

Analisis Efisiensi *Multiple Tray Aerator* dalam Penurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur (Studi Kasus: Desa Kureksari, Sidoarjo)

Fanesa Fathimah Zahroh*, Raden Kokoh Haryo Putro

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: fanesafz@gmail.com

Diterima: 27 September 2024

Disetujui: 4 Oktober 2024

Abstract

Various technologies are currently being introduced with the aim of simplifying access and processes to make life more comfortable for society. In order to improve people's needs, particularly in terms of drinking water, one recommended treatment technology is the multiple tray aerator. Studies of tray levels show that Fe and Mn levels decrease with higher tray levels. However, the diameter of the tray hole was the focus of the authors' research. The tray holes have a diameter of 5 mm and a distance of 6 mm between them ($d = 5$ mm, $x = 6$ mm) and the tray holes have a diameter of 7 mm and a distance of 10 mm between them ($d = 7$ mm, $x = 10$ mm) as variations. According to the research conducted, a smaller tray hole diameter will result in a high level of efficiency for reducing iron and manganese levels, 17.26% and 30.80% respectively. This means that the tray diameter can influence the efficiency of Fe and Mn reduction.

Keywords: *aeration, aerator, fe, mn, tray, well, diameter*

Abstrak

Dewasa ini beberapa teknologi diluncurkan dengan tujuan untuk mempermudah akses serta proses mencapai kehidupan yang praktis bagi masyarakat. Dalam rangka meningkatkan kualitas kebutuhan masyarakat, khususnya mengenai kebutuhan air minum, terdapat rekomendasi teknologi pengolahan yang digunakan untuk memperbaiki kualitas air minum, yaitu *multiple tray aerator*. Pada penelitian yang membahas mengenai jumlah tingkatan *tray* didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi tingkatan *tray* maka kadar Fe dan Mn akan berkurang lebih banyak. Namun, untuk fokus penelitian yang ditetapkan oleh penulis adalah diameter lubang pada *tray*. Untuk variabel yang direncanakan adalah lubang baki (*tray*) berdiameter 5 mm dan jarak antar lubang 6 mm ($d = 5$ mm, $x = 6$ mm) dan lubang baki (*tray*) berdiameter 7 mm dan jarak antar lubang 10 mm ($d = 7$ mm, $x = 10$ mm). Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan kesimpulan bahwa diameter lubang *tray* yang berukuran kecil akan menghasilkan nilai efisiensi penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi, yaitu 17,26% dan 30,80%. Artinya diameter *tray* mampu memberikan pengaruh terhadap efisiensi penurunan Fe dan Mn.

Kata Kunci: *aerasi, aerator, fe, mn, baki, sumur, diameter*

1. Pendahuluan

Dewasa ini beberapa teknologi diluncurkan dengan tujuan untuk mempermudah akses serta proses mencapai kehidupan yang praktis bagi masyarakat. Perkembangan munculnya teknologi erat kaitannya dengan konsep perancangan yang ideal agar teknologi yang diluncurkan bernilai efisien. Dalam rangka meningkatkan kualitas kebutuhan masyarakat, khususnya mengenai kebutuhan air minum, terdapat rekomendasi teknologi pengolahan yang digunakan untuk memperbaiki kualitas air minum, yaitu *multiple tray aerator*. *Multiple tray aerator* merupakan kategori unit aerasi yang digunakan dalam pengolahan air [1]. *Multiple tray aerator* dikatakan memiliki tingkat efisiensi yang terbilang cukup tinggi dibandingkan dengan jenis aerator yang lain.

Kelebihan aerator jenis ini terletak pada desainnya yang simpel, hemat biaya, serta tidak membutuhkan area yang luas. Susunan pada *multiple tray aerator* dapat divariasikan sesuai dengan kebutuhan perancang sehingga ia dapat dikatakan aerator dengan fleksibel desain. Maksud dari fleksibel desain perancangan disini ialah *multiple tray aerator* dapat dikombinasikan dengan beberapa metode pengolahan yang lain, seperti filtrasi. Kerikil kasar setebal ± 10 cm dapat ditambahkan ke dalam baki untuk menggabungkan metode aerasi dan filtrasi. Selain itu, beberapa faktor lain, seperti jumlah tingkat pada *tray*, dapat disesuaikan dengan kebutuhan untuk mengoptimalkan penurunan Fe dan Mn dalam air. Dengan tingkat *tray* yang lebih tinggi akan menyebabkan peningkatan kecepatan pergerakan udara dari fase gas ke

fase cair [2]. Sehingga dari deskripsi ini jelas bahwa desain reaktor akan memengaruhi ukuran nilai efisiensi yang diberikan dalam mengurangi kadar besi dan mangan dalam air.

