

ADSORPSI LOGAM Cr(VI) PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI

METAL Cr (VI) ADSORPTION ON LIQUID WASTE OF BATIK MANUFACTURING WITH NATURAL ZEOLITE

Dian Kresnadipayana¹, Sutarno² dan Mohammad Masykuri³

¹Program Studi D-IV Analis Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta

²Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Sebelas Maret Surakarta

³Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sebelas Maret Surakarta

ABSTRAK

Zeolit alam mempunyai potensi sebagai penyerap logam berat dalam pengolahan limbah cair yang disebabkan oleh kapasitas penyerapan, selektivitasnya yang tinggi, dan jumlahnya melimpah di Indonesia. Zeolit alam diaktivasi secara fisika dengan pemanasan pada suhu 150 °C dan secara kimia dengan HCl 6 M dan NH₄NO₃ 2 M. Variasi isian matrik adsorben pada kolom digunakan untuk mengetahui perbandingan besarnya adsorpsi dengan panjang unggun 10, 15, dan 20 cm.

Kadar logam Cr(VI) pada sampel limbah cair sebesar 14,68 ppm. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah no. 10 tahun 2004, limbah tersebut telah melebihi baku mutu air limbah. Hasil elusi satu kali dengan larutan K₂Cr₂O₇ 80 ppm pada kolom adsorpsi ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 berturut-turut sebesar 98,07 %; 99,23 %; dan 99,96 %. Hasil elusi satu kali dengan sampel limbah cair batik kadar logam Cr(VI) 14,68 ppm pada kolom adsorpsi ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 berturut-turut sebesar 98,45 %; 99,54 %; dan 99,97 %. Limbah cair batik setelah perlakuan telah memenuhi kriteria baku mutu air limbah ditinjau dari kandungan logam Cr(VI).

Kata kunci: limbah cair batik, logam Cr(VI), adsorpsi, zeolit alam.

ABSTRACT

Nature zeolite are capable of removing quantities of heavy metals from wastewaters, that they have potential properties as adsorbent for capacity and selectivity. Meanwhile, Indonesia has wide and large-scale distribution of zeolite. It give easy access to these minerals for characterization with respect to their function as adsorbent. The natural zeolite was activated physically by heating it at temperature of 150° C and chemically using 6 M HCl and NH₄NO₃ 2 M. The variations of adsorbent matrix entry in the column were used to determine the ratio of the amount of adsorption with a bed length of 10, 15, and 20 cm.

Levels of Cr (VI) in wastewater samples at 14.68 ppm. Based on the Central Java Regulation number 10 in 2004, is waste has exceeded the quality standard of waste water. The results of the elution times with a solution of 80 ppm K₂Cr₂O₇ adsorption column ZA-10, ZA-15 and ZA-20, respectively for 98.07%; 99.23%; and 99.96%. The elution result once time with batik effluent sample metal content of Cr (VI) adsorption column 14.68 ppm in ZA-10, ZA-15 and ZA-20, respectively for 98.45%; 99.54%; and 99.97%. Batik wastewater after treatment has met the criteria for waste water quality standards in terms of metal content of Cr (VI).

Key words: liquid waste of batik manufacturing, metal Cr(VI), adsorption, natural zeolite.

PENDAHULUAN

Zat pencemar berupa logam-logam berat merupakan masalah yang lebih serius dibandingkan dengan polutan organik karena ion-ion logam berat merupakan racun bagi organisme serta sangat sulit diuraikan secara biologi maupun kimia. Menurut harian Joglo Semar (24 Nopember 2007), limbah batik mencemari sungai dan air sumur warga sekitarnya, hal ini terlihat warna merah pada air sumur milik warga, yang disebabkan karena buangan pabrik batik.

