

Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Adsorben Ion Logam Fe(III) dan Cr(VI)

Chayun Pida Renni , F. Widhi Mahatmanti, dan Nuni Widiarti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Pebruari 2018

Disetujui Maret 2018

Dipublikasikan Mei 2018

Keywords:

zeolit alam teraktivasi

adsorben

HNO_3

ion logam Fe(III) dan Cr(VI)

Abstrak

Penelitian ini terkait dengan pemanfaatan zeolit alam teraktivasi HNO_3 sebagai adsorben ion logam Fe(III) dan Cr(VI). Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana karakteristik zeolit alam sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi, pengaruh variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi ion logam dan kapasitas adsorpsi zeolit alam dan zeolit teraktivasi dalam menyerap ion logam Fe(III) dan Cr(VI). Pengaktifan zeolit alam dilakukan dengan HNO_3 1M serta dikalsinasi pada suhu $400^\circ C$. Karakteristik zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat melalui data XRD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kristalinitas zeolit teraktivasi lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit alam. Kondisi optimum ion logam Fe(III) pada zeolit alam diperoleh pada pH 8, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi 200 ppm sedangkan pada zeolit teraktivasi diperoleh pada pH 2, waktu kontak 150 menit dan konsentrasi 125 ppm. Kondisi optimum ion logam Cr(VI) pada zeolit alam diperoleh pada pH 8, waktu kontak 180 menit dan konsentrasi 100 ppm sedangkan pada zeolit teraktivasi diperoleh pada pH 4, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi 150 ppm. Adsorpsi zeolit alam pada ion logam Fe(III) mengikuti pola isoterm *Freundlich* dengan nilai n sebesar 0,09 sedangkan pada ion logam Cr(VI) mengikuti pola isoterm *Langmuir* dengan kapasitas maksimum (Q_m) sebesar 1,48 mg/g. Adsorpsi zeolit teraktivasi pada ion logam Fe(III) mengikuti pola isoterm *Langmuir* dengan kapasitas maksimum (Q_m) sebesar 1,18 mg/g sedangkan pada ion logam Cr(VI) mengikuti pola isoterm *Freundlich* dengan nilai n sebesar 0,17.

Abstract

This study is related to the utilization of the activated HNO_3 natural zeolite as an adsorbent of Fe(III) and Cr(VI) metal ions. The aim of this research is to know how the characteristics of natural zeolite before and after activation, the influence of pH variation, contact time and metal ion concentration and natural zeolite adsorption capacity and activated zeolite in absorbing Fe(III) and Cr(VI) metal ions. Activation of natural zeolite was done with 1M HNO_3 and calcined at $400^\circ C$. Characteristics of natural zeolite before and after activation can be seen through XRD data. The results showed that the crystallinity of zeolite activated was higher than that of natural zeolite. The optimum conditions of Fe(III) metal ions in natural zeolites were obtained at pH 8, contact time 120 minute and concentration of 200 ppm while in the activated zeolite obtained at pH 2, contact time 150 minute and concentration 125 ppm. The optimum conditions of Cr(VI) metal ions in natural zeolite were obtained at pH 8, contact time 180 minute and concentration 100 ppm whereas in the activated zeolite obtained at pH 4, contact time 120 minute and concentration 150 ppm. The adsorption of natural zeolite in Fe(III) metal ion follows Freundlich isotherm pattern with n value of 0.09 whereas Cr(VI) metal ion follows Langmuir isotherm pattern with maximum capacity (Q_m) of 1.48 mg/g. The adsorption of activated zeolite on Fe(III) metal ion following the Langmuir isotherm pattern with maximum capacity (Q_m) of 1.18 mg/g while on Cr(VI) metal ion following Freundlich isotherm pattern with n value of 0.17.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