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kualitas kinerja dari *multiple tray aerator*, salah satunya adalah jumlah tingkatan *tray* yang digunakan pada saat proses aerasi berlangsung. Pada penelitian yang membahas mengenai jumlah tingkatan *tray* didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi tingkatan *tray* maka kadar Fe dan Mn akan berkurang lebih banyak. Dengan peningkatan tingkat *tray* maka jarak antara air jatuh akan meningkat. Akibatnya, waktu kontak antara gas dan air menjadi lebih lama. Hal ini membuat perpindahan oksigen dari fase gas ke fase cair menjadi lebih efisien [8].

Berdasarkan uraian di atas melatarbelakangi penulis untuk membahas topik penelitian mengenai *multiple tray aerator*. Namun, untuk fokus penelitian yang ditetapkan oleh penulis adalah diameter lubang pada *tray*. *Output* dari penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi apakah diameter lubang *tray* berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar besi dan mangan dalam air. Dengan begitu, hal ini menjadi evaluasi untuk penelitian di masa mendatang, guna menilai apakah *multiple tray aerator* masih memiliki efisiensi tinggi dan layak digunakan untuk beberapa tahun ke depan.

2. Metode Penelitian

Sumber Air Baku

Untuk tujuan penelitian ini, kami menggunakan air sumur yang berasal dari salah satu desa di Waru, yaitu Desa Kureksari. Hasil laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi besi dan mangan dalam air sumur tersebut mencapai 2,514 mg/L untuk besi dan 2,312 mg/L untuk mangan. Angka-angka tersebut melebihi batas kualitas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, yang menyatakan bahwa konsentrasi maksimum besi yang diperbolehkan adalah 0,2 mg/L dan 0,1 mg/L untuk mangan.

Pengambilan Sampel Uji

Pengambilan sampel uji dilakukan di dua titik utama, yaitu *inlet* dan *outlet*. Pengambilan sampel uji di titik inlet bertujuan untuk mengetahui nilai awal kadar Fe dan Mn sebelum mendapatkan perlakuan dari variabel penelitian. Pengambilan di titik *inlet* dilakukan pada bak distribusi awal sebelum air dialirkan ke *tray* pertama hingga berada di dalam bak penampung. Kemudian, pengambilan di titik *outlet* bertujuan untuk mengetahui apakah air sumur yang telah mendapatkan perlakuan dari variabel penelitian mampu bekerja secara efisien dalam menurunkan kadar Fe dan Mn. Pengambilan uji di titik *outlet* dilakukan pada bak penampung setelah air melewati seluruh *tray* mulai dari pertama hingga terakhir.

Variabel Penelitian

Kemudian, untuk desain perencanaan jumlah tingkat yang akan ditetapkan untuk penelitian mengenai *multiple tray aerator* adalah 5 tingkat. Sedangkan untuk variabel bebas yang direncanakan adalah lubang baki (*tray*) berdiameter 5 mm dan jarak antar lubang 6 mm ($d = 5$ mm, $x = 6$ mm). Lubang baki (*tray*) berdiameter 7 mm dan jarak antar lubang 10 mm ($d = 7$ mm, $x = 10$ mm).

Desain Reaktor

Air akan ditampung ke dalam bak distribusi terlebih dahulu sebelum dialirkan ke *tray* pertama hingga terakhir. Kemudian, air akan didistribusikan secara merata ke seluruh permukaan *tray* mulai dari yang paling atas. Nantinya air akan mengalir secara gravitasi dari atas ke bawah dengan periode waktu sampling yang telah ditetapkan. Pada saat air dialirkan ke tiap-tiap *tray* pada saat itulah air akan mengalami kontak langsung dengan udara.

Berbicara mengenai dimensi pada *tray*, ukuran yang digunakan pada masing-masing *tray*-nya adalah 40 cm x 28 cm x 12 cm. Untuk jarak antar *tray* diberi ukuran yang sama, yaitu 40 cm. Dimensi pada bak penampung dan bak distribusi awal dibuat berbeda ukuran dikarenakan daya tampung air yang dihasilkan tentu akan berbeda. Yang mana bak distribusi awal memiliki ukuran 173,2 cm x 86,60 cm x 60 cm untuk daya tampung air 750 L dengan debit 0,02 L/detik. Sedangkan pada bak penampung dimensi yang ditetapkan adalah 69,28 cm x 36,64 cm x 60 cm.



Gambar 1. Desain reaktor

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Parameter Fe dan Mn

Hasil uji Fe dan Mn yang dilakukan pada hari Selasa, 23 Juli 2024 di Desa Kureksari, Waru, Sidoarjo, adalah sebagai berikut. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 12.05 WIB – selesai.

