

PENURUNAN KADAR BESI AIR SUMUR GALI DENGAN MENGGUNAKAN Mn-ZEOLIT

Riva Ismawati^{1*}, M. Najib Ngirfani^{2**}, Ambar Rinarni²

¹ Universitas Tidar, Jalan Kapten Suparman 39 Magelang

² Politeknik Muhammadiyah Magelang, Jl. Tentara pelajar No.12 Muntilan

E-mail: *rivaismawati@untidar.ac.id; ** M.Najib.Ng@gmail.com

Diterima: 02 Oktober 2017. Disetujui: 17 Juli 2018. Dipublikasikan: 30 Juli 2018

DOI: 10.30870/educhemia.v3i2.2250

Abstract: Decreased iron levels in dug well water using Mn-Z have been carried out. Mn-Z was prepared by soaking zeolite (d = 2-3mm) which was washed with distilled water in KMnO₄ % b/v concentration for a certain time. Mn-Z synthesis was carried out by varying the zeolite immersion time and the concentration of KMnO₄ solution. The obtained Mn-Z was characterized by using an infrared spectrophotometer and X-ray diffraction. Decrease in iron content in dug well water is carried out by inserting Mn-Z into a column of glass which is mounted vertically on the stative. Zeolite columns are fed with raw water with a faucet in a closed state and residence time for 1 hour. The column faucet is opened and the flow rate is set at 5 mL /minute. Tests on filtrate showed that filtering raw water using Mn-Z variations in immersion time caused the iron content in the filtrate to decrease from 5 mg/L to 0.5 mg/L with increasing zeolite immersion time. In addition, filtrate from raw water filtration using Mn-Z variation of KMnO₄ solution concentration showed that iron content in filtrate decreased from 5 mg/L to 0.5 mg/L with increasing concentration of KMnO₄ solution used.

Keywords: Mn-Z; activated zeolite; filtration; iron in water

Abstrak: Penurunan kadar besi pada air sumur gali dengan menggunakan Mn-Z telah dilakukan. Mn-Z dipreparasi dengan merendam zeolit (d=2-3mm) yang telah dicuci bersih dengan aquades dalam larutan KMnO₄ konsentrasi % b/v selama waktu tertentu. Sintesis Mn-Z dilakukan dengan memvariasikan waktu perendaman zeolit dan konsentrasi larutan KMnO₄. Mn-Z yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer inframerah dan difraksi sinar-X. Penurunan kadar besi dalam air sumur gali dilakukan dengan memasukkan Mn-Z ke dalam kolom gelas berkran yang dipasang vertikal pada statif. Kolom zeolit dialiri air baku dengan kran dalam keadaan tertutup dan waktu tinggal selama 1 jam. Kran kolom dibuka dan diatur laju alirnya sebesar 5 mL/menit. Pengujian terhadap filtrat menunjukkan bahwa penyaringan air baku menggunakan Mn-Z variasi waktu perendaman menyebabkan kadar besi dalam filtrat berkurang dari 5 mg/L menjadi 0,5 mg/L dengan bertambahnya waktu perendaman zeolit. Selain itu, filtrat hasil penyaringan air baku dengan menggunakan Mn-Z variasi konsentrasi larutan KMnO₄ menunjukkan kadar besi dalam filtrat menurun dari 5 mg/L menjadi 0,5 mg/L dengan bertambahnya konsentrasi larutan KMnO₄ yang digunakan.

Kata kunci: Mn-Z; zeolit teraktivasi; flittrasi; besi di dalam air

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan hidup manusia yang sangat vital. Secara langsung air diperlukan untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan bersuci. Secara tidak langsung air dibutuhkan sebagai bagian ekosistem yang dengannya kehidupan di bumi dapat berlangsung (Rahman & Hartono, 2004). Semakin bertambah populasi makhluk hidup (termasuk manusia), maka semakin meningkat pula kebutuhan akan air utamanya air bersih. Sementara itu, alam tidak akan memproduksi air baru dan hanya terjadi siklus hidrologi.

Cakupan pelayanan air bersih di Indonesia masih rendah. Perusahaan penyedia air bersih PAM (Perusahaan Air Minum) atau PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) hanya mampu memasok kebutuhan di kota-kota saja. Akibatnya, sebagian besar masyarakat yang tidak terjangkau oleh pelayanan air bersih umumnya membuat sumur gali maupun bor untuk memenuhi keperluan air sehari-hari.

