



## Penyisihan Fe dalam Air Tanah Menggunakan Zeolit Alam Banda Aceh Teraktivasi

### The Removal of Fe in Groundwater by Using Activated Natural Zeolite of Banda Aceh

Hasni<sup>1</sup>, Nasrul Arahman<sup>2</sup>, Sri Mulyati<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Jalan Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

\*E-mail: [sri\\_nafidz@yahoo.com](mailto:sri_nafidz@yahoo.com)

#### Abstrak

Kajian ini membahas proses pemisahan logam besi dalam sampel air secara adsorpsi. Secara umum bertujuan untuk melihat pengaruh perlakuan zeolit alam terhadap efisiensi penyisihan logam besi dalam sampel air baku. Proses adsorpsi menggunakan zeolit alam Banda Aceh dengan variasi ukuran partikel 40, 60, 80, dan 100 mesh. Kadar besi (Fe) dalam larutan sampel buatan adalah 1,25 mg/l agar mendekati kadar logam besi sesungguhnya. Kadar sampel asli air tanah dari Desa Alue Peunyareng Kabupaten Aceh Barat sebesar 1,1206 mg/l. Analisis kadar logam besi dilakukan dengan alat spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi maksimum diperoleh pada penyerapan dengan zeolit alam berukuran 100 mesh baik untuk sampel asli maupun sampel buatan. Aktivasi zeolit alam menaikkan kemampuan adsorpsi bahan penyerap hingga 154,72%. Kemampuan penyerapan yang dimiliki zeolit alam menurun hingga 92,25% manakala sampel yang diserap berupa air tanah karena sampel masih banyak mengandung bahan pengotor.

Kata kunci: adsorpsi, penyisihan Fe, zeolit alam, spektrofotometer

#### Abstract

This study discusses the separation process of of ferrous from water sample by adsorption. In general the objective of this study is to investigate the effect of natural zeolite treatment on the metal removal efficiency of iron in raw water samples. Adsorption process using natural zeolite Banda Aceh with a variety of particle sizes of 40, 60, 80, and 100 mesh. Artificial sample concentration is 1.25 mg/l in order to approach the actual content of ferrous (Fe) metals. The concentration of Fe in original water sample from the Alue Peunyareng of 1.1206 mg/l. Ferrous metal content analysis was performed with a spectrophotometer. The results showed that the maximum adsorption capacity is obtained on the absorption of natural zeolite size of 100 mesh well for the original sample and artificial samples. Activation of natural zeolite adsorption capacity of absorbent material to raise up to 154.72%. Absorption capability possessed natural zeolite decreased by 92.25% when the sample is absorbed in the form of ground water as the sample still contains many impurities.

Keywords: adsorption, Fe removal, natural zeolite, spectrophotometer

#### 1. Pendahuluan

Pada umumnya air tanah mengandung Fe dengan kadar relatif tinggi bahkan dapat mencapai 20 mg/l (Nazarenko dan Zarubina, 2013). Sesuai Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tanggal 19 April 2010 bahwa standar baku mutu logam besi dalam air minum adalah 0,3 mg/l. Manakala kadar logam besi melebihi baku mutu maka perlu upaya menurunkan konsentrasi Fe tersebut agar air tanah dapat dikonsumsi. Masyarakat Alue Peunyareng Aceh Barat mengkonsumsi air tanah yang secara organoleptik mengandung kadar logam besi tinggi di atas 1 mg/l. Kondisi ini akan dapat mendatangkan berbagai penyakit. Penulis

ingin mencoba menyerap logam besi air tanah Desa Alue Penyareng dengan adsorben zeolit alam Ujong Pancu Banda Aceh sebagaimana yang telah dilakukan oleh Poerwadio dan Masduki (2004).

