

# PENGGUNAAN ZEOLIT ALAM UNTUK ADSORPSI ION Fe (II) DALAM AIR TANAH DENGAN AKTIVASI ASAM NITRAT

Andi Yoesoef, Edi Mulyadi, dan Firra Rosariawari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: [andiyoesoef13@gmail.com](mailto:andiyoesoef13@gmail.com)

## ABSTRAK

*Air tanah sebagai salah satu sumber air baku biasanya memiliki kandungan logam besi (Fe) yang relatif tinggi sehingga perlu diolah. Salah satu alternatif pengolahan yang dapat dilakukan adalah adsorpsi. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah zeolit. Zeolit banyak terdapat di alam dan belum banyak dimanfaatkan. Sehubungan dengan itu, perlu dilakukannya penelitian penyisihan Fe dalam air tanah menggunakan zeolit sebagai adsorben. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemampuan zeolit sebagai adsorben penyisihan Fe dalam air tanah. Penelitian ini dilakukan secara batch dengan variasi berat adsorben dan waktu kontak. Konsentrasi Fe diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum penyisihan Fe pada air tanah terjadi pada berat zeolit 5 gram dalam waktu kontak 120 menit sebesar 86,72% dengan sisa Fe 0,17 mg/l. Persamaan isotherm terpilih adalah isotherm Frenluich dengan kapasitas serapan maksimum Fe 1,11 mg/l. Dari hasil penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan penggunaan zeolit sebagai adsorben mampu menyisihkan Fe dengan baik.*

**Kata kunci:** Logam besi (Fe), Adsorpsi, Zeolit

## ABSTRACT

*Ground water as one of the raw water sources usually has a relatively high iron (Fe) iron content that needs to be processed. One of the alternative treatment that can be done is adsorption. One of the materials that can be used as an adsorbent is zeolite. Zeolites are widely available in nature and have not been widely utilized. Accordingly, it is necessary to research the removal of groundwater Fe using zeolite as an adsorbent. The purpose of this research is to analyze the ability of zeolite as adsorbent of groundwater Fe Feet. This research was conducted in batch with variation of adsorbent weight and contact time. Fe concentrations were measured by Atomic Absorption Specimeters (SSA). The results showed that the optimum condition of Fe toxicity in groundwater occurred at 5 gram zeolite weight in contact time of 120 minutes equal to 86.72% with the remaining Fe 0.17 mg/l. The selected isotherm equation is Frenluich isotherms with a maximum absorbance capacity of Fe 1.11 mg/l. It can be concluded, the use of zeolite as adsorbent able to set aside Fe well.*

**Keywords:** Ferrous metal (Fe), Adsorption, Zeolite

## PENDAHULUAN

Air tanah yang mengandung ion Fe sangat berbahaya yang mana dapat mengubah keadaan air secara perlahan-lahan disebabkan logam ion Fe dapat menjadi suatu pencemaran dalam air. Selain itu, air tanah yang mengandung ion Fe bersifat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup apabila secara tidak langsung dikonsumsi dan merusak ekosistem pada lingkungan sehingga dapat menyebabkan penyakit ketika telah melebihi ambang batas kadar ditentukan.

Senyawa besi dalam jumlah kecil di dalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah dimana tubuh memerlukan 7–35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air. Tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengsekresi Fe sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe.

Zeolit merupakan adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki pori yang banyak dan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi dan dapat diaplikasikan pada rentang suhu yang luas sehingga cocok digunakan sebagai adsorben. Menurut Hasni, dkk. (2015), proses adsorpsi Fe menggunakan zeolit alam Banda Aceh teraktivasi  $H_2SO_4$  dengan variasi ukuran partikel 20, 40, 60, 80 mesh dengan larutan sampel buatan 1,25 mg/l pada waktu kontak 30, 50, 80, 100 menit didapatkan penyerapan zeolit terbaik dengan 80 mesh dan waktu kontak 100 menit dengan tingkat removal sebesar 58,50%.