Air tanah mengalami kontak dengan berbagai macam material yang terdapat di dalam bumi. Sehingga pada umumnya air tanah mengandung kation dan anion terlarut dan beberapa senyawa anorganik. Ion-ion yang sering ditemui pada air tanah adalah besi. Keberadaan zat besi

yang tinggi di dalam sistem penyediaan air bersih menjadi masalah tersendiri (Kartina & Karnaningroem, 2011). Kualitas fisik, kimiawi, dan biologis air tanah belum dinyatakan memenuhi standar yang disyaratkan jika tidak ada pengolahan sebelumnya. Kualitas fisik, kimiawi, dan biologis air tanah belum memenuhi standar yang disyaratkan apabila tidak ada pengolahan sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi pengolahan air untuk menurunkan kadar besi air tanah dari sumur gali. Dengan demikian, kadar besi dalam air sumur gali memenuhi baku mutu air bersih yang diperbolehkan menurut Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 yaitu sebesar 0,3 mg/L.

Besi dalam air biasanya dalam bentuk ion (Fe^{2+}) atau kelat. Spesi Fe^{2+} dapat dihilangkan dengan pertukaran ion atau oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang akan mengendap dalam bentuk ferri hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). Oksidasi dapat dilakukan dengan udara, oksidasi dengan Cl_2 , KMnO_4 atau dengan filtrasi yang dilewatkan melalui material penukar ion yang mengandung mangan (Zamroni & Las, 2000).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan pasir teraktivasi KMnO_4 (Oktiawan & Krisbiantoro, 2007) dan

zeolit teraktivasi (Rahman & Hartono, 20004; Sutisna *et al.*, 2002; Kartina & Karnaningroem, 2011) dapat menurunkan kadar besi dalam air sebagai upaya peningkatan kualitas air bersih. Sementara itu, penurunan ion Fe^{3+} pada limbah menggunakan zeolit alam dengan bantuan gelombang sonikasi juga telah dilakukan (Alfanaar, Yuniati, & Rismiarti, 2017).

Zeolit merupakan mineral aluminosilikat. Substitusi Si^{4+} oleh Al^{3+} pada posisi tetrahedral menghasilkan muatan negatif dan kapasitas tukar kation yang tinggi pada zeolit (Mumpton, 1999), sehingga memungkinkan penggunaannya dalam menurunkan kadar besi. Dalam penelitian ini, penurunan kadar besi dalam air sumur gali akan dilakukan dengan menggunakan zeolit alam. Zeolit alam yang digunakan akan ditingkatkan kemampuannya dengan memodifikasinya menjadi Mn-Z. Dengan demikian, zeolit yang telah memuat mangan (Mn-Z) dapat digunakan untuk menyaring besi dari air.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menurunkan kadar besi dalam air sumur gali sebagai upaya pengolahan air; (2) menentukan pengaruh waktu perendaman zeolit dalam larutan $KMnO_4$ terhadap penurunan kadar besi dalam air sumur gali; (3) menentukan pengaruh konsentrasi larutan $KMnO_4$ terhadap

penurunan kadar besi dalam air sumur gali

Air baku yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari salah satu sumur gali yang terletak di Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang. Hasil studi awal menunjukkan kualitas air bersih yang diperoleh dari sumur gali tersebut tidak memenuhi kualitas fisik dimana air berwarna kuning kecoklatan dan berbau logam setelah beberapa saat kontak dengan udara, sehingga menimbulkan keengganan untuk mengkonsumsinya. Kualitas fisik air tersebut menunjukkan tingginya kadar besi dalam air dan didukung dengan hasil analisis yang telah dilakukan, dimana diketahui kadar besi dalam air sebesar 5 mg/liter dan melebihi baku mutu air bersih yang diijinkan.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan gelas standar, kolom gelas ber-*stopcock*, lumpang alu, ayakan, neraca analitik, oven, stopwatch, dan kolorimeter. Karakterisasi zeolit digunakan spektrofotometer inframerah (Shimadzu FTIR 8201 PC), difraktometer sinar-X (Shimadzu XRD-6000). Bahan-bahan penelitian terdiri dari air tanah yang

berasal dari salah satu sumur gali di Kecamatan Windusari Kabupaten Magelang, zeolit alam Klaten (d=2-3 mm), KMnO_4 , dan aquades.

