

Penurunan Kadar Ion Fe^{2+} dengan Variasi Konsentrasi Zeolit ZSM-5 dan Lama Perendaman

Lutfi Ulinuha, Ana Hidayati Mukaromah*, dan Diah Heti Sitomurti

Abstrak

Manusia membutuhkan zat besi sebesar 7-14 mg/hari, tetapi kadar besi dalam air tidak boleh melebihi 1,0 mg/L, karena dapat menimbulkan rasa, bau, menyebabkan air berwarna kekuningan, menimbulkan noda pada pakaian dan tempat berkembangbiaknya bakteri *Creonothrix*. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji penurunan kadar Fe^{2+} menggunakan variasi konsentrasi Zeolit ZSM-5 dan lama waktu perendaman dan menghitung kapasitas adsorpsi dari ZSM-5 dalam menurunkan kadar Fe^{2+} . Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang, pada bulan Januari-Mei 2015. Sampel penelitian menggunakan larutan baku Fe^{2+} 50 ppm kemudian dilakukan penambahan Zeolit ZSM-5 dengan variasi konsentrasi 0,25% b/v; 0,50% b/v; 0,75% b/v; dan 1,00% b/v dan variasi waktu perendaman 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil penelitian diketahui waktu optimum menurunkan kadar Fe^{2+} adalah 60 menit dengan penambahan zeolit ZSM-5 0,25 %b/v, 0,50 %b/v, 0,75 %b/v, 1,00 %b/v berturut-turut adalah 11,79%, 16,17%, 10,50% dan 22,28%. Penurunan kadar Fe^{2+} yang paling optimum adalah 22,28% diperoleh dengan penambahan Zeolit ZSM-5 1,00% b/v pada pH larutan 7 dan waktu perendaman 60 menit. Kapasitas adsorpsi tertinggi zeolit ZSM-5 untuk menurunkan konsentrasi larutan ion Fe^{2+} pada dengan penambahan Zeolit ZSM-5 0,25%b/v pada pH larutan 7 dan waktu perendaman 30 menit adalah 2,62 mg/g. Ada pengaruh variasi konsentrasi dan lama perendaman Zeolit ZSM-5 terhadap penurunan kadar ion Fe^{2+} dalam sampel air.

Kata-kata kunci: Penurunan kadar Fe^{2+} , Kapasitas adsorpsi ZSM-5, Variasi Konsentrasi, Variasi Perendaman

Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang mutlak dibutuhkan bagi manusia, baik untuk kebutuhan industri maupun kehidupan. Hal ini sesuai dengan tujuan dari deklarasi penyelamatan air yaitu tercapainya kelangsungan hidup seimbang di seluruh dunia [1]. Sumber air yang tersedia bagi keperluan manusia hanya 0,62 % dari persentase keseluruhan air alam, meliputi air yang terdapat di danau, sungai dan air tanah, sedangkan air yang memadahi kualitasnya untuk dikonsumsi hanya 0,003 % [2]. Air bersih dapat tercemar oleh limbah rumah tangga, limbah industri, serta limbah pertanian. Logam berat hasil buangan limbah industri bersifat racun dan merusak apabila berlebihan dalam air, salah satu cemaran logam berat diantaranya adalah besi (Fe) [3]. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, kadar besi yang diperbolehkan dalam air minum maksimal 0,3 mg/liter [4]. Manusia membutuhkan zat besi sebesar 7-14 mg/hari sesuai usia dan jenis kelamin, defisiensi zat besi dapat menyebabkan anemia. Apabila kadar besi berlebih dalam air, maka akan terjadi warna kuning, bau, kekeruhan, rasa yang tidak enak, pertumbuhan bakteri serta pengendapan besi pada dinding pipa air sehingga pipa tersumbat [5]. Proses penurunan

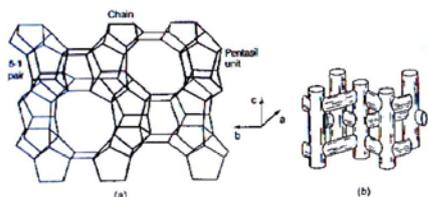
Fe dalam air biasanya dengan adsorpsi Fe menggunakan penukar kation, salah satunya menggunakan zeolit. Zeolit merupakan penukar ion yang mampu menyerap logam berat pada limbah cair. Terdapat 2 macam zeolit yaitu zeolit alam seperti yang berasal dari Bayah dan Lampung dan zeolit sintetis seperti Silikalit dan ZSM-5 [6].