Tabel 1. Hasil uji Fe dan Mn

Waktu sampling	Diameter lubang pada tray (d)	Jarak antar lubang pada tray (x)	Parameter			
			Fe		Mn	
			Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
Menit	mm	mm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2	5	6	2,514	2,3	2,312	2,29
4	5	6	2,514	2,24	2,312	2,2
6	5	6	2,514	2,19	2,312	2
8	5	6	2,514	2,14	2,312	1,79
10	5	6	2,514	2,08	2,312	1,6
2	7	10	2,514	2,45	2,312	2,228
4	7	10	2,514	2,4	2,312	2,19
6	7	10	2,514	2,311	2,312	2,1
8	7	10	2,514	2,2	2,312	1,988
10	7	10	2,514	2,1	2,312	1,8

Sumber: Hasil analisis, 2024

Setelah didapatkan nilai kandungan Fe, maka langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi pengolahan (\%)} = \frac{\text{Sebelum aerasi} - \text{sesudah aerasi}}{\text{Sebelum aerasi}} \times 100\% \text{ [9]}$$

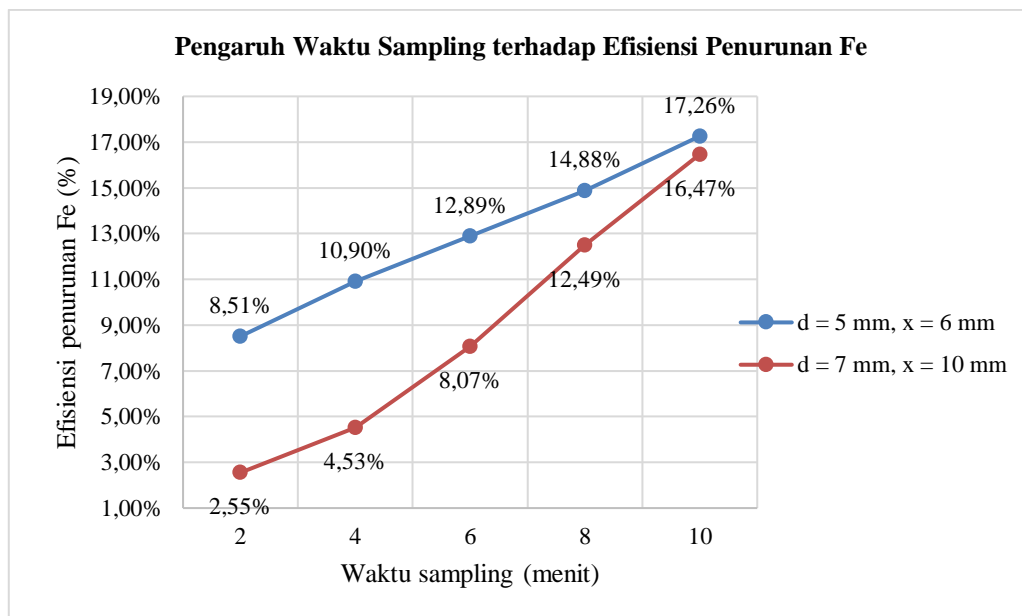
Berikut hasil yang diperoleh dari rumus di atas:

Tabel 2. Efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn

Waktu sampling	Diameter lubang pada tray (d)	Jarak antar lubang pada tray (x)	Parameter	
			Fe	Mn
Menit	mm	mm	%	%
2	5	6	8,51%	0,95%
4	5	6	10,90%	4,84%
6	5	6	12,89%	13,49%
8	5	6	14,88%	22,58%
10	5	6	17,26%	30,80%
2	7	10	2,55%	3,63%
4	7	10	4,53%	5,28%
6	7	10	8,07%	9,17%
8	7	10	12,49%	14,01%
10	7	10	16,47%	22,15%