E-mail: chayunpidarenni@gmail.com

Pendahuluan

Limbah industri biasanya mengandung logam berat yang berbahaya karena dapat mengubah keadaan air. Logam berat memiliki sifat terakumulatif sehingga akan selalu bertambah dan dapat mengurangi jumlah air bersih. Keberadaan logam berat dapat merusak ekosistem pada lingkungan dan menimbulkan penyakit yang resikonya sangat berbahaya (Islam *et al.*, 2007). Keberadaan ion logam kromium (Cr) menimbulkan banyak masalah kesehatan jika sampai masuk ke dalam tubuh bahkan dapat menyebabkan kanker karena memiliki sifat karsinogenik. Keberadaan logam ion logam Fe juga menimbulkan gangguan kesehatan dimana dapat mengganggu sistem metabolisme bila sampai masuk ke dalam tubuh (Rukaesih, 2004). Permasalahan logam berat dapat ditangani dengan metode adsorpsi yang merupakan salah satu cara mengurangi keberadaan logam berat secara fisika maupun kimia. Metode adsorpsi dapat menyerap logam berat pada limbah cair ataupun perairan dan memiliki sifat selektivitas yang tinggi (Munandar, 2014). Adsorben yang banyak digunakan adalah zeolit. Zeolit merupakan mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka (Chetam, 1992). Zeolit alam memiliki beberapa kelemahan diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik (Lestari, 2010).

Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dari zeolit alam diantaranya dengan melakukan aktivasi. Proses aktivasi ini diperlukan untuk meningkatkan sifat khusus zeolit dan menghilangkan unsur pengotor (Rosita & Erawati, 2004). Proses aktivasi juga dapat mengubah jenis kation dan karakteristik zeolit agar sesuai dengan bahan yang akan dijerap. Menurut penelitian yang dilakukan Emelda & Martiana (2013), zeolit alam teraktivasi dengan kondisi terbaik dicapai pada penambahan zeolit alam dapat mengadsorpsi ion logam Cr sebesar 99,27%. Pada penelitian Munandar (2014), dapat dilihat bahwa zeolit alam teraktivasi dapat mengadsorpsi logam Fe dengan kapasitas kesetimbangan 0,74 mg/g. Isoterm adsorpsi adalah adsorpsi dengan keadaan suhu yang konstan. Terdapat beberapa jenis persamaan isoterm adsorpsi yang sering digunakan secara luas yaitu isoterm Langmuir dan Freundlich. Adsorpsi pada isoterm Langmuir hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolayer*), panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, semua bagian dan permukaan bersifat homogen (Do, 1998). Adsorpsi isoterm Freundlich terbentuk pada beberapa lapisan (*multilayer*) dari molekul - molekul adsorbat pada permukaan adsorben, bagian gugus aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen (Atkins, 1990).

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, pH-meter, neraca analitik, pemanas listrik, ayakan 100 *milling*, *magnetic stirrer*, desikator, *furnace*, *X-Ray Diffraction* (XRD) Shimadzu, *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) *Perkin Elmer Analyst* 400. Bahan yang digunakan adalah zeolit alam Gunung Kidul, aquades, HNO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, dan NaOH dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, larutan buffer (pH 2,3,4,5,6 7 dan 8) serta limbah cair elektroplating.

Zeolit alam Gunung Kidul yang telah diperoleh ditimbang sebanyak 100 g. Setelah itu, diayak dengan ayakan ukuran lolos 100 *milling*. Zeolit hasil ayakan dicuci dengan aquades, disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 4 jam kemudian didinginkan di desikator (Anggara *et al.*, 2013). Serbuk zeolit ditimbang sebanyak 100 g, kemudian dimasukkan ke gelas kimia. Setelah itu, ditambahkan larutan HNO_3 1N sebanyak 200 mL ke dalam gelas kimia tersebut dan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 50 rpm selama 120 menit. Setelah itu, campuran dibiarkan dan direndam selama 24 jam (Munandar, 2014). Campuran selanjutnya disaring dan dicuci dengan aquades sampai filtrat menunjukkan pH=7 untuk memastikan HNO_3 telah hilang seluruhnya. Selanjutnya, zeolit dikalsinasi dengan *furnace* pada suhu 400°C selama 3 jam. Zeolit dikeringkan dengan oven pada suhu 120°C selama 4 jam dan didinginkan di desikator. Zeolit yang telah teraktivasi dikarakterisasi dengan menggunakan XRD.

Larutan yang berisi komponen tunggal Fe(III) dan Cr(VI) dengan konsentrasi 100 ppm diambil sebanyak 25 mL untuk dimasukkan ke dalam masing-masing 7 buah erlenmeyer ukuran 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 0,1 g zeolit teraktivasi, diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit dengan kecepatan 125 rpm. Proses adsorpsi dilakukan pada variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 serta ditambah larutan buffer untuk menjaga agar tidak terjadi peningkatan atau penurunan pH secara drastis. Larutan dianalisis menggunakan AAS. Variasi dapat diulangi kembali untuk zeolit alam yang tidak diaktivasi dengan cara yang sama (Abuzar *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil variasi pH ion logam Fe(III) dan Cr(VI), selanjutnya dilakukan variasi waktu kontak dengan konsentrasi larutan 100 ppm. Larutan diambil sebanyak 25 mL untuk dimasukkan ke dalam masing-masing 7 buah erlenmeyer ukuran 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 0,1 g zeolit teraktivasi diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 125 rpm. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu 15, 30,