Penelitian yang dilakukan oleh Rahman, A. dan Budi Hartono Hartono (2004) bahwa Zeolit alam yang berasal dari Bayah dapat menurunkan konsentrasi Fe dalam air tanah. Pasir zeolit berukuran 3 mm yang dipak dalam kolom gelas berdiameter 4 cm panjang 50 cm dengan laju filtrasi sampel 2 mL/menit dalam waktu kontak 30 menit dapat menurunkan kadar besi (Fe) sebanyak 55 % [7]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kristyani dkk. (2012) bahwa berdasarkan variasi waktu kontak 10-50 menit serta variasi penambahan zeolit dari sumber silika abu sekam padi sebanyak 0,05-0,75 gram dalam 50 ml larutan Pb^{2+} maka kondisi optimum absorpsi Pb^{2+} oleh zeolit abu sekam padi yaitu pada waktu kontak 40 menit serta penambahan zeolit 0,125 gram dapat menurunkan konsentrasi Pb^{2+} pada air sumur sebesar 72,78 % [8]. Atas dasar penelitian tersebut, penulis meneliti efektivitas Zeolit ZSM-5 (*Zeolit sintetis*) terhadap penurunan kadar Fe^{2+} berdasarkan variasi konsentrasi zeolit ZSM-5 dan variasi perendaman.

Teori

Menurut Darmano (1995), pencemaran air disebabkan antara lain penggunaan pupuk nitrogen dan fosfat dalam bidang pertanian, pencemaran mikroorganisme dalam air seperti bakteri, virus, protozoa, dan parasit, pencemaran dari kuman penyakit merupakan penyebab utama terjadinya penyakit infeksi, pencemar bahan kimia anorganik seperti asam, garam dan bahan toksik logam lainnya seperti Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Besi (Fe). Pencemaran air dapat ditandai oleh turunnya mutu, baik air daratan (sungai, danau, rawa, dan air tanah) maupun air laut sebagai suatu akibat dari berbagai aktivitas manusia modern saat ini beragam sesuai karakteristiknya [9]. Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas ambang, maka akan terjadi gangguan teknis yaitu endapan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ bersifat korosif terhadap pipa, timbulnya warna, bau dan rasa. Air akan berasa tidak enak bila konsentrasi besi yang terlarut $>1,0$ mg/l, dan gangguan kesehatan yaitu menimbulkan rasa mual dan merusak dinding usus, menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit, dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru – paru. Penyakit kelebihan zat besi disebut Hemokromatis, dimana ferritin besi ada dalam keadaan jenuh, sehingga bila mineral ini disimpan dalam bentuk kompleks dengan hemosiderin, berakibat sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes [10].

ZSM-5 (*Zeolite Socony Mobile -5*) diproduksi pertama kali pada tahun 1972 dengan hasil berupa padatan dengan diameter pori sekitar 5 Angstrom dan perbandingan Si/Al sebagai parameter kristal zeolit yang selalu di atas 5. ZSM-5 merupakan mineral aluminosilikat zeolit yang mempunyai rumus kimia $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192} \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$, dan terdiri dari beberapa unit pentasil yang membentuk rantai pentasil dengan dihubungkan oleh oksigen [11]. ZSM-5 adalah zeolit yang mempunyai pori sedang dengan unit sel orthombik, yang ditentukan dari jumlah ring yang membentuk selektifitasnya. Selektifitas ZSM-5 penting pada reaksi hidrogenasi dan aromatis minyak, pemecahan parafin juga pada perubahan olefin. ZSM-5 mempunyai pori sekitar $5,1 \times 5,5$ Å dan $5,4 \times 5,6$ Å [12].



Gambar 1. (a) Kerangka ZSM-5
(b) Struktur Channel ZSM-5

Zeolit memiliki sifat kimia maupun fisika yang menarik, diantaranya sebagai penukar kation, sebagai katalis berbagai reaksi serta penyerap zat organik maupun anorganik. Zeolit dengan kadar Si tinggi dimana $\text{Si}/\text{Al} = 10-100$ memiliki sifat permukaan tidak dapat diperkirakan lebih awal, sangat higroskopis serta menyerap molekul non polar sehingga sangat baik digunakan katalisator asam untuk hidrokarbon [12].

