

PENURUNAN KADAR BESI OLEH MEDIA ZEOLIT ALAM PONOROGO SECARA KONTINYU

IRON REMOVAL BY NATURAL ZEOLITE OF PONOROGO IN CONTINUOUS FLOW

Andreas Djatmiko Poerwadio¹⁾ dan Ali Masduqi¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS

Abstrak

Penelitian ini untuk menguji kemampuan mineral zeolit alam Ponorogo untuk menurunkan kadar Fe dalam air limbah. Hasil penelitian bagian pertama nilai KTK lebih besar daripada nilai KA, nilai KTK/KA sebesar 3,22 ; 2,12 ; 1,96 dan 2,44 pada diameter 10, 20, 30 dan 40 mesh. Hasil uji regenerasi media zeolit dapat digunakan kembali setelah ke-jenuhannya, dengan regenerasi NaCl. Uji regenerasi dilakukan pada Fe influen sebesar 3 mg/l dengan diameter 20 mesh. Dalam percobaan kontinyu variasi konsentrasi influen Fe sebesar 1 mg/l; 2 mg/l; 3 mg/l dan diameter butiran zeolit 10 mesh, 20 mesh, 30 mesh dan 40 mesh. Dengan penambahan konsentrasi Fe, waktu untuk mencapai konsentrasi effluent sebesar 0,3 mg/l lebih lama, sedangkan diameter butiran zeolit yang efektif berukuran 40 mesh.

Kata kunci : Fe, ion, regenerasi, zeolit

Abstract

In this research, would be conducted a zeolite mineral ability test of Ponorogo to decrease Fe's rate in wastewater. The result of the first experiment showed that the value of KTK was bigger than KA and gave the value of KTK/KA of 3,22 ; 2,12 ; 1,96 and 2,44 at 10, 20, 30 and 40 mesh. On the other part, regeneration test showed that zeolite could be reused by regenerating it NaCl. The regeneration test was conducted on Fe influent of 3 mg/l with diameter of 20 mesh. On the continuous experiment, the standard effluent of < 0,3 mg/l was succesfully reached. The addition of Fe influent concentration caused zeolite longer to decrease Fe concentration, while the zeolite diameter which was effective to reduce Fe concentration was 40 mesh

Keywords : Fe, ion, regeneration, zeolite

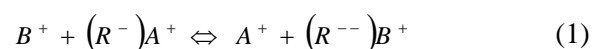
1. PENDAHULUAN

Air konsumsi adalah air yang memenuhi persyaratan sebagaimana ditetapkan Kepmenkes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum yaitu kadar Fe sebesar 0,3 mg/l. Secara kualitas, ditemukan beberapa penyimpangan terhadap parameter kualitas air bersih, baik kualitas fisik, kimia, biologi, ataupun radioaktif. Penurunan kualitas air diantaranya diakibatkan oleh adanya kandungan besi yang sudah ada pada tanah karena lapisan-lapisan tanah yang dilewati air mengandung unsur-unsur kimia tertentu, salah satunya adalah persenyawaan besi. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti mengadakan percobaan dengan menggunakan zeolit untuk menurunkan kadar Fe yang terdapat dalam air .

Pertukaran ion merupakan proses pertukaran kimia di mana zat yang insoluble memisahkan ion-ion

bermuatan positif atau negatif dari larutan elektrolit dan melepaskan ion-ion bermuatan sejenis ke dalam larutan yang secara kimiawi jumlahnya sama. Proses pertukaran ion ini tidak menyebabkan perubahan struktur fisik penukar ion.

Persamaan yang digunakan untuk menggambarkan reaksi pertukaran ion dapat dilihat pada Persamaan 1.



di mana R⁻ merupakan kelompok fungsional pada resin yang bermuatan negatif (Grinstead dan Pallman, 1993).

Secara umum terdapat dua teori yang telah dikembangkan untuk menghitung kesetimbangan pertukaran ion, yang berupa reaksi kimia dan fenomena membran.

Untuk menjadi penukar ion yang efektif, suatu resin penukar ion harus mempunyai ion-ion yang mudah bertukar dalam struktur yang tidak mudah larut dalam air, dan ruangan yang cukup dalam strukturnya untuk menjamin kebebasan ion-ion bergerak keluar dan masuk dalam matriks bahan.

