

**AERASI OKSIDASI BESI DAN MANGAN MENGGUNAKAN MODEL CASCADE
AERATOR PADA SAMPEL AIR SUMUR WARGA DI KAMPUNG SUMBER BOGA
DISTRIK MASNI KABUPATEN MANOKWARI**

Iron and manganese Aeration Oxidation Using the Cascade Aerator Model on Residents' Well Samples in the Village of Masna District, Mnaokwari District

Armando Pagawak¹, Markus Heryanto langsa¹, Bimo Budi Santoso^{1*}

¹Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Papua, Jl Gunung Salju Manokwari, 98314, Indonesia
Email: Armanpagawak35@gmail.com, herilangsa@yahoo.com, yanakaresta@gmail.com

ABSTRACT

The Cascade Aerator model is a ladder-shaped gravity aerator model used to treat water with a high content of dissolved inorganic solids. This model can increase the level of dissolved oxygen in water up to 80%. This study aims to determine the effect of pH, the length of oxidation time and the efficiency of reducing the dissolved metal ions of Fe and Mn in a community dug well water sample. With the oxidation aeration method using the Cascade Aerator model. The effect of the pH of the water sample on the efficiency of reducing Fe and Mn during oxidation was studied by adjusting the pH of the water sample at pH 2, 4, 7 and 10 with the oxidation time of 15, 30 and 60 minutes. Characterization of well water samples including Fe and Mn levels was carried out using the AAS method. The results of the treatment of the three well water samples showed that effective oxidation occurred in well water samples with $\text{pH} \geq 7$ where Fe and Mn were oxidized to $> 90\%$. The oxidation of Fe and Mn in well water samples with acidic pH (≤ 4) tends to run slowly due to low pH, inorganic solids are in the form of dissolved ions. Based on the stoichiometric equation, the reaction between Fe and O₂ requires less oxygen than the reaction between Mn and O₂ so that the aeration time does not significantly affect the oxidation of Fe. Fe oxidation requires a shorter time (maximum oxidation can be achieved in 5 minutes of aeration time) compared to Mn oxidation. The efficiency of reducing Fe and Mn levels in dug well water samples can reach $\geq 90\%$, especially for water samples with $\text{pH} \geq 7$ and the remaining Fe and Mn levels have been below the required quality standard according to the Minister of Health Decree No. 492 of 2010, namely Fe 0.3 mg / L and Mn 0.1 mg / L.

Keyword: Oxidation aeration, Fe, Mn, Well dug water and Cascade aerator

ABSTRAK

Model Cascade Aerator merupakan salah satu model aerator gravitasi berbentuk tangga yang digunakan untuk mengolah air dengan kandungan padatan anorganik terlarut yang tinggi. Model ini mampu menaikkan kadar oksigen terlarut dalam air hingga 80%. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pH, lamanya waktu oksidasi dan efisiensi pengurangan ion logam terlarut Fe dan Mn dalam sampel air sumur gali milik masyarakat. Dengan metode aerasi oksidasi menggunakan model Cascade Aerator. Pengaruh pH sampel

air terhadap efisiensi pengurangan Fe dan Mn selama Oksidasi dipelajari dengan mengatur pH sampel air pada pH 2, 4, 7 dan 10 dengan lama waktu oksidasi selama 15, 30 dan 60 menit. Karakterisasi sampel air sumur termasuk kadar Fe dan Mn dilakukan menggunakan metode AAS. Hasil pengolahan ketiga sampel air sumur menunjukkan bahwa oksidasi efektif terjadi pada sampel air sumur dengan $\text{pH} \geq 7$ dimana Fe dan Mn dioksidasi hingga mencapai $>90\%$. Oksidasi Fe dan Mn pada sampel air sumur dengan pH asam (≤ 4) cenderung berjalan lambat disebabkan pada pH rendah, padatan anorganik berada dalam bentuk ion terlarut. Berdasarkan persamaan stoikiometri, reaksi antara Fe dan O_2 membutuhkan sedikit oksigen dibandingkan dengan reaksi antara Mn dan O_2 sehingga waktu aerasi tidak terlalu berpengaruh terhadap oksidasi Fe. Oksidasi Fe membutuhkan waktu yang lebih singkat (oksidasi maksimum dapat dicapai dalam 5 menit waktu aerasi) dibandingkan dengan oksidasi Mn. Efisiensi pengurangan kadar Fe dan Mn pada sampel air sumur gali dapat mencapai $\geq 90\%$ terutama untuk sampel air dengan $\text{pH} \geq 7$ dan kadar Fe dan Mn yang tersisa telah berada di bawah nilai baku mutu yang dipersyaratkan menurut Kepmenkes No. 492 tahun 2010, yaitu Fe 0,3 mg/L dan Mn 0,1 mg/L.

Kata Kunci. *Aerasi Oksidasi, Logam Fe, Mn, Air Sumur, Cascade Aerator*

PENDAHULUAN

Kegiatan pembangunan selama ini selalu di presepsikan berdampak negatif terhadap lingkungan. Pembangunan dalam mengejar laju pertumbuhan ekonomi, berupa pembangunan sarana dan prasarana fisik, infrakstruktur, peningkatan layanan dasar berupa pendidikan dan kesehatan, serta kehidupan sosial budaya dituntut tetap memperhatikan aspek lingkungan. Melalui kajian lingkungan hidup setiap kebijakan, rencana dan program pembangunan di integrasikan dengan kondisi daya dukung dan daya tampung lingkungan dapat menghasilkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

Salah satu komponen utama lingkungan yang berperan sangat besar dalam kehidupan manusia adalah air. Air yang dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi berbagai keperluan hidupnya, diantaranya untuk minum, mandi, mencuci, masak dan lain sebagainya. Sebagai air minum, air harus memenuhi baku mutu air yang di persyaratkan oleh keputusan Menteri Kesehatan No.492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Berbeda dengan air minum, murni yang di peroleh dari proses destilasi (air destilasi) bebas dari zat atau bahan pencemar seperti bakteri atau virus dan kimia sehingga umumnya hanya digunakan di laboratorium dan fasilitas kesehatan. Air minum yang memenuhi persyaratan kesehatan mengandung mikronutrien

atau mineral dalam esensial dan elektrolit dengan konsentrasi tertentu yang diperlukan sebagai katalis dalam metabolisme tubuh. Menurut regulasi, air minum boleh mengandung kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) masing-masing maksimal sebesar 0,3 mg/L (Fe) dan 0,1mg/L (Mn).