Prosedur Penelitian

Perlakuan Penurunan kadar Fe^{2+} dengan Zeolit ZSM-5 pada konsentrasi 0,25% b/v selama 30 menit.

Sebanyak 50,00 ml baku Fe^{2+} 50 ppm dimasukkan kedalam erlenmyer 250 ml, ditambah 0,125 gram serbuk zeolit ZSM-5, kemudian homogenkan dan dibiarkan 30 menit. Setelah 30 menit, kemudian disaring dengan kertas saring kemudian filtrat yang dihasilkan ditampung ke dalam erlenmyer. Masing-masing diulang 3 kali. Diulang prosedur tersebut dengan penambahan variasi konsentrasi zeolit ZSM-5 0,50 %b/v; 0,75 %b/v; dan 1,00 %b/v, serta variasi waktu perendaman 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

Penetapan kadar Fe^{2+} setelah perlakuan dengan penambahan konsentrasi ZSM-5 0,25% b/v dan direndam selama 30 menit.

Dipipet 5,0 ml sampel Fe^{2+} yang sudah dilakukan perendaman dengan menggunakan zeolit ZSM-5 0,25 %b/v selama 30 menit, dimasukkan kedalam labu ukur 50,0 ml, ditambah aquadest ± 25 ml. Kemudian ditambahkan 10 ml dapar ammonium acetat dan 2,0 ml ortho fenantrolin dan ditepatkan dengan aquadest sampai tanda batas kemudian dihomogenkan dan dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer pada waktu kestabilan reaksi 5 menit dan panjang gelombang 510 nm. Dilakukan juga pada sampel yang sudah dilakukan dengan variasi waktu perendaman 60 menit, 90 menit, 120 menit serta variasi konsentrasi ZSM-5 0,50% b/v; 0,75% b/v; dan 1,00% b/v.

Rumus Perhitungan

Persamaan garis $y=ax+b$, y = absorbansi, x = konsentrasi Fe^{2+} , a = konstanta, b = koefisien untuk menghitung konsentrasi Fe^{2+} awal dan konsentrasi Fe^{2+} akhir.

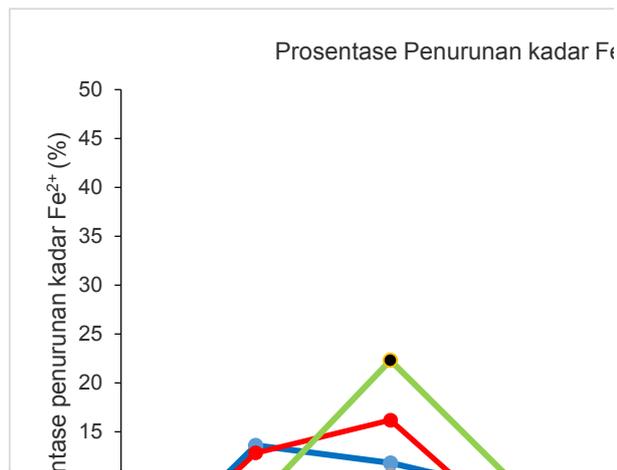
Prosentase (%) penurunan kadar besi (Fe^{2+}) adalah selisih Konsentrasi Fe^{2+} awal dan konsentrasi Fe^{2+} akhir dibagi Konsentrasi Fe^{2+} awal dikalikan 100%.

Hasil dan Diskusi

Berdasarkan hasil penelitian bahwa penurunan kadar Fe^{2+} menggunakan larutan baku Fe^{2+} 50 ppm dengan variasi konsentrasi Zeolit ZSM-5 (0,25% b/v; 0,50% b/v; 0,75% b/v; 1,00% b/v) dan lama waktu perendaman (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit) pada pH larutan 7 tertera pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Persentase penurunan kadar Fe^{2+} dalam air pada pH 7 dengan variasi konsentrasi dan lama waktu perendaman Zeolit ZSM-5