Sejumlah peneliti telah melakukan studi penurunan kadar Fe dalam air tanah, akan tetapi belum memberi hasil yang optimal. Penulis ingin mencoba meneliti pengaruh perlakuan zeolit alam terhadap kemampuan adsorpsi logam besi dalam sampel. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengamati sejauh mana pengaruh ukuran partikel adsorben dan perlakuan zeolit alam terhadap kapasitas adsorpsi serta persen removal logam besi yang terdapat dalam sampel air.

Batuan dan mineral dalam tanah mengandung logam besi yang dapat larut ketika berada dalam air (Poerwadio dan Masduki, 2004). Umumnya kadar logam besi dalam air tanah dapat mencapai 3,6 mg/l (Rahman dan Hartono, 2004). Pada kawasan tertentu kadar Fe dalam air tanah mencapai 20 mg/l (Nazarenko dan Zarubina, 2013). Manakala kadar logam besi mencapai satu 1 mg/l maka keberadaannya dapat dikenali secara organoleptik karena air akan berwarna kuning kecokelatan, berbau tidak enak dan berasa asam-pahit.

Zeolit berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari kata "zein" bermakna buih dan "lithos" berarti batuan, sehingga *zeolithos* disebut sebagai batu berbuih yang telah ditemukan oleh Axel F. Cronstedt tahun 1756 (Said dkk., 2008). Zeolit merupakan penukar ion alami (Rahman dan Hartono, 2004). Kapasitas adsorpsi zeolit alam sangat tinggi karena mampu memisahkan molekul menurut ukuran dan konfigurasi molekul (Poerwadio dan Masduki, 2004). Zeolit dimanfaatkan sebagai pendehidrasi, penukar ion dan adsorben (Said dkk., 2008). Zeolit telah digunakan secara luas pada pengolahan air limbah untuk memperoleh kembali air baku yang dapat digunakan untuk air bersih (Erdem dkk., 2004). Aktivasi dan karakterisasi zeolite alam telah juga dilakukan oleh group peneliti Fergueirodo (2014). Zeolit alam yang telah diaktivasi memiliki luas permukaan spesifik sebesar 700 m<sup>2</sup>/g (Fergueirodo dan QUINTELAS, 2014). Sementara itu, Barlokova dan Ilavsky (2010) memanfaatkan zeolite alam tanpa aktivasi untuk menyisihkan logam besi dari air tanah. Didapatkan bahwa kadar besi air tanah berhasil diturunkan dari 0,5 mg/L menjadi 0,005 mg/L.

Adsorpsi dapat dilakukan dengan dua proses yakni cara *batch* dan kontinu (Said dkk., 2008). Fenomena adsorpsi dapat diklasifikasi menjadi dua yakni secara kimia dan fisika (Suseno, 2011). Reaksi antara bahan penyerap dengan zat terserap melibatkan gaya tarik menarik antar molekul dinyatakan sebagai adsorpsi fisika. Erdem dkk. (2004) melakukan percobaan dengan 15 gram zeolit alam dan 500 ml sampel dalam suatu reaktor *batch*. Penyisihan logam berat secara adsorpsi telah dilakukan dengan 15 gram zeolit alam pada 100 ml larutan sampel (Motsi dkk., 2011). Percobaan dilakukan dengan cara memasukkan larutan sampel ke dalam reaktor dan diaduk secara kontinu. Adsorpsi secara dinamis dilakukan dengan cara melewati larutan sampel ke dalam kolom adsorpsi *fixed-bed* yang telah diisi

dengan bahan penyerap. Proses adsorpsi dapat berhenti ketika telah mencapai kondisi kesetimbangan.

## 2. Metodologi

### 2.1. Alat dan Bahan

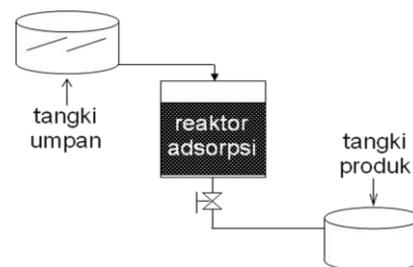
Kristal Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O dan zeolit alam merupakan bahan utama pada penelitian ini. Alat utama adalah *erlenmeyer*, *shaker*, dan botol sampel. Pemeriksaan hasil penelitian menggunakan *spektrofotometer*.