Sebagian penduduk di Indonesia masih menggunakan air sumur gali untuk memenuhi kebutuhan air bersih mereka menurut data BPS (2017), jumlah penduduk Indonesia yang menggunakan air sumur sebagai sumber air minum sebesar 21%. Distrik Masni Kabupaten Manokwari wilayah Provinsi Papua Barat adalah sebagian masyarakatnya yang menggunakan air sumur gali untuk keperluan sehari-hari. Namun yang menjadi masalah adalah banyak dikeluhkan masyarakat karena kondisi tampilan fisik air sumurnya yang terlihat keruh, berbau dan berwarna kuning kecoklatan. Kondisi ini diduga disebabkan karena kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam jumlah yang cukup tinggi, yaitu 1-10 mg/L (Rahajeng, 2008). Jika digunakan untuk mencuci dan memasak akan meninggalkan noda pada barang/benda yang dipakai.

Untuk mengatasi tingginya kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air dapat dilakukan beberapa metode/teknik pengolahan diantaranya, aerasi oksidasi, koagulasi, pertukaran ion, eletrolit, serta filtrasi kontak menggunakan mangan zeolite dan karbon aktif (Wong,1984). Pada penelitian ini dipilih proses aerasi oksidasi pengolahan air bersih dengan *Cascade Aerator*, model ini dipilih dengan pertimbangan bahwa teknik ini cukup sederhana, biaya pembuatannya tidak terlalu mahal dan mudah dilaksanakan serta mampu menaikkan oksigen 60-80% dari jumlah oksigen yang tertinggi pada air (Erlani, 2011).

Cascade adalah varian aerator gravitasi yang fisiknya artistik berbentuk tangga dan memiliki nilai estetika tinggi. Model ini merupakan salah satu tipe dari aerator gravitasi, yaitu jenis aerasi yang cara kerjanya berdasarkan daya gravitasi. Air yang akan diaerasi mengalir secara gravitasi karena berbeda ketinggian dari step/tangga satu ke tangga yang lain di bawahnya. Pada aerator ini air dijatuhkan ke permukaan serial undakan untuk menghasilkan turbulensi dan menimbulkan pericikan butiran air.

Menurut Erlani (2011), yang melakukan penelitian terhadap penurunan kadar besi di dapatkan bahwa cascade aerator dengan luas 1,8 m² dan pengedapan selama 3 jam akan memberikan rata-rata presentase 95,48% tingkat oksidasi dari ion logam terlarut.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Cascade Aerator

Cascade aerator dibuat dari bahan aluminium/baja ringan anti karat yang dibeli dari toko bangunan Crital aluminium manokwari jumlah trap/tangga yang dibuat berjumlah 6 tangga dengan memiliki ukuran tiap tangga sebesar 30 T x 15 P X 10 L cm . (Gambar 3.1) model aerator ini di rakit di Bengkel las Crital aluminium.



Gambar 3.1 model cascade aerator

Pengambilan Sampel Air

Sampel air di ambil dari kampung sumber boga SP 7 Distrik Masni Kabupaten Manokwari pengambilan sampel dilakukan di 3 titik yaitu, jalur 6, jalur 11 dan kantor distrik prosedur pengambilan sampel mengacu pada SNI 7989.58:2008 tentang metode pengambilan contoh air tanah

Proses Aerasi Oksidasi

Sampel air sumur gali dari 40 liter per titik diambil sebanyak 8 liter ditampung dalam bak dengan kapasitas 10 liter. Nilai pH awal 6 divariasikan menjadi pH 2, 4, dan 10 menggunakan larutan asam nitrat (HNO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) 1M. Selanjutnya, air dalam bak keadaan tertutup dialirkan melalui kran melewati setiap trap/tangga yang berjumlah 6 trap. Air yang telah mengalir di tampung dalam bak penampung akhir. Kemudian air yang ada dalam penampungan akhir di sedot kepenampungan awal dan dilewatkan kembali melalui setiap tangga, proses ini dilakukan terus menerus selama

periode 15, 30 dan 60 menit. Pada proses aerasi oksidasi dilakukan pengulangan pada waktu 15-30 menit sebanyak 3 kali sedangkan pada waktu 30- 60 menit 6 kali pengulangan. Kondisi alat cascade aerator dapat dilihat pada (Gambar 3. 2).



Gambar 3.2 Kondisi cascade aerator

Proses aerasi oksidasi menggunakan model cascade aerator. Peralatan alat model cascade aerator yaitu, bak penampung awal berukuran 10 liter, tempat bak awal dengan ketinggian 2 meter, cascade aerator tangga 6 step, bak penampung akhir .

Analisis Blanko

Sebanyak 600 mL sampel air sumur di masukkan kedalam botol sampel lalu diukur pH awalnya 6, kemudian ditambahkan HNO_3 hingga menjadi $\text{pH} < 2$. Sampel yang telah diasamkan diukur kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) menggunakan Spectrofotometer serapan Atom .

