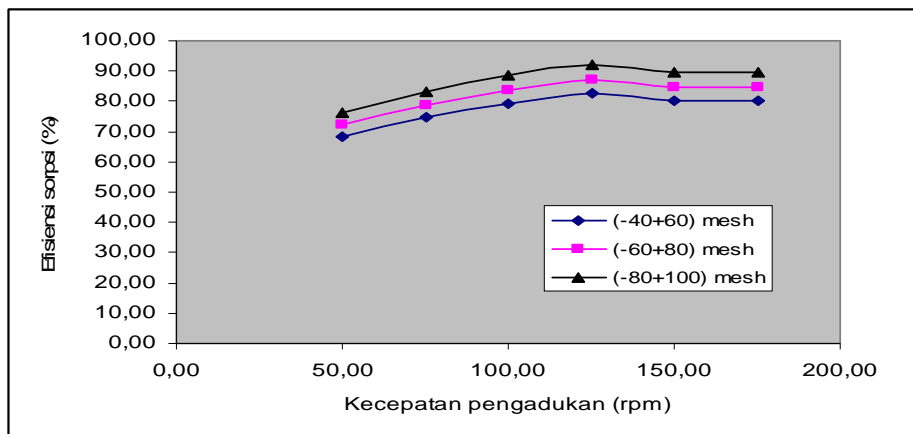


Gambar 1. Pengaruh beban adsorben zeolit alam hasil pemanasan 150 °C, terhadap efisiensi sorpsi logam khrom, kecepatan pengadukan 50 rpm, waktu pengadukan 10 menit dan waktu penganapan (settling time) selama 120 menit.

Dari percobaan (1), beban sorben zeolit terbaik untuk ketiga kondisi ukuran butir zeolit adalah pada penambahan sorben zeolit sampai sebanyak 10,0 % b/v. Sampai 12,50 % b/v. Pada beban sorben diatas nilai tersebut meskipun diperoleh nilai efisiensi pemisahan yang dihasilkan sedikit lebih besar, tetapi dalam aplikasi proses sorpsi secara batch/ catu terjadi kesulitan dalam pengadukan (kental) dan terjadi suspensi yang sulit mengendap. Dalam percobaan selanjutnya diambil beban adsorben sebanyak 10,0 % karena kondisi beningan untuk penganapan selama 120 menit cukup baik yaitu tidak ada partikel yang terflotasi di dalamnya.

2. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penjerapan limbah chrom

Pengaruh kecepatan pengadukan dalam proses penjerapan terhadap efisiensi penyerapan limbah chrom menggunakan zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan, nilai efisiensi penjerapan yang diperoleh memiliki kecenderungan semakin besar. Kondisi ini terjadi karena pada kecepatan pengadukan yang semakin besar, maka distribusi partikel adsorben dalam limbah menjadi semakin besar dan kemungkinan terjadinya kontak antara butiran partikel zeolit dengan limbah juga semakin besar sehingga nilai efisiensi sorpsi yang dihasilkan menjadi semakin besar.



Gambar 2. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi sorpsi logam khrom menggunakan zeolit alam hasil pemanasan 150 °C, beban zeolit 10,0 %, waktu pengadukan 10 menit dan waktu penganapan (settling tome) selama 120 menit.

Sama dengan percobaan (1), maka dari Tabel 2, juga diperoleh data bahwa ukuran butir (-80+100) mesh tetap memberikan nilai efisiensi penyerapan lebih tinggi untuk berbagai kecepatan pengadukan.

Berdasarkan Gambar 2, sorben zeolit dengan ukuran butir (-60+80) mesh diperoleh kondisi sorpsi terbaik pada kecepatan pengadukan antara 100 rpm sampai 125 rpm, yaitu memberikan nilai efisiensi sorpsi terhadap logam chrom sebesar 88,54 % sampai 91,99 %. Terjadinya penurunan nilai efisiensi sorpsi pada

kecepatan pengadukan di atas 125 rpm kemungkinan terjadi karena terlepasnya kembali ion chrom yang terikat dalam kerangka zeolit ke dalam larutan limbah, sehingga nilai efisiensi sorpsinya menjadi turun. Peristiwa lain yang memungkinkan terjadinya penurunan efisiensi pemisahan ini adalah pada kecepatan pengadukan yang terlalu besar menyebabkan hancurnya struktur rongga mineral lokal dan terbentuk koloid dan terbentuknya partikel yang terflotasi sehingga membutuhkan waktu penganapan lebih lama. Sehingga dalam

percobaan selanjutnya diambil kecepatan pengadukan 100 rpm, karena beningan pasca penganapan 120 menit relatif lebih jernih dibandingkan pada kondisi kecepatan pengadukan 125 rpm.

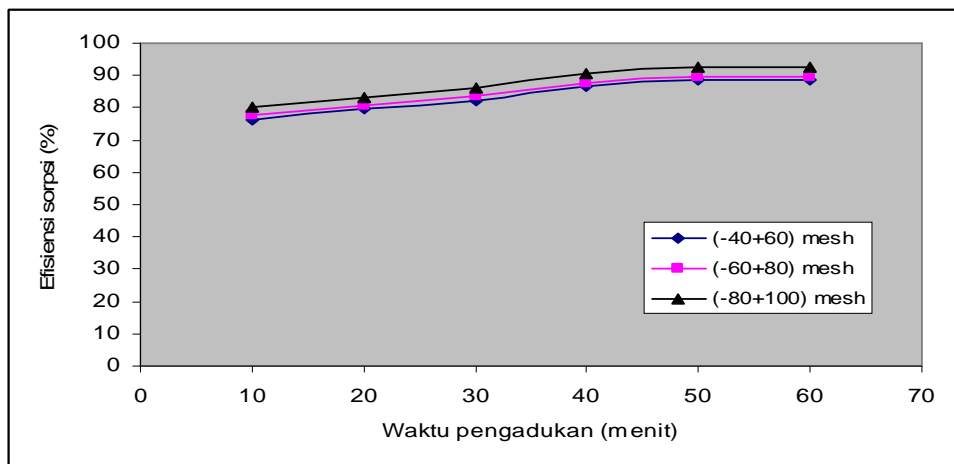
3. Pengaruh waktu pengadukan terhadap efisiensi sorpsi limbah chrom