Kapasitas operasi dari suatu resin berhubungan dengan kecepatan aliran melalui kolom, kedalaman kolom, koefisien selektifitas, ukuran ion-ion yang akan dipertukarkan, banyaknya regenerant yang digunakan, komposisi dan konsentrasi air baku, suhu dan kualitas air yang diinginkan (Wijayanti, 1991).

Bila ditempatkan di dalam air, resin penukar ion akan mengalami pengembangan dan ion-ion akan mudah berdifusi masuk dan keluar dari strukturnya. Luasnya pengembangan ini merupakan fungsi dari kadar crosslinking.

Kerapatan resin penukar ion dapat dinyatakan sebagai *bulk density* (berat per satuan volume total) atau sebagai *specific gravity* (berat per satuan volume partikel).

Adsorpsi didefinisikan sebagai pengambilan molekul-molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorbent atau oleh permukaan larutan.

Tingkat adsorpsi (*rate of adsorption*) menentukan waktu detensi yang dibutuhkan untuk pengolahan, dan ukuran atau skala dari sistem adsorpsi yang akan diterapkan. Kinetika proses menggambarkan tahapan di mana molekul dipindahkan dari larutan ke pori-pori partikel adsorbent.

Beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkatan terjadinya adsorpsi tersebut adalah agitasi, karakteristik adsorbent, daya larut, ukuran molekul zat terlarut, pH larutan dan temperatur larutan.

Zeolit adalah suatu jenis mineral yang tersusun dari silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dengan rongga-rongga di dalamnya yang berisi ion-ion logam, biasanya logam alkali dan alkali tanah, dan molekul air (Arifin dan Harsodo, 1990).

Setiap jenis zeolit juga mempunyai urutan selektifitas pertukaran ion yang berbeda. Beberapa karakteristik dan sifat yang mempengaruhi selektifitas pertukaran ion pada zeolit yaitu struktur terben-

tuknya zeolit yang berpengaruh pada besarnya rongga yang terbentuk serta efek mengayak dari zeolit, mobilitas kation yang diperlukan, efek medan listrik yang ditimbulkan kation serta difusi ion ke dalam larutan energi hidrasi.

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatik), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi.

Besi merupakan salah satu unsur pokok alamiah dalam kerak bumi. Keberadaan besi dalam air tanah biasanya berhubungan dengan pelarutan batuan dan mineral terutama oksida, sulfida karbonat, dan silikat yang mengandung logam-logam tersebut (Benefield, 1992).

2. METODOLOGI

Adapun variabel penelitian pada sistem percobaan kontinyu adalah diameter butir zeolit (10, 20, 30, dan 40 mesh), konsentrasi awal Fe (3, 2, dan 1 mg/l). Sedangkan parameter yang konstan yang digunakan adalah pH, temperatur ($26^\circ - 29^\circ \text{C}$), serta debit influen (30 ml/detik)

Pengukuran butiran zeolit dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dengan analisa ayakan, untuk mendapatkan diameter butir yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian.

Hasil dari tiap-tiap ayakan yaitu ayakan lengser dengan diameter lebih kecil dari 40 mesh, tidak digunakan dalam penelitian. Ayakan 50 mesh menghasilkan diameter 40 mesh, ayakan 40 mesh menghasilkan diameter 30 mesh, ayakan 30 mesh menghasilkan diameter butir 20 mesh, ayakan 20 mesh menghasilkan diameter butir 10 mesh serta ayakan 10 mesh dan 5 mesh tidak digunakan lagi pada penumbukan. Nilai kapasitas tukar kation (KTK) didapatkan dari Persamaan 2.

$$KTK(\text{meq}/100\text{gr}) = \frac{25}{g}(a - b) \quad (2)$$

dimana:

a = ml $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ untuk titrasi sampel

- b = ml KH(IO₃)₂ untuk titrasi blanko
- g = gram contoh zeolit

Nilai kapasitas adsorpsi (KA) didapatkan dari Persamaan 3.

$$KA \text{ (meq/100 gr)} = \frac{20 \text{ (ml NaOH blanko - ml NaOH sampel)} \cdot N \text{ NaOH}}{3} \quad (3)$$