Limbah cair industri batik cetak tersebut di atas adalah karakteristik berwarna keruh, berbusa, pH tinggi,

konsentrasi BOD tinggi, kandungan lemak alkali dan zat warna di dalamnya terdapat kandungan logam berat. Senyawa logam berat yang bersifat toksis yang terdapat pada buangan industri batik cetak, diduga krom(Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn). Sumber logam berat Krom (Cr) dan Timbal (Pb) yang bersifat toksis, dapat berasal dari *zat pewarna* (CrCl_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) maupun sebagai *mordan* yaitu merupakan pengikat zat warna meliputi $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ dan PbCrO_4 [1].

Kromium adalah salah satu logam yang sering merusak lingkungan. Pemanfaatan logam krom dan senyawanya dapat dijumpai dalam industri elektroplating, penyamakan kulit, dan lain-lain. Cr(VI) merupakan bahan pengoksidasi kuat, mempunyai potensi karsinogenik, bersifat lebih toksik terhadap makhluk hidup termasuk manusia dibandingkan dengan Cr(III) [2].

Berbagai dampak negatif yang ditimbulkan oleh logam kromium khususnya Cr(VI) bagi makhluk hidup dan lingkungan, maka keberadaan logam tersebut sebagai pencemar di lingkungan perlu diminimalkan bahkan dihilangkan. Berkaitan dengan hal tersebut, berbagai metode telah dikembangkan untuk menurunkan kandungan logam kromium di lingkungan. Salah satunya adalah metode

Peningkatan daya guna atau optimalisasi zeolit sebagai adsorben dapat dilakukan melalui aktivasi secara fisis maupun kimia. Proses aktivasi secara fisis dilakukan dengan pemanasan (kalsinasi). Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam klorida atau asam sulfat yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dapat dipertukarkan [3].

Kemampuan zeolit alam dapat menurunkan kadar logam ion Zn, Cd [4], Mn, Cr, Pb dan As [5]. Kemampuan zeolit Jordania yang telah diaktivasi dengan pemanasan dapat 105°C menghilangkan logam Hg dalam air [6]. Kemampuan zeolit alam dan *vermuculite* yang telah diaktivasi dengan HNO_3 sebagai adsorben dalam menghilangkan logam Cu [7]. Kemampuan zeolit alam yang telah diaktivasi dengan

pemanasan 150°C selama 60 menit dapat mereduksi kadar logam Cr dalam limbah cair [8], menghilangkan Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} dalam air [9], meremediasi logam beracun Cu, Cr dan Cd [10] dan dapat menurunkan kadar Zn, Cd, Pb, Fe pada air tambang buatan [11], dan teraktivasi dengan HCl dan NH_4NO_3 [12].

Penentuan baku mutu limbah cair batik berdasarkan pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah no. 10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah. Perbandingan panjang unggun penggunaan adsorben zeolit alam sebagai adsorpsi untuk mengetahui penggunaan pengolahan yang efektif.

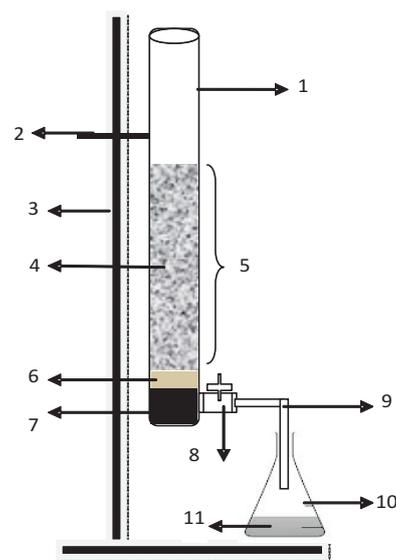
MATERI DAN METODE

Bahan

Zeolit alam Wonosari, kabupaten Gunung Kidul, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Limbah cair batik dari industri batik rumah tangga desa Ngjjo, kecamatan Tasikmadu, kabupaten Karanganyar, provinsi Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah, meliputi: HCl 6 M, NH_4NO_3 2 M, AgCl, H_2NO_3 0.6 M, NaOH 0.1 M, larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan akuades.

