

Variasi Penambahan Media Adsorpsi Kontak Aerasi Sistem Nampan Bersusun (*Tray Aerator*) Terhadap Kadar Besi (Fe) Air Tanah Dangkal di Kabupaten Rembang

Variation Addition of Adsorption Media on Tray Aerator of the Level of Iron (Fe) of Shallow Groundwater in The District of Rembang

Tri Joko¹, Savitri Rachmawati²

¹ Jurusan Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

² Sarjana Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

Info Artikel : Diterima Maret 2016 ; Disetujui April 2016 ; Publikasi April 2016

ABSTRACT

Background: People in the Jatihadi village are using dug wells water which contain high iron level. The average of iron level is 2.79 mg/l. Appropriate technology tray aerator with media contacts zeolite and activated carbon is the right solution to overcome the problems of high Fe content. This study aims to analyze the difference variation the addition of contact media adsorption on tray aerator for dug wells iron level in Jatihadi village, Sumber subdistrict, Rembang regency.

Method: The design of this study is pre experiment research with one group pretest posttest design. We used Inductively Coupled Plasma (ICP) method to measure the iron level. Water sample volume for each aeration is 20 liters and there are 16 repetitions. The media that we used in this research is zeolite and activated carbon.

Results: The result showed the average levels of iron before treatment is 2.79 mg/l, and after the first treatment down to 0.21 mg/l, after second treatment is 0.25 mg/l. Statistical analysis showed that there is no difference between variation of contact media adsorption for dug wells iron level, but Wilcoxon analysis showed that there is a significant difference between before and after treatment for adding zeolite or activated carbon.

Conclusion: The efficiency of tray aerator with the addition of zeolite is higher than addition of activated carbon.

Keywords: dug well, iron, tray aerator, activated carbon, zeolite.

PENDAHULUAN

Sumber air baku berasal dari air permukaan dan air tanah. Potensi air permukaan dan air tanah sangat melimpah di Indonesia. Masyarakat di dunia sebesar 95% menggunakan air tanah sumber air bersih. Air tanah umumnya mengandung ion logam yang tinggi seperti besi (Fe).¹ Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Air tanah mengandung besi terlarut berbentuk ferro (Fe²⁺).

Hasil studi pendahuluan menunjukkan rata-rata kadar Fe pada sampel air sumur melebihi baku mutu Permenkes RI nomor 416 tahun 1990 yakni > 2 mg/l. Sedangkan baku mutu yang diperbolehkan untuk air bersih yaitu kadar Fe 1 mg/l. Air yang mengandung Fe memiliki ciri-ciri pipa mudah berkarat, warna air

kemerahan, terbentuk lapisan kuning kecoklatan dibagian bawah bila air diendapkan.

Logam Fe merupakan salah satu jenis logam berat esensial dimana dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup. Namun kadar Fe bila melebihi baku mutu maka dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Besi dengan konsentrasi tertentu dalam air dapat menimbulkan rasa atau bau logam pada air tersebut. Hal ini dapat merusak estetika air untuk digunakan sehari-hari. Kandungan logam berat yang menumpuk pada air akan masuk ke dalam sistem rantai makanan. Logam Fe yang terakumulasi dalam tubuh dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia yang mengganggu proses metabolisme tubuh.²

Kadar Fe yang tinggi pada air dapat berakibat buruk bagi kesehatan masyarakat. Besi dapat

terakumulasi dalam tubuh melalui absorpsi kulit dan saluran pencernaan. Akumulasi Fe dalam tubuh menyebabkan efek kronik seperti hemokromatosis.

Penurunan kadar Fe pada air dapat dilakukan dengan metode aerasi. Aerasi merupakan proses penambahan udara ke dalam air sehingga terjadi kontak antara air dan oksigen. Proses ini menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi yang akan membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Salah satu jenis aerasi yang dapat digunakan adalah aerator gravitasi jenis jatuhnya bertingkat.³ Media kasar seperti arang, batu, atau keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pertukaran gas.⁴ Proses aerasi dapat dipercepat dengan penambahan media kontak yang bersifat adsorben seperti zeolit dan karbon aktif.