Analisis sampel

Analisis kadar Besi pada sampel mengacu pada SNI 06-6989.4-2004 dan prosedur analisis mangan mengacu pada SNI 06-6989.5-2004 tentang cara uji dengan menggunakan Spectrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala untuk mengetahui efisiensi penurunan besi (Fe) dan Mangan (Mn).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Sampel Air

Tampilan fisik sampel air sumur gali pada ketiga titik sampling terlihat keruh dan berbau. Walaupun demikian, akibat sulitnya memperoleh air bersih di sekitar lokasi pengamatan, masyarakat pemilik sumur tetap memanfaatkan air sumurnya untuk memenuhi berbagai keperluan rumah tangga termasuk untuk air minum. Untuk mengatasi tingginya kekeruhan pada air sumur, masyarakat membuat bak penyaring sederhana yang terbuat dari drum bekas yang dapat menampung hingga 20 L air sumur. Material penyaring yang digunakan berupa pasir yang berasal dari sekitar rumah dan karung. Walaupun hasil penyaringan tidak terlalu memuaskan, tidak adanya pilihan sumber air bersih lain menyebabkan masyarakat tetap menggunakan air hasil penyaringan sederhana tersebut untuk keperluan sehari-hari.

Untuk mengetahui karakteristik air sumur dari ketiga titik pengamatan, dilakukan pengamatan langsung dan uji laboratorium terkait sifat fisik dan kimia dari ketiga sampel air sumur. Hasil karakterisasi ketiga sampel air sumur disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel.4.1. Hasil uji Karakterisasi fisik Air

Sampel	Sifat Fisik			Sifat Kimia			
	Warna	Bau	Rasa	Keke- ruhan (NTU)	TSS (mg/)	pH	DHL (μ mohs)
T1	Kuning kecoklatan	Berbau tanah	Asam/ Tdk enak	7,34	5	7,19	380
T2	Kuning kecoklatan	Berbau karat	Asam/ Tdk enak	14,8	3	7,68	445
T3	Kuning kecoklatan	berbau karat	Asam/ Tidk enak	3,11	4	7,17	345
Baku Mutu*	TCU	Tidak berbau	Tidak berasa	NTU5	50	6,5-8,5	-

Permenkes No. 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum.
 Ket: T1: Titik 1; T2: Titik 2; T3: Titik 3

Kurva Kalibrasi Besi dan Mangan

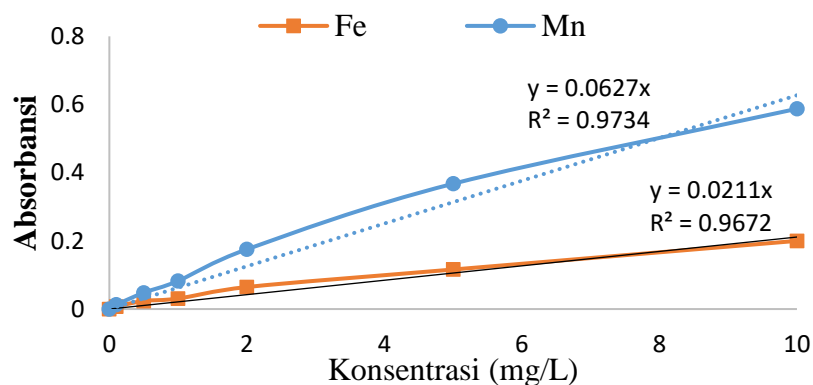
Kurva kalibrasi merupakan grafik yang membentuk garis lurus (linear) yang menyatakan hubungan antara kadar larutan standar dengan respon (absorbansi) yang

proporsional dari instrument (AAS, Shimadzu AA6200). Pada penelitian ini diperoleh kurva kalibrasi antara konsentrasi larutan standar Fe, Mn dengan absorbansi pada Tabel 4.2, berikut.

Tabel 4.2. Konsentrasi dan absorbansi larutan standar Fe dan Mn

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi	
	Fe	Mn
0	0	0
0,1	0,0075	0,0127
0,5	0,0235	0,0479
1	0,0308	0,0824
2	0,0646	0,1752
5	0,116	0,3676
10	0,2	0,5874

Selanjutnya, dari data konsentrasi dan absorbansi dibuat kurva kalibrasi untuk larutan standar Fe dan Mn seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Kurva kalibrasi larutan standar Fe dan Mn

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai absorbansi meningkat secara proporsional dengan peningkatan konsentrasi larutan standar baik untuk Fe maupun Mn sehingga ketika dibuat persamaan garis lurus (*linear trend line*) yang melewati titik perpotongan (*intercept*) (0,0), diperoleh persamaan linier dengan nilai koefisien korelasi yang baik ($R^2 > 0,9$). Dengan nilai R^2 yang mendekati 1, kurva kalibrasi larutan standar Fe ($y = 0,0211x$) dan Mn

($y = 0,0627x$) yang dihasilkan memiliki validitas yang cukup baik untuk menentukan konsentrasi Fe dan Mn pada sampel. Batas deteksi limit (*limit of detection*) instrumen AAS untuk parameter Fe dan Mn ditentukan dengan melakukan pengukuran absorbansi larutan standar Fe dan Mn pada konsentrasi 0,1 mg/L sebanyak 3 kali pengulangan (triplo). Batas deteksi limit untuk parameter Fe dan Mn masing-masing adalah sebesar 0,042 mg/L dan 0,026 mg/L.