Alat

Labu Erlenmeyer, beaker glass, labu takar, gelas ukur, termometer, pemanas Cimarec 2 thermolyne, timbangan digital Ohaus Explorer, Oven pemanas merk Memmert, Furnace merk, spektrometer serapan atom (SSA) Perkin Elmer, ayakan Tyler dan Seperangkat Alat Adsorpsi Kolom. Seperangkat alat adsorpsi kolom seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Seperangkat Alat Adsorpsi Kolom

Keterangan:

- | | |
|---|---|
| 1. Kolom adsorpsi: kolom terbuat dari acrylic berdiameter 4 cm dan panjang 50 cm. | 6. Kain yang dibungkus dengan kertas saring |
| 2. Klem | 7. Ijuk |
| 3. Statif | 8. Kran |
| 4. Adsorben | 9. Selang Plastik |
| 5. Panjang Unggun (cm) | 10. Erlenmeyer |
| | 11. Eluen |

Cara Kerja

Preparasi Zeolit Alam

Zeolit alam yang digunakan adalah zeolit alam yang berasal dari Wonosari, kabupaten Gunung Kidul, provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Zeolit dalam bentuk kerikil dicuci dengan akuades, dikeringkan dan ditumbuk.

Hasil penumbukan kemudian disaring menggunakan penyaring Tyler sehingga diperoleh zeolit dengan ukuran butir (-80+100) mesh kemudian dimasukkan ke dalam cawan porcelin, dipanaskan dalam tungku pada 150 °C selama 60 menit, didiamkan dalam tungku sampai suhu kamar dan ditampung dalam wadah tertutup rapat. Material ini digunakan sebagai bahan awal untuk membuat adsorben

Aktivasi Zeolit Alam

Sebanyak 1000 g zeolit alam direndam dalam 2 L HCl 6M selama 4 jam. Campuran selanjutnya disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Pencucian dihentikan apabila sudah tidak terdapat endapan pada filtrat ketika ditambah dengan Ag^+ . Setelah kering, zeolit kemudian direndam kembali dalam 2 L NH_4NO_3 2M selama 4 jam. Campuran disaring dan dicuci dengan akuades hingga filtrat menunjukkan pH netral. Filtrat kemudian dicek dengan NaOH 2 M untuk mengendapkan $Al(OH)_3$. Residu kemudian dikeringkan dalam oven 300 °C selama 4 jam. Zeolit ini telah aktif dan siap digunakan sebagai pengadsorpsi (ZA).

Karakterisasi Zeolit

Karakterisasi zeolit alam sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi (dealuminisasi) dilakukan menggunakan FTIR.

Preparasi Alat Adsorpsi Kolom

Kolom adsorpsi dimasukkan adsorben dan ditekan pelan-pelan menjadikan adsorben sedikit padat sampai panjang ungunn tertentu. Variasi adsorben; (a) ZA-10 dengan panjang ungunn 10 cm, (b) ZA-15 dengan panjang ungunn 15 cm, dan (c) ZA-20 dengan panjang ungunn 20 cm.

Aplikasi Adsorben pada Larutan Standard

Kolom adsorpsi (ZA-10, ZA-15 dan ZA-20) dimasukkan masing-masing 150 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi 80 ppm. Hasil elusi pertama disaring dan filtrat dianalisis kadar Cr (VI) dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Aplikasi Adsorben pada Limbah Cair Batik

Kolom adsorpsi (ZA-10, ZA-15 dan ZA-20) dimasukkan masing-masing 150 mL limbah cair batik. Hasil elusi pertama disaring dan filtrat dianalisis kadar Cr(VI) dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