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini memiliki konsentrasi Fe buatan sebesar 1 mg/l; 2 mg/l; 3mg/l. Fe buatan dibuat dengan menggunakan Fe (NH₄)₂ (SO₄)₂ · 6H₂O karena Fe dalam Fe (NH₄)₂ (SO₄)₂ · 6H₂O berbentuk Fe²⁺ yang terlarut dan relatif stabil sehingga dapat dianalogkan dengan keberadaan Fe dalam air tanah yang umumnya juga berbentuk Fe²⁺.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimulai dengan penyajian dan pengolahan data untuk mendapatkan proses yang berlangsung. Yaitu data kapasitas tukar kation, kapasitas adsorpsi, data hasil pemeriksaan kation penukar dan data hasil uji regenerasi. Setelah proses yang berlangsung terdefinisi, pada bagian kedua akan disajikan kompilasi data hasil penelitian pada sistem percobaan kontinyu. Penurunan kadar Fe dengan menggunakan media zeolit alam Ponorogo dilakukan secara kontinyu dengan variasi konsentrasi influen dan diameter butiran zeolit. Pengambilan sampel tiap 1 jam sekali hingga didapat kurva pada saat konsentrasi Fe effluen (Ce) = 0,3 mg/l sesuai standar air minum.

Untuk analisa Fe dibutuhkan kurva kalibrasi yang di buat dari larutan fe standar dengan konsentrasi 0,00625; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2 mg/l. Kalibrasi dilakukan dengan alat spektrofotometer, dan didapat hasil absorbansi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kurva Kalibrasi

Konsentrasi (x)	Absorbansi (Y)
2,000	0,553
1,000	0,276
0,500	0,116
0,250	0,092
0,125	0,039
0,063	0,022

Sehingga didapat persamaan :

$$y = 0,2724x + 0,0041$$

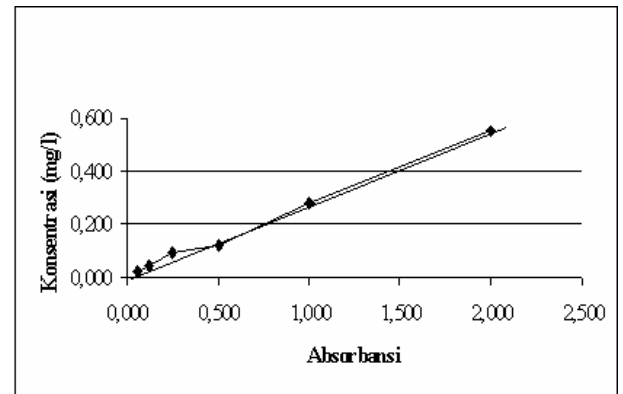
$$R^2 = 0,9953$$

$$R = 0,9976$$

Dimana :

- y = nilai absorbansi
- x = konsentrasi Fe (mg/l)

Dari menggunakan data pada Tabel 1 maka dapat di buat kurva kalibrasinya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Kalibrasi

Setelah dilakukan kalibrasi spektrofotometer maka dilakukan Analytical Quality Control (AQC) untuk standarisasi analisa larutan. Data hasil AQC dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil AQC

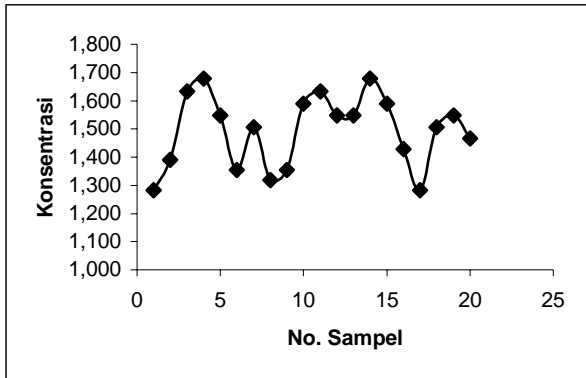
Kons Fe (mg/l=x)	Absorbansi	x ²
1,283	0,397	1,646
1,390	0,431	1,932
1,634	0,508	2,670
1,679	0,522	2,819
1,548	0,481	2,396
1,354	0,420	1,833
1,507	0,468	2,271
1,318	0,408	1,737
1,354	0,420	1,833
1,590	0,494	2,528
1,634	0,508	2,670
1,548	0,481	2,396
1,548	0,481	2,396
1,679	0,522	2,819
1,590	0,494	2,528
1,428	0,443	2,039
1,283	0,397	1,646
1,507	0,468	2,271
1,548	0,481	2,396
1,467	0,455	2,152

Dari Tabel 2 didapatkan nilai maksimum sebesar 1,679 mg/l, nilai minimum 1,283 mg/l, modus 1,548 mg/l, mean (x) sebesar (29,889/20) = 1,494 mg/l dan standar deviasi (SD) sebesar (xi-x)²/(n-1) = 0,041.

