

**CASCADE AERATOR DAN BUBBLE AERATOR DALAM MENURUNKAN KADAR MANGAN AIR SUMUR GALI**

Eko Hartini ✉

Fakultas Kesehatan, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia

**Info Artikel**

*Sejarah Artikel:*  
Diterima Maret 2012  
Disetujui April 2012  
Dipublikasikan Juli 2012

*Keywords:*  
Mangan;  
Cascade;  
Bubble;  
Aerator

**Abstrak**

Konsentrasi mangan di dalam sistem air alami umumnya kurang dari 0,1 mg/l. Jika melebihi 1 mg/l maka perlu pengolahan air. Air sumur gali di Kelurahan Kumai Hilir Kalimantan Tengah, mempunyai kadar Mn 2,02 mg/l, melebihi baku mutu berdasarkan Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002. Masalah penelitian adalah bagaimana menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali menggunakan *cascade* dengan proses aerasi. Tujuan penelitian ini adalah menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali dengan proses aerasi dan mengetahui efektivitas *cascade aerator* dan *bubble aerator* dalam menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali. Metode penelitian adalah *Quasy Experiment* dengan rancangan *Pre and Post Test Design*. Sampel penelitian diambil dengan teknik *grap sampling*, proses aerasi dilakukan di salah satu rumah warga dan pemeriksaan kadar Mn di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *cascade aerator* memberikan hasil yang lebih baik dalam menurunkan kadar Mn air sumur gali dengan rata-rata 0,02 mg/l, telah sesuai dengan baku mutu dengan efektivitas sebesar 98,74%. *Bubble aerator* dapat menurunkan kadar Mn air sumur gali dengan rata-rata 0,43 mg/l, dan efektivitas 76,47%. Hasil ini belum sesuai dengan baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, yaitu 0,1 mg/l. Simpulan penelitian adalah *cascade aerator* lebih efektif dalam menurunkan kadar Mn air sumur gali.

**AERATOR CASCADE AND BUBBLE METHOD TO REDUCE MANGAN CONCENTRATION ON DRUG WELL WATER****Abstract**

*The concentration of manganese in natural water systems is generally less than 0.1 mg /l, if it exceeds 1 mg/l, water treatment is needed. Water wells dug in Kumai Hilir village in Central Kalimantan, has Mn concentration of 2.02 mg/l, exceeded the standard quality based Kepmenkes No. 907/Menkes/VII/SK/2002. The research problem was how to reduce Mn levels of dug well water using the cascade aeration process. Research purpose was to reduce Mn levels of dug well water with aeration process and determine the effectiveness of cascade aerator and bubble aerator in reduce Mn levels of dug well water. The research method was queasy experiment with pre and post test design. Samples were taken with grap sampling techniques, aeration process was done in one of the houses and Mn levels in the laboratory examination. The results showed that cascade aerator gives better results in reduce Mn levels of dug well water (average of 0.02 mg/l, fit with standard quality (effectiveness of 98.74%). Bubble aerators can reduce Mn levels of dug well water with an average of 0.43 mg/l, and the effectiveness of 76.47%. This result is not fit with standard quality according to Kepmenkes No. 907/Menkes/VII/SK/2002 , was 0,1 mg/l. Conclusion, cascade aerator was more effective to reduce Mn levels of dug well water.*

## Pendahuluan

Krisis air bersih di Indonesia diperkirakan akan semakin parah seiring masifnya ketidakseimbangan kebutuhan dengan ketersediaan air bersih. Bahkan saat ini hanya 20 persen air bersih yang layak minum dan baru 15 persen masyarakat yang mengakses air dari pengelolaan air. Sisanya memenuhi kebutuhan air sendiri (Suara Pembaruan, 2011). Masyarakat di Indonesia banyak yang menggunakan sumur gali untuk memenuhi kebutuhan mereka akan air bersih. Berdasarkan observasi di masyarakat, diketahui kualitas fisik air sumur gali banyak yang berwarna kuning kecoklatan dan jika digunakan untuk mencuci pakaian akan meninggalkan noda, hal ini disebabkan kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi (Rahajeng, 2008).