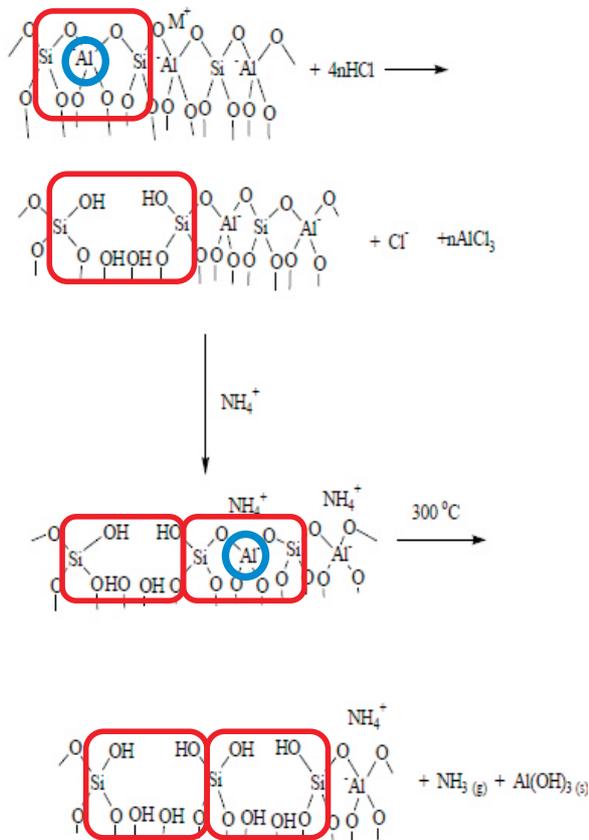
Aktivasi Zeolit Alam

Sifat fisis dari zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini ialah berbentuk batuan kecil dan berwarna putih kehijau-hijauan. Aktivasi fisika dengan pemanasan 150 °C selama 60 menit merupakan kondisi terbaik dalam kemampuan adsorpsi sebesar 92,60 % [8] dan aktivator zeolit alam secara kimia digunakan adalah HCl 6 M. Konsentrasi HCl 6 M merupakan konsentrasi maksimum untuk proses penguraian Al-O (dealuminasi) sehingga gugus hidroksi pada Si-O dapat aktif untuk menjerap suatu ion logam Cr(VI) [10].

Larutan HCl yang semula berwarna bening setelah dipakai perendaman berwarna hijau kekuning-kuningan. Perubahan warna ini menjelaskan bahwa HCl berfungsi untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang mungkin berupa kation-kation yang terdapat dalam zeolit tersebut. Kation-kation tersebut berupa logam Na, K, Ca dan Fe yang terdapat dalam zeolit alam Wonosari. HCl dapat juga untuk menguraikan ikatan Al-O pada *framework* zeolit sehingga gugus hidroksi menjadi aktif.

Pencucian zeolit dengan akuades secara berulang-ulang dilakukan untuk menghilangkan asam HCl yang tersisa sampai filtrat (hasil pencucian) menunjukkan

Pada aktivasi zeolit alam mengalami dealuminasi jika menggunakan larutan HCl sebagai aktivator. Pada dealuminasi, ion H^+ yang dihasilkan dari reaksi penguraian HCl dalam medium air akan mengurai ikatan atom Al yang berada pada *framework* zeolit (Gambar 2).



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Aktivasi Zeolit menggunakan HCl (Weitkamp, J. and Puppe, L., 1999)

Ion H⁺ ini akan diserang oleh atom oksigen yang terikat pada Si dan Al. Berdasarkan harga energi disosiasi ikatan Al-O (116 kkal/mol) jauh lebih rendah dibandingkan energi disosiasi ikatan Si-O (190 kkal/mol), maka ikatan Al-O jauh lebih mudah terurai dibandingkan Si-O. Sehingga ion H⁺ akan cenderung menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan Al-O dan akan terbentuk gugus silanol. Ion Cl⁻ hasil penguraian ion HCl juga akan mempengaruhi kekuatan ikatan Al-O dan Si-O. Ion Cl⁻ memiliki elektronegativitas yang tinggi (3,16) dan berukuran kecil ($r = 0,97 \text{ \AA}$), sehingga menyebabkan ion ini mudah berikatan dengan kation bervalensi besar seperti Si⁴⁺ dan Al³⁺. Tetapi ion Cl⁻ akan cenderung berikatan dengan atom Al dikarenakan harga elektronegativitas atom Al lebih kecil (1,61) dibanding elektronegativitas atom Si (1,90).

