

## PEMISAHAN ION LOGAM Ca DAN Fe DALAM AIR SUMUR SECARA KOLOM ADSORPSI DENGAN ZEOLIT ALAM DAN KARBON AKTIF

### SEPARATION OF Ca AND Fe METAL ION IN SOURCE WATER BY ADSORPTION COLUMN TECHNIC WITH LOCAL ZEOLITE AND ACTIVE CARBON

Suyanta, Hanafi Idham Kholid, dan Bambang S

Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

\*email: [suyanta@uny.ac.id](mailto:suyanta@uny.ac.id)

diterima 2 Desember 2014, disetujui 3 Maret 2015

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan ion logam Ca dan Fe dalam air sumur, dengan menggunakan zeolit alam dan karbon aktif secara tehnik kolom adsorpsi sistem tabung. Efektivitas pemisahan dilihat dari waktu adsorpsi maupun ukuran zeolitnya. Metode yang digunakan yaitu kolom adsorpsi dengan sistem *flow* dimana sampel dialirkan ke dalam tabung filtrasi yang berisi zeolit dan karbon aktif. Konsentrasi awal dan akhir sampel dianalisis menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kemampuan adsorpsi zeolit terhadap ion logam Ca dan Fe cukup baik. Zeolit 1 (10 mesh) mampu menurunkan besi hingga 93,98% sedangkan zeolit 2 (5 mesh) hingga 98,88% untuk kurun waktu 1 – 4 minggu. Sedangkan penurunan kadar kalsium kurang baik, baru pada kurun waktu 2 minggu penyerapan kalsium diperoleh hasil mendekati 50 %.

Kata kunci: adsorpsi, zeolite, air sumur

#### Abstract

*This research aims are to separate of Ca and Fe metal ion in source water, with local zeolite and active carbon by adsorption column technic. Efficiency of separation are control by adsorption time and size of zeolite. Method that used was column adsorption with a flow system in which sample is applied to the filtration tube containing zeolite and active carbon. Initial and final concentrations of the samples were analyzed using Atomic Adsorption Spectrophotometer instrument. The results obtained shows that ability adsorption of zeolite to Ca and Fe metal ion are a good. Zeolite 1 (10 mesh) can reduce iron concentration until 93.98 % and zeolite 2 (5mesh) until 98.88% for 1 – 4 week range time. Whereas reducing of calcium concentration is not good, until 2 week period time adsorption of calcium ion is about 50%.*

*Keywords: adsorption, zeolite, source water*

#### Pendahuluan

Air merupakan hal terpenting dalam kehidupan. Makhluk hidup yang ada di bumi ini tidak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Air yang relatif bersih sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, untuk keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya. Sumber-sumber utama air yang digunakan untuk keperluan manusia tersebut berasal dari air permukaan, air hujan dan air tanah. Dari ketiga sumber air tersebut yang lebih banyak dimanfaatkan manusia adalah air tanah karena secara kualitas lebih baik dibandingkan sumber air yang lain [1]. Salah satunya adalah penggunaan air sumur untuk masyarakat di Desa Donotirto Bantul.

Air yang banyak mengandung unsur magnesium dan kalsium dikenal sebagai air sadah. Pada umumnya, air yang mengandung kesadahan total kurang dari 200 mg/L masih dapat diperbolehkan untuk dikonsumsi oleh konsumen tetapi air ini tergolong sumber air yang kurang baik sedangkan jika sumber air mengandung nilai kesadahan total sebesar 500 mg/L, air tersebut tidak layak untuk dikonsumsi. Air sadah banyak mengandung ion-ion divalent seperti besi, mangan, kalsium dan magnesium. Dari beberapa logam tersebut telah diketahui bahwa kalsium dan magnesium merupakan spesi logam terbanyak dalam air sadah [2].