Besi atau mangan masuk ke dalam air oleh karena reaksi biologis pada kondisi reduksi atau anaerobik (tanpa oksigen). Jika air yang mengandung besi atau mangan dibiarkan terkena udara atau oksigen maka reaksi oksidasi besi atau mangan akan timbul dengan lambat dan membentuk endapan atau gumpalan koloid dari oksida besi atau oksida mangan yang tidak diharapkan. Endapan koloid ini akan menempel atau tertinggal dalam sistem perpipaan, menyebabkan noda pada cucian pakaian, serta dapat menyebabkan masalah pada sistem pipa distribusi disebabkan karena dapat menyokong tumbuhnya mikroorganisme seperti *crenotherix* dan *clonotherix* yang dapat menyumbat perpipaan serta dapat menimbulkan warna dan bau yang tidak enak. Pada konsentrasi rendah zat besi dan mangan dapat menimbulkan rasa atau bau logam pada air minum, oleh karena itu untuk air minum kadar zat besi dan mangan yang diperbolehkan yakni masing-masing 0,3 mg/l dan 0,05 mg/l (Yoo, 2009; Bilinski, 2012; Qadri, 2005; Negroni, 2012). Standar kualitas air minum di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No 907 Tahun 2002 menetapkan kadar zat besi di dalam air minum yang diperbolehkan maksimum 0,3 mg/l dan kadar mangan maksimum yang diperbolehkan 0,1 mg/l.

Mangan diperlukan oleh berbagai enzim seluler pada tubuh manusia dan hewan seperti *manganese superoxide dismutase* dan *pyruvate*

*carboxylase*, serta mengaktifasi enzim lainnya yaitu: *kinase*, *decarboxylase*, *transferase*, dan *hydrolase* (WHO, 2002). Di dalam tubuh manusia, mangan dalam jumlah yang kecil tidak menimbulkan gangguan kesehatan, tetapi dalam jumlah yang besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Ada berbagai pendapat tentang gangguan kesehatan akibat keracunan senyawa mangan, tetapi umumnya dalam keadaan kronis menimbulkan gangguan pada sistem syaraf dan menampakkan gejala seperti parkinson. Berdasarkan percobaan yang dilakukan terhadap kelinci, keracunan mangan menimbulkan gangguan pada pertumbuhan tulang.

Toksisitas mangan relatif sudah tampak pada konsentrasi rendah. Dengan demikian tingkat kandungan mangan yang diizinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik sangat rendah, yaitu dibawah 0,05 mg/l. Dalam kondisi aerob, mangan dalam perairan terdapat dalam bentuk  $MnO_2$  dan pada dasar perairan tereduksi menjadi  $Mn^{2+}$  atau dalam air yang kekurangan oksigen. Oleh karena itu, pemakaian air yang berasal dari suatu sumber air, sering ditemukan mangan dalam konsentrasi tinggi (Achmad, 2004).

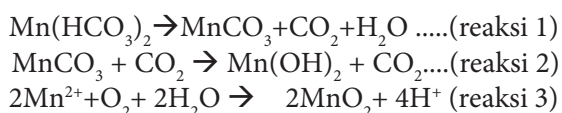
Mangan adalah logam berwarna abu-abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54,94 g/mol, nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm<sup>3</sup>. Di dalam hubungannya dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4, valensi 6. Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan dan juga besi pada umumnya mempunyai valensi dua yang larut dalam air. Oleh karena itu di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan berbagai cara dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Mangan di dalam senyawa  $MnCO_3$ ,  $Mn(OH)_2$  mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam  $MnCl_2$ ,  $MnSO_4$ ,  $Mn(NO_3)_2$  mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Said, 2005).

Masalah zat besi dan mangan di dalam

air minum lebih sering terjadi jika sumber air baku yang digunakan berasal dari air tanah (Said, 2005). Ada beberapa cara oksidasi zat besi atau mangan yang sering digunakan di dalam industri pengolahan air minum antara lain yakni proses aerasi-filtrasi, proses klorinasi-filtrasi, dan proses oksidasi kalium permanganat-filtrasi dengan mangan zeolit (*manganese greensand*) (Said, 2005). Pemilihan proses tersebut dipilih berdasarkan besarnya konsentrasi zat besi atau mangan serta kondisi air baku yang digunakan.

Proses aerasi-filtrasi biasanya terdiri dari aerator, bak pengendap serta filter atau penyangring. Aerator adalah alat untuk mengontakkan oksigen dari udara dengan air agar zat besi atau mangan yang ada di dalam air baku bereaksi dengan oksigen membentuk senyawa ferri (Fe valensi 3) serta mangan oksida yang relatif tidak larut di dalam air. Kecepatan oksidasi besi atau mangan dipengaruhi oleh pH air. Umumnya makin tinggi pH air kecepatan reaksi oksidasinya makin cepat. Kadang-kadang perlu waktu tinggal sampai beberapa jam setelah proses aerasi agar reaksi berjalan tergantung dari karakteristik air bakunya.

Di dalam proses penghilangan mangan dengan cara aerasi, adanya kandungan *alkalinity*,  $\text{HCO}_3^-$  yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa mangan berada dalam bentuk mangano bikarbonat  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ , oleh karena bentuk  $\text{CO}_2$  bebas lebih stabil daripada  $\text{HCO}_3^-$ , maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat (reaksi 1). Dalam reaksi tersebut dapat dilihat, jika  $\text{CO}_2$  berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya akan terbentuk hidroksida mangan ( $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ) (reaksi 2). Hidroksida mangan ini masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi ion (reaksi 3).