Perendaman NH₄NO₃ dilakukan untuk membuka pori-pori zeolit pada Al-O sehingga terbentuk gugus hidroksi.

Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan Si (dalam bentuk Si(OH)₄) yang akan dimasukkan untuk mengganti (*replacement*) atom-atom Al pada *framework* zeolit.

Karakterisasi Zeolit Alam

Karakterisasi zeolit alam sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi (dealuminisasi) dilakukan menggunakan FTIR. Secara spektroskopis, zeolit dapat diamati pada rentang daerah bilangan gelombang 300-1300 cm⁻¹. Pita pada 300-420 cm⁻¹ merupakan daerah untuk *pore opening* pada *external linkage*. Rentangan simetri O-Al-O atau O-Si-O pada internal tetrahedral akan muncul pada 650-720 cm⁻¹ sedang untuk *external linkage* akan muncul pada 750-820 cm⁻¹. Tekukan Si-O atau Al-O akan muncul pada daerah 420-500 cm⁻¹. Adsorban pada daerah 950-1250 cm⁻¹ menunjukkan rentangan asimetri (Wietkamp dan Puppe, 1999). Pada zeolit alam rentangan asimetri ditunjukkan pada pita 1055,06 cm⁻¹ dan pada zeolit alam aktivasi ditunjukkan pada pita 1058,92 cm⁻¹. Terjadinya dealuminisasi dapat diamati dari adanya pergeseran pada spektra vibrasi internal dan eksternal. Bila terjadi proses dealuminisasi, maka akan ada pergeseran spektra ke arah bilangan gelombang yang lebih tinggi pada vibrasi ulur internal zeolit dan pergeseran pita ke arah bilangan gelombang yang lebih rendah pada vibrasi eksternal. Hal ini seiring dengan menurunnya jumlah Al dalam struktur zeolit.

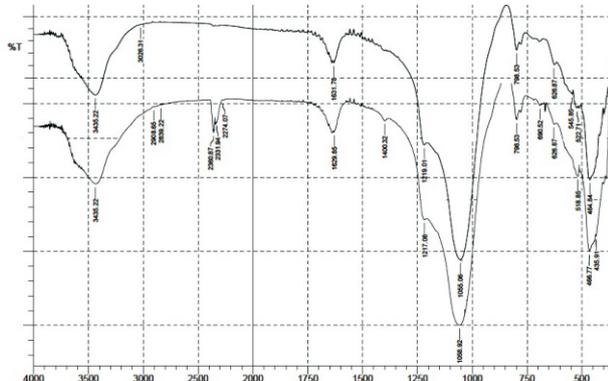
Hasil penelitian, bahwa terjadi pergeseran pita pada daerah vibrasi internal zeolit alam yaitu dari 1055,06 cm⁻¹ menjadi 1058,92 cm⁻¹ pada zeolit alam terdealuminasi. Ini diperkuat dengan adanya pergeseran pada vibrasi *pore opening* yaitu dari 353,8 cm⁻¹ pada zeolit alam menjadi 332,5 cm⁻¹ pada zeolit alam termodifikasi. Spektra FTIR pada zeolit alam dan zeolit dealuminasi membuktikan telah terjadi proses dealuminasi (Gambar 3).

Aplikasi Zeolit Alam Teraktivasi

Aplikasi pada Larutan Standard K₂Cr₂O₇

Larutan standard yang dipilih adalah K₂Cr₂O₇, untuk mewakili larutan Cr(VI) dan menguji keefektifan adsorben adsorpsi sebelum diaplikasikan ke limbah cair batik. Berdasarkan hasil elusi satu kali dengan larutan K₂Cr₂O₇ 80 ppm pada masing-masing kolom adsorpsi ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 menunjukkan bahwa adsorpsi yang paling besar

adalah ZA-20 yaitu 99,96 %, kemudian diikuti ZA-15 yang adsorpsinya hampir sama dengan ZA-20 yaitu 99,23 % dan yang paling kecil adalah adsorpsi ZA-10 yaitu 98,07 % (tabel 1).