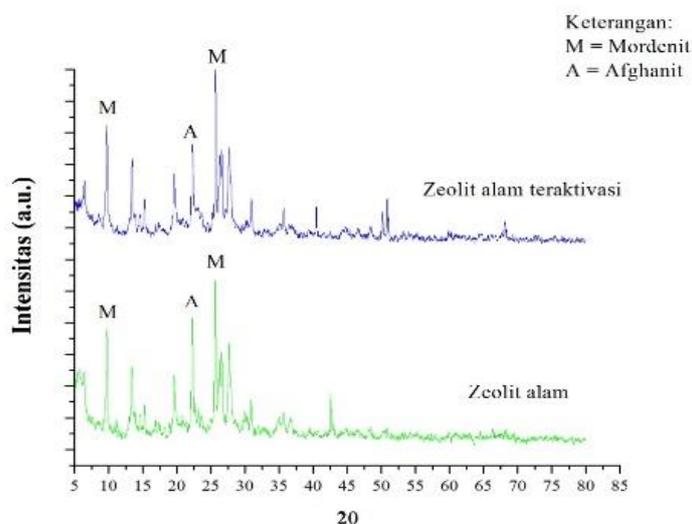
60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Larutan dianalisis menggunakan AAS. Variasi dapat diulangi kembali untuk zeolit alam yang tidak diaktivasi dengan cara yang sama (Munandar, 2014).

Berdasarkan hasil waktu kontak untuk logam Fe(III) dan Cr(VI) selanjutnya dilakukan variasi konsentrasi logam yang akan diadsorpsi. Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 50, 75, 100, 125, 150, 175 dan 200 ppm. Masing-masing konsentrasi diambil sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam 7 buah erlenmeyer ukuran 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 0,1 g zeolit teraktivasi pada masing-masing erlenmeyer. Diaduk menggunakan *shaker* dengan waktu yang diperoleh dari variasi waktu kontak pada kecepatan 125 rpm. Setelah mencapai waktu optimum, selanjutnya diambil filtrat dan dianalisis menggunakan AAS. Variasi dapat diulangi kembali untuk zeolit alam yang tidak diaktivasi dengan cara yang sama (Munandar, 2014).

Adsorpsi dua komponen masing-masing larutan Fe(III) dan Cr(VI) dengan konsentrasi optimum diambil sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam satu erlenmeyer ukuran 250 mL. Selanjutnya pH dan waktu kontak dikondisikan pada keadaan optimum yang telah diperoleh kemudian ditambahkan zeolit alam teraktivasi sebanyak 0,1 g dan diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 125 rpm. Larutan diambil filtratnya dan dianalisis menggunakan AAS. Setelah itu, dapat diulangi kembali untuk zeolit alam yang tidak diaktivasi dengan cara yang sama (Munandar, 2014).

Hasil dan Pembahasan

Aktivasi zeolit alam bertujuan untuk menjerat zat-zat pengotor kasar pada zeolit alam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat perbedaan antara zeolit alam dengan zeolit teraktivasi. Dilihat secara visual warna kedua adsorben berbeda, zeolit teraktivasi berwarna agak kecoklatan karena telah melewati proses kalsinasi. Fungsi aktivasi zeolit alam dengan HNO₃ adalah untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang terdapat dalam kerangka zeolit alam. Keberadaan zat pengotor mengakibatkan kurang optimalnya adsorben dalam mengadsorpsi ion logam. Selain dapat menghilangkan pengotor dalam kerangka zeolit, aktivasi juga berfungsi untuk meningkatkan kristalinitas zeolit alam sehingga lebih baik saat digunakan pada proses adsorpsi. Jenis mineral penyusun zeolit alam diperoleh dari hasil data XRD. Jenis mineral yang terkandung dalam zeolit alam ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Difraktogram sinar-x zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada zeolit alam hasil difraktogramnya lebih menunjukkan bentuk amorf sehingga kristalinitasnya lebih rendah dan beberapa puncak belum terlalu terlihat sedangkan pada zeolit teraktivasi menunjukkan kristalinitasnya meningkat dan beberapa puncak intensitasnya meningkat. Jenis mineral zeolit alam diketahui dengan dilakukan analisis jenis puncak-puncak yang muncul pada hasil analisis XRD dan dibandingkan dengan data (*XRD Powder Patterns for Zeolite oleh Treacy & Higgins, 2007*). Puncak-puncak zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi serta interpretasi 2θ ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data puncak-puncak difraksi zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi

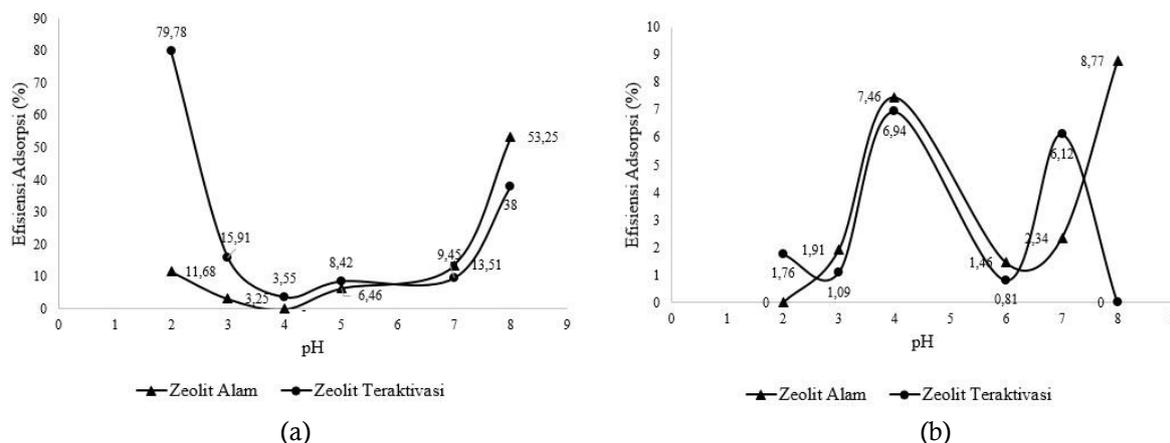
No.	Zeolit alam			Zeolit alam teraktivasi		
	Puncak 2 θ (°)	d (Å)	Int (%)	Puncak 2 θ (°)	d (Å)	Int (%)
1.	9,7690	9,05419	68,32	9,7546	9,06749	60,56
2.	22,2561	3,99444	73,31	22,2746	3,99116	49,11
3.	25,6287	3,47594	100,00	25,6675	3,47077	100,00

Tabel 2. Data interpretasi 2 θ

Zeolit alam			Zeolit alam teraktivasi		
2 θ	Treacy & Higgins	Interpretasi 2 θ	2 θ	Treacy & Higgins	Interpretasi 2 θ
9,7690	9,77	<i>Mordenit</i>	9,7546	9,77	<i>Mordenit</i>
22,2561	22,25	<i>Afghanit</i>	22,2746	22,25	<i>Afghanit</i>
25,6287	25,63	<i>Mordenit</i>	25,6675	25,63	<i>Mordenit</i>

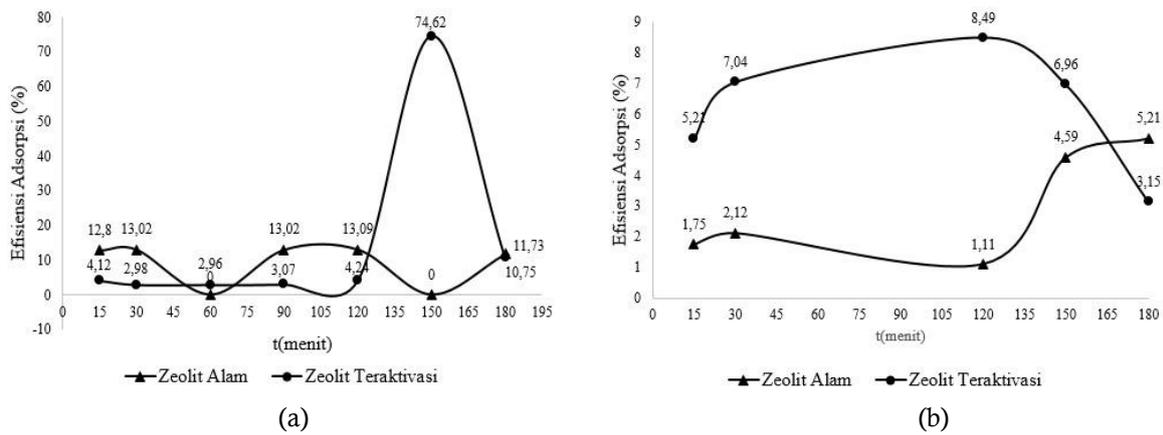
Berdasarkan data pada Tabel 2 diketahui bahwa jenis mineral zeolit alam Gunung Kidul adalah *mordenit* dan *afghanit*. Kristalinitas zeolit alam setelah diaktivasi lebih tinggi dibandingkan dengan kristalinitas zeolit alam sebelum diaktivasi. Hal ini dapat dilihat pada puncak-puncak yang awalnya masih rendah setelah diaktivasi intensitasnya meningkat menjadi lebih runcing. Proses aktivasi telah menghilangkan pengotor yang terdapat dalam kerangka zeolit dan membuat kerangka zeolit menjadi lebih teratur sehingga kristalinitasnya meningkat. Peningkatan kristalinitas membuat zeolit teraktivasi akan lebih optimal dalam mengadsorpsi ion logam sedangkan zeolit alam biasanya memberikan hasil yang kurang optimal dalam proses adsorpsi karena masih mengandung banyak zat pengotor dalam kerangka penyusunnya.

Variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap adsorpsi ion logam Fe(III) dan Cr(VI) menggunakan zeolit alam dan zeolit teraktivasi. Hasil adsorpsi pada variasi pH kedua adsorben pada ion logam Fe(III) dan Cr(VI) ditunjukkan oleh Gambar 2.

**Gambar 2.** Kurva pengaruh pH terhadap efisiensi adsorpsi (a) ion logam Fe(III) dan (b) ion logam Cr(VI) pada Adsorben

Spesiasi ion logam Fe(III) dalam suasana asam berada dalam bentuk ion Fe^{3+} sedangkan dalam suasana basa ion logam Fe(III) cenderung akan mengendap membentuk senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang mengakibatkan ion Fe(III) tidak dapat diadsorpsi oleh adsorben. Selain itu, akibat terbentuknya endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ kadar ion logam Fe(III) yang diadsorpsi juga semakin berkurang sehingga kadarnya akan banyak berkurang dari kadar awal larutan. Zeolit teraktivasi lebih efektif dalam mengadsorpsi ion logam Fe(III) dibandingkan zeolit alam. Semakin meningkatnya pH maka jumlah ion logam Fe(III) yang diadsorpsi akan lebih sedikit karena dalam suasana basa ion logam Fe(III) cenderung akan membentuk suatu endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak dapat diadsorpsi oleh adsorben. Spesiasi ion logam Cr(VI) dalam berbagai pH berbeda-beda. Spesiasi ion logam Cr(VI) pada pH rendah atau antara pH 1 – 6,5 ada dalam bentuk HCrO_4^- atau $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sedangkan pada pH tinggi atau antara pH 7 – 10 ada dalam bentuk CrO_4^{2-} (Wijaya, 2004). Hal tersebut menyebabkan dalam proses adsorpsi spesiasi ion logam yang diserap bisa berbeda bergantung pada pH yang digunakan.

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil adsorpsi adsorben. Hasil adsorpsi pada variasi waktu kontak kedua adsorben ditunjukkan oleh Gambar 3.

