



## PROSIDING

### SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

KIMIA ANORGANIK  
(Kode : D-12)

ISBN : 978-979-1533-85-0

## ADSORPSI DAN DESORPSI KROM PADA ZEOLIT UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN

Supraptiningsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik-Kementerian Perindustrian  
Jl. Sokonandi 9 Yogyakarta, Indonesia. Telp. 0274-512929 (email:ningsih1957@yahoo.com)

### Abstrak

Limbah cair industri penyamakan kulit mengandung logam krom dalam jumlah besar, sehingga harus diolah sebelum dibuang ke badan air. Salah satu cara pengolahan menggunakan adsorben zeolit. Pada penggunaan zeolit, selain terjadi proses adsorpsi akan terjadi juga proses desorpsi, sehingga kondisi limbah harus dijaga agar tidak terjadi proses desorpsi yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses adsorpsi dan desorpsi logam krom pada zeolit yang difungsikan untuk pengolahan limbah industri penyamakan kulit. Penelitian dilakukan dengan memasukkan zeolit ke dalam limbah, kemudian diamati faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya adsorpsi dan desorpsi logam krom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi dipengaruhi oleh faktor waktu kontak, jumlah zeolit yang ditambahkan, ukuran partikel dari zeolit, dan pH larutan. Proses desorpsi makin rendah dengan naiknya pH larutan. Kondisi adsorpsi terbaik dicapai pada waktu kontak 24 jam, jumlah zeolit yang ditambahkan 0,4 kg per liter limbah dengan ukuran partikel zeolit 60-70 mesh dan pH larutan 9,32. Pada kondisi tersebut krom yang dapat teradsorpsi oleh zeolit mencapai 95,67% setelah terjadi desorpsi.

**Kata kunci:** krom, zeolit, adsorpsi, desorpsi.

### PENDAHULUAN

Limbah cair industri penyamakan kulit memiliki komposisi yang complex. Limbah cair yang dihasilkan mengandung senyawa-senyawa beracun. Schubert (1980) menyatakan bahwa limbah cair industri kulit memiliki kandungan krom dan sulfida tinggi, bahan-bahan organik tersuspensi dan sebagian besar protein yang dapat meningkatkan populasi bakteri patogen sehingga bau busuk menyengat. Menurut Potter dkk, (1994) pada proses industri penyamakan kulit, limbah cair yang dihasilkan mengandung polutan dengan parameter penting berupa BOD, COD, padatan tersuspensi total, krom, minyak dan lemak, sulfida, nitrogen total, dan pH. Krom (Cr) termasuk logam berat dengan daya racun tinggi, dapat mengakibatkan terjadinya keracunan

akut dan kronis. Juanita dkk, (1997) menyebutkan bahwa efek kronis spesies krom adalah iritasi membran selaput lendir dan kulit, serta efek sistemik yang mengganggu fungsi ginjal, hati dan sistem sirkulasi tubuh. Kandungan Cr pada proses *tanning* berkisar antara 1500-5000 mg/l dan konsentrasi dalam air buangan campuran dari semua tahapan proses penyamakan kulit sekitar 100-300 mg/l. Pengolahan limbah secara kimia dilakukan dengan menetralkan kondisi limbah, memudahkan proses pengendapan/mengurangi zat-zat padat terlarut. Apabila limbah bersifat asam, bahan kimia yang digunakan adalah NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, dll, sebaliknya bila bersifat basa maka digunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau HCl. Pengurangan zat-zat organik/an organik non polar digunakan adsorben zeolit.