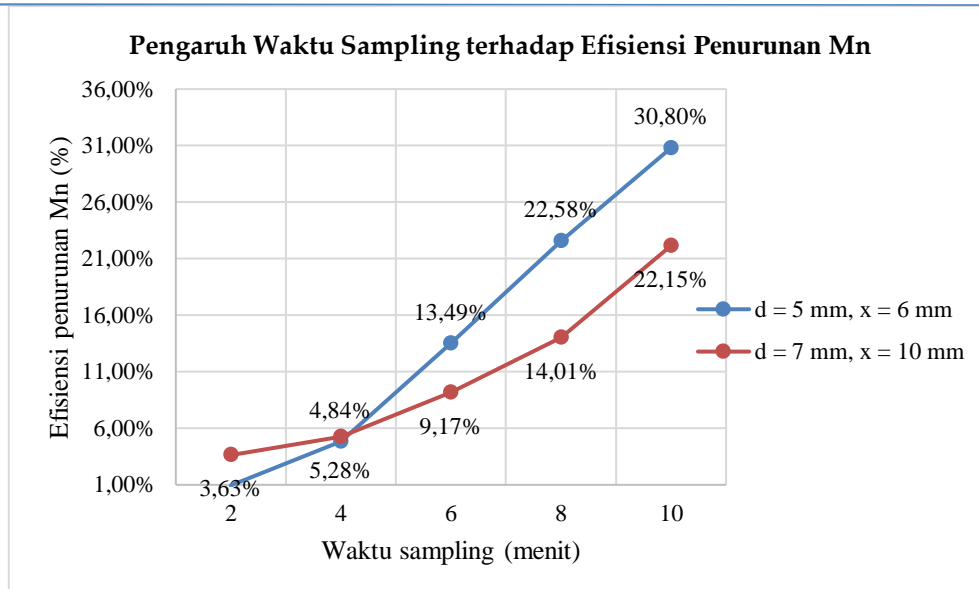
Sumber: Hasil analisis, 2024

Setelah didapatkan tabel efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn, maka selanjutnya mengonversikan data tersebut ke dalam bentuk grafik. Berikut merupakan grafik efisiensi penurunan kadar besi dan mangan setelah dilakukan penelitian.



Gambar 1. Grafik efisiensi penurunan kadar Mn air sumur

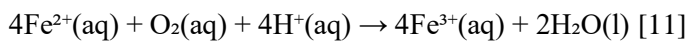
Terlihat pada **Gambar 1 dan Gambar 2** periode pengambilan sampel yang lebih lama menunjukkan bahwa reduksi Fe dan Mn lebih efektif. Ini didasarkan pada kenyataan bahwa semakin lama air bersentuhan dengan air, semakin banyak oksigen yang ditambahkan ke dalamnya [12]. Selain itu, tabel tersebut memberikan informasi bahwa persentase efisiensi penurunan Fe dan Mn terdapat pada diameter lubang 5 mm dengan jarak antar lubang 6 mm. Hal ini diakibatkan diameter yang kecil akan menghasilkan turbulensi yang besar [6]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Septiansyah (2023) menyatakan bahwa aerasi membutuhkan turbulensi untuk meningkatkan nilai kontak air dengan oksigen [10]. Pada saat air telah melewati *multiple tray aerator*, air akan ditampung di bak penampung selama periode waktu sampling yang telah ditetapkan.



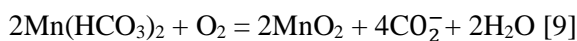
Gambar 2. Grafik efisiensi penurunan kadar Mn air sumur

Apabila air didiamkan terlebih dahulu hingga mencapai periode waktu sampling yang telah ditetapkan maka sebagian besar kadar Fe dan Mn akan mengalami pengendapan. Hal tersebut menjadikan kadar Fe dan Mn di dalam bak penampung lebih rendah. Hal ini disebabkan besi (II) dan mangan (II) diubah menjadi besi (III) dan mangan (IV) selama proses oksidasi. Besi dan mangan bereaksi dengan udara selama proses oksidasi sehingga menghasilkan air berwarna coklat kemerahan. Selain itu, sifat mangan dan besi yang sebelumnya larut dalam air akan berubah tidak larut dalam air [9].

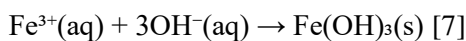
Walaupun air telah dialirkan melewati *multiple tray aerator*, dapat dipastikan bahwa proses oksidasi Fe (II) dan Mn (II) masih akan terus terjadi hingga berada di dalam bak penampung. Menurut Das dkk. (2007), proses oksidasi dilakukan hingga Fe (II) dan Mn (II) berubah menjadi Fe (III) dan Mn (IV) [3]. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada saat proses oksidasi Fe:



Sedangkan berikut merupakan reaksi yang terjadi pada saat proses oksidasi Mn hingga terjadi pengendapan di dalam bak penampung:



Air yang ditampung dalam waktu yang cukup lama akan membuat kadar Fe dan Mn berkonsentrasi lebih rendah daripada saat setelah dilakukan proses aerasi. Berikut merupakan reaksi Fe yang pengendapan yang terjadi di dalam bak penampung:



Tidak dapat disangkal bahwa luas total lubang juga dapat berperan penting dalam mempengaruhi efisiensi penurunan kadar Fe dan Mn. Sebagai contoh, pada *tray* dengan diameter lubang sebesar 5 mm, luas lubang total yang dihasilkan adalah sebesar 0,016485 m². Sementara itu, pada *tray* dengan diameter lubang 7 mm, luas lubang totalnya tercatat lebih kecil, yaitu hanya sebesar 0,012693 m². Perbedaan ini menunjukkan bahwa lubang dengan diameter lebih kecil memberikan lebih banyak peluang bagi air untuk melakukan kontak langsung dengan udara selama proses aerasi. Berikut merupakan penjabaran perhitungan untuk mendapatkan luas lubang total:

Perhitungan Tray Diameter 5 mm dengan Jarak 6 mm

a. Direncanakan

1. Jumlah tingkatan baki (*tray*) = 5 tingkat
2. Jarak antar baki (*tray*) (X) = 40 cm = 0,4 m

3. Diameter lubang pada baki (*tray*) (d) = 5 mm
= 0,005 m
4. Jarak antar lubang pada baki (*tray*) (x) = 6 mm
= 0,006 m
5. Panjang baki (*tray*) = 40 cm
= 0,4 m
6. Lebar baki (*tray*) = 28 cm
= 0,28 m

Berdasarkan data di atas berikut merupakan perhitungannya:

1. Jumlah lubang pada sisi panjang *tray* (n_L)

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= (n_L \cdot d) + [(n_L + 1) \cdot x] \\ 0,4 \text{ (m)} &= (n_L \cdot 0,005 \text{ (m)}) + [(n_L + 1) \cdot 0,006 \text{ (m)}] \\ 0,4 \text{ (m)} &= 0,005 \text{ (m)} n_L + 0,006 \text{ (m)} n_L + 0,006 \text{ (m)} \\ 0,4 \text{ (m)} &= 0,011 \text{ (m)} n_L + 0,006 \text{ (m)} \\ 0,394 \text{ (m)} &= 0,011 \text{ (m)} n_L \\ 35 \text{ buah} &= n_L \end{aligned}$$

2. Jumlah lubang pada sisi lebar *tray* (n_B)

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= (n_B \cdot d) + [(n_B + 1) \cdot x] \\ 0,28 \text{ (m)} &= (n_B \cdot 0,005 \text{ (m)}) + [(n_B + 1) \cdot 0,006 \text{ (m)}] \\ 0,28 \text{ (m)} &= 0,005 \text{ (m)} n_B + 0,006 \text{ (m)} n_B + 0,006 \text{ (m)} \\ 0,28 \text{ (m)} &= 0,011 \text{ (m)} n_B + 0,006 \text{ (m)} \\ 0,274 \text{ (m)} &= 0,011 \text{ (m)} n_B \\ 24 \text{ buah} &= n_B \end{aligned}$$

3. Jumlah lubang baki (*tray*) (n)

$$\begin{aligned} n &= n_L \times n_B \\ &= 35 \text{ (buah)} \times 24 \text{ (buah)} \\ &= 840 \text{ buah} \end{aligned}$$

4. Luas lubang baki (*tray*) total (AL)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{Luas lubang total (AL)}}{\text{Luas tiap lubang}} \\ 840 &= \frac{AL}{\frac{1}{4} \times \pi \times (d^2)} \\ 840 &= \frac{AL}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,005 \text{ (m)}^2)} \\ 840 &= \frac{AL}{0,000019625 \text{ (m}^2\text{)}} \\ AL &= 0,016485 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Tray Diameter 7 mm dengan Jarak 10 mm

a. Direncanakan

1. Jumlah tingkatan baki (*tray*) = 5 tingkat
2. Jarak antar baki (*tray*) (X) = 40 cm
= 0,4 m
3. Diameter lubang pada baki (*tray*) (d) = 7 mm
= 0,007 m
4. Jarak antar lubang pada baki (*tray*) (x) = 10 mm
= 0,01 m
5. Panjang baki (*tray*) = 40 cm
= 0,4 m
6. Lebar baki (*tray*) = 28 cm
= 0,28 m

Berdasarkan data di atas berikut merupakan perhitungannya:

1. Jumlah lubang pada sisi panjang *tray* (n_L)

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= (n_L \cdot d) + [(n_L + 1) \cdot x] \\ 0,4 \text{ (m)} &= (n_L \cdot 0,007 \text{ (m)}) + [(n_L + 1) \cdot 0,01 \text{ (m)}] \\ 0,4 \text{ (m)} &= 0,007 \text{ (m)} n_L + 0,01 \text{ (m)} n_L + 0,01 \text{ (m)} \\ 0,4 \text{ (m)} &= 0,017 \text{ (m)} n_L + 0,01 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,39 \text{ (m)} &= 0,017 \text{ (m)} n_L \\ 22 \text{ buah} &= n_L \end{aligned}$$

2. Jumlah lubang pada sisi lebar tray (n_B)

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= (n_B \cdot d) + [(n_B + 1) \cdot x] \\ 0,28 \text{ (m)} &= (n_B \cdot 0,007 \text{ (m)}) + [(n_B + 1) \cdot 0,01 \text{ (m)}] \\ 0,28 \text{ (m)} &= 0,007 \text{ (m)} n_B + 0,01 \text{ (m)} n_B + 0,01 \text{ (m)} \\ 0,28 \text{ (m)} &= 0,017 \text{ (m)} n_B + 0,01 \text{ (m)} \\ 0,27 \text{ (m)} &= 0,017 \text{ (m)} n_B \\ 15 \text{ buah} &= n_B \end{aligned}$$