Gambar 3. Spektra FTIR (a) Zeolit Alam dan (b) Zeolit Teraktivasi

Tabel 1. Hasil Elusi Pertama pada Aplikasi Adsorben Sistem Kolom pada 150 mL Larutan $K_2Cr_2O_7$ 80 ppm.

Adsorben	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	Adsorpsi (%)
ZA -10	80	1,544	98,07
ZA -15	80	0,616	99,23
ZA -20	80	0,032	99,96

Hasil elusi dari semua adsorben ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 sangat efektif dalam adsorpsi Cr(IV) yaitu di atas 98 %. Ini menunjukkan bahwa gugus-gugus hidroksi pada masing adsorben dapat mengikat atom Cr(VI) pada senyawa $K_2Cr_2O_7$.

Pada Gambar 4 menunjukkan adanya perubahan warna pada aplikasi adsorben pada $K_2Cr_2O_7$ 80 ppm. Zeolit alam juga dapat menurunkan warna kuning pada kuning telur [14]. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 80 ppm yang berwarna kuning setelah dimasukkan ke dalam kolom ZA-20 dan ZA-15 berubah warna menjadi bening sedangkan kolom ZA-10 berubah menjadi kuning sangat muda.



Gambar 4. Perbedaan Warna Hasil Aplikasi Adsorben Sistem Kolom Larutan $K_2Cr_2O_7$ 80 ppm. Keterangan. (a) larutan $K_2Cr_2O_7$ 80 ppm, (b) eluen pada ZA-20 (c) eluen pada ZA-10 dan (d) eluen pada ZA-15 (foto: Dian Kresnadipayana, Januari 2012).

Aplikasi pada Limbah Cair Batik

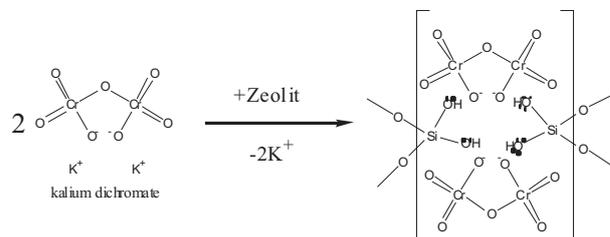
Pengolahan limbah cair batik untuk menurunkan logam Cr(VI) dilakukan adsorpsi pada kolom adsorpsi ZA-20, ZA-15 dan ZA-10 dengan sistem kolom. Semua adsorben diaplikasikan ke larutan standard $K_2Cr_2O_7$ 80 ppm sebanyak 150 mL sebelum diaplikasikan ke limbah cair batik yang menghasilkan kemampuan adsorpsi yang efektif.

Berdasarkan hasil elusi satu kali dengan sampel limbah cair batik dengan kadar Cr(VI) 14,68 ppm pada masing-masing kolom adsorpsi ZA-20, ZA-15 dan ZA-10 menunjukkan bahwa adsorpsi yang paling besar adalah ZA-20 yaitu 99,97 % dengan kadar akhir 0,005 ppm, kemudian diikuti ZA-15 yang adsorpsinya hampir sama dengan ZA yaitu 99,54 % dengan kadar akhir 0,068 ppm dan yang paling kecil adalah adsorpsi ZA-10 yaitu 98,45 % dengan kadar akhir 0,228 (tabel 2).

Tabel 2. Hasil Aplikasi Adsorben Sistem Kolom pada 150 mL Limbah Cair Batik dengan kadar Cr (VI) sebesar 14,68 ppm.