Zeolit dapat diperoleh dari alam atau secara sintesis seperti kristal alumina silikat. Zeolit alam mempunyai perbandingan komposisi Al dan Si yang berbeda sesuai jenisnya. Zeolit banyak terdapat dalam lubang batuan lava dan batuan sedimen terutama sedimen piroklastik berbutir halus. Zeolit yang berupa batuan adalah klinoptilonit, amalsit, laumontit, mordenit, filipsit, erionit, kabsit, dan heulandit. Keuntungan penggunaan zeolit sebagai adsorben antara lain zeolit mempunyai toleransi yang tinggi terhadap perubahan suhu dan kondisi kimia. Zeolit mempunyai kerangka yang kaku dan kuat, sehingga zeolit lebih menguntungkan dibanding dengan penukar ion lain. Terdapat dua cara penggunaan zeolit untuk pengolahan air limbah, yaitu sebagai filter dalam kolom dengan system resirkulasi air dan cara ditaburkan pada kolam (tidak menggunakan system sirkulasi). Cara ditaburkan lebih praktis dan umum dipakai saat ini karena tidak memerlukan fasilitas tambahan (unit percolator dan pompa), biaya perawatan lebih murah, dan lebih mudah dilakukan. Cara ini dilakukan dengan menaburkan zeolit secara merata ke seluruh permukaan kolam air unit pengolah limbah. Pada cara ini ukuran zeolit dibuat tertentu, agar dapat melayang-layang lama di dalam air, sehingga zeolit mempunyai waktu cukup untuk menyerap. Kelemahan cara ini zeolit sukar diaktifkan kembali, sehingga pemberian harus tepat dengan mempelajari sifat-sifat adsorpsi dan desorpsinya. Zeolit merupakan senyawa alumina silikat terhidrat yang berbentuk kristalin dengan kerangka struktur tiga dimensi terbuka yang tersusun atas lembar tetrahedral aluminat  $(AlO_2)^{-3}$  dan silikat  $(SiO_4)^{-4}$ , saling berikatan melalui atom oksigen. Kerangka struktur kristalnya berbentuk rongga dan terowongan yang teratur (Mumpton dkk, 1997). Rumus molekul zeolit secara umum ditulis sebagai  $M_x/n\{(AlO_2)_x(SiO_2)_y\} \cdot 2 H_2O$  (Hamdan, 1992).

Zeolit dibangun dengan kerangka  $TO_4$  tetrahedral dengan T dapat berupa Si atau Al. Rangkaian tetrahedral  $TO_4$  terbentuk dengan banyak cara membentuk berbagai macam variasi struktur zeolit. Rangkaian spesies-spesies tetrahedral ini terbentuk oleh 4,6,8,12 sisi serta unit, yang digunakan lebih lanjut untuk membentuk struktur zeolit tiga dimensi. Atom pusat Si (IV) sering mengalami pergantian dengan Al (III) dan membentuk muatan negatif satu dalam tetrahedral. Muatan negatif ini akan ternetralkan oleh adanya kation. Kation pengganti akan menempati jaringan-jaringan pori dan dikelilingi oleh molekul air (Tsitsishvili dkk.,1992). Struktur kimia sel satuan zeolit dengan sisi aktif dapat menyebabkan zeolit memiliki kemampuan sebagai penukar ion, adsorben, dan katalis.

Adsorpsi adalah suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas/uap atau cairan (adsorbat). Gaya tarik menarik padatan dibedakan menjadi dua, yaitu gaya fisika dan gaya kimia, yang menghasilkan adsorpsi fisika (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi). Adsorpsi ialah proses dinamis, molekul secara kontinyu dapat berpindah antara cairan dan permukaan padatan. Perbedaan gaya intra molekuler dapat menarik molekul-molekul tersebut pada permukaan dan tertahan pada permukaan. Adsorpsi larutan berbeda dengan adsorpsi bahan secara individu (gas, uap, dan cairan murni) sebab larutan mengandung dua komponen atau lebih yang dapat membentuk lapisan kompak pada permukaan adsorben. Perubahan konsentrasi komponen larutan mengakibatkan pertukaran timbal balik pada permukaan. Jika pada lapisan muka adsorben / larutan sudah jenuh dengan molekul adsorbat maka hanya substitusi molekul suatu komponen oleh komponen lain yang dapat terjadi (Oscik, 1992). Interaksi antara adsorben dan adsorbat

melibatkan gaya-gaya, dari yang paling lemah maupun yang paling kuat. Gaya-gaya tersebut adalah gaya London (gaya Van der Waals), ikatan hydrogen, ikatan ionik, dan ikatan kovalen. Hal ini merupakan gambaran yang sangat khas bagi adsorpsi larutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses adsorpsi dan desorpsi logam krom pada zeolit yang difungsikan untuk pengolahan limbah industri penyamakan kulit. Penelitian dilakukan dengan memasukkan zeolit ke dalam limbah, kemudian diamati faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya adsorpsi krom. Faktor yang diamati meliputi waktu kontak, berat zeolit, ukuran partikel, dan pH larutan. Proses desorpsi diamati dengan mempelajari pengaruh pH limbah terhadap desorpsi krom yang teradsorpsi pada zeolit. Penelitian juga bertujuan untuk mencari kondisi terbaik agar krom yang teradsorpsi mencapai nilai maksimal.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan Penelitian**

Penelitian menggunakan zeolit alam, berasal dari daerah Ngoro-Oro Gunung Kidul Yogyakarta, diperoleh dari PT Purosani Prima Karya Wiguna, Jl Wates Km 7,5 Yogyakarta dan sudah diaktivasi. Aktivasi dilakukan dengan merendam zeolit dalam asam-asam HCl, HNO<sub>3</sub> kemudian dicuci dan pH dinetralkan. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 350°C selama 3 jam. Komposisi zeolit: mordenit 50%, klinoptilonit 30%, dan unsur-unsur lain 20%.