3. Jumlah lubang baki (tray) (n)

$$\begin{aligned} n &= n_L \times n_B \\ &= 22 \text{ (buah)} \times 15 \text{ (buah)} \\ &= 330 \text{ buah} \end{aligned}$$

4. Luas lubang baki (tray) total (AL)

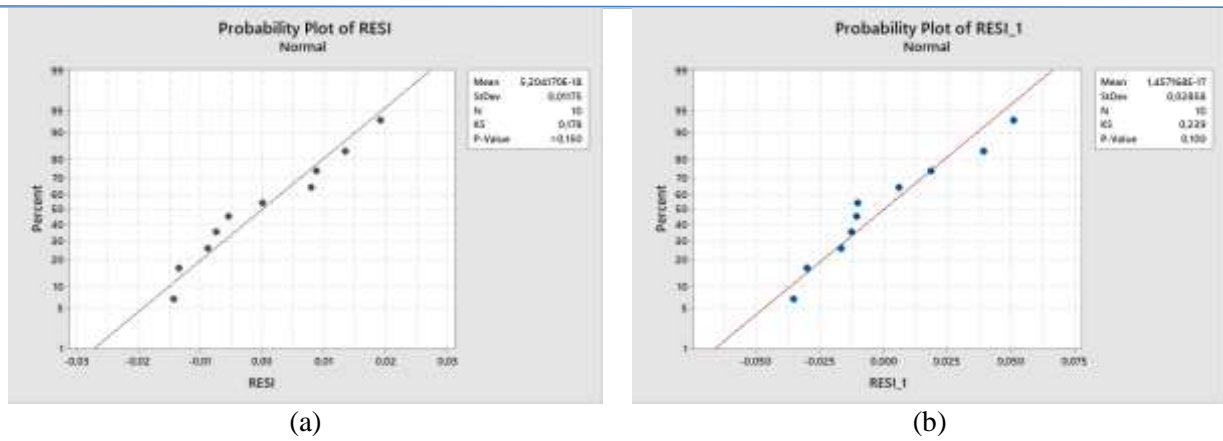
$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{Luas lubang total (AL)}}{\text{Luas tiap lubang}} \\ 330 &= \frac{AL}{\frac{1}{4} \times \pi \times (d^2)} \\ 330 &= \frac{AL}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,007 \text{ (m)}^2)} \\ 330 &= \frac{AL}{0,000038465 \text{ (m}^2\text{)}} \\ AL &= 0,012693 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diameter yang lebih kecil mengakibatkan aliran air yang melewati lubang-lubang akan lebih terkendali. Sehingga meningkatkan waktu kontak antara air dan oksigen dari udara. Hal ini memungkinkan proses oksidasi Fe dan Mn berlangsung secara lebih stabil dan konsisten. Proses oksidasi yang stabil sangat penting dalam mengubah Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dan Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} yang pada akhirnya membentuk senyawa oksida tidak larut yang dapat mengendap. Oleh karena itu, penurunan kadar Fe dan Mn pada tray dengan diameter lubang yang lebih kecil dapat dianggap lebih efisien dibandingkan dengan tray yang memiliki lubang berdiameter lebih besar, seperti 7 mm.

Selain itu, terdapat faktor lain yang turut memperkuat argumen ini, yaitu pengaruh diameter lubang terhadap tingkat turbulensi air. Pada tray dengan diameter lubang yang lebih besar, seperti 7 mm, turbulensi air yang tercipta cenderung lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh aliran air yang lebih lancar dan langsung jatuh ke bawah akibat gaya gravitasi tanpa mengalami banyak hambatan dari tray. Akibatnya, kontak antara air dan udara menjadi lebih terbatas sehingga proses oksidasi tidak terjadi secara optimal. Penurunan kadar Fe dan Mn pada tray dengan lubang besar pun cenderung kurang efisien.

Sebaliknya, pada tray dengan lubang yang lebih kecil, turbulensi air meningkat karena aliran air lebih terpecah saat melewati lubang-lubang tray. Peningkatan turbulensi ini mengakibatkan air berputar-putar lebih lama di atas tray, memberikan lebih banyak waktu dan area kontak dengan udara. Kondisi ini memungkinkan oksidasi logam berat, seperti Fe dan Mn, berlangsung lebih cepat dan efisien. Oleh karena itu, bisa disimpulkan bahwa diameter lubang lebih kecil cenderung lebih efektif dalam menurunkan kadar Mn dan Fe dibandingkan tray dengan diameter lubang yang lebih besar karena efek turbulensi dan peningkatan waktu kontak dengan udara yang lebih signifikan.