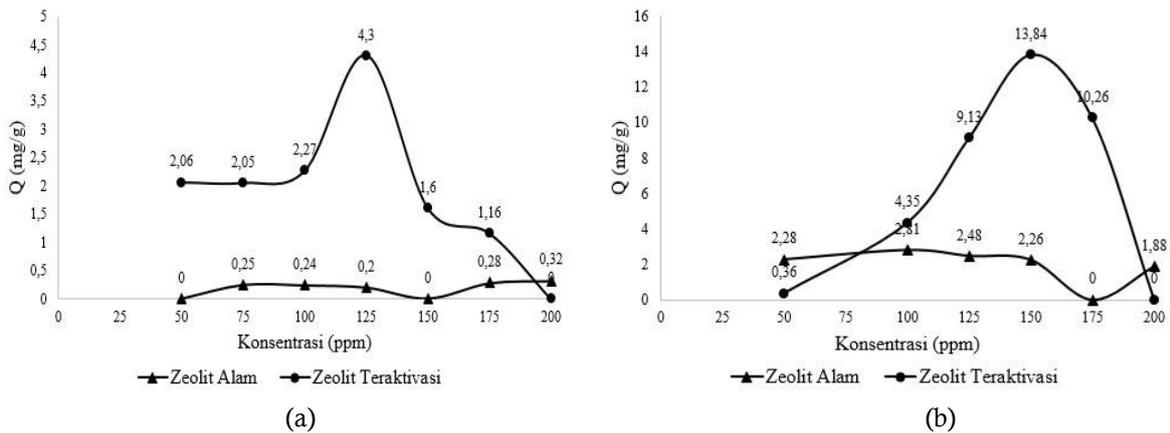


Gambar 3. Kurva pengaruh waktu terhadap efisiensi adsorpsi (a) ion logam Fe(III) dan (b) ion logam Cr(VI) pada Adsorben

Pada saat waktu optimum dicapai jumlah ion logam yang diadsorpsi pada menit berikutnya mengalami penurunan. Penurunan tersebut diakibatkan oleh kemampuan adsorben dalam menyerap ion logam yang terkandung semakin berkurang hingga pada waktu tertentu karena adsorben sudah jenuh sehingga semua pori-pori yang ada pada adsorben telah terisi oleh ion logam Fe(III) yang diadsorpsi. Hal ini menyebabkan pada menit berikutnya adsorben sudah tidak dapat mengadsorpsi ion logam Fe(III) yang masih tersisa.

Dapat dilihat pada Gambar 3. setelah waktu tertentu akan terjadi penurunan adsorpsi. Penurunan tersebut diakibatkan karena seiring bertambahnya waktu maka proses adsorpsi semakin berkurang karena adsorben sudah jenuh dan telah terisi oleh ion logam Cr(VI) yang diadsorpsi. Hal ini menyebabkan pada menit berikutnya adsorben sudah tidak dapat mengadsorpsi ion logam Cr(VI) yang masih ada. Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa zeolit teraktivasi lebih efektif dalam mengadsorpsi ion logam Fe(III) dan Cr(VI) dibandingkan dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi. Hal ini disebabkan karena pada zeolit teraktivasi zat-zat pengotor yang terdapat pada kerangka zeolit telah hilang sedangkan pada zeolit alam yang tidak diaktivasi masih banyak mengandung zat-zat pengotor sehingga menurunkan efektifitasnya dalam mengadsorpsi ion logam karena terganggu oleh adanya zat pengotor.

Variasi konsentrasi optimum dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi sampel yang diadsorpsi oleh adsorben berupa zeolit alam dan zeolit alam teraktivasi. Grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi kedua adsorben ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Kurva pengaruh konsentrasi terhadap efisiensi adsorpsi (a) ion logam Fe(III) dan (b) ion logam Cr(VI) pada Adsorben

Jumlah ion logam Fe(III) teradsorpsi paling banyak untuk zeolit alam diperoleh pada konsentrasi 200 ppm sebanyak 1,29 ppm sedangkan pada zeolit alam teraktivasi pada konsentrasi 125 ppm sebanyak 17,35 ppm. Pada adsorpsi Fe(III) dengan zeolit alam ini karena pH yang digunakan adalah 8, hal ini menyebabkan adanya proses pengendapan sebelum proses adsorpsi. Pengendapan ini menyebabkan konsentrasi awal larutan menjadi lebih kecil karena terdapat ion logam Fe(III) yang telah membentuk endapan sehingga saat dilakukan adsorpsi dan pengukuran diperoleh hasil yang relatif rendah.

Dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa jumlah ion logam Cr(VI) teradsorpsi paling banyak untuk zeolit alam diperoleh pada konsentrasi 100 ppm sebanyak 11,29 ppm sedangkan pada zeolit alam teraktivasi pada konsentrasi 150 ppm sebanyak 55,53 ppm. Pada adsorpsi Cr(VI) dengan zeolit alam ini sama halnya dengan ion logam Fe(III) karena pH yang digunakan adalah 8, hal ini menyebabkan adanya proses pengendapan sebelum proses adsorpsi. Pengendapan ini menyebabkan konsentrasi awal larutan menjadi lebih kecil karena teradapat ion logam Cr(VI) yang telah membentuk endapan sehingga saat dilakukan adsorpsi dan pengukuran diperoleh hasil yang relatif rendah. Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa zeolit alam teraktivasi lebih efektif dalam mengadsorpsi ion logam Fe(III) dan Cr(VI) dibandingkan dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi. Hal ini disebabkan karena pada zeolit alam yang tidak diaktivasi masih banyak mengandung pengotor sehingga kurang efektif dalam mengadsorpsi ion logam Fe(III) dan Cr(VI) dibandingkan dengan zeolit alam teraktivasi.