Bahan kimia yang digunakan meliputi larutan EDTA (*Etilene Diamin Tetra Acetat*), asam sitrat, Na hidroposfat, HNO<sub>3</sub>, HF, dan NH<sub>4</sub>OH. Penelitian menggunakan limbah cair industri penyamakan kulit Laboratorium Pengembangan dan Penyamakan Kulit di dusun Nganyang, Siti Mulyo, Piyungan, Bantul pada bak limbah proses *tanning* krom. Limbah berwarna biru tua yang

berarti kandungan krom sangat tinggi. Data hasil uji monitoring air limbah pada tahap ini, kandungan krom sebagai krom total berkisar antara 1500-5000 mg/l.

### **Alat Penelitian.**

Penelitian menggunakan alat gelas erlenmeyer, beker, pengaduk, corong, gelas arloji, cawan porselin, lumpang porselin, dan alu penggerus. Peralatan analisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) UNICAM 929. Alat penunjang meliputi pemanas (oven), stirrer, ayakan, timbangan analitik, kertas saring Whatman 42, dan pH meter.

### **Desain Penelitian**

Variasi yang dilakukan untuk pengamatan adsorpsi krom adalah:

Waktu kontak: 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 dan 48 jam.

Berat zeolit: 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 gram

Ukuran partikel: 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, dan 80-90 mesh.

pH : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 11.

Pengamatan desorpsi krom dilakukan pada variasi pH limbah: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

### **Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian dengan sistim *batch* dan secara laboratories. Variabel yang diamati pada kemampuan adsorpsi zeolit meliputi: waktu kontak, berat zeolit, ukuran partikel, dan pH larutan limbah.

Sampel zeolit 100 g dimasukkan dalam labu erlenmeyer 500 ml, ditambah limbah krom 200 ml. Adsorben dan adsorbat diputar dengan *stirrer* dan dibiarkan berinteraksi selama beberapa waktu. Variasi waktu kontak yang dilakukan adalah 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 dan 48 jam. Sesudah waktu kontak yang ditentukan tercapai, campuran

disaring dan filtratnya dianalisa kandungan krom total menggunakan AAS. Jumlah krom yang teradsorpsi pada zeolit dihitung dari selisih antara konsentrasi krom total sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi mencapai kesetimbangan. Sebelum dianalisa dengan AAS, filtrat diperlakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) prosedur analisis limbah krom.

Analog prosedur di atas dilakukan penelitian untuk pengamatan berat zeolit, ukuran partikel, dan pH dengan variasi sesuai desain penelitian.

Penelitian desorpsi krom yang teradsorpsi pada zeolit dilakukan dengan teknik statik. Kajian meliputi desorpsi dengan penambahan EDTA dan desorpsi tanpa penambahan EDTA pada larutan limbah dengan pH bervariasi.

Zeolit yang telah mengadsorpsi krom ditimbang 100 gram, dimasukkan dalam erlenmeyer, ditambah 200 ml limbah dengan pH tertentu yang mengandung EDTA 0,01 M. Penelitian menggunakan larutan *buffer* dengan pH bervariasi, dibuat dari campuran asam sitrat 0,1 M dan Na hidro fosfat 0,2 M. Larutan diputar dengan *stirrer* dan dидiamkan selama 24 jam, kemudian disaring. Larutan dipanaskan dalam