Untuk mengetahui kontribusi variabel dalam menurunkan kadar mangan dan besi dalam air diperlukan suatu analisis tambahan. Analisis regresi digunakan untuk mencapai tujuan ini. Namun, perlu diketahui bahwa sebelum melakukan analisis perlu memastikan kembali bahwa metode analisis yang digunakan sesuai dengan data. Uji normalitas merupakan langkah yang dapat dilakukan untuk memastikan bahwa data sesuai dengan metode [4]. Uji normalitas dilakukan untuk melihat “residu” dari data yang digunakan menyebar secara acak atau seimbang. Apabila pada residu menghasilkan model yang menyebar dengan pola tertentu maka yang terjadi adalah data tidak valid [4]. Berikut merupakan hasil dari uji normalitas:



Gambar 3. (a) Uji normalitas Fe; (b) Uji normalitas Mn

Gambar 3 di atas menunjukkan data telah terdistribusi normal. Dikarenakan nilai P-Value menunjukkan > 0,05. Apabila data telah lolos uji normalitas, maka selanjutnya dilakukan analisis regresi hingga mendapatkan nilai ANOVA (*Analysis of Variance*). Untuk menghitung kontribusi (%) masing-masing variabel terhadap efisiensi menurunkan kadar besi dan mangan dalam air diperlukan nilai ANOVA. Berikut merupakan hasil ANOVA yang didapatkan dari analisis regresi dengan menggunakan *software* Minitab 19:

Tabel 3. ANOVA efisiensi penurunan Fe

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	0,020538	0,010269	57,87	0,000
Waktu sampling	1	0,016405	0,016405	92,44	0,000
Diameter lubang	1	0,004133	0,004133	23,29	0,002
Error	7	0,001242	0,000177		
Total	9	0,021780			

Sumber: Hasil analisis, 2024

Dari hasil ANOVA di atas data yang diperlukan hanya Adj SS tiap variabel dan Adj SS total saja. Yang mana Adj SS merupakan angka yang menunjukkan seberapa besar pengaruh tiap variabel terhadap data hasil. Untuk mendapatkan kontribusi dari variabel terhadap efisiensi penurunan Fe dilakukan perhitungan dengan cara membagi Adj SS variabel dengan Adj SS total yang kemudian dikali 100. Sehingga nantinya hasil tersebut akan menghasilkan nilai dengan satuan persen. Berikut merupakan hasil perhitungan kontribusi variabel:

1. Waktu sampling

Diketahui : Adj SS = 0,016405
Adj SS total = 0,021780

Ditanya : Kontribusi waktu sampling terhadap efisiensi penurunan Fe?

$$\begin{aligned} \text{Jawab} &:= \left(\frac{\text{Adj SS}}{\text{Adj SS total}} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,016405}{0,021780} \right) \times 100 \\ &= 75,32\% \end{aligned}$$

2. Diameter lubang pada tray

Diketahui : Adj SS = 0,001242
Adj SS total = 0,021780

Ditanya : Kontribusi diameter lubang pada tray terhadap efisiensi penurunan Fe?

$$\begin{aligned} \text{Jawab} &:= \left(\frac{\text{Adj SS}}{\text{Adj SS total}} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,001242}{0,021780} \right) \times 100 \\ &= 5,7\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan waktu sampling memberikan kontribusi terhadap penurunan Fe sebesar 75,32% dan diameter lubang pada tray sebesar 5,7%. Oleh karena itu, total variasi yang mempengaruhi penurunan efisiensi zat besi adalah sebesar 81,02%, dengan hasil akhir dipengaruhi oleh

faktor lain yang tidak dapat dikendalikan sebesar 18,98%. Sedangkan untuk analisis kontribusi variabel Mn adalah sebagai berikut.

Tabel 4. ANOVA efisiensi penurunan Mn

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	0,079296	0,039648	37,75	0,000
Waktu sampling	1	0,075904	0,075904	72,26	0,000
Diameter lubang	1	0,003393	0,003393	3,23	0,115
Error	7	0,007353	0,001050		
Total	9	0,086649			

Sumber: Hasil analisis, 2024

Sama halnya dengan parameter Fe, data yang diperlukan hanya Adj SS tiap variabel dan Adj SS total saja. Untuk mendapatkan kontribusi dari variabel terhadap efisiensi penurunan Mn dilakukan perhitungan dengan cara membagi Adj SS variabel dengan Adj SS total yang kemudian dikali 100. Berikut merupakan hasil perhitungan kontribusi variabel:

1. Waktu sampling

Diketahui : Adj SS = 0,075904
Adj SS total = 0,086649

Ditanya : Kontribusi waktu sampling terhadap efisiensi penurunan Fe?