### 2.2. Proses Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam yang diambil dari lokasi wilayah Ujung Pancu (Aceh Besar) dibersihkan dari kotoran tanah dan lumut. Ukuran zeolit alam dikecilkan dengan palu *stainless steel* dan dihaluskan dengan *ball mill*. Zeolit halus dipisahkan dengan ayakan lengser sehingga didapat butiran berukuran 40, 60, 80, dan 100 mesh. Penentuan temperatur kalsinasi merujuk pada penelitian yang telah dilaporkan oleh Nasrun (2012). Zeolit alam aktif disiapkan dengan cara kalsinasi pada suhu 450°C selama 4 jam. Butiran zeolit alam didinginkan sampai suhu kamar selanjutnya direndam dalam HCl 0,1 N sambil diaduk selama 3 jam. Zeolit alam disaring dan dibilas dengan aquades serta dikeringkan dalam oven pada suhu 100 - 110°C selama 1 jam.

### 2.3. Proses Adsorpsi

Sebanyak 10 gram butiran zeolit alam aktif dimasukkan ke dalam reaktor berukuran 500 ml (Gambar 1). Sejumlah 250 ml larutan sampel dituangkan ke dalam reaktor yang berisi zeolit alam aktif. Reaktor diletakkan di atas alat penggetar (*shaker*) untuk pengadukan. Pemeriksaan kadar besi dalam sampel dilakukan ketika adsorpsi telah berlangsung selama 20 menit. Perlakuan yang sama dikerjakan untuk percobaan dengan zeolit alam tidak aktif dan sampel air tanah.



Gambar 1. Diagram alir proses adsorpsi

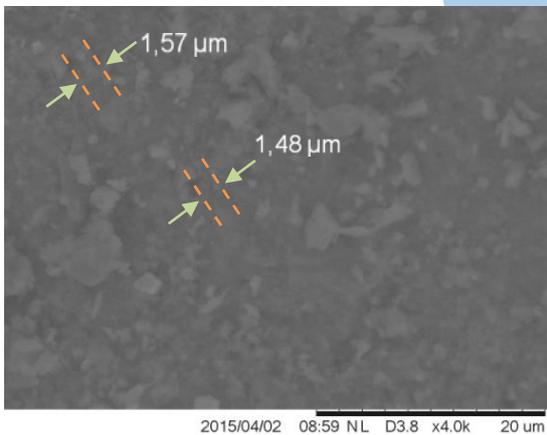
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Penyiapan Sampel

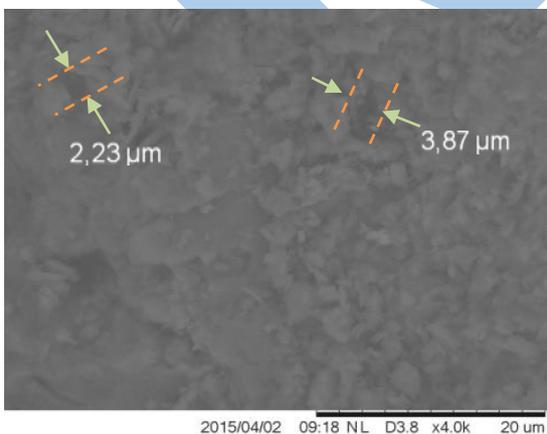
Konsentrasi logam besi dalam air Desa Alue Penyareng tanah hasil pemeriksaan dengan peralatan spektrofotometer memberikan angka 1,1206 mg/l. Kadar larutan buatan yang disiapkan untuk penelitian ini lebih tinggi dari pada konsentrasi air tanah sampel yakni 1,25 mg/l. Konsentrasi tersebut mendekati keadaan sebenarnya.