Akurasi merupakan nilai sebenarnya dikurangi mean hasilnya 0,006. Karena akurasi < SD maka hal ini diperkenankan. Sedangkan untuk nilai presisi yaitu (x-2.SD) < Fe < (x+2.SD) sama dengan

1,41 < 1,5 < 1,58 berarti masih memenuhi persyaratan.

Dari data hasil AQC pada Tabel 2 maka dapat di buat grafik AQC seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil AQC

Pada penelitian ini telah dilakukan percobaan untuk mengukur nilai KTK zeolit alam Ponorogo dengan metoda leaching dan destilasi. Sedangkan nilai rata-rata KTK adalah sebagai berikut 10 mesh = 15,48 ± 0,871 meq/100 gr, 20 mesh = 18,92 ± 1,07 meq/100 gr, 30 mesh = 33,78 ± 2,10 meq/100 gr dan 40 mesh = 48,65 ± 2,05 meq/100 gr

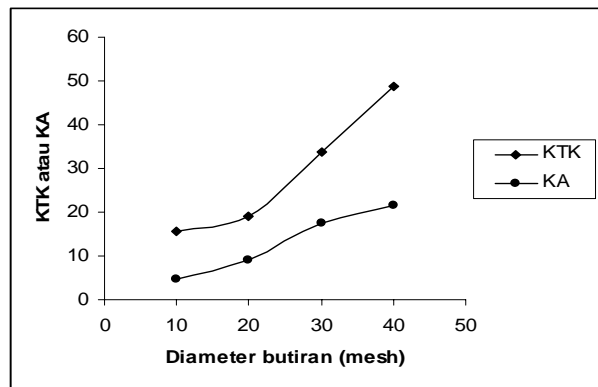
Pada sajian data di atas, dapat dilihat kecenderungan bahwa semakin kecil diameter butir zeolit, maka nilai KTK yang dihasilkan akan semakin besar. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan zeolit sebagai penukar ion akan meningkat bila diameter butirnya semakin kecil.

Pemeriksaan KA pada penelitian ini dilakukan dengan penjuanan pada alat sentrifugasi dan destilasi. Sedangkan nilai rata-rata KA 10 mesh: 4,75 ± 1,02 meq/100gr, 20 mesh: 8,92 ± 1,04 meq/100gr, 30 mesh: 17,54 ± 1,90 meq/100gr dan 40 mesh: 21,45 ± 1,55 meq/100gr.

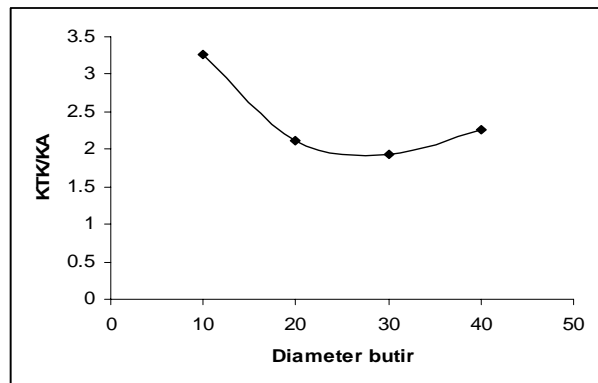
Dari nilai-nilai KA di atas, terlihat suatu pola kecenderungan, yaitu meningkatnya nilai KA bila diameter butir semakin kecil. Hal itu berarti semakin kecil diameter butir zeolit, kemampuan adsorpsinya semakin besar.

Karena mempunyai struktur kristal dengan daya selektifitas yang tinggi maka zeolit dapat berfungsi sebagai penukar ion. Selain itu zeolit juga mempunyai rongga-rongga dan saluran yang spesifik di dalam struktur kristalnya, sehingga ia juga dapat

berfungsi sebagai pengadsorp (Husaini, 1993). Selanjutnya pada bagian ini dianalisa perbandingan antara nilai KTK dengan nilai KA. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan teoritis yang menonjol pada zeolit, dari segi karakteristik bahannya, apakah sebagai penukar ion ataukah sebagai adsorben. Bila data KTK dan KA di atas diplotkan dalam suatu grafik, maka hasilnya akan tampak seperti pada Gambar 3. Sedangkan perbandingan KTK dan KA adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik KAK DAN KA



Gambar 4. KAK/KA

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 di atas, dapat disimpulkan bahwa zeolit alam yang digunakan sistem penelitian ini, pada sifat karakter dan bahannya, mempunyai kemampuan sebagai penukar ion yang lebih besar dibandingkan kemampuannya sebagai adsorben.