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 0,29 mg/l oksigen. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi dengan oksigen relatif

lambat, sehingga pada praktiknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang diolah.

Konsentrasi mangan di dalam sistem air alami umumnya kurang dari 0,1 mg/l, jika konsentrasinya melebihi 1 mg/l maka dengan cara pengolahan biasa akan sulit untuk menurunkan konsentrasinya sampai derajat yang diijinkan sebagai air minum, oleh karena itu perlu pengolahan yang khusus. Untuk menghilangkan mangan di dalam air yang paling sering digunakan adalah dengan cara oksidasi yang diikuti proses pemisahan padatan (*suspended solids*). Mangan lebih sulit dioksidasi dari pada besi, hal ini disebabkan karena kecepatan oksidasi mangan lebih rendah dibanding dengan kecepatan oksidasi besi.

Air sumur gali menjadi sumber air utama bagi masyarakat di Kelurahan Kumai Hilir Kalimantan Tengah. Berdasarkan data awal dari uji laboratorium di Balai Kesehatan Pangkalan Bun kandungan Mn pada salah satu air sumur warga di Kecamatan Kumai Hilir, Kotawaringin Barat adalah 2,02 mg/l, berarti kadar Mn untuk sumur warga tersebut melebihi melebihi baku mutu berdasarkan Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, tentang persyaratan kualitas air minum, yaitu sebesar 0,1 mg/liter, sehingga masyarakat berisiko terhadap terjadinya gangguan kesehatan. Berdasarkan penelitian tentang analisis risiko dampak mangan dalam air sumur terhadap kesehatan masyarakat di kawasan TPA Rawakucing Kecamatan Neglasari Kota Tangerang Provinsi Banten, besaran risiko kesehatan masyarakat akibat mengkonsumsi air yang mengandung mangan di lokasi penelitian adalah 0,2796. Proporsi masyarakat di TPA Rawakucing dan di luar TPA Rawakucing mempunyai besaran risiko lebih dari satu ( $\text{RQ} > 1$ ) dan mengkonsumsi mangan yang melebihi kadar yang diperbolehkan adalah 16,3%.

Salah satu teknologi tepat guna yang mudah untuk diaplikasi di masyarakat adalah penggunaan *cascade aerator* dan *bubble aerator* untuk menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali. Pada *cascade aerator*, teknis pembuatannya cukup sederhana dengan biaya tidak terlalu mahal dan mudah dilaksanakan, yaitu air dilewatkan pada susunan penampang bertingkat secara gravitasi. Metode *cascade aerator* ini mampu menaikkan oksigen 60-80 % dari jum-

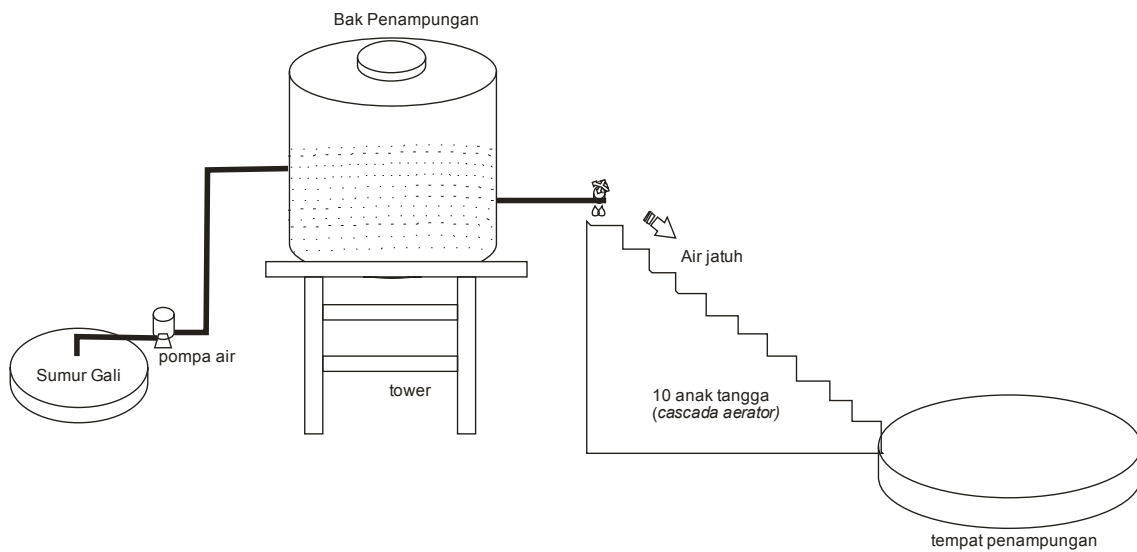
lah oksigen yang tertinggi pada air. Sedangkan pada *bubble aerator*, digunakan mesin aerator yang dapat dibeli secara langsung di toko dan praktis untuk digunakan.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali dengan proses aerasi dan mengetahui efektivitas *cascade aerator* dan *bubble aerator* dalam menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali.