Adsorben	Awal (ppm)	Akhir (ppm)	Adsorpsi (%)
ZA-10	14,68	0,228	98,45
ZA-15	14,68	0,068	99,54
ZA-20	14,68	0,005	99,97

Hasil elusi dari semua adsorben ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 sangat efektif dalam adsorpsi Cr (IV) yaitu di atas 98 %. Ini menunjukkan bahwa gugus-gugus hidroksi pada masing adsorben dapat mengikat atom Cr(VI) pada sampel limbah cair batik (Gambar 5).



Gambar 5. Mekanisme Adsorpsi Cr(VI) sebagai Anion ($Cr_2O_7^{2-}$) dengan adsorben zeolit alam (ZA).

Zeolit alam yang berasal dari Wonosari sebagian besar penyusunnya adalah suatu mordenit $Na_8[Al_8Si_{40}O_{96}] \cdot 24H_2O$. Sifat yang dimiliki oleh zeolit jenis mordenit adalah memiliki adsorpsi dan penyaring molekuler yang tinggi sehingga pada

hasil elusi ZA-20 mempunyai adsorpsi yang paling tinggi yaitu 99,97 % untuk panjang unggun 20 cm. Pada zeolit alam di dalam pori-porinya terdapat kation-kation atau molekul air. Jika kation-kation atau molekul air tersebut dipanaskan pada suhu tertentu maka zeolit akan meninggalkan pori yang kosong. Pori-pori kosong inilah yang dapat menyerap ion logam Cr(VI).

Zeolit alam yang teraktivasi juga dapat sebagai penukar kation. Ion H^+ yang dapat bertukar dengan suatu kation Cr(VI) pada limbah cair batik. Persamaan reaksi penukar kation dapat ditulis yaitu $Zeolit-H^+ + Cr^{+6} \rightarrow Zeolit-Cr^{+6} + H^+$. Penggunaan ZA mempunyai kelemahan yaitu waktu jenuh atau keluarnya eluen yang sangat lama karena zeolit yang digunakan sangat lembut untuk sistem kolom.

Pada Gambar 6 menunjukkan adanya perubahan warna pada aplikasi adsorben pada limbah cair batik. Limbah cair batik yang berwarna coklat tua kemerah-merahan setelah dimasukkan ke dalam kolom ZA-20 dan ZA-15 berubah warna menjadi bening sedangkan kolom ZA-10 masih berwarna coklat muda agak kemerah-merahan. Zeolit alam dapat mengadsorpsi warna merah (*acid red*) dan hitam (*amido black*) [15] serta mengadsorpsi warna limbah cair tekstil dan menurunkan logam Cd, Pb, Cr, dan Cu [16].



Gambar 6. Perbedaan Warna Hasil Aplikasi Adsorben Sistem Kolom Limbah Cair Batik. Keterangan. (a) Limbah Cair Batik, (b) eluen pada ZA-20 (c) eluen pada ZA-10 dan (d) eluen pada ZA-15.
(Foto: Dian Kresnadipayana, Januari 2012).

Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah no. 10 tahun 2004 tentang baku mutu air limbah, logam Cr(VI) pada golongan I sebesar 0,1 ppm dan golongan II sebesar 0,5 ppm. Kadar akhir Cr(VI) pada limbah cair batik setelah pengolahan menunjukkan bahwa sampel limbah cair batik setelah perlakuan memenuhi kriteria baku mutu air limbah pada golongan II untuk semua perlakuan adsorben. Sampel limbah cair batik setelah perlakuan menggunakan adsorben ZA-10 tidak memenuhi baku mutu pada golongan I yaitu 0,228 ppm.

KESIMPULAN

Kolom adsorpsi ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 dapat menurunkan kadar logam Cr(VI) pada sampel limbah cair batik lebih dari 98 %. Semakin tinggi panjang unggun maka semakin tinggi tingkat adsorpsinya namun semakin lama waktu elusinya.

Kolom adsorpsi ZA-10, ZA-15 dan ZA-20 juga dapat mengadsorpsi warna limbah cair batik. ZA-15 dan ZA-20 dapat mengadsorpsi warna limbah cair batik sampai warna menjadi bening.