Proses adsorpsi logam Cd dan Pb menggunakan zeolit berukuran 5–10 mm dengan limbah *artificial* dengan waktu kontak 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420 dan 480 menit dengan aktivator  $H_3PO_4$  10% sebesar 43,08%, NaOH 10% sebesar 37,28%, dan aktivasi pemanasan hanya sebesar 34,66%.

Menurut Dian (2014), proses adsorpsi limbah batik dengan zeolit alam teraktivasi dengan larutan  $K_2CrO_7$  80 ppm pada kolom adsorpsi sebesar 78,07% dan logam Cr 14,68 ppm sebesar 78,45%. Proses adsorpsi Fe menggunakan zeolit alam yang telah teraktivasi HCl waktu optimumnya adalah 90 menit dengan

penurunan kadar Fe sebesar 82,82% (Tiur, 2015).

Menurut Pri (2013), proses adsorpsi logam Pb dengan aktivasi zeolit menggunakan HCl dengan variasi suhu 200, 400, 600°C didapatkan hasil terbaik pada temperatur 600°C dengan persentase 82,7%. Proses adsorpsi logam tembaga dengan zeolit alam tanpa teraktivasi pada air kolam renang dengan zeolit 10 mesh sebesar 37,168% dan zeolit 5 mesh sebesar 35,99%. Waktu kontak optimum pada adsorpsi logam kromium adalah selama 3 jam dengan menggunakan zeolit alam teraktivasi  $HNO_3$  secara asam dengan persentase serapan sebesar 84,8%.

Oleh karena itu, pada penelitian ini mencoba untuk menggunakan variasi waktu untuk mendapatkan waktu yang optimum dengan berat adsorben pada air tanah dengan metode adsorpsi menggunakan zeolit alam teraktivasi asam nitrat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai pengaruh berat adsorben dan waktu kontak pengadukan terhadap penurunan ion besi pada air sumur Asrama ANKN Surabaya menggunakan zeolit alam sebagai adsorben. Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2017 dengan menggunakan sampel air sumur sebagai air baku. Pemeriksaan sampel dilakukan di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Setelah dilakukan analisis di laboratorium pada kualitas air tanah dari sumur sebagai air baku sebelum pengolahan, dapat diketahui kadar besi (Fe) pada air tanah pada air sumur sebesar 1,28 mg/l. Konsentrasi tersebut melebihi ketentuan yang berlaku menurut PERMENKES No.416/Menkes/PER/LX/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih sebesar 1 mg/l. Selanjutnya perlu dilakukan pengolahan untuk kualitas air sumur agar dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan dikarenakan pada air sumur pada asrama ANKN Surabaya airnya berasa dan bau logam yang amis pada air, menimbulkan warna kecoklat-coklatan pada pakaian putih, meninggalkan noda pada bak-bak kamar mandi dan peralatan lainnya (noda kecoklatan disebabkan oleh besi).

**TAHAP PERSIAPAN**

Sebelum menggunakan zeolit menjadi adsorben terlebih dahulu zeolit dihancurkan dan diayak dengan ukuran 100 mesh, kemudian dilakukan aktivasi fisik pemanasan dengan oven. Pemanasan tersebut merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Tahapan dalam penelitian ini merupakan tahapan awal dari penelitian yang fungsinya menghilangkan sisa air secara efisien yang terkandung dalam zeolit. Dalam proses tersebut dapat mengurangi massa adsorben dikarenakan proses oven dengan suhu 105<sup>0</sup>C dengan waktu 180 menit.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Aktivasi zeolit adalah tahapan setelah pemanasan yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan agar menambah efisiensi daya serap suatu zeolit terhadap ion Fe. Aktivasi zeolit ini menggunakan HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 0,5 N. Proses aktivasi zeolit ini dapat mengurangi massa adsorben dikarenakan proses perendaman HNO<sub>3</sub> dengan konsentrasi 0,5 N selama 24 jam menjadikan masa adsorben berkurang.