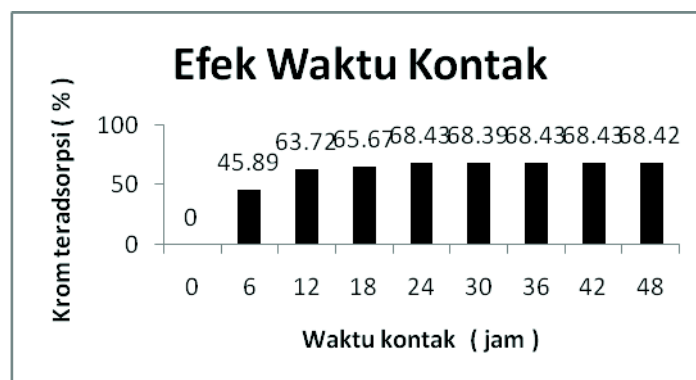
oven pada suhu 100°C selama 5 jam. Adsorben didestruksi dengan mencampur HNO<sub>3</sub> dan HF (perbandingan volume 4:1). Hasil destruksi dianalisis dengan AAS. Jumlah krom total yang terdesorpsi dihitung dari selisih antara krom yang terdapat dalam zeolit sebelum desorpsi dan setelah desorpsi. Pengamatan dilakukan pada berbagai pH dengan dan tanpa penambahan EDTA.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa data kondisi adsorpsi zeolit terhadap krom yang terdapat dalam air limbah industri penyamakan kulit dan data desorpsi krom yang telah teradsorpsi pada zeolit.

### Hasil optimasi waktu kontak

Waktu kontak antara zeolit dengan limbah cair industri penyamakan kulit ditentukan untuk mengetahui tercapainya waktu kesetimbangan/tercapainya adsorpsi maksimum adsorbat pada permukaan adsorben. Tercapainya kesetimbangan ditandai dengan tidak adanya perubahan konsentrasi adsorbat dalam larutan.



**Gambar 1.** Pengaruh waktu kontak terhadap hasil adsorpsi krom dengan zeolit.

Gambar 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi krom pada limbah cair industri penyamakan kulit oleh zeolit, sampai jam ke 12 berlangsung sangat cepat yang ditunjukkan oleh besarnya kenaikan persentase krom yang teradsorpsi. Makin lama

waktu kontak, maka persentase krom yang teradsorpsi makin banyak. Pada jam ke 12 sampai jam ke 24 krom yang teradsorpsi bertambah relatif rendah dan bahkan persentase krom tidak bertambah walaupun waktu kontak

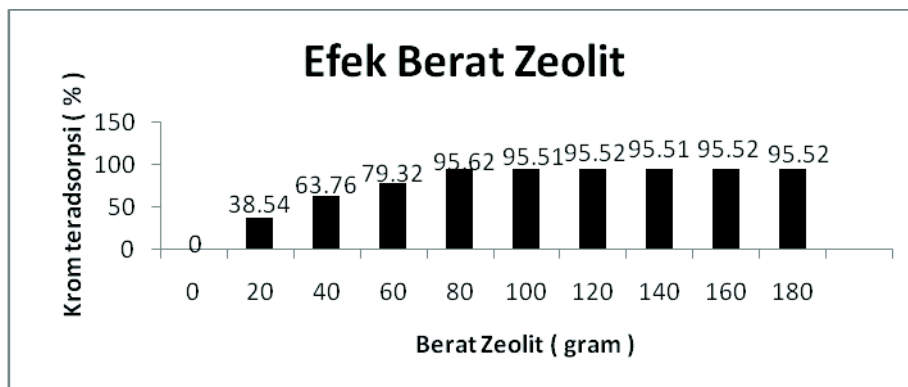
ditambah sampai 48 jam. Hal ini disebabkan karena sisi adsorpsi zeolit/ kapasitas zeolit telah terisi oleh krom seluruhnya (zeolit telah jenuh), sehingga zeolit tidak mampu lagi melakukan adsorpsi walaupun waktu kontak ditambah. Zeolit alam merupakan alumina silikat, yang tersusun oleh  $\text{SiO}_4^{4-}$  dan  $\text{AlO}_4^{5-}$  dan membentuk struktur 3 dimensi. Sisi-sisi aktif adsorpsi pada zeolit berasal dari  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang terdapat pada strukturnya (Rees, 1984). Jika struktur 3 dimensi tersebut diperhatikan terlihat adanya rongga-rongga yang ukurannya tertentu. Hal ini menyebabkan zeolit selektif dalam melakukan adsorpsi. Hal ini sesuai dengan teori isotherm Langmuir yang mengasumsikan bahwa adsorpsi terbatas pada pembentukan lapis tunggal (*monolayer*). Hasil optimasi waktu kontak zeolit dengan limbah adalah 24 jam.