Sintesis Mn-Z

Zeolit (d=2-3 mm) dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan debu dan serbuknya yang lebih kecil, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C. Setelah kering, zeolit direndam ke dalam larutan KMnO_4 dengan konsentrasi % b/v selama waktu tertentu. Zeolit yang sudah direndam dengan larutan KMnO_4 kemudian ditiriskan dan dikeringanginkan kembali. Setelah kering, zeolit dicuci dengan aquades sampai bersih dari larutan KMnO_4 (warna ungu hilang). Zeolit yang sudah bersih merupakan material Mn-Z. Mn-Z yang sudah dibuat dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C. Mn-Z disintesis dengan (1) memvariasikan waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 5% selama 12, 24, 48, 60 jam; (2) memvariasikan konsentrasi larutan KMnO_4 1%, 3%, 5%, 7% selama waktu perendaman optimal.

Penurunan Kadar Besi dengan Zeolit dan Mn-Z

Zeolit yang telah bebas dari debu tetapi belum direndam dalam larutan KMnO_4 dimasukkan ke dalam kolom

gelas berkran dengan diameter 3,5 cm panjang 75 cm. Kolom zeolit kemudian dipasang vertikal pada statif, diketuk-ketuk agar susunannya rapat, dan kolom terisi zeolit setinggi 30 cm. Selanjutnya, kolom zeolit diisi dengan air baku yang memiliki kadar besi tinggi sebanyak 500 mL dengan kran dalam keadaan tertutup dan waktu tinggal selama 1 jam. Kran kolom dibuka dan diatur laju alirnya sebesar 5 mL/menit. Keluaran air ditunggu sampai stabil warna dan kekeruhan. Setelah keluaran air stabil, air yang keluar dari kolom ditampung untuk diuji kadar besi-nya. Penyaringan air baku diulangi dengan menggunakan filter Mn-Z.

Analisa Data

Efisiensi penurunan kadar besi pada masing-masing perlakuan dihitung dengan rumus:

$$\% E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

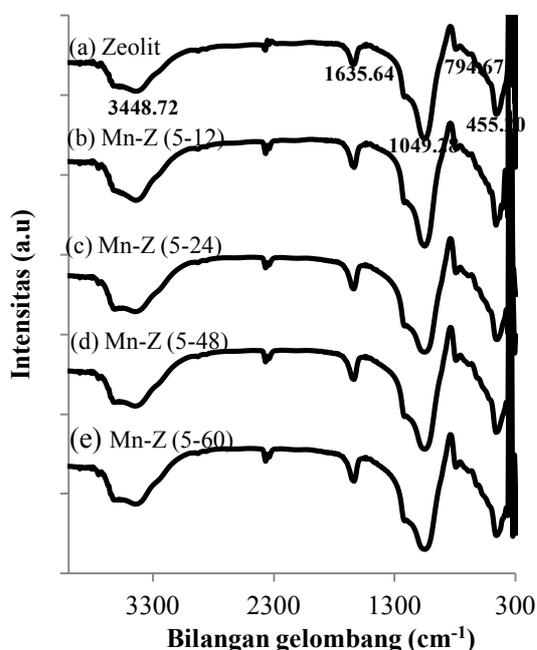
Dimana:
 % E = persentase efisiensi penurunan kadar besi
 C_1 = konsentrasi besi masukan
 C_2 = konsentrasi besi keluaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

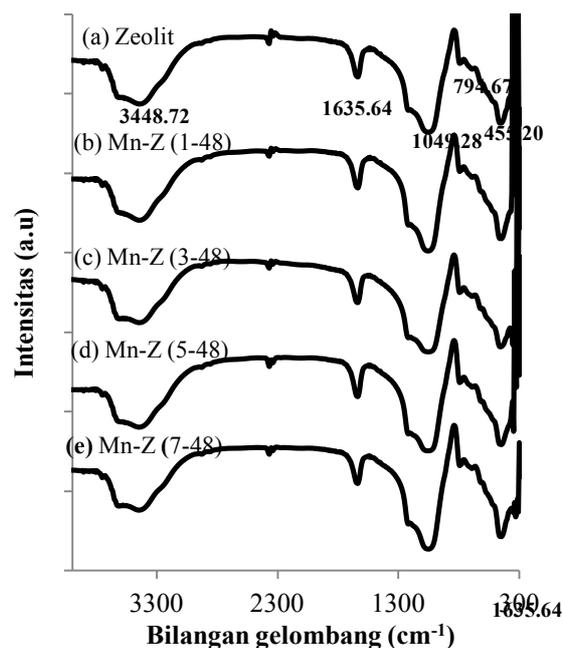
Hasil Karakterisasi Spektroskopi Inframerah