#### 3.2. Karakterisasi Zeolit Alam

Karakterisasi bahan penyerap dimaksudkan untuk pengamatan sifat fisik zeolit alam Banda Aceh terutama dimensi lubang pori adsorben. Hasil foto *scanning electron microscopy* di JTM Fakultas Teknik Unsyiah memperlihatkan pori bahan seperti ditunjukkan Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2.** Morfologi zeolit alam Banda Aceh sebelum aktivasi



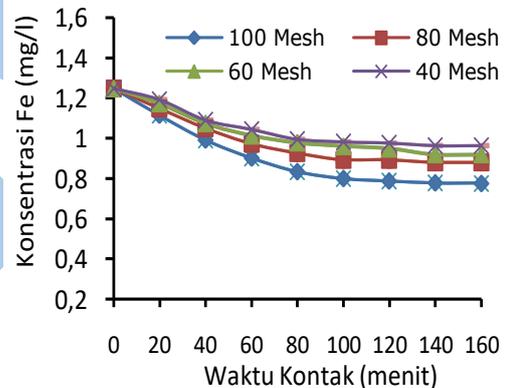
**Gambar 3.** Morfologi zeolit alam Banda Aceh setelah aktivasi

Gambar 2 menginformasikan diameter pori zeolit alam yang belum diaktivasi berukuran sekitar 1,48 μm sampai dengan 1,57 μm.

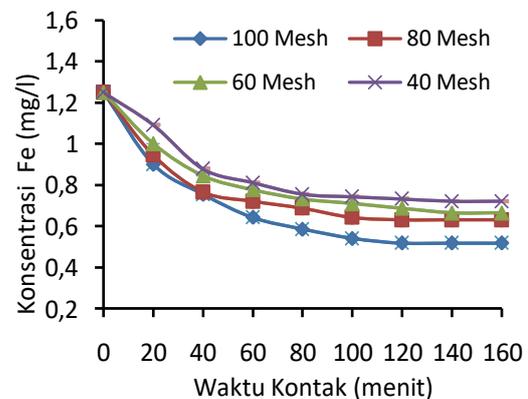
Setelah diaktivasi maka ukuran pori zeolit alam bertambah besar menjadi 2,23 μm hingga 3,87 μm. Aktivasi menaikkan diameter pori rata-rata sebesar 208%. Akibat aktivasi terjadi kenaikan diameter pori rata-rata sebesar 208%. Zeolit alam aktif terlihat lebih bersih dibandingkan dengan adsorben yang belum diaktivasi. Kenaikan diameter pori zeolit alam aktif dapat terjadi akibat impuritis yang ada di dalam butiran telah meninggalkan rongga adsorben sesudah direndam dengan asam klorida dan dibilas dengan aquades.

#### 3.3. Konsentrasi Fe Hasil Adsorpsi Zeolit Alam dan Zeolit Aktif

Analisis kadar Fe dalam sampel air hasil penyerapan dengan zeolite dilakukan setiap 20 menit waktu operasi. Proses penyerapan dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi memperlihatkan model kurva seperti diilustrasikan pada Gambar 4. Keadaan kesetimbangan baru dapat tercapai pada saat proses adsorpsi telah berlangsung 160 menit. Kadar logam besi tersisa setelah adsorpsi dengan zeolit alam 100 mesh sebesar 0,7772 mg/l.



**Gambar 4.** Kadar Fe setelah adsorpsi dengan berbagai ukuran zeolit alam



**Gambar 5.** Kadar Fe setelah adsorpsi dengan berbagai ukuran zeolit alam aktif

Konsentrasi sampel hasil adsorpsi dengan adsorben 80 mesh yang tidak diaktivasi adalah 0,8810 mg/l. Sebanyak 0,9200 mg/l logam besi masih tersisa setelah penyerapan dengan zeolit alam berukuran 60 mesh dan kadar Fe hasil adsorpsi dengan adsorben 40 mesh adalah 0,9643 mg/l. Pengamatan konsentrasi logam besi pada penyerapan larutan sampel artifisial dengan berbagai ukuran partikel zeolit alam aktif dilakukan setiap waktu pengamatan 20 menit. Hasil pemeriksaan konsentrasi logam besi dalam sampel dengan menggunakan alat *spectrofotometer* pada berbagai variasi ukuran partikel zeolit alam aktif dapat dilihat pada Gambar 5.