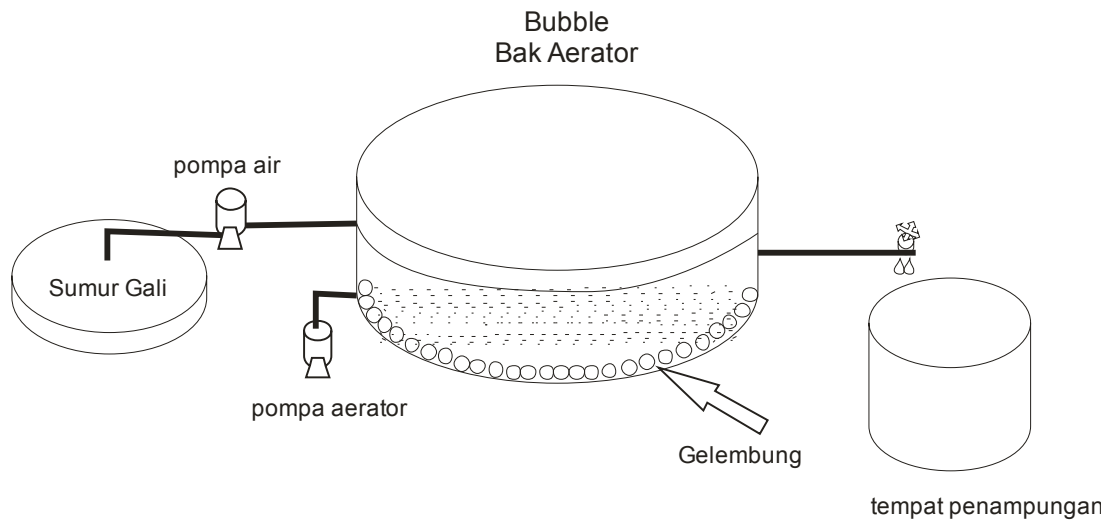
**Metode**

Jenis penelitian adalah *Quasy Experiment* atau bersifat eksperimen semu. Rancangan penelitian adalah *Pre and Post Test Design* yaitu pengukuran kadar mangan (Mn) sebelum dan sesudah perlakuan dengan proses aerasi, yaitu *cascade aerator* dan *bubble aerator*.

Populasi dalam penelitian ini adalah air sumur gali yang berada di Kelurahan Kumai Hilir Kalimantan Tengah, yang mempunyai kadar Mn melebihi baku mutu berdasarkan Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, tentang



**Gambar 1.** Sketsa Penurunan Mn dengan *Cascade Aerator*



**Gambar 2.** Sketsa Penurunan Mn dengan *Bubble Aerator*

**Tabel 1.** Hasil Pemeriksaan Mn Air Sumur Gali

Sampel	Kadar Mn (mg/liter)				Kepmenkes No.907/ Menkes/VII/ SK/2002
	<i>Cascade Aerator</i>		<i>Bubble Aerator</i>		
	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah	
1	1.83	0.01	2.02	0.80	0,1 mg/liter
2	1.62	0.01	1.83	0.90	
3	1.24	0.01	1.90	0.90	
4	1.22	0.03	1.82	0.70	
5	1.58	0.01	1.70	0.80	
6	2.01	0.06	2.03	0.02	
7	1.54	0.02	1.56	0.03	
8	1.20	0.01	1.23	0.03	
9	1.18	0.02	1.25	0.06	
10	1.19	0.01	1.16	0.04	
Rata-rata	1.46	0.02	1.65	0.43	

**Tabel 2.** Hasil Analisis Uji Perbedaan Kadar Mn Air Sumur Gali dengan Uji *Wilcoxon*

		N	Mean Rank	Sig
Kadar Mn dalam air sumur gali akhir (mg/l)	Negative Ranks	20 <sup>a</sup>	10.50	0.0001
Kadar Mn dalam air sumur gali awal (mg/l)	Positive Ranks	0 <sup>b</sup>	.00	
	Ties	0 <sup>c</sup>		
Total		20		

a. Kadar Mn dalam air sumur gali akhir (mg/l) < Kadar Mn dalam air sumur gali awal (mg/l)

b. Kadar Mn dalam air sumur gali akhir (mg/l) > Kadar Mn dalam air sumur gali awal (mg/l)

c. Kadar Mn dalam air sumur gali akhir (mg/l) = Kadar Mn dalam air sumur gali awal (mg/l)

persyaratan kualitas air minum. Sampel penelitian diambil dengan teknik *grab sampling*, diambil dari salah satu sumur warga di Kelurahan Kumai Hilir Kalimantan Tengah, proses aerasi dilakukan di rumah warga tersebut dan pemeriksaan kadar Mn di laboratorium.