Mn-Z yang telah diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan

spektrofotometer inframerah. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi dalam material Mn-Z. Hasil karakterisasi inframerah Mn-Z hasil variasi waktu perendaman ditampilkan pada Gambar 1, sedangkan hasil karakterisasi inframerah Mn-Z hasil variasi konsentrasi larutan KMnO_4 disajikan pada Gambar 2. Gambar 1 dan Gambar 2 juga memuat spektra bahan dasar zeolit dengan tujuan agar lebih mudah membandingkannya dengan spektra Mn-Z. Untuk mempersingkat penulisan, sampel Mn-Z dituliskan sebagai Mn-Z (kadar larutan KMnO_4 - waktu perendaman).



Gambar 1. Spektra Inframerah Bahan Dasar dan Mn-Z Hasil Variasi Waktu Perendaman



Gambar 2. Spektra Inframerah Bahan Dasar dan Mn-Z Hasil Variasi Konsentrasi Larutan KMnO_4

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa puncak karakteristik serapan vibrasi tekuk T-O zeolit pada tetrahedral internal TO_4 ($455,20 \text{ cm}^{-1}$), vibrasi ulur simetri dari jalinan eksternal T-O zeolit ($794,67 \text{ cm}^{-1}$), vibrasi ulur asimetri dari jalinan eksternal T-O zeolit ($1049,28 \text{ cm}^{-1}$) muncul dalam spektra Mn-Z. Selain itu, puncak serapan kuat vibrasi $-\text{OH}$ dari T-OH dan H-OH ($3448,72 \text{ cm}^{-1}$) juga teramati dalam spektra Mn-Z. Keberadaan molekul air dalam Mn-Z didukung dengan kemunculan puncak serapan vibrasi tekuk $-\text{OH}$ molekul air ($1635,64 \text{ cm}^{-1}$).

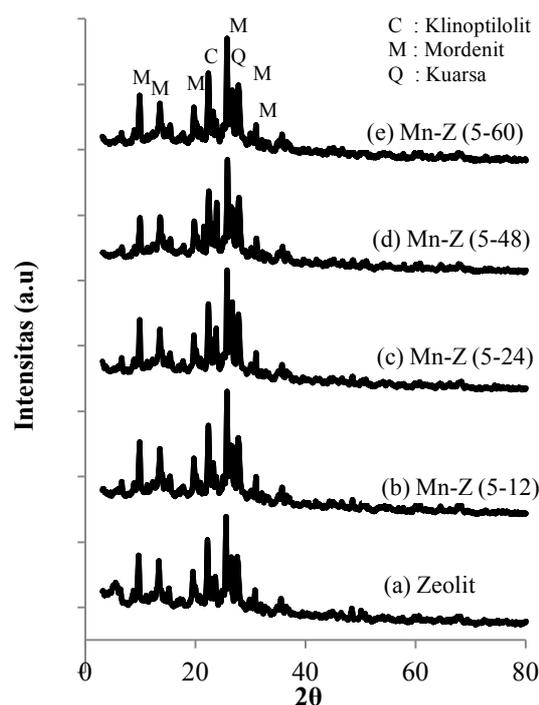
Hasil karakterisasi spektroskopi inframerah menunjukkan bahwa variasi

waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 5% maupun variasi konsentrasi larutan KMnO_4 tidak memberikan perbedaan bilangan gelombang puncak dan intensitas serapan dalam spektra Mn-Z.