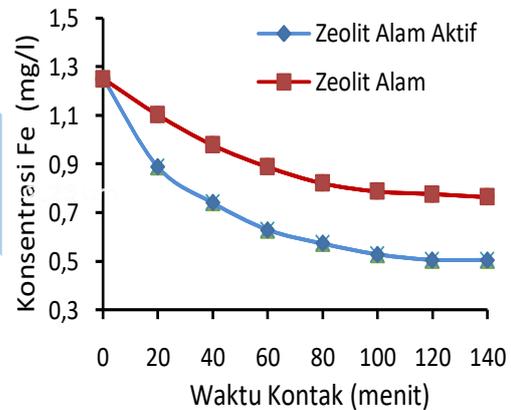
Gambar 5 menjelaskan bahwa pada awal berlangsungnya proses adsorpsi terjadi penurunan konsentrasi logam besi dalam larutan sampel secara signifikan. Penurunan konsentrasi logam besi semakin mengecil pada saat proses telah berlangsung 60 menit karena adsorben sudah mulai jenuh. Semakin lama proses berlangsung maka semakin kecil konsentrasi logam besi yang tersisa dalam larutan. Ketika proses adsorpsi telah berlangsung 120 menit, tidak terjadi perubahan kadar logam besi dalam sampel hasil penyerapan dengan zeolit alam aktif yang berukuran 100 dan 80 mesh.

Pada proses adsorpsi dengan zeolit alam berukuran 60 dan 40 mesh saat berlangsung selama 140 menit, diperoleh informasi bahwa kadar logam besi dalam larutan sampel menunjukkan tidak terjadi perubahan. Memperhatikan kadar sampel hasil penyerapan dengan berbagai dimensi partikel zeolit alam aktif, dapat dinyatakan bahwa penurunan kadar logam besi terbesar diperoleh pada adsorpsi dengan bahan penyerap berukuran 100 mesh. Kehilangan logam besi pada adsorpsi dengan zeolit alam berukuran partikel 100 mesh sebesar 0,7312 mg/l atau konsentrasi hasil adsorpsi senilai 0,5188 mg/l. Proses adsorpsi dihentikan tatkala telah mencapai keadaan keseimbangan.

### 3.4. Pengaruh Perlakuan Zeolit Alam

Memperhatikan konsentrasi logam besi hasil proses adsorpsi dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi dan penyerapan oleh adsorben aktif diperoleh informasi bahwa kadar logam besi sisa penyerapan dengan adsorben aktif lebih kecil daripada hasil penyerapan oleh bahan penyerap yang tidak diaktivasi seperti terlihat pada Gambar 6. Komparasi tersebut diambil dari hasil penyerapan dengan adsorben berukuran 100

mesh saja karena pada dimensi tersebut memberi hasil maksimum. Pengamatan hanya dilakukan hingga proses adsorpsi berlangsung 120 menit karena penyerapan dengan zeolit alam aktif telah mencapai kesetimbangan. Gambar 6 menjelaskan bahwa adsorben dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi menyisakan logam besi sebesar 0,7645 mg/l. Zeolit alam aktif dapat menghilangkan kadar logam besi hingga tersisa 0,5059 mg/l.