**Hasil optimasi berat zeolit.**

Pada gambar 2 ditunjukkan bahwa berat zeolit meningkat, maka meningkat pula persentase krom yang teradsorpsi. Hal ini karena konsentrasi zeolit dalam larutan makin besar, maka kapasitas adsorpsi juga makin besar. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa pemberian zeolit sampai 80 gram perbedaan krom teradsorpsi sangat signifikan, akan tetapi pemberian diatas 80 gram -120 gram bahkan sampai 180 gram tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Hal ini dapat dijelaskan karena jumlah krom yang ada tetap, sehingga walaupun jumlah zeolit makin banyak yang berarti kapasitas adsorpsi makin besar, tidak akan terjadi proses adsorpsi (walaupun belum 100%). Krom yang tidak teradsorpsi biasanya dalam bentuk ligan organik. Dengan kata lain kapasitas adsorpsi melebihi jumlah krom yang ada dalam larutan limbah. Penggunaan zeolit 80 gram dalam 200 ml limbah, dapat mengadsorpsi krom sebesar 95,62%, penggunaan zeolit 120 gram dapat mengadsorpsi krom 95,52 %. Pada kondisi ini penyaringan susah dilakukan karena molekul air ikut teradsorpsi ke dalam zeolit.

Oscik(1992) dalam bukunya menyatakan bahwa jumlah zat teradsorpsi oleh tiap gram adsorben tergantung pada konsentrasi adsorben, suhu, dan sifat molekul yang terlibat. Hasil optimasi berat zeolit adalah 80 gram.



**Gambar 2.** Pengaruh berat zeolit terhadap hasil adsorpsi krom.

**Hasil optimasi ukuran partikel zeolit.**

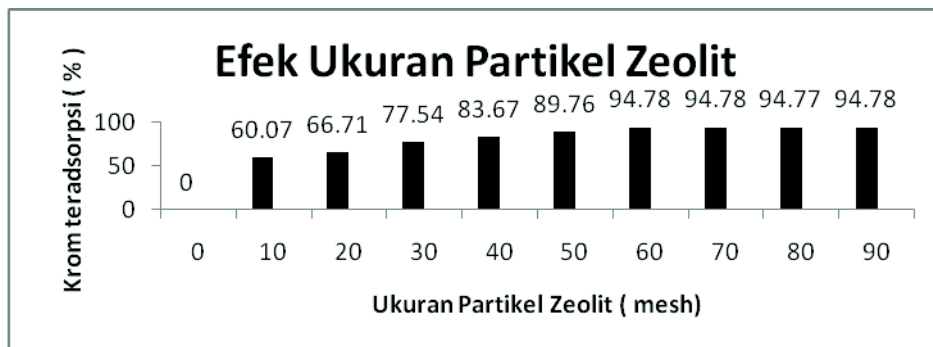
Hasil penelitian pada gambar 3 tampak bahwa ukuran partikel zeolit juga berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Data menunjukkan bahwa makin

kecil ukuran partikel, persentase krom yang teradsorpsi makin besar. Hal ini terjadi karena ukuran partikel zeolit makin kecil, maka permukaan zeolit tersebut makin luas, sehingga

kapasitas adsorpsinya meningkat. Zeolit dengan ukuran partikel antara 10-20 mesh sampai 50-60 mesh mengalami peningkatan adsorpsi dari 60,07 % sampai 94,78%. Zeolit dengan ukuran 60-70 mesh, 70-80 mesh, dan >100 mesh tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu 94,78% walaupun mengalami

Gambar 3. Pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap hasil adsorpsi krom. Peningkatan luas permukaan karena zeolit lebih lembut. Jadi zeolit dengan ukuran partikel 60-70 mesh memberikan kapasitas yang optimal dalam mengadsorpsi krom yang ada yaitu sebesar 94,78 %. Ukuran zeolit berpengaruh terhadap

tersedianya permukaan untuk proses adsorpsi/tukar ion antara komponen dalam limbah cair dengan partikel zeolit. Ukuran partikel makin kecil berarti makin luas permukaan dan kemampuan adsorpsi meningkat, karena memungkinkan terjadinya interaksi yang sangat efektif antara sisi aktif pada zeolit dengan ion logam krom. Teori adsorpsi Langmuir mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif (*active site*) yang sebanding dengan luas permukaan adsorben dan pada setiap situs aktif hanya satu molekul yang dapat dijerap (Khatijah, 2005).