DAFTAR PUSTAKA

- Muljadi. 2009. *Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak Dengan Metode Fisika-Kimia Dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (Bod, Cod, Dan Logam Berat Krom (Cr) (Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo)*. Program Studi Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. EKUILIBRIUM Vol. 8. No. 1. 10 Januari 2009 : 7–16
- Anderson, RA.,1997. *Chromium as an Essential Nutrient for Human, Reg. Toxicol. Pharmacol.*,26 : 534-541.
- Suyartono dan Husaini. 1991. Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit. PPTM Bandung Periode 1890-1991. *Buletin PPTM*. Bandung.
- Bujnova, A and Lesny, J. 2006. Sorption Characteristics of Zinc and Cadmium by some Natural-,Modified- and Synthetic Zeolites. *HEJ ENV-061123-A*.
- Campos, V. 2009. The Sorption of Toxic Elements Onto Natural Zeolite, Synthetic Goethite and Modified Powdered Block Carbon. *Environ Earth Sci* (2009) 59:737–744.
- Salem, N, Rafat, M, Ahmad, A, and Awwad, M.. 2010. Chemical Modification of Zeolite Tuff for Removal of Hg (II) from Water. *Medwell Journals. Environment Research Journal* 4 (4): 286-290.
- Stylianou, Marinou, A., Vasilis, J, Inglezakis, Konstantinos, G, Moustakas, Simos, Ph, Malamis, Loizidou, MD. 2007. *Removal of Cu(II) in Fixed Bed and Batch Reactors Using Natural Zeolite and Exfoliated Vermiculite as Adsorbents*. *Desalination* 215 (2007) 133–142.
- Susetyaningsih, R, Kismolo, E, dan Prayitno. 2009. Karakterisasi Zeolit Alam pada Reduksi Kadar Chrom dalam Limbah Cair. *Seminar Nasional V. SDM NUKLIR. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional*. Yogyakarta: 5 November 2009.
- Minceva, M, Markovska, M, Meshko, V. 2007. Removal of Zn^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} from Binary Aqueous Solution by Natural Zeolite and Granulated Activated Carbon. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, Vol. 26, No. 2, pp. 125–134 (2007). ISSN 1857 – 5552.
- Minato, H, Yoshida, M, and Shibue, Y. 1999. New Use of Natural Zeolites and Clay for Environmental Protection and Remediation of Toxic Metals Contamination Sites. *Paper submitted to the EUROCLAY 1999, Kraków.*. Conference of European Clay Groups Association (ECGA). Poland: 5-9 September 1999.
- Wingenfelder, U, Hansen, C, Furrer, G, Schulin, A. 2005. Removal of Heavy Metals from Mine Waters by Natural Zeolites. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 4606-4613.
- Mutngimaturohmah, Gunawan dan Khabibi. 2009. *Aplikasi Zeolit Alam Terdealkuminasi dan Termodifikasi HDTMA sebagai Adsorben*

- Fenol. Lab. Analitik, Jurusan kimia, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Swantomo, D, Kundari, NA dan Pambudi, SL. 2009. Adsorpsi Fenol dalam Limbah dengan Zeolit Alam Terkalsinasi. *Seminar Nasional V. SDM NUKLIR. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional*. Yogyakarta: 5 November 2009.
- Kermanshahi, E, Jani, HA, Hashemipour, H and Pilevar, M. 2011. Efficacy of Natural Zeolite and Pigments on Yolk Color and Performance Of Laying Hens. *African Journal of Biotechnology* 10(16), pp. 3237-3242.
- Wu, B, Qiu, M, Yang, X, Jiang, Q. 2010. Adsorption of Dye by the Natural Zeolite. This paper appears in: *Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 2010 4th International Conference*. Coll. of Life Sci., Shaoxing Univ., Shaoxing, China.
- Halimoon, N and Yin, RGS. 2010. Removal of Heavy Metals from Textile Wastewater using Zeolite. Thai Society of Higher Education Institutes on *Journal Environment Environment Asia* 3 (2010) 124-130.