Proses aerasi secara *cascade aerator*, air sumur gali di tampung dalam bak yang berkapasitas 50 liter, kemudian air dalam bak di alirkan melewati setiap trap/tangga yang berjumlah 10 trap. Air yang telah mengalir di tampung dalam bak penampung akhir. Kemudian air yang ada dalam penampungan akhir di sedot ke penampungan awal dan dilewatkan kembali melalui setiap tangga, proses ini dilakukan terus menerus selama 30 menit. Pada proses menggunakan *cascade aerator* dilakukan pengulangan selama 10 kali.

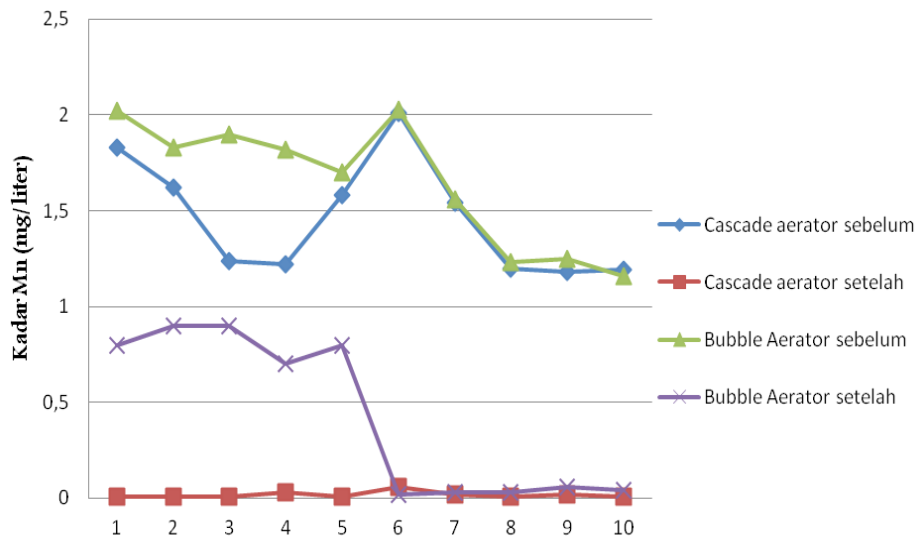
Proses aerasi menggunakan *bubble aerator*, air sumur gali di tampung dalam bak berkapasitas 50 liter. Kemudian di masukkan

alat aerator ke dalam bak dan biarkan selama 30 menit. Pada proses menggunakan *bubble aerator* dilakukan pengulangan selama 10 kali.

Analisis data berupa; (1) analisis deskriptif yaitu analisis untuk menggambarkan penurunan kadar Mn pada berbagai perlakuan proses aerasi (*cascade aerator* dan *bubble aerator*), dan (2) analisis analitik yaitu analisis untuk mengetahui efektivitas proses aerasi dalam menurunkan kadar Mn.

### Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian dan uji laboratorium, diketahui rata-rata kadar Mn dalam sumur gali sebelum perlakuan dengan proses aerasi menggunakan *cascade aerator* dan *bubble aerator*, masing-masing sebesar 1,46 mg/l dan 1,65 mg/l, yang berarti melebihi baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002 yaitu 0,1 mg/l. Setelah perlakuan



**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Kadar Mn Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Cascade Aerator* dan *Bubble Aerator*

**Tabel 3.** Efektivitas Metode Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Mn Dalam Air Sumur Gali

Sampel	Efektivitas Metode Aerasi (%)	
	<i>Bubble Aerator</i>	<i>Cascade Aerator</i>
1	60,40	99,45
2	50,82	99,38
3	52,63	99,19
4	61,54	97,54
5	52,94	99,37
6	99,01	97,01
7	98,08	98,70
8	97,56	99,17
9	95,20	98,31
10	96,55	99,17
Rata-rata	76,47	98,73

dengan proses aerasi menggunakan *cascade aerator* dan *bubble aerator*, masing-masing sebesar 0,02 mg/l dan 0,43 mg/l. Diantara dua aerator yang digunakan, maka *cascade aerator* memberikan hasil yang lebih baik, karena telah sesuai dengan baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002 (Tabel 1).