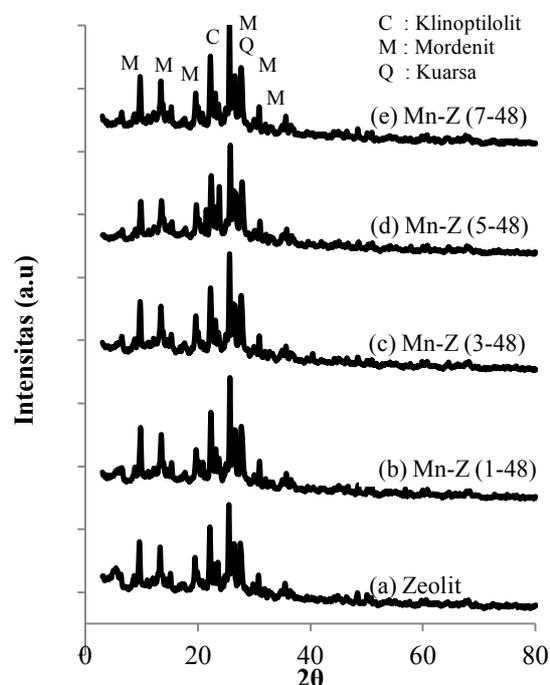
Hasil Karakterisasi Difraksi Sinar-X

Mn-Z yang telah diperoleh juga dikarakterisasi dengan menggunakan difraksi sinar-X. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perubahan struktur (kristalinitas) zeolit akibat perlakuan dengan KMnO_4 . Perbandingan difraktogram Mn-Z variasi waktu perendaman disajikan dalam Gambar 3, sedangkan perbandingan difraktogram Mn-Z variasi konsentrasi larutan KMnO_4 disajikan pada Gambar 4.

Pada Gambar 3 dan 4 tampak bahwa perlakuan zeolit alam dengan KMnO_4 tidak merubah strukturnya. Difraktogram Mn-Z variasi waktu perendaman dan variasi konsentrasi larutan KMnO_4 tidak memperlihatkan perubahan nilai 2θ dari puncak karakteristik zeolit alam. Perlakuan zeolit dengan KMnO_4 menjadikan puncak karakteristik semakin terlihat jelas. Bertambahnya waktu perendaman dan konsentrasi larutan KMnO_4 menjadikan beberapa puncak karakteristik mengalami peningkatan.



Gambar 3. Difraktogram XRD bahan dasar dan Mn-Z hasil variasi waktu perendaman



Gambar 4. Difraktogram XRD bahan dasar dan Mn-Z hasil variasi konsentrasi larutan KMnO_4

Peningkatan intensitas puncak karakteristik tersebut dapat dijelaskan bahwa perlakuan dengan $KMnO_4$ mampu mereduksi pengotor-pengotor organik dalam kerangka struktur zeolit sehingga akan meningkatkan kristalinitas zeolit alam. Sinar-X datang yang mengenai bidang-bidang kristal pada struktur zeolit selanjutnya terdifraksikan dengan baik tanpa adanya bidang pengganggu yang berasal dari pengotor organik (Pardoyo *et al.*, 2005).

Penurunan Kadar Besi dengan Zeolit

Hasil pengujian kadar besi dalam air baku dan filtrat penyaringan air baku menggunakan zeolit disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Besi dalam Air Baku dan Filtrat Penyaringan Air Baku Menggunakan Zeolit

No	Filtrat Penyaringan	Kadar Besi (mg/L)
1	Air baku	5
2	Zeolit	1

Tabel 1 menunjukkan air baku mengandung besi sangat tinggi yaitu 5 mg/L. Kadar tersebut melebihi baku mutu yang diijinkan menurut Permenkes Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 yaitu sebesar 0,3 mg/L. Kadar besi yang tinggi juga nampak secara visual, dimana air berwarna kuning kecoklatan dan

berbau logam setelah beberapa saat kontak dengan udara. Secara fisiologi besi berperan ganda sebagai logam esensial tetapi juga dapat bersifat toksik, bergantung pada kadarnya. Besi dalam tubuh terutama terdapat sebagai *heme* dari molekul hemoprotein, *transferrin* (protein pengangkut) dan *ferritin* (gudang besi). *Intake* besi yang terlalu besar bisa menyebabkan logam ini terakumulasi sebagai *ferritin*. Senyawaan ini sangat toksik karena berbentuk $Fe(OH)_3$, sumber besi untuk reaksi peroksidasi lipid yang dapat menghasilkan radikal yang akhirnya bisa mengganggu oksidasi tingkat seluler dan GSH (Maines, 1994).

Kadar besi dalam air baku turun menjadi 1 mg/L setelah dilewatkan dalam kolom zeolit, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Penurunan kadar besi ini terkait dengan sifat adsorpsi dan pertukaran ion dalam zeolit. Zeolit merupakan kristalin aluminosilikat terhidrasi dan termasuk dalam jenis tektosilikat, dimana tetrahedral SiO_4 membentuk *supercage* tiga dimensi. Penggantian atom Si oleh atom Al, menghasilkan struktur bermuatan negatif yang berasal dari perbedaan antara struktur tetrahedral TO_4 , dimana T= Si atau Al. Muatan negatif pada zeolit diseimbangkan oleh ion berlawanan muatan, seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} . Kation

penyeimbang tersebut berinteraksi secara elektrostatis dan terdistribusi dalam situs aktif kerangka zeolit untuk memaksimalkan interaksinya dengan oksigen kerangka zeolit dan meminimalkan tolakan elektrostatis antar kation. Kation penyeimbang dapat digantikan oleh kation lain (Valdes *et al.*, 2006 dan Yeom *et al.*, 1997). Oleh karena itu, zeolit dapat dimanfaatkan dalam pengolahan air bersih yaitu sebagai adsorben ion logam pencemar.

Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui bahwa zeolit dapat menurunkan kadar besi dalam air baku berdasarkan sifat adsorpsi dan pertukaran ion dalam zeolit. Namun, kadar besi dalam filtrat belum memenuhi baku mutu yang diijinkan yaitu 0,3 mg/l. Hasil ini bersesuaian dengan hasil yang diperoleh oleh Rahman dan Hartono (2004), dimana penyaringan air tanah menggunakan zeolit alam tak teraktivasi hanya dapat menurunkan kadar besi air

baku mula mula 3,6 mg/L menjadi 1,12 mg/L dengan laju alir filtrasi 2 mL/menit dan waktu kontak 2,5 jam. Menurut Rahman dan Hartono (2004) kemampuan zeolit yang belum optimal dalam menurunkan kadar besi disebabkan oleh (1) ukuran zeolit masih besar (3 mm), sehingga luas permukaannya kecil yang mengakibatkan daya adsorpsi zeolit masih rendah, (2) zeolit yang dipakai tidak diaktivasi terlebih dahulu hanya dicuci dengan akuades.

Penurunan Kadar Besi dengan Mn-Z

Untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 terhadap penurunan kadar besi air sumur gali, telah disintesis Mn-Z dengan variasi waktu perendaman, yaitu selama 12, 24, 48, 60 jam. Konsentrasi larutan KMnO_4 dibuat tetap, yaitu 5% (b/v). Hasil pengujian kadar besi dalam filtrat penyaringan air baku dengan Mn-Z disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Filtrat Penyaringan Air Baku menggunakan Mn-Z Variasi Waktu Perendaman

No	Filtrat Penyaringan	[KMnO_4] (% b/v)	Waktu Perendaman (jam)	Rata-rata Kadar besi dalam filtrat (mg/L)	% E
1	Air Baku	-	-	5	0
2	Zeolit	5	0	1	80
3	Mn-Z (5-12)	5	12	0,8	84
4	Mn-Z (5-24)	5	24	0,3	94
5	Mn-Z (5-48)	5	48	0,1	98
6	Mn-Z (5-60)	5	60	0,1	98

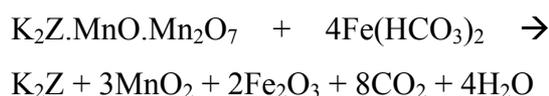
Dari Tabel 2. terlihat bahwa filtrat penyaringan air baku menggunakan Mn-Z memiliki kadar besi yang lebih rendah daripada filtrat penyaringan air baku menggunakan zeolit tak teraktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa Mn-Z memiliki kemampuan menurunkan kadar besi air baku yang lebih baik daripada zeolit. Semakin lama waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 , maka semakin sedikit kadar besi dalam filtrat. Kemampuan Mn-Z menurunkan kadar besi berkaitan dengan keberadaan oksidator Mn dalam zeolit.

Mn-Z merupakan mineral zeolit yang diaktivasi dengan larutan KMnO_4 . Pengaktifan zeolit dengan KMnO_4 menyebabkan kandungan Mn dalam kerangka zeolit meningkat. Oleh karena itu, proses yang terjadi dalam penurunan kadar besi disamping pertukaran ion juga terjadi proses oksidasi (Zamroni dan Las, 2000).

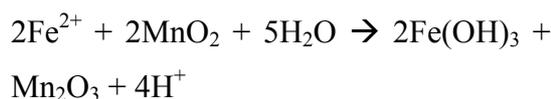
Tabel 2. menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 , maka semakin rendah kadar besi dalam filtrat. Akibatnya, efisiensi penurunan kadar besi air baku oleh Mn-Z meningkat dengan semakin lamanya waktu perendaman. Hal ini dimungkinkan karena semakin lama waktu perendaman,

maka semakin banyak Mn yang termuat dalam kerangka zeolit.