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorben zeolit alam dan zeolit teraktivasi dalam mengadsorpsi ion logam Fe(III) dan Cr(VI). Berdasarkan data yang diperoleh dibuat grafik isoterm adsorpsi zeolit alam dan zeolit teraktivasi. Pola isoterm adsorpsi yang sering digunakan adalah pola isoterm *Langmuir* dan *Freundlich*. Hasil isoterm adsorpsi ion logam Cr(VI) dan Fe(III) dengan adsorben zeolit alam dan zeolit teraktivasi ditunjukkan oleh Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Parameter adsorpsi zeolit alam

Jenis ion logam	Isoterm <i>Langmuir</i>			Isoterm <i>Freundlich</i>		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	Kf (L/g)	n	R ²
Cr(VI)	1,4765	29,5	0,9082	14,444	2,4950	0,3838
Fe(III)	0,0628	110,3	0,677	2,8708 x 10 ⁻¹⁰	0,0878	0,7939

Tabel 4. Parameter adsorpsi zeolit teraktivasi

Jenis ion logam	Isoterm <i>Langmuir</i>			Isoterm <i>Freundlich</i>		
	Q (mg/g)	b (L/g)	R ²	Kf (L/g)	n	R ²
Cr(VI)	0,3511	8,6	0,5462	7,7983 x 10 ⁻¹⁰	0,1716	0,7606
Fe(III)	1,1819	29,7	0,7261	4,5186	5,7339	0,0494

Berdasarkan data pada Tabel 3. adsorpsi ion logam Cr(VI) menunjukkan pola isoterm adsorpsi *Langmuir* sedangkan adsorpsi ion logam Fe(III) lebih mengikuti pola isoterm *Freundlich*. Berdasarkan data pada Tabel 4. adsorpsi ion logam Cr(VI) menunjukkan pola isoterm adsorpsi *Freundlich* sedangkan ion logam Fe(III) lebih mengikuti pola isoterm *Langmuir*. Pola isoterm adsorpsi *Langmuir* menyatakan bahwa situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat homogen (Atkins, 1990). Jenis adsorpsi adalah kemisorpsi artinya adsorpsi terjadi secara kimia yang menunjukkan terbentuknya ikatan yang lebih kuat antara adsorbat dan adsorben yang berupa ikatan kovalen dan ikatan hidrogen (Jasmal & Ramlawati, 2015). Pola isoterm adsorpsi *Freundlich* terjadi secara fisorpsi artinya adsorpsi terjadi secara fisik yang terjadi di permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisik adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan yang lain. Adsorpsi fisik terjadi karena adanya ikatan *Van Der Waals* yaitu gaya tarik menarik yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben (Jasmal & Ramlawati, 2015). Isoterm ini menggambarkan situs-situs aktif pada adsorben bersifat heterogen.

Adsorpsi dua komponen dalam penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan kedua ion logam yaitu ion logam Fe(III) dan Cr(VI). Adsorpsi ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keefektifan adsorpsi suatu adsorben pada larutan yang mengandung lebih dari satu jenis ion logam. Data adsorpsi dua komponen kedua adsorben ditunjukkan oleh Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Kondisi optimum adsorpsi dua komponen dengan zeolit alam

Ion logam	Konsentrasi awal (ppm)	pH	Waktu (menit)	Konsentrasi awal (mmol/L)	Konsentrasi akhir (mmol/L)	Efisiensi (%)
Fe(III)	87,80	8	120	1,5721	1,4998	4,60
Cr(VI)	103,71	8	180	1,9946	0,7535	62,22

Tabel 6. Kondisi optimum adsorpsi dua komponen dengan zeolit teraktivasi

Ion logam	Konsentrasi awal (ppm)	pH	Waktu (menit)	Konsentrasi awal (mmol/L)	Konsentrasi akhir (mmol/L)	Efisiensi (%)
Fe(III)	133,03	2	150	2,3820	1,5030	36,90
Cr(VI)	117,93	4	150	3,4219	0,7246	68,05