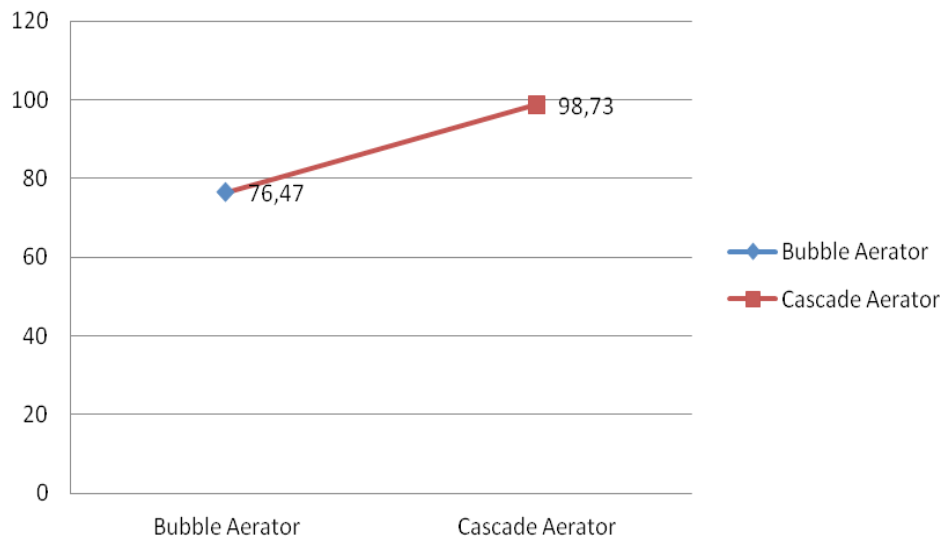
Hasil ini didukung dengan uji perbedaan pada Tabel 2, *p-value* 0,0001, yang berarti ada perbedaan antara kadar Mn sebelum dan sesudah perlakuan dengan proses aerasi.

Kadar Mn setelah perlakuan menggu-

nakan *cascade aerator* pada 10 kali pengulangan menunjukkan range nilai 0,01-0,06 mg/l (variasi nilainya homogen), sedangkan pada perlakuan yang menggunakan *bubble aerator* menunjukkan range nilai 0,02-0,90 mg/l (variasi nilainya lebih banyak), disebabkan oleh volume udara yang dihembuskan oleh aerator tidak merata.

Berdasarkan hasil pada Tabel 3 dan Gambar 4, maka *cascade aerator* memberikan hasil yang lebih baik dalam menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali dengan efektivitas sebe-





**Gambar 4.** Grafik Rerata Efektivitas Metode Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Mn Dalam Air Sumur Gali

**Tabel 4.** Hasil Analisis Uji Perbedaan Metode Aerasi dengan Uji *Mann-Whitney*

	Metode Aerasi	N	Mean Rank	Sig
Kadar Mn dalam air sumur gali akhir (mg/l)	<i>Bubble aerator</i>	10	9.00	0.254
	<i>Cascade aerator</i>	10	12.00	
	Total	20		

sar 98,74%. Meskipun secara uji analitik antara *cascade aerator* dan *bubble aerator* tidak ada perbedaan yang signifikan dalam menurunkan kadar Mn air sumur gali (Tabel 4), artinya dua alat aerator ini dapat digunakan untuk menurunkan kadar Mn air sumur gali, tetapi efektivitas dari masing-masing alat berbeda.

Dalam penelitian ini dipilih proses aerasi untuk menurunkan kadar Mn dalam air sumur gali karena dengan dengan proses aerasi ada banyak manfaat yang bisa dicapai yaitu dapat menghilangkan rasa dan bau (yang disebabkan oleh hidrogen sulfida dan komponen organik) dengan oksidasi atau volatilisasi, mengoksidasi besi dan mangan, transfer oksigen ke dalam air, dan membebaskan volatil gas dari dalam air.

Jenis aerator yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cascade aerator* dan *bubble aerator*. *Cascade aerator* merupakan salah satu dari tipe *gravity aerator* yaitu jenis aerasi yang cara kerjanya berdasarkan daya gravitasi. Air yang akan diaerasi akan mengalir secara gravitasi karena beda ketinggian dari step satu ke step yang lain. Pada tiap step akan terjadi

kontak antara Mn dalam air dengan oksigen sehingga terjadi reaksi oksidasi. Semakin banyak step, maka reaksi oksidasi akan berjalan dengan lebih sempurna. Pada dasarnya *aerator* ini terdiri atas 4-6 step, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira 0,01 m<sup>3</sup>/detik per m<sup>2</sup> untuk menghilangkan putaran (*turbulen*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Keuntungan *cascade aerator* ini adalah tidak memerlukan perawatan. Kelemahan dari *cascade aerator* adalah dibutuhkan tempat/lahan yang lebih besar.