Proses Aerasi Oksidasi Fe dan Mn

Sebelum dilakukan proses aerasi oksidasi pada sampel air sumur, masing-masing sampel dikondisikan pH pada nilai: 2; 4; 6 dan 10 sebanyak 7 liter per pH yang akan diaerasi selama 15, 30 dan 60 menit. Pada saat proses aerasi oksidasi dilakukan pengaturan kecepatan aliran sampel air dengan mengatur kran pada bak penampung air. Untuk meminimalkan kesalahan proses aerasi yang akan berdampak pada berkurangnya jumlah sampel air sumur yang terbatas, dilakukan simulasi menggunakan air di Laboratorium Kimia. Simulasi berupa berapa lama waktu yang diperlukan agar 7 liter air pada bak penampungan semuanya mengalir melewati Aerator Cascade dan berapa kali pengulangan yang diperlukan hingga waktu aerasi 15-30 tercapai. Hasil simulasi menunjukkan dibutuhkan waktu selama 4,59 –5,08 menit dengan pengulangan sebanyak 3-4x untuk menyelesaikan proses aerasi dalam jangka waktu 15-30 menit. Sedangkan untuk jangka waktu 60 menit memiliki waktu pengulangan yang cukup lama, yaitu 6-7x pengulangan. Dari hasil simulasi, dilakukan penelitian aerasi oksidasi pada sampel air sumur gali sesuai perlakuan/variabel penelitian yang diinginkan. Setelah melewati proses aerasi oksidasi sesuai jangka waktu (menit) yang telah ditetapkan, sampel kemudian disaring dan disimpan dalam botol yang berukuran 5 ml untuk dianalisis kadar besi dan mangan menggunakan alat Spectrofotometer Serapan Atom (SSA). Oksidasi Fe Dalam Sampel Air.

Hasil aerasi oksidasi Fe dalam sampel air sumur gali menggunakan Model Aerator Cascade disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Kadar Fe dari ketiga titik sampling setelah mengalami aerasi selama 15, 30 dan 60 menit dengan nilai pH yang berbeda

pH	Sampel	blanko)	Waktu (menit)			
		(0)	15	30	60	
2	T1	15,433	4,174	3,512	3,592	
	T2	8,102	8,025	8,019	8,053	
	T3	7,331	3,666	2,608	1,921	
4	T1	15,433	2,589	3,855	3,739	
	T2	8,102	8,053	7,743	7,816	
	T3	7,331	2,292	1,245	0,734	
6	T1	15,433	2,248	2,752	2,239	
	T2	8,102	2,641	2,478	2,551	
	T3	7,331	0,840	0,284	0,099	
10	T1	15,433	<0,042	<0,042	<0,042	
	T2	8,102	4,226	2,366	2,239	
	T3	7,331	1,109	0,667	0,284	

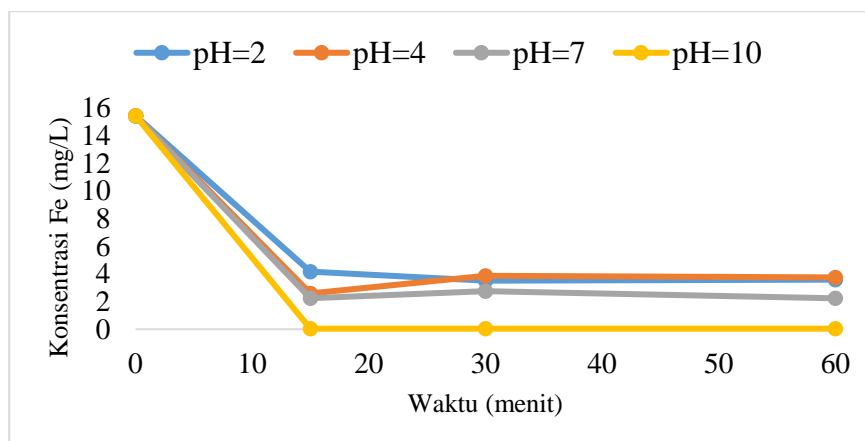
Ket: T1: Titik 1; T2: Titik 2; T3: Titik 3

Berdasarkan hasil pengukuran sampel air sumur warga (blanko) pada masing-masing titik menunjukkan kandungan besi (Fe) yang sangat tinggi, yaitu masing-masing sebesar 15,433; 8,102 dan 7,331 mg/L. Nilai Fe ini puluhan kali lebih tinggi dari nilai baku mutu maksimum yang dipersyaratkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan No.492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum, yaitu sebesar 0,3 mg/L. Tingginya kadar Fe pada ketiga sampel air sumur gali milik warga menyebabkan air sumur tersebut tidak layak untuk dikonsumsi dan harus dilakukan pengolahan untuk menurunkan kadar Fe terlarut hingga memenuhi nilai baku mutu, salah satunya dengan cara aerasi oksidasi.

Untuk memudahkan memahami proses oksidasi yang terjadi pada ketiga sampel air sumur berdasarkan perbedaan nilai pH dan lamanya waktu oksidasi, dilakukan pembahasan per tiap titik sampel.