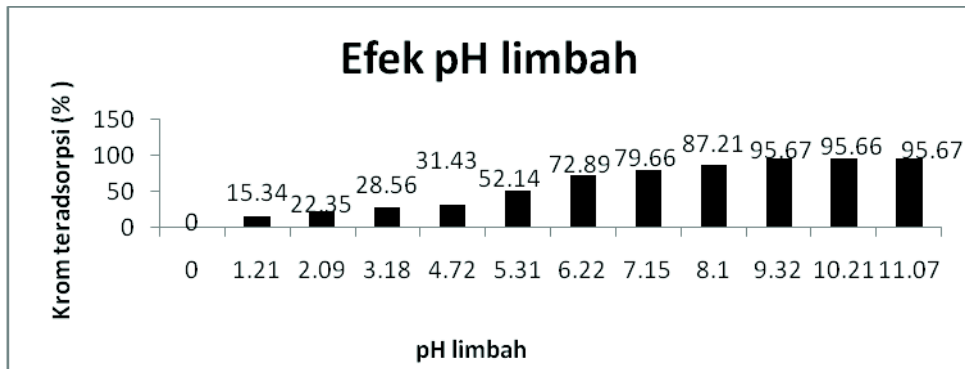


**Gambar 3.** Pengaruh ukuran partikel zeolit terhadap hasil adsorpsi krom.

### Hasil optimasi pH larutan limbah

Sejumlah kajian adsorpsi padat-cair menunjukkan bahwa pH merupakan faktor pengontrol terhadap jumlah adsorpsi kation pada oksida logam terhidrasi. Basta dan Tabatabai (1992) telah mengkaji hubungan antara pH larutan dengan adsorpsi logam, bahwa adsorpsi kation bertambah dengan naiknya pH larutan. Pada penelitian ini, pengaruh pH terhadap adsorpsi krom pada permukaan zeolit dilakukan dengan teknik statis. Hasil adsorpsi krom pada berbagai pH disajikan pada gambar 4. Data menunjukkan bahwa adsorpsi krom meningkat dengan naiknya pH. Pada pH yang relatif tinggi (pH mulai 6,22) adsorpsi krom mengalami peningkatan yang tajam, yaitu dari 52,14%

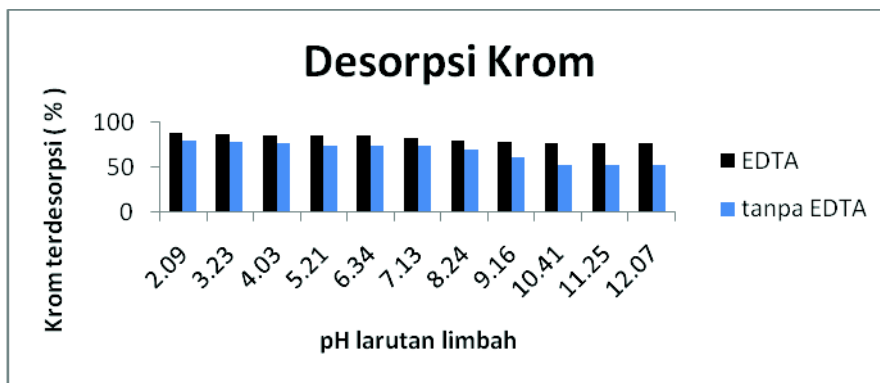
menjadi 72,89 %. Pada pH 9,32 krom teradsorpsi zeolit mencapai 95,67%. Diatas pH tersebut tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan. Adsorpsi logam pada zeolit dipengaruhi oleh struktur kimia zeolit dan species logam dalam larutan. Pada pH yang sangat rendah (pH<3) permukaan zeolit bermuatan positif karena sistem kelebihan ion H<sup>+</sup> yang mengakibatkan terjadinya tolakan terhadap kation logam yang ada di sekitarnya yang juga bermuatan positif. Akibatnya jumlah ion logam yang teradsorpsi pada pH rendah sedikit. Terjadi hal sebaliknya, pada pH yang relatif tinggi, permukaan zeolit bermuatan negative karena banyaknya ion-ion OH<sup>-</sup>.