*Bubble aerator* atau aerator dengan gelembung difuser, merupakan proses aerasi dengan menyemprotkan atau menginjeksikan udara melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi, gelembung udara hasil injeksi udara melalui dasar bak aerasi akan naik ke atas dan akan kontak dengan Fe dalam air sehingga terjadi reaksi yang akan merubah bentuk Fe terlarut menjadi bentuk Fe tidak terlarut berupa endapan berwarna kekuning-kuningan. Jumlah udara yang dibutuhkan tidak banyak, yaitu 0,3-

0,5 m<sup>3</sup> udara per m<sup>3</sup> air dan volume ini dengan sangat mudah untuk ditingkatkan (Van, 2012; Mangiorakos, 2012; Johnson, 2012).

Pada saat air sumur gali dipompa ke bak penampung, terjadi proses oksidasi antara mangan yang ada di dalam air dengan oksigen yang ada di udara. Reaksi oksidasi tersebut menghasilkan senyawa mangan dioksida yang berupa gumpalan halus (*micro flock*) yang tak larut dalam air. Untuk setiap 1 mg/l mangan diperlukan oksigen sebanyak 0,29 mg/l, berdasarkan hasil analisa awal kadar mangan dalam sumur gali adalah 2,02 mg/l maka dibutuhkan oksigen sekitar 0,6 mg/l yang dapat dipenuhi dari sistem *cascade aerator* ataupun *bubble aerator*.

Pada penggunaan *bubble aerator*, kadar Mn rata-rata turun menjadi 0,43 mg/l, hasil ini belum sesuai dengan baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, kemungkinan disebabkan oleh kurang meratanya hembusan oksigen yang didelembungkan melalui difuser. Disamping itu karena kadar Mn awal lebih dari 1 mg/l, maka reaksi oksidasi akan cukup lama sehingga perlu waktu tinggal yang lebih lama atau kadang memerlukan tambahan bahan kimia untuk mempercepat proses oksidasi mangan tersebut sampai tingkat konsentrasi yang diharapkan.

Sasaran utama aerasi adalah 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. Menurut penelitian analisis kandungan Fe dalam air baku setelah proses aerasi menggunakan *pneumatic system* dengan injeksi udara selama 20 menit, ternyata mampu menurunkan kandungan Fe hingga cukup baik untuk pemenuhan kebutuhan air bersih. Dalam penelitian ini, waktu aerasi yang digunakan adalah 30 menit, tetapi pada penggunaan *bubble aerator* kadar Mn rata-rata turun menjadi 0,43 mg/l, hasil ini belum sesuai dengan baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, perbedaan waktu ini dimungkinkan karena kurangnya injeksi udara ke dalam air baku pada saat proses aerasi dan oksidasi terhadap senyawa mangan didalam air tidak selalu terjadi dalam waktu yang cepat.

Efektivitas rerata *bubble aerator* dalam menurunkan Mn dalam air sumur gali hanya 76,47%, hal ini disebabkan udara yang ditiup melalui dasar bak penampungan tidak bisa menyebar dengan merata, metode ini kurang efisien karena pertukaran udara terbatas. Berdasarkan hasil percobaan diketahui *cascade aerator* dapat menurunkan kadar Mn lebih baik daripada *bubble aerator* yaitu kadar Mn rata-rata turun sebesar 0,02 mg/l dan efektivitas sebesar 98,74%. Hal ini dapat terjadi karena jumlah *cascade* yang digunakan ada 10 tangga, sehingga penetrasi air dan oksigen sangat besar dan kontak antara oksigen dan Mn dalam air berlangsung lebih sering. Hasil penelitian sebelumnya oleh Sudiati (2004) didapatkan bahwa *cascade aerator* 12 step mampu menyerap oksigen sebesar 1,02 – 0,81 mg/l dengan efisiensi penurunan kadar besi sebesar 1,705 – 2,83 %, sedangkan untuk *cascade aerator* dengan 7 step dapat menyerap oksigen sebesar 0,61 – 0,41 mg/l dengan efisiensi penurunan kadar besi sebesar 0,512 – 0,862%.