**Tabel -1:** Hasil Analisis Penurunan Konsentrasi Ion Besi (Fe) pada Air Sumur Sesudah Diproses

No	Berat Adsorben dan Waktu Penjerapan	Sisa Fe (mg/l)	Efisiensi Penurunan (%)
1	Zeolit 1 gram ; 30 menit	0,92	28,13
2	Zeolit 2 gram ; 30 menit	0,88	31,25
3	Zeolit 3 gram ; 30 menit	0,56	56,25
4	Zeolit 4 gram ; 30 menit	0,47	63,28
5	Zeolit 5 gram ; 30 menit	0,39	69,53
6	Zeolit 1 gram ; 60 menit	0,74	42,19
7	Zeolit 2 gram ; 60 menit	0,59	53,91
8	Zeolit 3 gram ; 60 menit	0,48	62,50
9	Zeolit 4 gram ;	0,39	69,53

No	Berat Adsorben dan Waktu Penjerapan	Sisa Fe (mg/l)	Efisiensi Penurunan (%)
	60 menit		
10	Zeolit 5 gram ; 60 menit	0,24	81,25
11	Zeolit 1 gram ; 90 menit	0,63	50,78
12	Zeolit 2 gram ; 90 menit	0,57	55,47
13	Zeolit 3 gram ; 90 menit	0,44	65,63
14	Zeolit 4 gram ; 90 menit	0,38	70,31
15	Zeolit 5 gram ; 90 menit	0,21	83,59
16	Zeolit 1 gram ; 120 menit	0,61	52,34
17	Zeolit 2 gram ; 120 menit	0,49	61,72
18	Zeolit 3 gram ; 120 menit	0,40	68,75
19	Zeolit 4 gram ; 120 menit	0,36	71,88
20	Zeolit 5 gram ; 120 menit	0,17	86,72
21	Zeolit 1 gram ; 150 menit	0,84	34,38
22	Zeolit 2 gram ; 150 menit	0,66	48,44
23	Zeolit 3 gram ; 150 menit	0,52	59,38
24	Zeolit 4 gram ; 150 menit	0,39	69,53
25	Zeolit 5 gram ; 150 menit	0,28	78,13

Tabel di atas menunjukkan proses adsorpsi logam Fe pada variasi waktu dimana konsentrasi akhir logam Fe menurun seiring dengan semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan. Variasi waktu selanjutnya digunakan sebagai parameter kinetika adsorpsi untuk mengetahui model kinetika adsorpsi. Kinetika merupakan salah satu proses adsorpsi yang menunjukkan tingkat kecepatan penjerapan adsorben terhadap adsorbatnya.

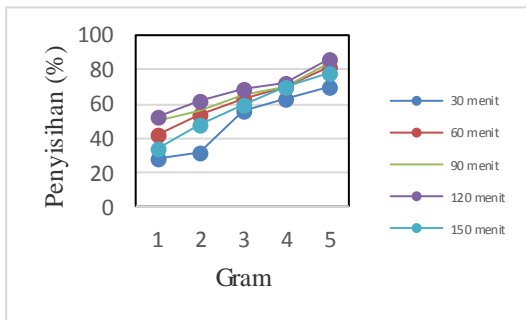
Penyisihan besi (Fe) pada air tanah ini memiliki waktu kontak yang optimum yakni pada waktu kontak ke-120 menit dan memiliki massa terbaik yaitu 5 gram. Hal tersebut terjadi karena waktu kontak lebih 120 menit tidak mengalami perubahan bahkan setelah waktu tertentu. Zeolit alam yang telah teraktivasi mengalami desorpsi

yaitu melepaskan kembali zat warna yang telah diadsorpsi karena pori-porinya telah jenuh oleh ion besi.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi ion besi pada proses pengolahan air sumur gali dengan pengaruh berat pada berbagai waktu tinggal. Dalam penelitian ini, didapatkan pada berat 5 gram dan waktu 120 menit terjadi penurunan ion besi terbesar. Semakin banyak zeolit alam maka semakin banyak pula ion Fe yang terjerap sehingga sel yang tertambat akan meningkat jumlahnya. Berdasarkan data di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara besi dengan variasi berat dan waktu kontak pengadukan setelah dilakukan proses pengolahan.