Jawab : $= \left(\frac{\text{Adj SS}}{\text{Adj SS total}} \right) \times 100$
 $= \left(\frac{0,075904}{0,086649} \right) \times 100$
 $= 87,59\%$

2. Diameter lubang pada tray

Diketahui : Adj SS = 0,003393
Adj SS total = 0,086649

Ditanya : Kontribusi diameter lubang pada tray terhadap efisiensi penurunan Fe?

Jawab : $= \left(\frac{\text{Adj SS}}{\text{Adj SS total}} \right) \times 100$
 $= \left(\frac{0,003393}{0,086649} \right) \times 100$
 $= 3,91\%$

Berdasarkan hasil perhitungan waktu sampling mampu memberikan kontribusi terhadap penurunan Mn sebesar 87,59% dan diameter lubang pada tray sebesar 3,91%. Oleh karena itu, total variasi yang mempengaruhi penurunan efisiensi Mn adalah 91,5%, dan faktor lain yang tidak dapat dikendalikan berpengaruh sebesar 8,5%.

4. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilaksanakan memberikan kesimpulan bahwa diameter lubang tray yang berukuran kecil menghasilkan nilai efisiensi penurunan besi dan mangan yang tinggi, yaitu 17,26% dan 30,80%. Artinya diameter tray mampu memberikan pengaruh terhadap efisiensi penurunan Fe dan Mn. Selain itu, penetapan periode waktu sampling dan luas lubang total tray juga turut memberikan pengaruh yang besar dalam kinerja *multiple tray aerator*.

5. Referensi

[1] Amiliza Miarti. (2023). *Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi pada Air Sumur Gali*. Journal of Innovation Research and Knowledge, 2(10), 4161–4170. <https://doi.org/10.53625/jirk.v2i10.5382>.

[2] Bennefield, L.D dan Randall, C. W. (1980). *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, NJ 07632.

[3] Das B, Hazarika P, Saikia G, Kalita H, as B, Hazarika P, Saikia G, Kalita H, Goswami DC, Das HB, et al (2007): oswami DC, Das HB, et al (2007). *Removal of iron from groundwater by ash: a systematic study of a traditional method*. J Hazard Mater. 141(3):834-41.

[4] Duli, N. (2019). *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Beberapa Konsep Dasar untuk Penulisan Skripsi & Analisis Data dengan SPSS*. Yogyakarta: CV. Budi Utama.

- [5] Ghozali, Imam. (2013). *Aplikasi Analisa Multivariat dengan Program SPSS*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [6] Harfadli, M. M. (2019). *Estimasi Koefisien Transfer Oksigen (KLa) pada Metode Aerasi Fine Bubble Diffuser*. Studi Kasus : Pengolahan Air Lindi TPA Manggar Kota Balikpapan. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 5(2). <https://doi.org/10.32487/jst.v5i2.662>.
- [7] Nasef, S., Badawy, N., Hafez, F., Slim, S., & El Nesr, E. (2019). *Preparation and Characterization of Magnetic Nanocomposite Based on Gum Arabic/2-Hydroxyethylmethacrylate Using Gamma Irradiation For Use In Biomedical Application*. *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications*, 52(2), 209–226. <https://doi.org/10.21608/ajnsa.2019.4636.1106>.
- [8] Putri, Delia Ayu Arif (2020). *Penurunan Fe dan Mn pada Air Sumur Menggunakan Multiple Tray Aerator Piramida*. Undergraduate Thesis, UPN “Veteran” Jatim.
- [9] Radzi, E. Z., Ngimran, F. N., Hamdan, R., Wahab, M. S., Sahdan, M. Z., & Madun, A. (2020). *Study of Performance Aeration Rate Effects on Iron and Manganese Removal in Groundwater Using Gravitational Aeration Tower System (GATS)*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 917(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/917/1/012010>.
- [10] Septiansyah, E., Purnaini, R., & Danial, M. M. (2024). *Effectivity of Multi Tray Aerator As Pretreatment Process For Reverse Osmosis Membrane To Utilized As Raw Water At Sungai Itik Village*. *Jurnal Teknologi*, 16(1), 105. <https://doi.org/10.24853/jurtek.16.1.105-116>.
- [11] Viganico, E. M., & Silva, R. A. (2010). *Hydrometallurgical/UV Process to Produce Ferrous Sulfate from the Pyrite Present in Coal Tailings*. *Mine Water & Innovative Thinking*, 2, 603–606.
- [12] Zulya, F., Adnan, F., Dewi, Y. P., Nugroho, S., Malik, I. M., Tirana, Y., Rahni, R., Difachwan, M. Z., Widiyanto, R. F., Faizah, M. I. N., & Waryati, W. (2022). *Perancangan Cascade Aerator untuk Menurunkan Parameter Besi dan Mangan dalam Pengolahan Air Sumur*. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(2), 18. <https://doi.org/10.30872/jtlunmul.v6i2.9712>.