Kondisi air bersih yang diperoleh dari sebuah sumur gali di Desa Donotirto Kec. Kretek Bantul belum memenuhi standar mutu air bersih untuk parameter besi. Hal ini dapat diketahui apabila air ini ditampung di bak mandi akan memberikan endapan dan noda kekuning-kuningan pada dinding bak, begitu juga apabila dipergunakan untuk mencuci akan menyebabkan noda kekuning-kuningan pada pakaian. Dari beberapa ciri di atas menunjukkan bahwa parameter kandungan besi (Fe) dalam air masih tinggi dan kemungkinan melebihi ambang batas 0,3 mg/L untuk air minum [3].

Logam yang terkandung di dalam air banyak ditemukan dalam bentuk senyawa berupa garam-garam organik maupun anorganik. Pemaparan logam ke dalam tubuh akan berbahaya jika berada dalam jumlah melebihi ambang batas normal. Bentuk ion dari senyawa garam-garam tersebut apabila masuk ke dalam tubuh akan diserap kemudian ditimbun di dalam tubuh organisme hidup. Masalah yang timbul apabila logam tersebut masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan dalam waktu yang cukup lama dapat meninggalkan sifat toksik [4].

Untuk mengurangi kandungan logam pencemar besi dan kalsium dalam air tersebut bisa dilakukan dengan berbagai cara salah satunya metode adsorpsi menggunakan suatu bahan penjerap yang disebut adsorben. Adsorben yang digunakan adalah zeolit alam. Adsorben zeolit alam tersedia banyak, relatif mudah didapatkan, harganya murah dan efektivitas penjerapannya yang tinggi. Penelitian oleh Abdur Rahman dan Budi Hartono [5] menyimpulkan bahwa air tanah yang dilewatkan pada kolom gelas berisi zeolit, kadar Fe dapat diturunkan sampai 55%, sedangkan kadar Mn dapat diturunkan sampai 100%.

Metode adsorpsi telah banyak dibuktikan sebagai metode alternatif yang ekonomis dalam pemisahan logam dalam perairan [5]. Adsorpsi merupakan gejala yang terjadi pada permukaan, sehingga banyak sedikitnya zat yang diadsorpsi bergantung pada luas permukaan zat pengadsorpsi.

Adsorpsi dilakukan dengan penambahan adsorben, karbon aktif atau sejenisnya. Sistem pada adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu sistem *batch* dan sistem *kontinyu* (kolom)[6].

Dalam penelitian ini digunakan zeolit sebagai zat pengadsorpsi karena zeolit telah dimanfaatkan secara luas sebagai adsorben karena kemampuannya memisahkan spesi-spesi sasaran melalui prinsip pertukaran ion [7], Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga

yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben [8].

Proses pengaktifan zeolit dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Pengaktifan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi dari zeolit karena dari aktivasi secara fisika dan kimia memiliki tujuan masing-masing. Analisis kadar logam besi dan kalsium dilakukan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Pemilihan metode spektrofotometer serapan atom karena mempunyai sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang diperlukan sedikit serta tidak memerlukan pemisahan pendahuluan.

Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan logam Ca(II) dan Fe(III) melalui variasi waktu adsorpsi dan jenis perlakuan zeolit, dan untuk mengetahui efisiensi adsorpsi zeolit terhadap ion logam Ca(II) dan Fe(III) dalam air sumur dengan metode kolom adsorpsi.

## Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah zeolite alam, Kristal  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan akuades. Zeolit alam yang digunakan bersumber dari Gunung Kidul. Zeolit yang digunakan tidak diaktivasi kecuali dicuci dengan air bersih. Aktivasi tidak dilakukan demi kepraktisan dan efisiensi pemakaian zeolit. Hal ini karena jumlah zeolit yang dipakai cukup banyak sehingga akan tidak efektif jika dilakukan perlakuan (aktivasi) [9-10].

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ukuran zeolit alam yaitu 10 mesh (zeolit 1) dan 5 mesh (zeolit 2) dan masa pemakaian zeolit yaitu hari ke-1, hari ke-7, hari ke-14, hari ke-21 dan hari ke-28 masa pemakaian zeolit.