**PENGARUH PERUBAHAN BERAT DAN WAKTU KONTAK PENGADUKAN ZEOLIT ALAM TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI BESI (Fe)**

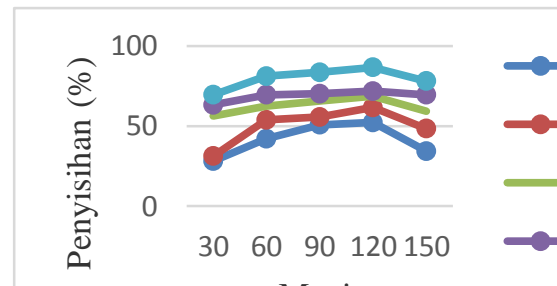
Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa zeolit dapat meminimalkan, menurunkan atau bahkan menghilangkan besi dalam air sumur. Dari gambar 1 menunjukkan bahwa efisiensi penurunan konsentrasi besi dengan adsorben zeolit ternyata memiliki hasil yang baik.



**Grafik -1:** Pengaruh Antara Massa Adsorben Terhadap Persen Penyisihan Fe

Efisiensi penurunan konsentrasi besi akan meningkat seiring dengan bertambahnya berat adsorben karena zeolit memiliki struktur yang berpori maka zeolit ini mengandung banyak sekali pori-pori yang halus dan luas permukaan yang besar yang memungkinkan partikel besi menempati ruang kosong semakin padat. Kondisi ini akan menyesuaikan dengan variabel perlakuan yaitu berat adsorben dan juga mempengaruhi jumlah sel yang terjerap.

Semakin berat adsorben zeolit juga menghasilkan hasil yang baik seperti dapat dilihat pada gambar 1 yang dapat disimpulkan bahwa semakin banyak massa adsorben maka akan terjadi penurunan konsentrasi besi akan semakin turun semakin besar. Penurunan dominan terjadi pada berat 5 gram di segala waktu tinggal pengadukan. Hal ini terjadi karena pada berat 5 gram akan semakin banyak zeolit alam yang digunakan sehingga kapasitas penyerapan sangat besar semakin besar luas permukaan zeolit alam untuk mengadsorpsi besi lebih besar.



**Grafik -2:** Grafik Pengaruh Antara Waktu Pengadukan Terhadap Persen Penyisihan Fe

Dari grafik 2 menunjukkan bahwa efisiensi penurunan konsentrasi besi dengan adsorben zeolit ternyata memiliki hasil yang baik. Efisiensi penurunan konsentrasi besi akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan karena zeolit memiliki struktur yang berpori maka zeolit ini mengandung banyak sekali pori-pori yang halus dan luas permukaan yang besar yang memungkinkan partikel besi menempati ruang kosong semakin padat. Kondisi ini akan menyesuaikan dengan variabel perlakuan yaitu waktu pengadukan dan juga mempengaruhi jumlah sel yang terjerap. Semakin lama waktu pengadukan pada zeolit juga menghasilkan hasil yang baik seperti dapat dilihat pada gambar 1. Semakin lama waktu pengadukan, penurunan konsentrasi besi akan semakin turun semakin besar. Penurunan dominan terjadi pada waktu pengadukan 120 menit di segala massa adsorben. Hal ini terjadi karena pada waktu pengadukan 120 menit akan semakin lama waktu zeolit alam yang kontak dengan Fe sehingga kapasitas penyerapan sangat besar semakin besar luas permukaan zeolit alam untuk mengadsorpsi besi lebih besar. Efisiensi waktu tinggal pengadukan 120 menit lebih baik