Berdasarkan data pada Tabel 5. dan 6. dapat dilihat bahwa adsorben zeolit alam dan zeolit teraktivasi lebih banyak menyerap ion logam Cr(VI) dibandingkan Fe(III). Hasil adsorpsi campuran limbah buatan ini menunjukkan hasil yang sama terhadap hasil variasi yang telah dilakukan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada adsorpsi dua komponen ini adsorben lebih optimal untuk menyerap ion logam Cr(VI) karena jari-jari ion logam Cr(VI) lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari ion logam Fe(III). Jari-jari Cr(VI) sebesar 40 pm sedangkan Fe(III) sebesar 63 pm (Huheey, 1983). Dapat dilihat pada zeolit alam kapasitas adsorpsinya lebih rendah dibandingkan dengan zeolit teraktivasi, pada zeolit teraktivasi kapasitasnya lebih banyak untuk kedua ion logam. Hal tersebut menunjukkan bahwa zeolit teraktivasi lebih baik daripada zeolit alam karena pada dasarnya karakteristik zeolit aktivasi lebih bagus. Zeolit teraktivasi sudah melewati proses aktivasi yang bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor yang dapat mengganggu proses adsorpsi. Penghilangan zat pengotor menyebabkan pori-pori menjadi kosong dan dapat terisi oleh ion logam yang diadsorpsi sedangkan pada zeolit alam masih terdapat zat pengotor di dalam kerangka adsorben tersebut sehingga kurang baik untuk mengadsorpsi suatu ion logam (Rosita & Erawati, 2004).

Simpulan

Zeolit alam setelah dilakukan proses aktivasi dengan asam nitrat mengalami peningkatan kristalinitas. Hasil variasi pH menunjukkan bahwa pada zeolit alam semakin besar pH maka efektifitas adsorben semakin meningkat sedangkan pada zeolit teraktivasi semakin besar pH maka efektifitas adsorben akan semakin menurun. Hasil variasi waktu kontak menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka efektifitas zeolit alam dan zeolit teraktivasi akan semakin menurun. Hasil variasi konsentrasi menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi maka efektifitas zeolit alam dan zeolit teraktivasi akan semakin menurun. Adsorpsi zeolit alam pada ion logam Fe(III) mengikuti pola isoterm Freundlich dengan nilai n sebesar 0,09 sedangkan pada ion logam Cr(VI) mengikuti pola isoterm Langmuir dengan kapasitas maksimum (Q_m) sebesar 1,48 mg/g. Adsorpsi zeolit teraktivasi pada ion logam Fe(III) mengikuti pola isoterm Langmuir dengan kapasitas maksimum (Q_m) sebesar 1,18 mg/g sedangkan pada ion logam Cr(VI) mengikuti pola isoterm Freundlich dengan nilai n sebesar 0,17.

Daftar Pustaka

- Abuzar, S., S. Edwin, & U.L. Hasibuan. 2015. Kemampuan Batu Apung sebagai Adsorben Penyisihan Logam Besi (Fe) Air Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(1): 1-9
- Anggara, P.A., S. Wahyuni, & A.T. Prasetya. 2013. Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari dengan Proses Aktivasi Secara Fisis dan Kimia. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(1): 73-74
- Atkins, P.W. 1990. *Kimia Fisika*. Jilid 2. 4th ed. Jakarta: Erlangga
- Chetam, D.A. 1992. *Solid State Compound*. London: Oxford University Press
- Do, D. 1998. Adsorption Analysis: Equilibrium and Kinetics. *Series Chemical Engineering*, 1(2): 125-126
- Emelda, L. & S. Martiana. 2013. Pemanfaatan Zeolit Alam teraktivasi untuk Adsorben Logam Krom. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 9(4): 166-172
- Huheey, J.E. 1983. *Inorganic Chemistry Principles of Structure and Reactivity*. Cambridge: Harper International
- Islam, E.U., Y. Xe, & Z.L. He. 2007. Assessing Potential Dietary of Heavy Metals in Selected Vegetables and Food Crops. *Journal Zhejiang University Science*, 1(8): 1-13
- Jasmal, S. & Ramlawati. 2015. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) terhadap Pb^{2+} . *Jurnal Sainsmat*, 4(1): 57-66
- Lestari, D.Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Munandar, A. 2014. *Adsorpsi Logam Pb dan Fe dengan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat*. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI, Surakarta, 21 Juni.
- Rosita, N. & T. Erawati. 2004. Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi terhadap Efektivitas Zeolit sebagai Adsorben. *Jurnal Farmasi*, 4(1): 45-46
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Pustaka
- Treacy, M.M.J & Higgins, J.B. 2007. *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*. Amsterdam: Elsevier