Pada umumnya struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit TO_4 , dimana T adalah ion Si^{4+} atau Al^{3+} dengan atom O berada diantara dua atom T. Sifat yang menonjol dari mineral zeolit yaitu struktur kristal, daya serap dan kapasitas pertukaran ion.⁵ Kemampuan zeolit sebagai *ion exchanger* telah lama diketahui dan digunakan sebagai penghilang polutan kimia.⁶

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Pori tersebut memiliki gaya Van der Waals yang kuat. Teknologi adsorpsi oleh karbon aktif dianggap sebagai metode yang efektif untuk menghilangkan ion logam berat dari air.⁷

Penggunaan zeolit dan karbon aktif sebagai media kontak pada aerasi dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi *tray aerator*. Proses oksidasi akan lebih ringan dengan adanya proses adsorpsi saat air kontak dengan media zeolit dan karbon aktif.

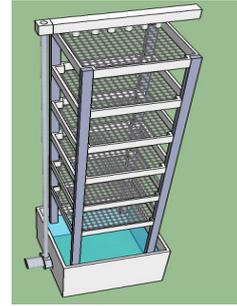
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan variasi penambahan media adsorpsi kontak aerasi sistem nampan bersusun (*tray aerator*) terhadap kadar besi (Fe) air sumur gali di Desa Jatihadi Kecamatan Sumber Kabupaten Rembang.

MATERI DAN METODE

Rancangan penelitian ini yaitu *pre-experimental designs* dengan *one group pretest-posttest design*. Pada desain ini terdapat pretest sebelum perlakuan. Dengan demikian hasil penelitian dapat diketahui lebih akurat, karena dapat dibandingkan dengan keadaan sebelum perlakuan.⁸ Penelitian dilakukan pada bulan Mei tahun 2016 di Desa Jatihadi Kecamatan Sumber Kabupaten Rembang, Laboratorium Terpadu FKM Undip, dan Laboratorium BBTPI Jawa Tengah.

Sampel air yang digunakan berasal dari air sumur gali milik warga Desa Jatihadi dengan kriteria inklusi air berwarna kuning kecoklatan, air berbau anyir atau amis, dan menimbulkan bercak kuning pada peralatan dapur, pipa paralon, dan keramik kamar mandi. Titik pengambilan sampel pada air sumur gali

ini diambil pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air.



Gambar 1. Desain *Tray Aerator* 6 Tangga

Replikasi dilakukan untuk mengurangi terjadinya kesalahan pada analisis statistik. Pada penelitian ini dilakukan replikasi sebanyak 16 kali untuk masing-masing perlakuan, sehingga jumlah sampel yang digunakan sebanyak 32 sampel penelitian dan 16 sampel kontrol. Sehingga total sampel dalam penelitian ini sebanyak 48 sampel.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan *tray aerator*, selanjutnya sampel diaerasi dengan variasi penambahan media adsorpsi zeolit dan karbon aktif. Pengambilan sampel setelah perlakuan diambil untuk diuji kadar Fe. *Tray aerator* didesain dengan 6 step dengan jarak antar nampan 25 cm. Pada *tray aerator* ini terdapat 6 nampan berlubang yang berfungsi untuk meningkatkan konsentrasi oksigen saat proses aerasi berlangsung. Kadar Fe sampel air diukur menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma (ICP)* dengan mengacu pada SNI 01-3554-2006.

Analisis statistik *independent t-test* digunakan untuk mengetahui perbedaan kadar Fe setelah aerasi dengan penambahan media zeolit dan karbon aktif. Sedangkan analisis *paired t-test* untuk mengetahui perbedaan kadar Fe sebelum dan setelah aerasi pada masing-masing perlakuan. Analisis parametrik tersebut dilakukan dengan syarat data berdistribusi normal dan homogen. Apabila syarat normalitas dan homogenitas data tidak terpenuhi maka analisis statistik menggunakan uji non parametrik *Mann Whitney U test* dan *Wilcoxon*.