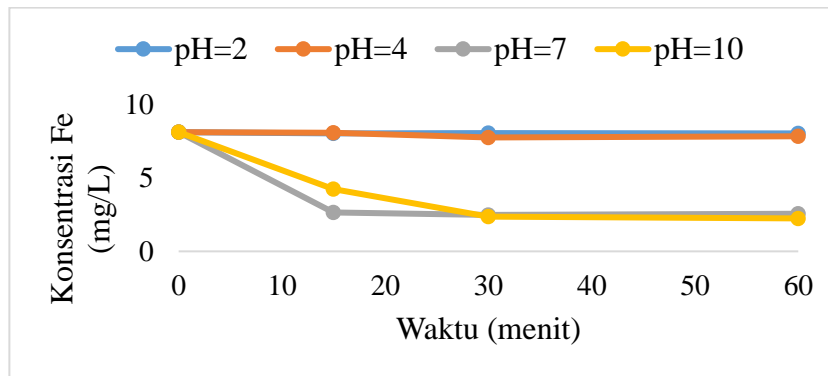
Untuk sampel air sumur pada Titik 1 (T1) (Gambar 4.3), perubahan nilai pH baik pada kondisi asam (pH=2, 4), netral (pH=7) dan basa (pH=10) menyebabkan oksidasi Fe terlarut (Fe^{2+}) menjadi tak larut (Fe^{3+}) sehingga terjadi penurunan kadar Fe. Penurunan kadar Fe yang sangat drastis dialami oleh sampel air sumur dengan pH = 10 dimana hampir 100% (99,7%) oksidasi berlangsung dengan sempurna. Oksidasi untuk sampel air sumur

pada pH netral (pH=7) berhasil menurunkan kadar Fe terlarut sebesar 85% (dari 15,4 mg/L menjadi 2,2 mg/L). Sedangkan oksidasi pada pH asam hanya mengoksidasi Fe sebesar <80%.



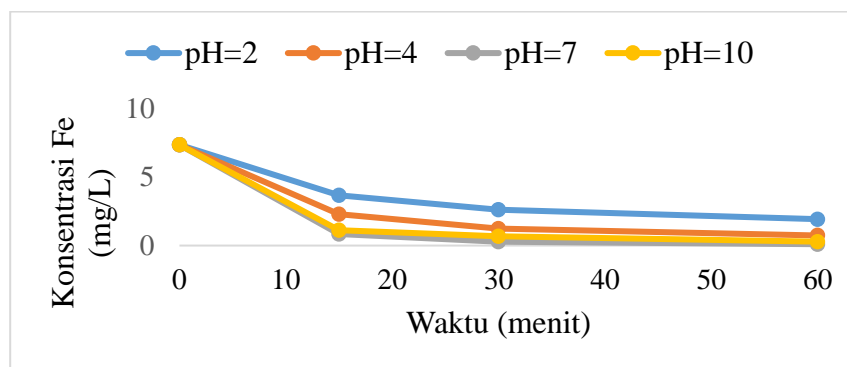
Gambar 4.3. Konsentrasi Fe pada sampel air sumur T1 setelah periode aerasi untuk pH yang berbeda.

Hasil yang berbeda diperlihatkan pada sampel air sumur di Titik 2 (T2) sebagaimana yang disajikan pada Gambar 4.4. Sampel air dengan pH asam (pH=2 dan 4) tidak menunjukkan pengurangan kadar Fe selama periode aerasi dimana kadar Fe setelah 60 menit waktu aerasi maksimum masih sekitar 8 mg/L. Sebaliknya pada sampel air sumur dengan pH=7 terjadi pengurangan kadar Fe dari 8,1 mg/L menjadi 2,5 mg/L (efisiensi pengurangan sebesar hampir 70%) setelah diaerasi selama 60 menit. Pada pH basa, efisiensi pengurangan kadar Fe adalah sebesar 72% (kadar Fe tersisa adalah sebesar 2,2 mg/L) yang merupakan pengurangan kadar Fe terbesar untuk sampel air sumur pada Titik 2. Namun demikian, kadar Fe yang tersisa (2,2 mg/L) masih berada di atas nilai baku mutu persyaratan kualitas air yang dipersyaratkan menurut Kepmenkes No. 492 Tahun 2010 yaitu sebesar 0,3 mg/L.



Gambar 4.4. Konsentrasi Fe pada sampel air sumur T2 setelah periode aerasi untuk pH yang berbeda.

Untuk sampel air sumur pada Titik 3 (T3), terjadi pengurangan kadar Fe secara signifikan dan kontinu selama periode aerasi sebagaimana yang terlihat pada Gambar grafik 4.5.



Gambar 4.5. Konsentrasi Fe pada sampel air sumur T3 setelah periode aerasi untuk pH yang berbeda.

Penurunan kadar Fe terjadi pada ketiga sampel air sumur dengan nilai pH yang berbeda pada 15 menit pertama periode aerasi dengan efisiensi penurunan mencapai 50% untuk pH=2, 70% untuk pH=4 dan > 80% untuk $pH \geq 7$. Dengan bertambahnya waktu aerasi dari 15 menit menjadi 60 menit, pengurangan kadar Fe menjadi semakin besar dan mencapai efisiensi pengurangan hingga > 90%, kecuali untuk sampel air dengan pH=2 (73%). Berbeda dengan sampel air sumur di Titik 1 dan Titik 2, pada sampel air sumur di Titik 3, efisiensi terbesar pengurangan kadar Fe terjadi pada sampel dengan pH netral dan kadar Fe

yang tersisa setelah proses aerasi hanya sebesar 0,09 mg/L dan lebih rendah dari nilai baku mutu yang dipersyaratkan sebesar 0,3 mg/L sehingga layak dijadikan sebagai air minum.

Secara umum dari hasil oksidasi kadar Fe untuk ketiga titik sampel berdasarkan perbedaan pH dan waktu aerasi, aerasi secara alami menggunakan oksigen pada system Aerator Cascade mampu mengoksidasi dan menurunkan kadar Fe terlarut. Hasil yang didapat terutama untuk sampel air sumur di Titik 1 dan 3 dengan nilai pH rendah (pH=2 dan 4) sedikit menyimpang dari teori dimana oksidasi padatan anorganik terlarut pada pH rendah cenderung lemah/tidak terjadi. Menurut (Said, 2005) pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi (Fe) dengan oksigen (udara) relatif lambat. Hal ini disebabkan kelarutan padatan anorganik yang sangat tinggi pada pH rendah yang mencegah terjadinya oksidasi, namun oksidasi yang terjadi pada pH netral sebagaimana yang ditunjukkan pada sampel air sumur di Titik 3 membuktikan bahwa metoda oksidasi secara alami menggunakan oksigen secara aerasi efektif mengurangi/menurunkan kadar Fe yang sangat tinggi dalam sampel air sumur ke tinggi yang aman untuk dikonsumsi. Menurut Asfiana (2015) bahwa semakin tinggi pH air maka kecepatan reaksi oksidasi pada proses aerasi semakin cepat.