Mekanisme penurunan kadar besi air baku oleh Mn-Z dapat dijelaskan sebagai berikut. Mn-Z memiliki kemampuan untuk menukar elektron, sehingga dapat mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Akibatnya, besi yang larut dalam air menjadi bentuk yang tak larut $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan dapat dipisahkan dengan filtrasi. Menurut Said (2005) reaksi yang berlangsung antara Mn-Z dengan Fe^{2+} sebagai berikut:



Terbentuknya mangan dioksida yang berlebihan dapat berfungsi sebagai oksidator dan reaksi berlangsung sebagai berikut:



Filtrat dengan kadar besi memenuhi baku mutu maksimal 0,3 mg/L diperoleh dengan penyaringan menggunakan Mn-Z (5-24). Sementara itu, penyaringan air baku menggunakan Mn-Z (5-48) dan Mn-Z (5-60) menghasilkan kadar besi yang sama dalam filtrat, yaitu 0,1 mg/L. Hal ini dimungkinkan karena waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 5% optimal dicapai dalam waktu 48 jam.

Oleh karena itu, penambahan waktu perendaman tidak menambah jumlah Mn dalam zeolit secara signifikan sehingga tidak dapat menurunkan kadar besi dalam air baku lebih banyak lagi.

Pengaruh konsentrasi larutan KMnO_4 terhadap penurunan kadar besi air sumur gali dilakukan dengan mensintesis Mn-Z dan memvariasikan konsentrasi larutan

KMnO_4 yang digunakan untuk merendaman zeolit, yaitu 1%, 3%, 5%, 7% (b/v). Sementara itu, waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 dibuat tetap, yaitu 48 jam. Hasil pengujian kadar besi dalam filtrat penyaringan air baku menggunakan Mn-Z variasi konsentrasi larutan KMnO_4 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Filtrat Penyaringan Air Baku menggunakan Mn-Z Variasi Konsentrasi Larutan KMnO_4

No	Filtrat Penyaringan	[KMnO_4] (% b/v)	Waktu Perendaman (jam)	Rata-Rata Kadar Besi dalam filtrat (mg/L)	% E
1	Air Baku	-	-	5	0
2	Zeolit	0	2	1	80
3	Mn-Z (1-48)	1	2	1	80
4	Mn-Z (3-48)	3	2	0,7	86
5	Mn-Z (5-48)	5	2	0,1	98
6	Mn-Z (7-48)	7	2	0,1	98

Tabel 3 menunjukkan bahwa filtrat hasil penyaringan air baku dengan menggunakan Mn-Z variasi konsentrasi larutan KMnO_4 memiliki kadar Fe yang lebih rendah daripada filtrat hasil penyaringan dengan menggunakan zeolit tak teraktivasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa Mn-Z memiliki kemampuan menurunkan kadar Fe air baku yang lebih baik daripada zeolit. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kemampuan Mn-Z menurunkan kadar besi air baku tersebut berkaitan dengan keberadaan oksidator Mn dalam kerangka zeolit. Oleh karena itu, proses penurunan besi yang terjadi tidak hanya melalui

mekanisme pertukaran ion melainkan juga oksidasi (Zamroni & Las, 2000).

Tabel 3 juga teramati adanya pengaruh konsentrasi larutan KMnO_4 terhadap kadar besi dalam filtrat. Dimana, semakin tinggi konsentrasi larutan KMnO_4 yang digunakan untuk mengaktivasi zeolit, maka semakin sedikit kadar besi dalam filtrat. Hal ini dimungkinkan karena semakin tinggi konsentrasi larutan KMnO_4 , semakin banyak jumlah Mn yang termuat dalam kerangka zeolit. Mn dalam kerangka zeolit berperan dalam mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Akibatnya, besi yang larut dalam air diubah menjadi bentuk yang

tak larut $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan dapat dipisahkan dengan filtrasi (Said, 2005). Kadar besi yang semakin sedikit dalam filtrat tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi penurunan kadar besi air baku oleh Mn-Z variasi konsentrasi larutan KMnO_4 .

Tabel 3 menunjukkan bahwa penyaringan air baku menggunakan zeolit dan Mn-Z (1-2) menghasilkan kadar besi yang sama dalam filtrat, yaitu 1 mg/L. Hal ini dimungkinkan karena perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 1% kurang optimal, sehingga jumlah Mn yang masuk dalam kerangka zeolit tidak bertambah secara signifikan. Dengan demikian, efisiensi penurunan kadar besi dari kedua material tersebut juga sama.