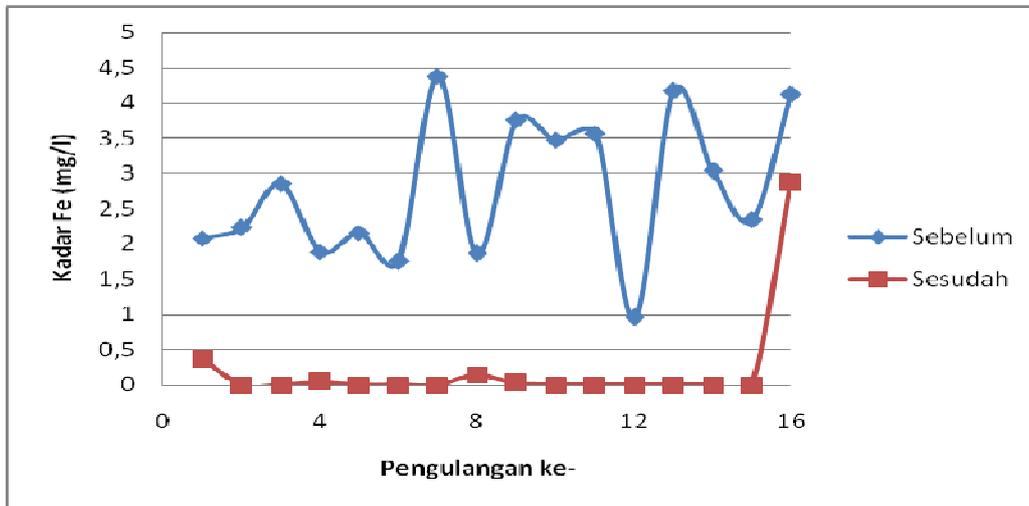
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar DO sampel air sebelum aerasi yaitu 5,06 mg/l dan setelah aerasi meningkat hingga 6,60 mg/l. Rata-rata kadar Fe sebelum diberi perlakuan yaitu 2,79 mg/l. Rata-rata kadar Fe setelah aerasi dengan penambahan media kontak zeolit yaitu 0,21 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata selisih penurunan Fe pada aerasi dengan pembubuhan media kontak zeolit adalah 2,57 mg/l dengan persentase yaitu 93,93% (lihat gambar 2)

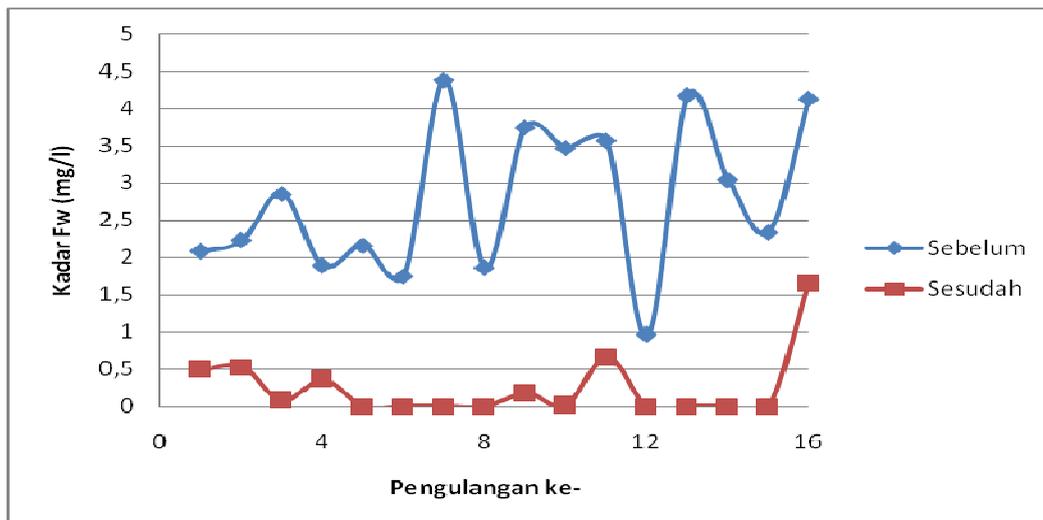
Rata-rata kadar Fe setelah aerasi dengan penambahan media kontak karbon aktif yaitu 0,23 mg/l. Rata-rata selisih penurunan dengan pembubuhan

media karbon aktif yaitu 2,54 dengan persentase 91,69%. Rata-rata selisih penurunan pada perlakuan tidak jauh berbeda dibandingkan dengan

perlakuan aerasi dengan pembubuhan media zeolit (lihat gambar 3)



Gambar 2. Penurunan Kadar Fe pada Tray Aerator dengan Penambahan Media Zeolit



Gambar 3. Penurunan Kadar Fe Pada Tray Aerator dengan Penambahan Media Karbon Aktif

Aerasi dengan penambahan media kontak zeolit memiliki rata-rata efisiensi sebesar 93,93%. Aerasi dengan penambahan media kontak karbon aktif memiliki rata-rata efisiensi sebesar 91,70%. Penambahan media kontak zeolit memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan penambahan media kontak karbon aktif pada tray. Aerasi tray dengan penambahan media kontak zeolit lebih efektif dibandingkan dengan aerasi tray penambahan media karbon aktif.