**Gambar 4.** Pengaruh pH larutan limbah terhadap hasil adsorpsi krom dengan zeolit.

Akibatnya terjadi tarikan yang kuat terhadap kation logam di sekitarnya, sehingga jumlah ion logam yang teradsorpsi meningkat pada kondisi basa. Adsorpsi ion logam pada pH di atas 6 mengalami peningkatan yang cukup tajam. Hal ini diakibatkan oleh terjadinya pembentukan kompleks logam hidroksida  $M(OH)^+$  dalam larutan. Pada pH di atas 6 proses adsorpsi dikontaminasi oleh pengendapan hidroksida logam dalam larutan. Mekanisme adsorpsi logam pada zeolit dalam larutan yang tidak mengandung

ligan organik dapat dijelaskan melalui model yang diusulkan oleh Basta dan Tabatabai (1992), yaitu model hidrolisis logam dan model petukaran ion. Adsorpsi logam lebih besar pada pH tinggi melalui pembentukan  $MOH^+$ . Pada model pertukaran ion terjadi kompetisi antara proton dengan ion logam untuk mendapatkan situs pertukaran kation. Pada pH tinggi, kompetisi ion  $H^+$  dan ion logam berkurang, sehingga adsorpsi logam lebih besar dibandingkan pada pH rendah.



**Gambar 5.** Desorpsi krom yang teradsorpsi pada zeolit dengan penambahan EDTA dan tanpa penambahan EDTA pada berbagai pH larutan limbah.

#### Desorpsi krom yang teradsorpsi pada zeolit.

Hasil pengamatan desorpsi krom dapat dilihat pada gambar 5. Data menunjukkan bahwa pada pH 3,23 krom yang terdesorpsi oleh larutan limbah dengan penambahan EDTA adalah 87,41%. Pada percobaan berikutnya krom yang terdesorpsi mengalami penurunan dengan

naiknya pH. Pada pH 10,41 krom terdesorpsi sebesar 77,19%. Pada proses adsorpsi, krom teradsorpsi bertambah dengan naiknya pH, sedangkan pada proses desorpsi terjadi hal sebaliknya. Hal ini dapat dijelaskan bahwa *Etil Diamin Tetra Acetat* (EDTA) adalah asam bebas yang apabila ligan ini berkoordinasi dengan

logam, maka keempat hydrogen dalam struktur EDTA dilepas. Ion-ion logam merupakan akseptor pasangan electron yang dalam reaksinya dapat dianggap analog dengan asam seperti  $H_3O^+$ . Anion EDTA,  $Y^{4-}$ , merupakan donor pasangan electron (sebagai basa), sehingga reaksi ion logam dengan anion EDTA,  $Y^{4-}$ , analog dengan reaksi penetralan biasa (Day dan Underwood, 1989). Spesies EDTA dalam air sangat dipengaruhi oleh pH dan berpengaruh terhadap kemampuannya untuk mengikat ion logam. Distribusi spesies EDTA sangat tergantung pada pH larutan yang ada. Pada pH sekitar 12 kebanyakan EDTA berbentuk anion  $Y^{4-}$ , sedangkan pada pH yang lebih rendah, spesies  $H_3Y^-$  dan spesies lainnya akan melimpah. Pada pH tersebut,  $H_3O^+$  akan bersaing dengan ion logam untuk memperebutkan EDTA. Reaksi ion logam dengan spesies EDTA dalam larutan ditunjukkan sebagai berikut:



Reaksi tersebut menunjukkan bahwa pH turun, kesetimbangan akan bergeser ke kiri menjauhi pembentukan kompleks  $MY^{2-}$ . Oleh karena itu dapat diperkirakan bahwa pH yang layak untuk terjadinya reaksi antara ion logam dengan EDTA adalah pada pH tinggi, karena EDTA akan hadir sebagai spesies  $Y^{4-}$  yang memungkinkan terjadinya pembentukan kompleks logam EDTA. Spesies  $Y^{4-}$  pada pH rendah hadir dalam jumlah yang relatif sedikit.

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan antara persentase krom yang terdesorpsi dari zeolit oleh larutan limbah dengan menggunakan EDTA dan tanpa menggunakan EDTA terutama pada pH tinggi. Persentase logam krom yang terdesorpsi pada pH rendah lebih besar daripada desorpsi pada pH tinggi, baik oleh larutan limbah dengan penambahan EDTA maupun tanpa EDTA. Desorpsi logam oleh