Pada percobaan sistem kontinyu ini zeolit alam di-kontakkan larutan Fe pada suatu kolom secara kontinyu dengan debit sebesar 30 ml/menit. Sedangkan konsentrasi awal larutan Fe sebesar 1, 2 dan 3 mg/l. Pada penelitian ini percobaan dilakukan sampai melalui titik pada saat konsentrasi = 0,3 mg/l

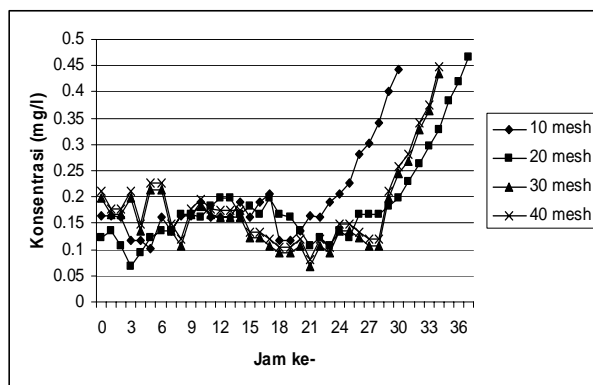
sesuai standar air minum (konsentrasi standar) sesuai Kepmenkes RI No.907/MENKES/SK/VII/2002 tanggal 29 Juli 2002 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum yaitu kadar Fe sebesar 0,3mg/l. Dari data analisa tersebut maka dapat dilihat kurva pada saat konsentrasi standar pada masing – masing variasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Titik Pada Saat Ce Standar Setiap Variasi

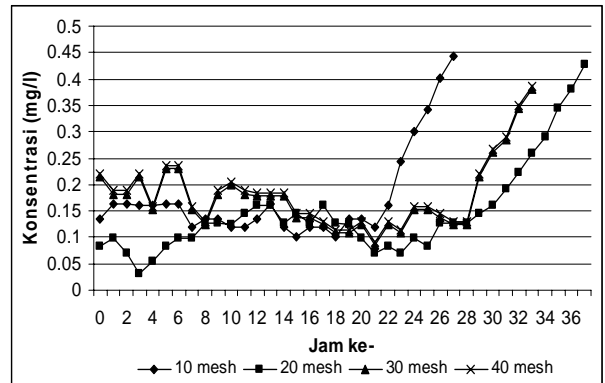
Konsentrasi Fe Influen (mg/l)	Diameter Butiran Zeolit (mesh)	Titik pada Ce Standar pada Jam ke
1	10	19
2	10	23
3	10	26
1	20	31
2	20	34
3	20	33
1	30	31
2	30	31
3	30	31
1	40	31
2	40	31
3	40	31

Dari data yang didapat pada Tabel 3, maka dapat diketahui bahwa waktu operasi optimum untuk menurunkan kadar Fe oleh media zeolit adalah 31 jam. Sedangkan pada waktu yang lebih lama dari 31 jam, maka kadar Fe akan mengalami kenaikan sebesar lebih dari 0,3 mg/l. Ini artinya, zeolit telah mengalami kejenuhan dan harus dilakukan regenerasi agar bisa dipakai kembali sebagai media filter.

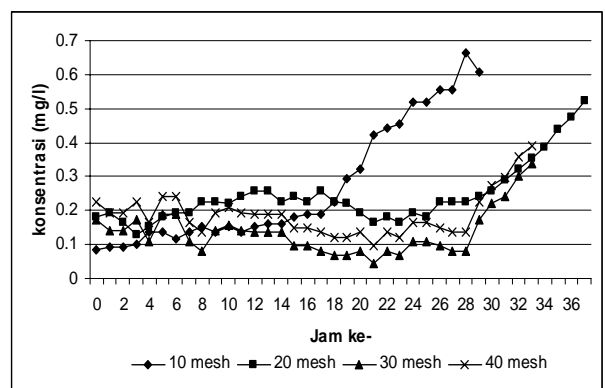
Semakin besar luas permukaan, semakin efektif kontak. Jadi ukuran diameter zeolit yang paling efektif yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 40 mesh. Pada penelitian ini, semakin kecil diameter butir maka semakin besar luas permukaan kontak, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsentrasi standar semakin lama, serta kurva dari data tabel-tabel tersebut pada Gambar 5 sampai Gambar 7.