Proses adsorpsi air sumur oleh zeolit dilakukan di sebuah sumur warga di Desa Donotirto, Kec. Kretek, Bantul. Alatnya berupa satu set alat filterisasi berupa sebuah kolom zeolit setinggi 150 cm dan diameter 25 cm dan dua buah kolom karbon aktif setinggi 23 cm dan diameter 9 cm. Bentuk alat selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1. Alat-alat lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, tabung pemisah, timbangan analitik, *muffle furnace*, oven, *stopwatch* dan spektrofotometer serapan atom.

Proses adsorpsi air sumur oleh zeolit dilakukan di sebuah sumur warga di Desa Dinotirto, Kec. Kretek, Bantul. Alatnya berupa satu set alat filterisasi berupa sebuah kolom zeolit

setinggi 150 cm dan diameter 25 cm dan dua buah kolom karbon aktif setinggi 23 cm dan diameter 9 cm.



**Gambar 1.** Skema alat filtrasi sistem tabung

Sampel air sumur yang mengandung logam besi dilewatkan secara vertikal ke kolom zeolit kemudian menuju kolom karbon aktif dan hasilnya ditampung. Air hasil pengolahan dianalisis kandungan besinya dengan Spektrometer Serapan Atom (SSA) di Laboratorium Fisika Kimia Air Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit BBTCL Yogyakarta.

### Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan pemisahan dan pengujian besi dan kalsium dalam air sumur, perlu dilakukan uji pendahuluan terhadap air sumur untuk beberapa parameter umum air minum seperti bau, pH, jumlah zat padat terlarut, kekeruhan, rasa, warna dan kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ ). Hasil uji kualitas air sumur selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya uji kualitas air juga dilakukan setelah air difiltrasi dengan system kolom. Adapun hasil uji selengkapnya juga disampaikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji Parameter Air Minum Untuk Sampel Air Sumur yang Diberi Perlakuan Zeolit 1

Parameter Uji	Ambang Batas	Hasil Uji	
		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
Bau	Tak berbau	Berbau	Tak berbau

pH	6,5-8,5	7,4	7,5
TDS	500 mg/L	212 mg/L	207 mg/L
Kekeruhan	5 mg/L	26 mg/L	12 mg/L
Rasa	Tidak berasa	Tak berasa	Tak berasa
Warna	15 TCU	12 TCU	Tak terdeteksi
Kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ )	500 mg/L	177,00 mg/L	201 mg/L

Pemeriksaan terhadap parameter bau, *Total dissolved solids* (TDS), kekeruhan, warna dan kesadahan menunjukkan bahwa air hasil pengolahan dengan zeolit telah memenuhi baku mutu dan tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan dibandingkan dengan air sebelum diberi perlakuan zeolit yang tidak memenuhi baku mutu. Adapun untuk parameter rasa dan pH air setelah diberi perlakuan zeolit tidak berubah signifikan. Secara umum kualitas air cukup baik, meskipun beberapa parameter menunjukkan kurang baik dan setelah dilakukan filtrasi kualitas air makin baik.

Proses adsorpsi air sumur dengan zeolit dilakukan menggunakan alat 1 set filtrasi sesuai Gambar 1. Analisis kakar Fe dan Ca selama variasi waktu adsorpsi dan diperoleh hasil yang dinyatakan dalam Tabel 2, 3, 4 dan 5.