Hasil uji *Mann Whitney Z* hitung menunjukkan angka $-1,208$. Pada $\alpha=0,05$ angka *Z* tabel menunjukkan angka $-1,96$ sehingga *Z* hitung $< Z$ tabel derajat $\alpha=0,05$ menunjukkan angka $-1,96$ sehingga *Z* hitung $> Z$ tabel, H_0 ditolak (negatif tidak diperhitungkan karena harga mutlak). Nilai

maka H_0 diterima (negatif tidak diperhitungkan karena harga mutlak). Nilai signifikansi dua arah *p value* juga yaitu $0,227 > 0,05$. Artinya tidak ada beda kadar Fe antara sampel yang diaerasi menggunakan penambahan media kontak zeolit dengan sampel yang menggunakan penambahan media kontak karbon aktif.

Selanjutnya dilakukan uji *Wilcoxon* untuk mengetahui perbedaan kadar Fe sebelum dan sesudah aerasi pada masing-masing perlakuan. Hasil analisis statistik *Wilcoxon* antara sebelum dan setelah aerasi dengan penambahan media kontak zeolit menunjukkan *Z* hitung $-3,517$. Angka *Z* tabel pada signifikansi *p value* yaitu $0,000 < 0,05$ yang artinya H_0 ditolak. Artinya ada beda yang signifikan antara

kadar Fe sebelum dan sesudah aerasi dengan penambahan media zeolit.

Hasil uji *Wilcoxon* antara sebelum dan setelah aerasi dengan penambahan media kontak karbon aktif menunjukkan Z hitung -3,516. Angka Z tabel pada derajat $\alpha=0,05$ menunjukkan angka -1,96 sehingga Z hitung $> Z$ tabel, H_0 ditolak (negatif tidak diperhitungkan karena harga mutlak). Nilai signifikansi p value yaitu $0,000 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa ada beda yang signifikan antara kadar Fe sebelum dan sesudah aerasi dengan penambahan media karbon aktif.

Tray pada aerator berfungsi untuk memaksimalkan kontak antara air dengan udara yang bertujuan menambah oksigen, sehingga semakin bertambahnya waktu injeksi udara ke dalam air baku akan semakin memaksimalkan terjadinya kontak air dengan udara sehingga oksigen terlarut akan semakin banyak.⁹ Metode *tray aerator* efektif menurunkan kadar Fe karena mempunyai luas bidang kontak antara air dan oksigen lebih besar. Jumlah *tray* juga memberikan waktu kontak yang lebih lama sehingga Fe dapat teroksidasi oleh O_2 . Pada penelitian ini, penambahan media kontak zeolit dan karbon aktif dapat memberikan efisiensi penurunan Fe yang tinggi. Hal ini berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa efisiensi *tray aerator* tanpa kombinasi media kontak masih dibawah 90%.

Kombinasi media kontak yang bersifat adsorben pada *tray aerator* terbukti dapat meningkatkan kemampuan aerator untuk menyerap Fe. Hal ini disebabkan oleh media kontak zeolit dan karbon aktif yang bersifat sebagai adsorben logam. Selain itu, proses penurunan kadar Fe dengan zeolit menggunakan prinsip *cation exchanger*.¹⁰ Zeolit memiliki kemampuan sebagai *iron-exchanger* dengan menghasilkan *reactive oxygen species*. Zeolit merupakan mineral alumino silikat tetapi mempunyai struktur lapisan (layer) dan sifat pertukaran ionnya terutama disebabkan gugusan hidroksil dimana ion H dapat digantikan dengan ion lain.¹¹

Karbon aktif dapat menurunkan kadar Fe dalam air oleh kompleksasi atau daya tarik elektrostatik ion logam untuk berbagai permukaan yang mengandung oksigen kelompok fungsional.¹² Gugus fungsi pada karbon aktif menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa.¹³

Pada penelitian ini penurunan Fe terjadi melalui mekanisme oksidasi dan adsorpsi. Pada proses aerasi, zat pengoksidasi atau oksidator yang berperan adalah O yang memiliki potensial oksidasi 0,8V.¹⁴

Pada penelitian ini terdapat faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi penurunan kadar Fe.