[ZSM-5] (% b/v)	Prosentase penurunan kadar Fe^{2+} (%) berdasarkan Lama Perendaman (Menit)				
	0	30	60	90	120
0	0	-	-	-	-
0,25	0	13,59	11,79	8,56	5,25
0,50	0	12,82	16,17	3,91	8,99
0,75	0	8,86	10,50	5,63	8,73
1,00	0	7,87	22,28	8,64	5,76

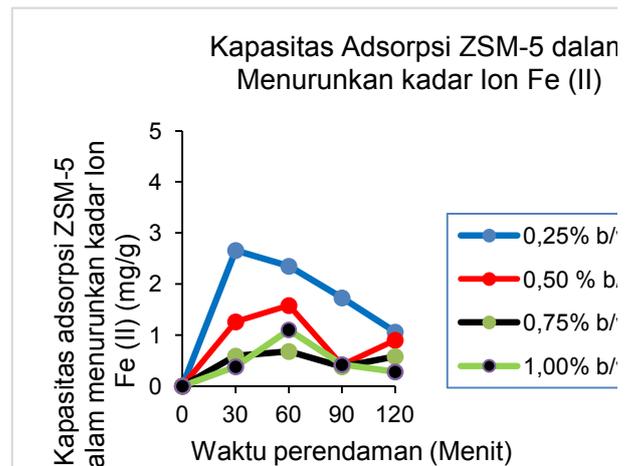


Gambar 2. Grafik Persentase penurunan kadar Fe^{2+} dalam air dengan variasi konsentrasi dan lama waktu perendaman Zeolit ZSM-5.

Dari Tabel 1 dan Gambar 2, diperoleh prosentase penurunan kadar Fe^{2+} tertinggi dengan variasi konsentrasi Zeolit ZSM-5 1,00 %b/v dapat menurunkan kadar Fe^{2+} sebesar 22,28 % dengan waktu perendaman 60 menit dan mengalami penurunan prosentase berturut-turut menjadi 8,64% dan 5,76% dengan lama waktu perendaman 90 menit dan 120 menit, sehingga diketahui bahwa titik optimum adsorpsi Fe^{2+} pada variasi konsentrasi Zeolit ZSM-5 1,00% b/v adalah 60 menit kemudian mengalami desorpsi pada lama waktu perendaman 90 menit dan 120 menit. Selanjutnya dihitung kapasitas adsorpsi ZSM-5 terhadap penurunan kadar Fe^{2+} tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas Adsorpsi ZSM-5 Terhadap Penurunan Kadar Ion Fe^{2+} (mg/g)

Konsentrasi ZSM5 (% b/v)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g) berdasarkan Lama Perendaman (menit)			
	30	60	90	120
0,25	2,62	2,43	1,70	1,04
0,50	1,24	1,17	0,40	0,89
0,75	0,58	0,68	0,38	0,57
1,00	0,38	1,10	0,42	0,28



Gambar 3. Kapasitas adsorpsi terhadap ZSM-5 dalam menurunkan kadar Ion Fe^{2+} dalam air dengan variasi konsentrasi dan lama waktu perendaman Zeolit ZSM-5

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3, bahwa kapasitas adsorpsi maksimum adalah 2,62 mg/g diperoleh dengan penambahan Zeolit ZSM-5 0,25 %b/v pada pH larutan 7 dan lama waktu perendaman 30 menit. Ada pengaruh variasi konsentrasi dan lama perendaman Zeolit ZSM-5 dalam menurunkan kadar besi (Fe^{2+}) dalam sampel air.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahman, A. dan Budi Hartono mengatakan bahwa Zeolit alam yang berasal dari Bayah dapat menurunkan konsentrasi Fe^{2+} dalam air tanah. Pasir zeolit berukuran 3 mm yang dimasukkan dalam kolom gelas berdiameter 4 cm panjang 50 cm dengan laju filtrasi sampel 2 mL/menit dalam waktu kontak 30 menit dapat menurunkan kadar besi (Fe) sebanyak 55% [7]. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian oleh Kristyani bahwa dengan penambahan zeolit menggunakan sumber silika dari abu sekam padi sebanyak 0,125 gram serta waktu kontak 40 menit dapat menurunkan konsentrasi Pb^{2+} sebesar 72,78% pada air sumur [8].