daripada waktu 150 menit karena persentase terbesar dalam penurunan konsentrasi besi dalam air sumur yaitu pada waktu pengadukan 120 menit dan seterusnya akan mengalami titik jenuh. Pada waktu 150 menit penurunan persentase dari pada waktu 30, 60, 90, 120 menit seperti terlihat pada grafik 2 karena pada waktu 150 menit dimungkinkan terjadi penambahan waktu tinggal yang lebih.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi banyaknya jumlah sel terjerap pada zeolit alam yaitu faktor waktu penambatan, proses adsorpsi pada penelitian ini dilakukan maksimum 150 menit dengan metode batch dan ada kemungkinan jika waktu yang digunakan untuk penambatan ditambah maka jumlah sel yang teradsorp juga akan menjadi lebih banyak. Pada gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi turun dan kemudian cenderung stabil pada menit-menit terakhir. Hal ini terjadi karena dengan bertambahnya waktu kontak maka kecepatan penurunan konsentrasi besi akan berkurang dan akhirnya akan stabil dan pada saat inilah terjadi kesetimbangan dan zeolit alam sudah jenuh sehingga perlu dilakukan regenerasi. Semakin lama waktu tinggal semakin besar penurunan konsentrasi besi. Hal ini terjadi karena untuk proses adsorpsi perlu waktu dan selanjutnya kemampuan zeolit alam dalam mengadsorpsi besi berkurang.

Berkurangnya kemampuan zeolit alam pada waktu pengadukan 150 menit disebabkan karena pori-pori pada permukaan zeolit alam tertutup oleh molekul- molekul yang telah dijerapnya. Dari hasil penelitian, efisiensi penurunan konsentrasi besi dengan waktu selama 30 menit telah menghasilkan penurunan konsentrasi dengan efisiensi 28,13% dari nilai tersebut telah memenuhi standar baku mutu untuk air bersih yaitu sisa Fe menjadi 0,92 mg/l. Tetapi pada kondisi lain efisiensi penurunan masih dapat turun sampai sisa Fe 0,17 mg/l dengan variabel waktu selama 120 menit dan berat 5 gram dapat menurunkan konsentrasi sebesar 86,72%.

Menurut Hasni, dkk. (2015), proses adsorpsi Fe menggunakan zeolit alam Banda Aceh teraktivasi  $H_2SO_4$  dengan variasi ukuran partikel 20, 40, 60, 80 mesh dengan larutan sampel

buatan 1,25 mg/l pada waktu kontak 30, 50, 80, 100 menit didapatkan penyerapan zeolit terbaik dengan 80 mesh dan waktu kontak 100 menit dengan tingkat removal sebesar 58,50%.

### KESIMPULAN

Zeolit alam dapat digunakan sebagai adsorben dalam mengadsorpsi logam besi yang terdapat pada air tanah. Kemampuan adsorpsi adsorben zeolit alam dalam menurunkan Fe pada air tanah diperoleh yang terbaik dengan massa 5 gram pada waktu pengadukan 120 menit sebesar 86,72%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Dian. (2014). *Adsorpsi Limbah Batik dengan Zeolit Alam*. Lampung: Univesitas Lampung
- Hasni, E. dkk. (2015). Activation and Adsorption of Natural Zeolit from Banda Aceh. *Indonesian Journal of Chemistry*, 2(3), 91–97
- Pri, Andi. (2013). *Kegunaan Zeolit Termodifikasi Sebagai Penyerap Anion dengan Suhu*. Semarang: UNDIP
- Tiur. (2015). *Adsorpsi Menggunakan Aktivator HCl*. Makassar: Teknik Kimia