Faktor internal yang berpengaruh yaitu pH air, suhu air, dan TDS, sedangkan faktor eksternal yang berpengaruh yaitu kelembaban udara, suhu udara. Faktor pH dan suhu air berpengaruh terhadap reaksi oksidasi yang terjadi pada aerator. Kadar TDS berpengaruh terhadap kelarutan gas oksigen di dalam air. Sedangkan kelembaban udara akan mempengaruhi tekanan udara yang berdampak pula pada reaksi oksidasi.

SIMPULAN

1. Rata-rata selisih penurunan kadar Fe pada perlakuan pertama yaitu 2,574 mg/l dan rata-rata selisih penurunan kadar Fe pada perlakuan kedua yaitu 2,541 mg/l.
2. Hasil analisis statistik *Mann Whitney* menunjukkan H_0 diterima, tidak ada perbedaan kadar Fe pada aerasi dengan penambahan media zeolit dan aerasi dengan penambahan media karbon aktif (p value $0,227 > 0,05$).
3. Hasil analisis statistik *Wilcoxon* pada perlakuan pertama menunjukkan H_0 ditolak, ada perbedaan yang signifikan kadar Fe sebelum perlakuan dengan setelah perlakuan pertama (aerasi penambahan media zeolit) (p value $0,000 < 0,05$).
4. Hasil analisis statistik *Wilcoxon* pada perlakuan kedua menunjukkan H_0 ditolak, ada perbedaan yang signifikan kadar Fe sebelum perlakuan dengan setelah perlakuan kedua (aerasi penambahan media karbon aktif) (p value $0,000 < 0,05$).

DAFTAR PUSTAKA

1. United Nations Environment Programme. *Groundwater And Its Susceptibility To Degradation*. http://www.unep.org/dewa/water/groundwater/pdfs/groundwater_inc_cover.pdf. ISBN: 92-807-2297-2. diakses pada 23 Februari 2016).
2. Ika, Tahril, & Irwan S. Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. *J. Akad. Kim.* 1(4): 181-186. Issn 2302-6030. 2012.
3. Qasim S, Motley E & Zhu G. *Water Works Engineering: Planning, Design dan Operation*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 07458. 2000.
4. Rahmawati T, dan Mangkoediharjo S. *Perencanaan Multiple Tray Aerator Untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Baku Di Pdam Kota Lumajang*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. (online) (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate->

- 14104-paperpdf.pdf. diakses pada 23 Februari 2016).
5. Jacobs P, Flanigen M, Jansen J, Bekkum H. *Introduction to Zeolite Science and Practice*. Surface Science and Catalysis. vol 58. 1991.
 6. Waldman W, Williams M, Long J, Meister D, Dutta D. *Analysis Of The Biological And Chemical Reactivity Of Zeolit-Based Aluminosilicate Fibers And Particulates*. Environ Health Perspect. 110: 1087-1096. 2002.
 7. Arfan Y. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya*. Depok : Departemen Teknik Kimia FT-UI. 2006.
 8. Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. ISBN : 979-8433-64-0. Bandung: Alfabeta. 2011.
 9. Agustjik R. 1991. *Diktat Pengolahan Air*. Direktorat Jendral PPM dan PLP Departemen Kesehatan. Jakarta.
 10. Clifford D. *Ion Exchange And Inorganic Adsorption*. In: Pontius Fw, Editor. *Water Quality And Treatment, A Handbook Of Community Water Supplies*. 4th Ed. New York: Mcgraw-Hill. pp 561-640. 1990.
 11. Zamroni H, Las T. *Pembuatan Mn-Zeolit untuk Penyerapan Limbah Radioaktif Sr-90 dan Limbah Fe*. Pusat Pengembangan dan Pengelolaan Limbah Radioaktif. 2000. (Online: digilib.batan.go.id/sipulitbang/fulltext/2618.pdf Diakses pada 20 Mei 2016).
 12. Yin C, Aroua M, & Daud W. *Review Of Modification Of Activated Carbon For Enhancing Contaminant Uptakes From Aqueous Solutions*. Sep. Purif. Technol. 52, pp 403–415. 2007.
 13. Nunik P, & Okayadnya. *Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan 5 (2) Hlm 33-41. 2015.
 14. Elviana. *Penurunan Konsentrasi Besi Dalam Air Secara Oksidasi Kimia Lanjut (Fotokimia Sinar UV Dan UV-Peroksidasi)*. 8 (17). Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology). ISSN 1693-248X. Hlm 34-41. 2010.