Semakin tinggi konsentrasi Zeolit ZSM-5 dalam waktu perendaman 60 menit maka persentase penurunan kadar Fe^{2+} dalam sampel air semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan ZSM-5 memiliki pusat, rongga dan pori antara 0,45-0,65 nm dengan rasio Si/Al >5 serta bentuk dan ukuran seragam sehingga mempunyai kemampuan sebagai penyaring molekul sehingga dipakai sebagai penukar kation, serta katalis berbagai reaksi [13].

Kesimpulan

Penurunan kadar Fe^{2+} paling optimum adalah 22,28% diperoleh dengan penambahan Zeolit ZSM-5 1,00% b/v pada pH larutan 7 dan waktu perendaman 60 menit. Kapasitas adsorpsi tertinggi zeolit ZSM-5 untuk menurunkan konsentrasi larutan ion Fe^{2+} pada dengan penambahan Zeolit ZSM-5 0,25% b/v pada pH larutan 7 dan waktu perendaman 30 menit adalah 2,62 mg/g. Ada pengaruh variasi konsentrasi dan lama perendaman Zeolit ZSM-5 dalam menurunkan kadar besi (Fe^{2+}) dalam sampel air [13].

Saran

Diharapkan penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitas Zeolit ZSM-5 0,25 % b/v dengan waktu perendaman 30 menit berdasarkan variasi pH sehingga dapat menurunkan kadar Fe^{2+} dalam air secara maksimal.

Referensi

- [1] Gamma,S. Info Lingkungan Hidup (Program kali bersih). Jakarta, 2002.
- [2] Effendi, H., Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan Jakarta, 2003.
- [3] Sugiharto, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Jakarta: UIPress, 2005
- [4] Departemen Kesehatan RI., Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 492/ Menkes IV/2010 *Persyaratan Kualitas Air Minum*, Berita Negara RI. Jakarta, 2010.
- [5] Direktorat Penyediaan Air dan Sanitasi, Departemen Kesehatan RI Kerjasama Pemerintah Indonesia-Jerman, *Pedoman Pelatihan Bagi Petugas Laboratorium dalam Bidang Pengawasan Kualitas Air Minum, Instalasai Pengolahan air*. Jakarta, 2003.
- [6] Wang, S. dan Peng, Y., Natural Zeolit As Effective Adsorbent in Water and Wastewater Treatment. *Chemical Engineering Journal*. 156:11-24, 2009.
- [7] Rahman, Abdur dan Budi Hartono, Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk menurunkan Kadar Besi dan Mangan, *Jurnal kesehatan* 14(1), 2004, p. 1-6.
- [8] Kristyani Dyah, Eko Budi Susatyo, Agung Tri P., Pemanfaatan zeolit abu sekam padi untuk menurunkan kadar ion Pb pada air sumur, *Indo J. Chem. Sci. 1.(1)* , 2012.
- [9] Darmono. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Taksologi Senyawa Logam*, UI-Press. Jakarta, 1995.p. 28-33
- [10] Febriani, Renita, Sintetis Dan Karakterisasi Mn/ZSM-5 Mikropori dengan Metode Tukar Kation Dalam Konversi Glukosa Menjadi Asam Levulinat, Universitas Indonesia: Jakarta (2003).
- [11] Kasmui, Sugiyanti, Nanik dan HS, Subiyanto, Perubahan ukuran Rongga Pada Modifikasi Molekul ZSM-5 Dengan Variasi Rasio Si/Al dan Variasi Kation Menggunakan Metode Mekanika Molekular, Semarang Universitas Negeri Semarang (2008)
- [12] Hamdan, S., *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization and Modification*, University Teknology Malaysia, Malaysia, 1992
- [13] Poerwadio, A. Dj. dan Ali Masduqi, Penurunan Kadar Besi oleh Media Zeolit Alam Ponorogo secara Kontinyu, *Jurnal Purifikasi*, Vol.5, No.4, Oktober, 2004, p. 169-174

S Lutfi Ulinuha
Program Studi DIV Analis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang
vheycidot@yahoo.co.id

Ana Hidayati Mukaromah*
Program Studi DIV Analis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang
Program Studi S3 Kimia Institut Teknologi Bandung
anahidamuka@gmail.com

Diah Heti Sitomurti
Program Studi DIV Analis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang
diah_hs@yahoo.com

* Corresponding author