**Tabel 2.** Hasil Uji Konsentrasi Besi dalam Air Sampel yang Diberi Perlakuan Zeolit 1

Hari ke-n masa pemakaian	konsentrasi ion besi		Efisiensi
	sebelum adsorpsi (mg/L)	setelah adsorpsi (mg/L)	
Hari ke-1	0,6705	0,0539	91,97 %
Hari ke-7	0,6705	0,3078	54,10 %
Hari ke-14	0,6705	0,0879	86,89 %
Hari ke-21	0,6705	0,0545	91,88 %
Hari ke-28	2,3693	0,1425	93,98 %

**Tabel 3.** Hasil Uji Konsentrasi Besi dalam Air Sampel Diberi Perlakuan Zeolit 2

Hari ke-n masa pemakaian	konsentrasi ion besi		Efisiensi
	sebelum adsorpsi (mg/L)	setelah adsorpsi (mg/L)	
Hari ke-1	2,3693	0,3341	85,90 %
Hari ke-7	2,3693	0,3059	87,09 %

Hari ke-14	2,3693	0,2375	89,98 %
Hari ke-21	2,3693	0,5445	77,02 %
Hari ke-28	2,3693	0,0266	98,88 %

Tabel 4. Hasil Uji Konsentrasi Kalsium dalam Air Sampel Diberi Perlakuan Zeolit 1

Hari ke-n masa pemakaian	konsentrasi ion Ca		Efisiensi
	sebelum adsorpsi (mg/L)	setelah adsorpsi (mg/L)	
Hari ke-1	40,536	62,956	-55,31%
Hari ke-7	40,536	78,516	-93,69%
Hari ke-14	40,536	75,016	-85,06%
Hari ke-21	40,536	82,153	102,67%
Hari ke-28	40,536	74,540	-83,88%

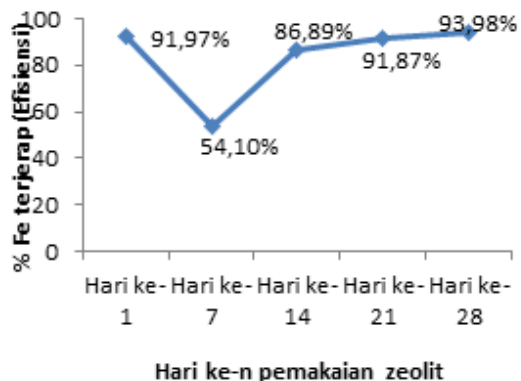
Tabel 5. Hasil Uji Konsentrasi Kalsium dalam Air Sampel Diberi Perlakuan Zeolit 2

Hari ke-n masa pemakaian	konsentrasi ion Ca		Efisiensi
	sebelum adsorpsi (mg/L)	setelah adsorpsi (mg/L)	
Hari ke-1	42,286	41,483	1,89%
Hari ke-7	42,286	56,426	-33,44%
Hari ke-14	42,286	53,403	-26,29%
Hari ke-21	42,286	23,933	43,40%
Hari ke-28	42,286	36,933	12,66%

Berdasarkan data pada Tabel 2 dan 3, jika dibuat grafik akan didapatkan pola sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Efisiensi Penurunan Logam Besi pada Masa Pemakaian Hari Ke-n Zeolit 1



Gambar 2. Grafik Efisiensi Penurunan Logam Besi pada Masa Pemakaian Hari Ke-n Zeolit 2

Grafik di atas menunjukkan perbandingan bahwa daya dsorpsi zeolit terhadap ion besi baik untuk zeolit ukuran 1 dan ukuran 2 diperoleh hasil yang sangat baik dengan efisiensi adsorpsi mencapai sekitar 93,98 % dan 98,88 %. Sedangkan data untuk adsorpsi ion kalsium menunjukkan nilai yang kurang baik bahkan jika dihitung efisiensinya masih negatif. Keadaan ini dikarenakan ketika menggunakan zeolit alam yang dibeli dari produsen pencuciannya belum maksimal. Batuan zeolit yang dihancurkan menjadi ukuran 1 dan 2, masih banyak mengandung debu dari batuan zeolit yang kandungan kalsiumnya sangat besar. Maka jika debu terlarut dalam kolom adsorpsi maka dipastikan kandungan kalsium dalam air yang terlewat akan makin bertambah. Hal inilah yang menyebabkan kandungan kalsium dalam air yang keluar dari tabung adsorpsi lebih tinggi dari kandungan kalsium dalam air sumur. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pemisahan ion Ca dan Fe diperoleh yang mirip dengan beberapa peneliti sebelumnya [11-15].

**Simpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa efektivitas zeolit menurunkan parameter besi dan parameter air minum lainnya cukup tinggi sehingga menghasilkan air yang memenuhi baku mutu. Zeolit 1 mampu mengadsorpsi besi hingga 93,98% sedangkan zeolit 2 mampu mengadsorpsi besi hingga 98,88%. Efektivitas zeolit untuk adsorpsi ion kalsium kurang baik dan efisiensinya relatif rendah.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dekan FMIPA UNY atas bantuan dana dan fasilitasi pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Yuliati, M.Kes, Dr. Tien Aminatun yang ikut berperan dalam sumbangan penelitian di desa Donotirto, Kretek, Kabupaten Bantul.

## Pustaka

- [1] Thomas Triadi Putranto. (2011). Pencemaran Logam Berat Merkuri Pada Air Tanah. *Jurnal Teknik*. 32(1): 62-71.
- [2] Yan, M., Wang, D., and Ni. J. (2008). Effect of polyaluminum chloride on enhanced softening for the typical organic-polluted high hardness North-China surface waters. *Journal of Purification and Technology*. 62(1): 401-406.
- [3] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 tahun 2010. *Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- [4] Darmono. (1994). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press, Hal 65.
- [5] Abdur Rahman dan Budi Hartono. (2004). Penyaringan Air Tanah Dengan Zeolit Alami Untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Jurnal Makara, Kesehatan*. 8(1): 1-6.
- [6] Mohammad Noori Sepehr, Mansur Zarabi, & Hossein Kazemian. (2013). Removal of Hardness Agents, calcium and magnesium, by Natural and Alkaline Modified Pumice Stones in single and binary systems. *Journal of Applied Surface Science*. 274(1): 295-305.
- [7] Zahra Saadi, Reyhane Saadi, & Reza Fazaeli. (2013). Fixed-bed adsorption dynamics of Pb(II) adsorption from aqueous solution using nanostructured  $\gamma$ -alumina. *Journal of Nanostructure in Chemistry*. 48(3): 1-8.
- [8] Anita Nurfitriyani, Eka Wardani, & Mila Dirgawati. (2013). Penentuan Efisiensi Penyisihan Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Dengan Adsorpsi Menggunakan Tempurung Kelapa Secara Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan Itenas*. 2(1): 1-1.
- [9] Zurida Agustiningtyas. (2012). Optimasi Adsorpsi ion Pb(II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditizon. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Jurusan Kimia IPB.
- [10] I Nyoman Suardana. (2008). Optimasi Daya Adsorpsi Zeolit Terhadap Ion Kromium (III). *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains & Humaniora*. 2(1): 17-33
- [11] Bekti Yulianingsih. (2009). Daya Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl Terhadap Kadar Nitrogen dalam Urin Manusia. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta: Jurdik Kimia FMIPA.
- [12] Adel Fisli., Saeful Yusuf, dan Deswita. (2006). Pengaruh Homokation Permukaan Bentonit Terhadap Penyerapan Kation Cs dan Sr. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 206-210.
- [13] Eddy Heraldly, Hisyam S.W, Sulistiyono. (2003). Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Ponorogo. *Indonesian Journal of Chemistry*. 3(2): 91-97.
- [14] Mia Ratnasari dan Nurul Widiastuti. (2011). Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Pada Zeolit A yang Disintesis Dari Abu Dasar Batubara PT. Ipmomi Paiton dengan Metode Kolom. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*. Surabaya: ITS. Hal B120-B.
- [15] Suyanta, Susila K, Annisa F, Hendarti and Rr. Putri F,. (2015). Separation of Ca (II) and Mg (II) Metal Ion Underground River Water in Baron With Activated and Inactivated Zeolite by Fixed Bed Column Adsorption Method. *Proceeding International Conference MIPA UNM Makasar*.