Gambar 5. Kurva Pada Saat Ce Standar Dengan Fe Influen 3 mg /L

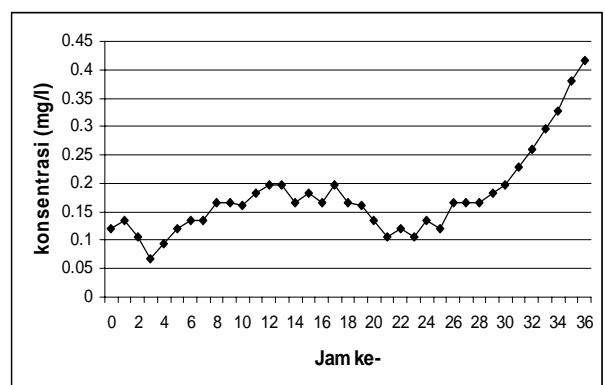


Gambar 6. Kurva Pada Saat Ce Standar Dengan Fe Influen 2 mg/L



Gambar 7. Kurva Pada Saat Ce Standar Dengan Fe Influen 1 mg/L

Pertukaran ion merupakan suatu proses pertukaran yang dapat dibalik (reversibel) antara ion-ion didalam larutan dengan ion-ion didalam solidnya. Percobaan uji regenerasi bertujuan untuk menguji reversibilitas proses removal Fe oleh zeolit alam. Pada percobaan digunakan diameter butir zeolit 20 mesh. Sedangkan konsentrasi awal Fe 3 mg/l. Kurva uji regenerasinya seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Uji Regenerasi

Pengujian dilakukan dengan menerapkan zeolit dan larutan Fe pada suatu sistem kontinyu. Yaitu dengan mengoperasikan pada kolom zeolit untuk mendapatkan kurva *breakthrough* sebelum regenerasi. Setelah konsentrasi effluen mendekati jenuh, media diregenerasi dengan regenerant NaCl. Kemudian kolom dioperasikan lagi seperti sebelum regenerasi, yang akan menghasilkan kurva *breakthrough* setelah regenerasi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Besar nilai rata-rata Kapasitas Tukar Kation (KTK) dari zeolit alam Ponorogo adalah 10 mesh $15,48 \pm 0,871$ meq/100gr, 20 mesh $18,92 \pm 1,07$ meq/100gr, 30 mesh $33,78 \pm 2,10$ meq/100gr dan 40 mesh $48,65 \pm 2,05$ meq/100gr. Sedangkan nilai rata-rata Kapasitas Adsorpsi (KA) dari zeolit alam Ponorogo adalah 10 mesh $4,75 \pm 1,02$ meq/100gr, 20 mesh $8,92 \pm 1,04$ meq/100gr, 30 mesh $17,54 \pm 1,90$ meq/100gr dan 40 mesh $21,45 \pm 1,55$ meq/100gr. Ukuran diameter zeolit yang paling efektif untuk menurunkan kadar Fe adalah ukuran yang paling kecil yaitu sebesar 40 mesh.

4.2. Saran

Perlu dikontrol kualitas air dengan parameter lainnya seperti kandungan Mangan (Mn) karena keberadaannya di dalam air tanah biasanya selalu ada dengan Besi (Fe). Pengambilan data untuk menge-

tahui hubungan tiap variasi hendaknya lebih diperbanyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M dan Harsodo, (1990). **Zeolit Alam**. Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral Bandung, Bandung.
- Benefield, L.D. (1992), **Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment**. Prentice Hall Inc., Englewood Cliff, New Jersey.
- Grinstead dan Pallman. (1993). **Metal Ion Scavenging from Water with Fine Mesh Ion Exchanger and Microporous Membranes**. *Environmental Progress*. Vol. 8. (1).
- Husaini. (1993). **Preparation of Modified Zeolites and Its Application in Adsorbing Microorganism E. Coli**, *Buletin PPTM* Vol. 15. (4). Hal. 1-29.
- Wijayanti, R. (1991). **Pengkajian Karakteristik Zeolit Cikalong Tasikmalaya dan Pemanfaatannya dalam Pengolahan Air**. Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral Bandung, Bandung.