**Gambar 6.** Pengaruh perlakuan zeolit alam terhadap removal Fe dalam sampel

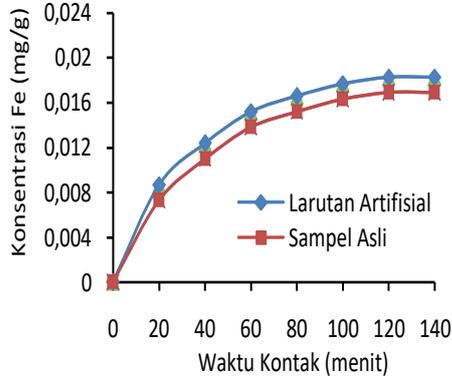
Aktivasi zeolit alam dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi hingga 151%. Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi perlu dilakukan aktivasi baik secara fisika maupun dengan metode kimia. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi secara fisika dan kimia. Kemampuan penyerapan zeolit alam dapat meningkat dengan cara aktivasi (Emelda dkk., 2013).

### 3.5. Kemampuan Adsorben Menyisihkan Logam Besi dalam Sampel Artifisial dan Air Tanah

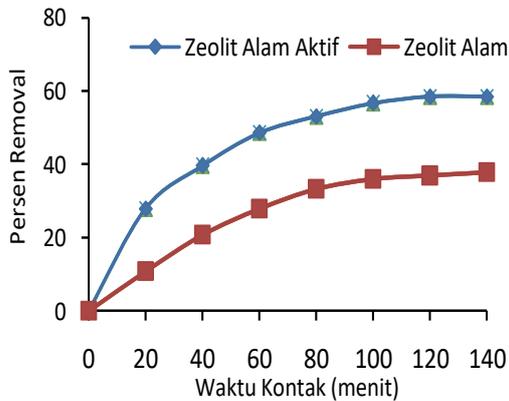
Untuk mengamati kemampuan penyerapan yang dimiliki zeolit alam aktif, dilakukan adsorpsi dengan bahan penyerap berukuran 100 mesh terhadap sampel asli berkadar 1,1206 mg/l dan larutan artifisial dengan kadar 1,25 mg/l. Kapasitas adsorpsi adsorben terhadap sampel asli sebesar 0,0169 mg/g, sedangkan jumlah logam besi yang terserap dari larutan sampel buatan adalah 0,0183 mg/g. Kadar logam besi tersisa dari sampel asli adalah 0,4446 mg/l. Kadar logam besi sisa dalam sampel artifisial sebesar 0,5059 mg/l.

Gambar 7 menjelaskan bahwa kemampuan adsorpsi yang dimiliki zeolit aktif untuk menyisihkan logam besi dalam sampel asli lebih kecil dari kapasitas penyerapan

terhadap larutan sampel buatan. Hal ini disebabkan di dalam sampel asli masih banyak terdapat zat pengotor dan molekul terlarut lainnya yang mengisi lubang pori bahan penyerap dan menghambat proses penyerapan (Said dkk., 2008). Peristiwa adsorpsi logam besi dengan zeolit alam berlangsung secara kimia, dapat balik, dan pada lapisan tunggal.



**Gambar 7.** Kemampuan adsorpsi zeolit alam terhadap sampel asli dan buatan



**Gambar 8.** Persen removal Fe hasil adsorpsi oleh zeolit alam aktif dan alami

### 3.6. Persen Removal

Pengamatan persen removal logam besi oleh zeolit alam aktif dan yang tidak diaktivasi ditinjau pada hasil adsorpsi dengan adsorben berukuran 100 mesh. Gambar 8 menginformasikan bahwa persen removal logam besi hasil adsorpsi dengan zeolit alam aktif lebih banyak dibandingkan dengan adsorben yang tidak diaktivasi. Hal ini disebabkan luas permukaan kontak antara sampel dengan zeolit alam aktif meningkat karena aktivasi. Said dkk. (2008) menjelaskan bahwa aktivasi zeolit dapat meningkatkan rasio silikon terhadap aluminium menjadi besar. Nasrun (2012) menginformasikan bahwa

peningkatan rasio silikon terhadap aluminium sebesar 15% akibat aktivasi dengan kalsinasi dan perendaman dengan asam klorida.

Persen removal logam besi hasil adsorpsi dengan zeolit alam aktif sebesar 58,50%. Persen removal Fe setelah dilakukan penyerapan dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi adalah 37,81%. Kenaikan tingkat penghilangan logam besi karena aktivasi sebesar 20,69%.