*Cascade aerator* dapat meningkatkan waktu kontak dan perbandingan antara volume dan area yang diperoleh, dengan membiarkan air mengalir ke bawah dan membantu memberi tambahan udara, sehingga terjadi reaksi antara Mn dengan Oksigen yang nantinya akan membentuk partikulat-partikulat yang akan dapat diendapkan. Kesempatan penetrasi air dan oksigen sangat besar yaitu terjadi pada saat air di jatuhkan dari luas *cascade* akan melewati setiap penampang. Setelah melewati bagian luas *cascade* 1, selanjutnya air akan jatuh pada luas *cascade* 2, pada bagian ini proses yang terjadi akan sama, demikian juga pada luas *casacade* 3-10. Proses aerasi selain pada saat air mengalir melalui bangunan *cascade* juga banyak terjadi pada saat dilanjutkan dengan pengendapan selama 3 jam. Dengan pertimbangan bahwa oksigen terhadap senyawa mangan didalam air tidak selalu terjadi dalam waktu yang cepat.

Metode *cascade aerator* merupakan aerasi alami, kontak antara air dan udara yang terjadi karena pergerakan air secara alami sehingga tidak sulit untuk mengaplikasikannya dalam skala rumah tangga. Peningkatan turbulensi dan efisiensi aerasi dapat dilakukan dengan menempatkan rintangan-rintangan pada ujung-ujung tiap tangga. *Cascade aerator*



ini memerlukan ruang yang lebih luas namun memiliki headloss lebih rendah dan tidak sulit dalam perawatannya. Perawatan dapat dilakukan dengan cara seminggu sekali tangga-tangga pada *cascade aerator* serta bak penampungan dibersihkan, tampatkan unit pengolahan air ini di tempat yang terlindung dari panas dan hujan sehingga *cascade aerator* tidak mudah rusak.

## Penutup

Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan 1) Penggunaan *cascade aerator* memberikan hasil yang lebih baik dalam menurunkan kadar Mn air sumur gali dengan rata-rata 0,02 mg/l, efektivitas sebesar 98,74%, hasil ini telah sesuai dengan baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, yaitu 0,1 mg/l. 2) Penggunaan *bubble aerator* dapat menurunkan kadar Mn air sumur gali dengan rata-rata 0,43 mg/l, dan efektivitas 76,47%, hasil ini belum sesuai dengan baku mutu menurut Kepmenkes No 907/Menkes/VII/SK/2002, yaitu 0,1 mg/l.

Manfaat dari proses aerasi yaitu dapat menghilangkan rasa dan bau, dengan oksidasi atau volatilisasi, mengoksidasi besi dan mangan, transfer oksigen ke dalam air dan membebaskan volatil gas dari dalam air.

## Daftar Pustaka

- Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi : Yogyakarta.
- Bilinski, P. 2012. A Public health hazards in Poland posed foodstuffs contaminated with E. coli O104:H4 bacterium from the resent European outbreak. *Ann. Agric. Environ, Med*, 19:3-10
- Johnson, T. J. 2012. Associations between multidrug resistant, plasmid content, and virulence potential among extraintestinal pathogenic and commensal *Escherichia coli* from human and poultry. *Foodborne Pathog. Dis.*, 9:37-46
- Magiorakos, A.P. 2012. Multidrug-resistant, extensively drug-resistance and pandrug-resitant bacteria: An international expert proposal for interim standart definition for acquired resistant. *Clin. Microbiol. Infect.*, 18:268-281
- Negrone, A. 2012. Characterization of adheren-invasive *Escherchia coli* isolated from pediatric patients with inflammatory bowel disease. *Inflamm. Bowel Dis.*, 18:913-924
- Qadri, F. 2005. Enterotoxigenic *Eschericia coli* in developing countries: Epidemiology, microbiology; clinical features, treatment, and prevention. *Clin. Microbiol. Rev.*, 18:465-483
- Rahajeng Wirani., Sutardji., Arum Siwiendrayanti. 2008. Perbedaan Penuruna Kadar BOD<sup>5</sup> antara Trickling Filter berbagai Media (Studi Eksperimen pada Air Limbah Rumah Pemo-tong Ayam Pasar Rejomulyo Semarang Tahun 2007). *Jurnal KEMAS*, 3(2):102-114
- Said, N.I. 2005. Metode Penghilangan Zat Besi dan Mangan di dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *Jurnal Air Indonesia (JAI)*, 1(5) 239-250.
- Suara Pembaruan. 3 Mei 2011. *Hanya 20 Persen Air Bersih Indonesia Layak Minum*, <http://www.suarapembaruan.com/home/hanya-20-persen-air-bersih-indonesia-layak-minum/6302>. Diakses 26 Agustus 2012.
- Sudiati, K., 2004. *Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Metode Aerasi, Sedimentasi dan Filtrasi untuk Skala Rumah Tangga di Pedesaan*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Van, Der, Bij. A. K. 2012. The role of international travel in the worldwide spread of multiresistant *Enterobacteriaceae*. *J. Antimicrob, Chemother.*, 67:2090-2100
- Yoo, S.H. 2009. Genomics, Biological Features, and Biotechnological Applications of *Escherchia coli* B: Is B for better. *Springer*