larutan limbah dengan penambahan EDTA pada berbagai pH dipengaruhi oleh konsentrasi  $H^+$  dan spesies EDTA dalam larutan. Pada pH rendah spesies EDTA yang ada dalam larutan didominasi oleh spesies  $H_3Y^-$  dan  $H_2Y^{2-}$ , sedangkan  $Y^{4-}$  hadir dalam jumlah yang sangat kecil (Mun'im, A., 2000). Dengan demikian, pada pH ini yang lebih berperan dalam proses desorpsi ion logam dari situs adsorpsi adalah besarnya konsentrasi  $H^+$  dalam larutan. Adanya spesies EDTA dalam larutan menambah persentase logam yang terdesorpsi dari permukaan adsorben. Pada pH rendah kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kiri menjauhi pembentukan kompleks logam dengan spesies EDTA. Ion logam yang telah terikat pada situs adsorpsi akan lepas dan selanjutnya membentuk kompleks dengan anion EDTA yang ada dalam larutan. Pada pH tinggi, desorpsi logam yang teradsorpsi pada situs adsorpsi permukaan zeolit dipengaruhi oleh spesies EDTA yang ada dalam larutan. Pada reaksi kesetimbangan menyebabkan reaksi bergeser ke kanan ke arah pembentukan kompleks logam dengan spesies EDTA. Hal ini menyebabkan ion logam cenderung terlepas dari situs adsorpsi. Oleh karena itu persentase logam yang terdesorpsi oleh larutan limbah dengan penambahan EDTA pada berbagai harga pH hampir sama. Jadi tampak bahwa EDTA sangat efektif digunakan untuk mendesorpsi ion logam yang teradsorpsi pada zeolit.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi dipengaruhi secara signifikan oleh faktor waktu kontak, jumlah zeolit yang ditambahkan, ukuran partikel dari zeolit, dan pH larutan. Proses desorpsi makin rendah dengan naiknya pH larutan. Kondisi adsorpsi terbaik dicapai pada waktu kontak 24 jam, jumlah zeolit yang ditambahkan 0,4 kg per liter limbah dengan



ukuran partikel zeolit 60-70 mesh dan pH larutan 9,32. Pada kondisi tersebut krom yang dapat teradsorpsi oleh zeolit mencapai 95,67% setelah terjadi desorpsi. Peningkatan desorpsi teramati secara signifikan pada pH yang relatif tinggi. Pada kasus penanganan limbah dengan adsorpsi, adanya ligan organik seperti EDTA ini, harus diusahakan seminimal mungkin agar tidak terjadi desorpsi yang tinggi terhadap ion krom yang telah teradsorpsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basta, N. T., and Tabatabai, M. A., 1992, Effect of Cropping System on Adsorption of Metals by Soils: Effect of pH, *J. Soil Sci*, 153, 195-203
- Day dan Underwood, A. L., 1989, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Alih Bahasa: Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, edisi 5, Erlangga, Jakarta.
- Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis Characterization and Modification*, Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur.
- Juanita, C.M., Estela, T.P., Bethsaida, M.A., "Biosorption and Desorption Studies of chromium III by Free and Immobilized *Rhizobium* (BJVr 12) Cell Biomass" in *Biodegradation* 8, Kluwer Academic Publisher, Nederland, 1997, 275-285.
- Khatijah, Z., Noor, K. W., Mohd, S., Rusmidah, A., Rio, S.S., 2005, *Kimia Tak Organik Lanjutan*, UTM, Kuala Lumpur.
- Mumpton, F. A., and Fishman, P. H., 2007, The Application of Natural Zeolites in Animals Science and Agriculture, *J. Anim. Sci*, 45, 1188-1202
- Mun'im, A., 2000, Pemanfaatan Karbon Aktif Tempurung Kemiri sebagai Adsorben Cr dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit, *Tesis S2 Program Pasca Sarjana UGM*, Yogyakarta. Tidak diterbitkan.
- Oscik, J., 1992, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, John Willey and Son, New York, 12-35
- Potter, C., Suparwadi, M., dan Gani, A., *Limbah Cair Indonesia*, Sumber Pengendalian dan Baku Mutu, BAPEDAL, 1994
- Rees, I.V.C., "Adsorption and Diffusion of Gases in Zeolites", in *Chemistry and Industry*, 1984, 252-263.
- Schubert, J., "Heavy Metals Metode Toxicity and Environmental Pollution" in *Metals Ion Biological System*, New York, 1980, 137-139
- Tsitsishvili, G. V., Adronikashvili, T. G., Kirov, G. N., and Filizova, L.D., 1992, *Natural Zeolites*, Ellis Horwood Limited, Chichester.