### 4. Kesimpulan

Aktivasi zeolit alam Banda Aceh dapat menaikkan diameter pori hingga 20,8% karena telah terusir zat pengotor yang berada di dalam zeolit alam. Semakin lama proses berlangsung maka semakin kecil kadar logam besi yang tersisa. Ketika adsorpsi setelah proses berjalan 120 menit, tidak terjadi perubahan kadar logam besi dalam sampel hasil penyerapan dengan zeolit alam berukuran 100 dan 80 mesh. Kadar logam besi tersisa setelah adsorpsi dengan zeolit alam 100 mesh sebesar 0,7772 mg/l. Aktivasi bahan penyerap dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi zeolit alam hingga 154,72%. Kemampuan adsorpsi yang dimiliki zeolit aktif untuk menyisihkan logam besi dalam sampel asli lebih kecil dari kapasitas penyerapan terhadap larutan sampel buatan. Kualitas larutan sampel buatan dan air tanah yang diserap tidak dapat memenuhi standar baku mutu air minum. Kenaikan tingkat penghilangan logam besi karena aktivasi sebesar 20,69%. Persen removal logam besi hasil adsorpsi dengan zeolit alam aktif sebesar 58,50% dan 37,81% Fe tersisih karena penyerapan dengan zeolit alam yang tidak diaktivasi.

### Daftar Pustaka

- Emelda, L., Putri, S.M., Ginting, S. (2013) Pemanfaatan zeolit alam teraktivasi untuk adsorpsi logam Krom ( $Cr^{3+}$ ), *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 9(4), 166 - 172.
- Erdem, E., Karapinar, N., Donat, R. (2004) The removal of heavy metal cations by natural zeolites, *Journal of Colloid and Interface Science*, 280, 309 - 314.
- Fergueirodo, H., Qiuntelas, C. (2014) Tailored zeolites for removal of metal oxyanion: Overcoming intrinsic limitation of zeolites, *Journal of Hazardous Materials*, 274, 287 - 299

- Motsi, T., Rowson, N.A., Simmons, M.J.H. (2011) Kinetic studies of the removal of heavy metals from acid mine drainage natural zeolite, *International Journal of Mineral Processing*, 101, 42 - 49.
- Nasrun, Wirjosentono, B., Herawan, T. (2012) Peningkatan performansi membran selulosa asetat dengan zeolit alam Ujong Pancu pada dehidrasi etanol secara pervaporasi, *Prosiding SEMIRATA BKS-PTN MIPA Unimed*, Medan, 23 Februari.
- Nazarenko, O., Zarubina, R. (2013) Applications of sakhaptinsk zeolite for improving the quality of ground water, *Energy and Environmental Engineering*, 1, 68 - 73.
- PerMenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tanggal 19 April 2010, Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta.
- Poerwadio, A.D., Masduki, A. (2004) Penurunan kadar besi oleh media zeolit alam Ponorogo secara continue, *Jurnal Purifikasi*, 5(4), 169 - 174.
- Rahman, A., Hartono, B. (2004) Penyaringan air tanah dengan zeolit alami untuk menurunkan kadar besi dan mangan, *Makara Kesehatan*, 8(1), 1 - 6.
- Said, M., Prawati, A.W., Murenda, E. (2008) Aktivasi zeolit alam sebagai adsorben pada adsorpsi larutan iodium, *Jurnal Teknik Kimia*, 15(4), 50 - 56.
- Suseno, H.P. (2011) Model adsorpsi  $Mn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  dan  $Hg^{2+}$  dalam sistem air-sedimen di sepanjang sungai Code Yogyakarta, *Jurnal Teknologi*, 4(2), 174 - 179.
- Barlokova, D. Ilavsky, J. (2010) Removal of iron and manganese from water using filtration by natural materials, *Polish Journal of Environmental Studies*, 19 (6), 1117-1122.