Oksidasi Mn Dalam Sampel Air

Hasil pengukuran kadar mangan (Mn) pada sampel air sumur dari T 1, T 2 dan T3 ditunjukkan pada Tabel 4.4 .

Tabel 4.4. Kadar Mn dari ketiga titik sampling setelah mengalami aerasi selama 15, 30 dan 60 menit dengan nilai pH yang berbeda.

pH	Sampel	blanko)	Waktu (menit)		
		(0)	15	30	60
2	T1	0,887	0,584	0,504	0,608

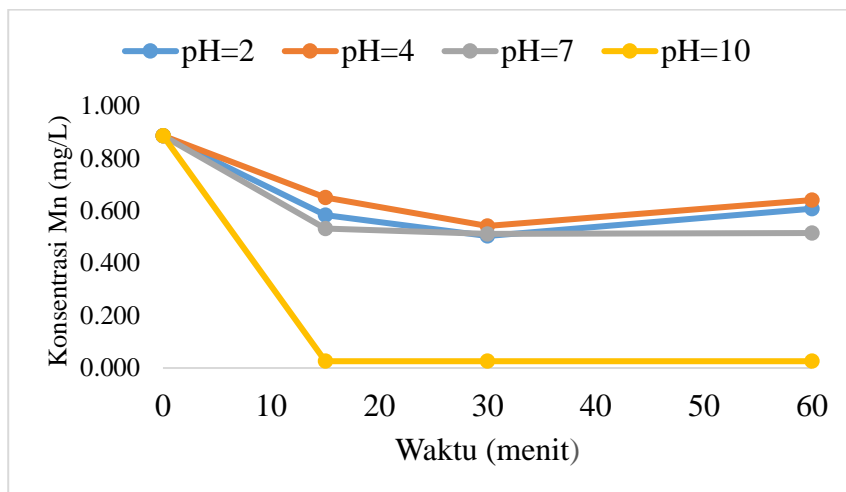
	T2	0.809	1,105	1,081	1,126
	T3	0,957	1,057	0,863	0,842
	T1	0,887	0,651	0,542	0,641
4	T2	0.809	1,434	1,351	1,156
	T3	0,957	0,107	0,180	0,246
	T1	0,887	0,533	0,512	0,440
6	T2	0.809	1,113	0,907	0,920
	T3	0,957	0,341	0,280	0,217
	T1	0,887	0,431	0,306	0,368
10	T2	0.809	0,434	0,158	0,139
	T3	0,957	0,046	0,051	0,169

Ket: T1: Titik 1; T2: Titik 2; T3: Titik 3

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi Mn pada ketiga sampel air sumur gali (0 menit, blanko) menunjukkan kandungan Mangan (Mn) yang cukup tinggi, yaitu masing-masing sebesar 0,887; 0.809 dan 0,957 mg/L. Nilai Mn ini hampir sepuluh kali lebih tinggi dari nilai baku mutu maksimum yang dipersyaratkan menurut Keputusan Menteri Kesehatan No.492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum, yaitu sebesar 0,1 mg/L.

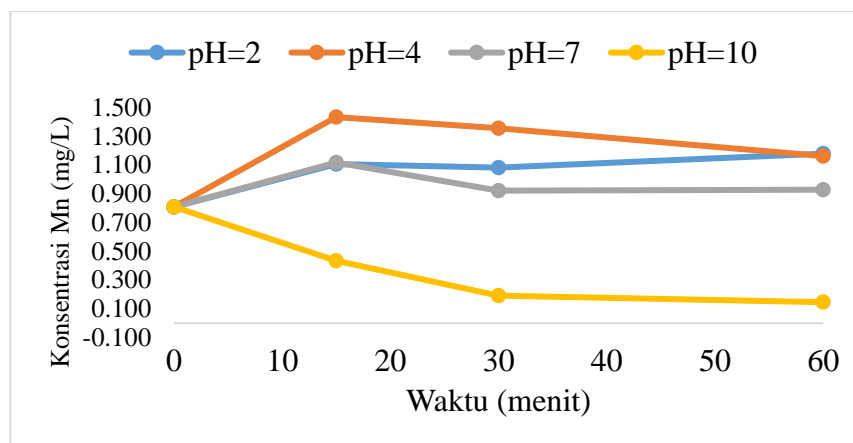
Sebagaimana pembahasan hasil aerasi sampel air terhadap Fe per titik sampel untuk memahami pengaruh pH dan waktu oksidasi, pendekatan yang sama dibuat untuk parameter Mn.

Untuk sampel air sumur pada Titik 1 (T1) (Gambar 4.5), perubahan nilai pH baik pada basa (pH=10) menyebabkan oksidasi Mn terlarut (Mn^{2+}) menjadi tak larut (Mn^{4+}) terjadi secara maksimal dan kadar Mn mengalami penurunan secara drastis/signifikan hingga di bawah nilai batas deteksi AAS. Pada kondisi pH air netral dan asam, penurunan kadar Mn hanya mencapai sekitar 30 – 40% dimana kadar Mn berkurang pada kisaran 0,2 – 0,3 mg/L.