Filtrat penyaringan air baku menggunakan Mn-Z (5-2) dan Mn-Z (7-2) juga memiliki kadar besi yang sama, yaitu 0,1 mg/L. Oleh karena itu, efisiensi penurunan kadar besi dari kedua material ini juga sama. Hal ini dimungkinkan karena konsentrasi larutan KMnO_4 optimal digunakan pada konsentrasi 5% (b/v) dan penambahan konsentrasi larutan

KMnO_4 tidak menambah jumlah Mn dalam zeolit secara signifikan sehingga tidak dapat menurunkan kadar besi dalam air baku lebih banyak lagi.

KESIMPULAN

Zeolit alam dapat menurunkan kadar besi air baku mula-mula 5 mg/L menjadi 1 mg/L. Penyaringan air baku dengan menggunakan Mn-Z menghasilkan filtrat dengan kadar besi lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan zeolit. Semakin lama waktu perendaman zeolit dalam larutan KMnO_4 , semakin rendah kadar besi dalam filtrat dan semakin tinggi efisiensi penurunan kadar besi. Semakin tinggi konsentrasi larutan KMnO_4 , maka semakin rendah kadar besi dalam filtrat dan semakin tinggi efisiensi penurunan kadar besi. Material Mn-Z yang efektif digunakan untuk penyaringan air baku adalah Mn-Z (5-48). Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran zeolit terhadap keefektifan Mn-Z dalam menurunkan kadar besi.

DAFTAR RUJUKAN

Alfanaar, R, Yuniati, Y, & Rismiarti, Z, 2017, 'Studi Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Besi (III) pada Zeolit Alam dengan Bantuan Gelombang Sonikasi,

EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan), vol. 2, no. 1, hh. 63-72.

Kartina, SW, & Karnaningroem, N, 2011, 'Studi Penurunan Besi (Fe) dan

- Mangan (Mn) dengan Menggunakan Cascade Aerator dan Rapid Sand Filter Pada Air Sumur Gali*’, Skripsi tidak diterbitkan, ITS, Surabaya.
- Maines, 1994, ‘*Modulating Factors That Determine Interindividual Differences in Response to Metal*, In: Mertz W, Abernathy CO, and Olin SS, Editors. *Risk Assessment of Essential Elements*’, ILSI Press, Washington, 21-43.
- Mumpton, FA, 1999, ‘*La roca magica: Uses of Natural Zeolites in Agriculture and industry*’, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96, hh. 3463–3470.
- Oktiawan & Krisbiantoro, 2007, ‘*Efektifitas Penurunan Fe²⁺ dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif*’, *Jurnal Presipitasi*, vol. 2, no. 1, hh. 56-59.
- Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Pardoyo, Narsito, & Nuryono, 2005, ‘*Pengaruh Perlakuan Asam dan Kalium Permanganat Terhadap Karakter Zeolit Tasik*’, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 3, no. 1, hh. 29-34.
- Rahman, A, & Hartono, B, 2004, ‘*Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan*’, *Makara Kesehatan*, vol. 8, no.1, hh. 1-6.
- Said, NI, 2005, ‘*Metoda Penghilangan Zat Besi dan Mangan di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik*’, *JAI*, vol. 1, no. 3, hh. 239-250.
- Sutisna, Saryati, Bambang, S., Mohammad, I, Siti, Istanto, Husen, & Saleh, H, 2002, ‘*Penerapan Arang Aktif dan Zeolit untuk Sistem Pemurnian Air Minum*’, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*, Serpong.
- Valdes, MG, Perez-Cordoves, AI, & Diaz-Garcia, ME, 2006, ‘*Zeolites and Zeolite-based Materials in Analytical Chemistry*’, *Trac-Trend. Anal. Chem.*, vol. 1, no. 25.
- Yeom, YH, Kim, Y, Song, SH, Seff, K, 1997, ‘*Crystal Structure of an Ethylene Sorption Complex of Cd²⁺-Exchanged Zeolite X, Cd₄₆Si₁₀₀Al₉₂O₃₈₄·29.5C₂H₄*’, *J. Phys. Chem. B*, vol. 101, hh. 2138-2142.
- Zamroni, H, & Las, T, 2000, ‘*Pembuatan Mn-Z untuk penyerapan limbah radioaktif Sr-90 dan limbah Fe*’, Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif, Batan Serpong.