Pengaruh waktu pengadukan dalam proses sorpsi limbah cair yang mengandung logam chrom dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa waktu pengadukan hanya sedikit berpengaruh pada proses sorpsi secara catu menggunakan mineral lokal zeolit. Berdasarkan data yang diperoleh, semakin lama pengadukannya, maka nilai efisiensi penjerapan yang dihasilkan sedikit semakin besar. Hal ini terjadi karena waktu pengadukan akan juga mempengaruhi waktu kontak antara partikel adsorben dengan cairan limbah. Mengingat kemungkinan dalam proses sorpsi, juga terjadi pertukaran ion, baki oleh Cr^{+3} maupun Cr^{+6} yang mekanisme reaksinya mengikuti reaksi :



Pada kondisi penjerapan termasuk waktu kontak sangat berpengaruh terhadap nilai efisiensi yang diperoleh. Apabila waktu kontak cukup lama akan memungkinkan terjadinya proses pertukaran ion dalam kerangka struktur zeolit dengan Cr^{3+} dan Cr^{+6} dalam bentuk khrom total dalam limbah, sehingga nilai efisiensi sorpsinya semakin besar.

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa waktu pengadukan terbaik dicapai selama sekitar 50 menit. Dari Gambar 3, juga diperoleh data bahwa untuk semua ukuran butir adsorben sample uji, menunjukkan waktu pengadukan terbaik adalah antara 50 menit dan ukuran butir penyerap zeolit (-80+100) mesh. Pada kondisi ini diperoleh nilai efisiensi sorpsi sebesar 92,60 %. Turunnya nilai efisiensi penjerapan setelah waktu pengadukan selama 50 menit kemungkinan terjadi karena ion Cr^{3+} dan Cr^{+6} yang terikat dalam kerangka zeolit terlepas kembali dalam larutan limbah, sehingga nilai efisiensi penyerapannya menjadi turun.



Gambar 3. Pengaruh waktu pengadukan terhadap efisiensi penyerapan logam khrom menggunakan zeolit hasil pemanasan 150 °C, pada kondisi beban zeolit 10,0 %, kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu penganapan (settling time) selama 120 menit.

Selain itu waktu pengadukan yang terlalu lama menyebabkan terjadinya partikel terflotasi dalam beningan yang membutuhkan waktu penganapan di atas 120 menit. Dari kondisi proses sorpsi yang dilakukan menggunakan zeolit alam ini, secara umum setiap perubahan kondisi sorben dan kondisi prosesnya akan merubah nilai efisiensi sorpsi logam Cr^{3+} dan

Cr^{+6} dalam limbah cair yang diperoleh. Dari ketiga variable yang diteliti memberikan informasi bahwa karakteristik fisik mineral lokal zeolit akan berubah pada proses sorpsi yaitu ditandai dengan terbentuknya partikel terflotasi pada saat penganapan.

KESIMPULAN

Dari data percobaan yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Mineral lokal zeolit dari daerah Bayah – Jawa Barat setelah proses pemanasan 150 °C dapat diaplikasikan untuk sorpsi logam khrom dalam limbah B3 cair efluen hasil pengolahan kimia limbah B3 cair industri penyamakan kulit.
2. Kondisi terbaik dicapai pada penggunaan zeolit untuk ukuran butir (– 80+100) mesh, beban adsorben 10,0 %, kecepatan pengadukan 100 rpm, waktu pengadukan 50 menit dan waktu penganapan 120 menit, yaitu memberikan nilai efisiensi sorpsi sebesar 92,60 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, “keputusan menteri negara kependudukan dan lingkungan hidup tentang, standard baku mutu air limbah di indonesia, jakarta, (1999)
2. PERATURAN pemerintah ri nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dan penjelasannya, (2001).
3. BRECK, D.W., ZEOLITE molecular sieves, structure, chemistry, and use, john wiley & sons, inc., new york, (1974).
4. SCHNEIDER, k., use of local minerals in the treatment of radioactive waste, technical report series no. 136, iaea, vienna, (1974).
5. OTHMER, k., encyclopedia of chemical technology, 3th ed., vol. 15, john wiley & sons, new york, (1981)
6. ENDRO KISMOLO, dkk, “pemanfaatan lempung nanggulan untuk mengolah limbah chrom”, seminar nasional (ii) perkembangan teknologi keramik, bandung, (2003)
7. TECHNICAL REPORTS series no 136, “use of local mineral in the treatment of radioactive waste”, iaea, vienna, p.12, (1972)
8. NURIMANIWATHY, DKK, “karakterisasi kapasitas tukar kation zeolit dari gedangsari gunung kidul”, prosiding seminar pranata nuklir”, p3tm-batan, yogyakarta, 2004.
9. ENDRO KISMOLO, DKK, “ optimasi pemanfaatan zeolit alam dari gunung kidul untuk reduksi kadar cesium dalam limbah radioaktif”, prosiding seminar nasional

penelitian dan pengelolaan perangkat nuklir, ptapb, batan, yogyakarta, 2008