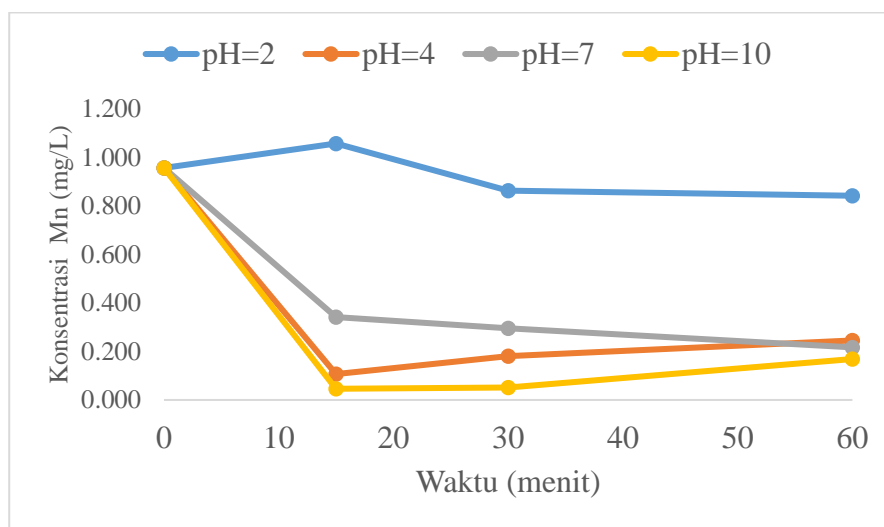
Gambar 4.5. Konsentrasi Mn pada sampel air sumur T1 setelah periode aerasi untuk pH yang berbeda.

Untuk sampel air sumur di Titik 2 (Gambar 4.6), hanya data pada sampel air sumur dengan pH=10 yang sesuai dengan konsep oksidasi menggunakan oksigen. Gambar 4.6 menunjukkan bahwa selama waktu aerasi, kadar Mn untuk sampel dengan pH=10 mengalami penurunan secara signifikan dan kontinu hingga periode aerasi. Di akhir proses aerasi, sebanyak 82% kadar Mn yang teroksidasi menyisakan hanya sebesar 0,146 mg/L Mn dalam air. Namun demikian, oksidasi kadar Mn ini tidak mampu menurunkan kadar Mn hingga di bawah nilai baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu 0,1 mg/L. Sampel air sumur lainnya dengan pH=2, 4 dan 7 menunjukkan penyimpangan dimana kadar Mn setelah 15 menit aerasi lebih tinggi dari data blanko.



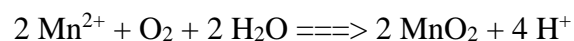
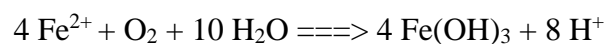
Gambar 4.6. Konsentrasi Mn pada sampel air sumur T2 setelah periode aerasi untuk pH yang berbeda.

Hasil oksidasi Mn pada sampel air sumur di Titik 3 (T3) dengan melihat pengaruh nilai pH air dan waktu oksidasi yang berbeda disajikan pada Gambar 4.7. Fluktuasi kadar Fe pada sampel air dengan pH=2 selama periode waktu oksidasi menunjukkan bahwa pada pH air rendah (asam) oksidasi tidak terjadi pada padatan anorganik terlarut. Peningkatan nilai pH air menyebabkan terjadinya oksidasi Mn selama 15 hingga 60 menit waktu aerasi dengan tingkat oksidasi yang berbeda dari 80% (sampel air dengan pH=4) hingga 95% (sampel air dengan pH=10).



Gambar 4.7. Konsentrasi Mn pada sampel air sumur T3 setelah periode aerasi untuk pH yang berbeda.

Secara teori, oksidasi Fe dan Mn menggunakan oksigen terjadi menurut persamaan reaksi berikut:



dimana untuk mengoksidasi setiap 1 mg/L Fe dibutuhkan 0,14 mg/L oksigen dan setiap 1 mg/L Mn dibutuhkan 0,29 mg/L oksigen. Berdasarkan persamaan stoikiometri antara Fe dan Mn dengan O₂ diketahui bahwa dibutuhkan lebih sedikit O₂ untuk mengoksidasi secara sempurna Fe dibandingkan dengan jumlah O₂ yang diperlukan untuk mengoksidasi Mn. Dengan demikian laju oksidasi Fe akan lebih cepat dibandingkan dengan Mn. Hal ini sesuai

dengan hasil penelitian ini dimana oksidasi Fe mencapai $\geq 90\%$ untuk sampel air dengan $\text{pH} \geq 7$, kecuali untuk sampel air sumur di Titik 2. Demikian juga Mn yang membutuhkan lebih banyak oksigen untuk oksidasi hanya mampu diturunkan kadarnya hingga $\geq 40\%$ terutama untuk sampel air dengan $\text{pH} \geq 7$, kecuali untuk sampel air sumur di Titik 2 yang dianggap sebagai simpangan.

Implikasi

Penelitian ini mencoba memberi alternatif pengolahan air sumur kepada warga di Kampung Sumber Boga yang mengalami persoalan berupa tingginya kandungan padatan anorganik terlarut (Fe dan Mn) pada air sumurnya. Metoda yang ditawarkan adalah oksidasi secara aerasi menggunakan oksigen secara alami dengan model aerator Cascade. Model aerator ini dapat dibuat dengan mudah menggunakan bahan logam anti karat berupa aluminium dan/atau baja ringan anti karat. Model yang dibuat bersifat permanen dan dapat dipakai secara terus-menerus.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model aerator Cascade dapat digunakan untuk menghilangkan kadar Fe dan Mn yang sangat tinggi dalam air dengan cara mengoksidasi padatan anorganik tersebut menggunakan oksigen. Kecuali sampel air sumur di Titik 2, model aerator ini berhasil menurunkan kadar Fe dan Mn di Titik 1 dan Titik 3 dengan pH air bersifat netral/alami dan basa ($\text{pH}=10$) hingga $\geq 90\%$ pada periode waktu aerasi maksimum (60 menit). Kadar Fe dan Mn yang tersisa setelah proses aerasi telah berada di bawah nilai baku mutu yang dipersyaratkan menurut Kepmenkes No. 492 Tahun 2010, yaitu 0,3 mg/L untuk Fe dan 0,1 mg/L untuk Mn sehingga air sumur yang diolah dengan teknik/metoda ini layak untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, metode pengolahan air ini dapat menjadi solusi terhadap persoalan tingginya kadar padatan anorganik terlarut pada air sumur warga di Kampung Sumber Boga.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian oksidasi aerasi Fe dan Mn menggunakan model Cascade Aerator pada sampel air sumur warga di Kampung Sumber Boga Distrik Masni Kabupaten Manokwari dapat disimpulkan:

1. Oksidasi Fe dan Mn efektif pada pH air ≥ 7 dimana Fe dan Mn dioksidasi hingga mencapai $>90\%$. Oksidasi Fe dan Mn pada sampel air sumur dengan pH asam (≤ 4) cenderung berjalan lambat disebabkan pada pH rendah, padatan anorganik berada dalam bentuk ion terlarut.
2. Berdasarkan persamaan stoikiometri, reaksi antara Fe dan O_2 membutuhkan sedikit oksigen dibandingkan dengan reaksi antara Mn dan O_2 sehingga waktu aerasi tidak terlalu berpengaruh terhadap oksidasi Fe. Oksidasi Fe membutuhkan waktu yang lebih singkat (oksidasi maksimum dapat dicapai dalam 5 menit waktu aerasi) dibandingkan dengan oksidasi Mn.
3. Efisiensi pengurangan kadar Fe dan Mn pada sampel air sumur gali dapat mencapai $\geq 90\%$ terutama untuk sampel air dengan pH ≥ 7 dan kadar Fe dan Mn yang tersisa telah berada di bawah nilai baku mutu yang dipersyaratkan menurut Kepmenkes No. 492 tahun 2010, yaitu sebesar 0,3 mg/L untuk Fe dan 0,1 mg/L untuk Mn.

DAFTAR PUSTAKA

- Alers, G., dan Santika. S. 1987. Metode penelitian air. Surabaya usaha Nasionallic Health assosiation
- Anderson, R., 1987. Sample Pretreatment and Separation. Analytical Chemistry by Opening Learning. New York. John wiley and Sons
- Arifin. 2007. Tinjauan dan Evaluasi Proses Kimia (Koagulasi, Netralisasi, Desinfeksi) di Instalasi Pengolahan Air Minum. Tangerang: PT. Tirta Kencana Cahaya Mandiri.
- Erlani, 2011. Variasi Luas Wilayah Cascade Terhadap Penurunan Kadar Besi, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekes Makasar. [Http://En-Wikipedia.Or](http://en-wikipedia.or) Diunduh Tanggal 26 Desember 2013).
- Endahwati, L. Suprihatin. 2011. Kombinasi Proses Aerasi Absorbs Dan Filtrasi Pada Pengolaha Air Limbah Industri Perikanan Jawa Timur: Fakultas Teknologi Industri UPN Veteran.
- Fauziah, A. 2011. Efektivitas Saringan Pasir Cepat Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Dengan Penambahan Kalium Permanganat ($KMnO_4$) 1%. Tugas Akhir Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Pratiwi, R. 2014. Penyisihan Logam Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Absorben Batu Apung. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik. Padang :Universitas Andalas

- Rohaniah, 2007. Studi Regenerasi Absorben Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Dalam Menyisihkan Logam Fe Dan Mn Dari Air Tanah. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik. Padang: Universitas Andalas
- Rahajeng, S., A .2008. Perbedaan penurunan Kadar BOD 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
- Suryana. 2013. Analisis kualitas sumur dangkal di Kecamatan Biringkanaya Kota Makasar. Skripsi. Universitas Hasanuddin Makasar
- Said. N. dan Wahjono, H.D. 1999. Pembuatan filter untuk menghilangkan besi dan mangan di dalam Air Jakarta:BPPT
- Sudiati. K.2004 Penurunan Kadar besi Fe dengan Metode aerasi, sedimentasi dan filtrasi untuk skala rumah tangga di pendesaan, Tugas akhir jurusan Teknik Lingkungan FTSPITS.surabaya
- Sularso, AD. 1998. Penurunan Kadar Fe dan Mn Air sumur dengan Kombinasi Proses Aerasi dan Proses Saringan Pasir Cepat Perumnas II Tangerang Jawa Barat. (Skripsi). Yogyakarta: STTI YL
- Winda, K.2003 studi penurunan Fe dan Mangan dengan menggunakan cascade aerator dan Rapid Sand Filter pada air sumur Gali. Jurusan teknik Lingkungan ITS: Surabaya.wordpress.2007
- Wijajanti, Y.2008. Pengaruh Debit Terhadap Dinamika Gelembung Udara Dalam Kolom Aerator. Jurnalteknik Sipil. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. [Http://Penulist2.Petra.Ac.Id/Journal](http://Penulist2.Petra.Ac.Id/Journal)
- Wong, J. M., 1984, *Chlorination filtration for iron and manganaseremoval, Report, Journal American water Works Association.USA.*