

Kinerja Aerasi Venturi Dalam Meningkatkan Kualitas Air

Brillyan Kusuma Pradani*, Euis Nurul Hidayah, Okik Hendriyanto Cahyonugroho

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya Indonesia

*Koresponden email: brillyankusumapradani@gmail.com, euisnh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 19 Agustus 2024

Disetujui: 27 Agustus 2024

Abstract

Effective and efficient water treatment is needed to improve water quality. The content of iron (Fe) and manganese (Mn) compounds in water is a major problem that can affect health and interfere with human activities. One of the steps that can be taken to degrade manganese is oxidation using aeration. In this study, variations in the diameter of venturi aerators were used to determine the performance of venturi aeration in water treatment. The variation in diameter was set at 12mm, 10mm and 8mm sizes. Based on the results of the study, dissolved oxygen levels have increased over time. The highest increase in dissolved oxygen content was achieved with the 12 mm diameter variation with dissolved oxygen levels reaching 7.8 mg/litre within 60 minutes. a significant reduction in iron content of 92% with an iron content of less than 0.0567 mg/litre. The largest percentage decrease in manganese content occurred with the variation of the aerator vent hole diameter of 12 mm, which was 54% with an aeration time of 15 minutes. There is a fluctuation in the decrease in manganese content caused by the more difficult to oxidise properties of manganese.

Keywords: *venturi aeration, water treatment, groundwater, iron, manganese, dissolved oxygen*

Abstrak

Guna meningkatkan kualitas air diperlukan pengolahan air yang efektif dan efisien. Kandungan senyawa besi dan mangan dalam air merupakan permasalahan besar yang dapat mempengaruhi kesehatan serta mengganggu aktivitas manusia. Salah satu cara untuk mengatasi masalah pencemaran besi dan mangan adalah dengan proses oksidasi melalui aerasi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh variasi diameter lubang udara venturi terhadap kinerja aerasi dalam mengolah air. Variasi diameter yang ditetapkan yaitu dengan ukuran 12mm, 10mm dan 8mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut meningkat seiring dengan lamanya waktu aerasi. Kenaikan kadar oksigen terlarut tertinggi tercapai pada diameter lubang udara 12 mm, mencapai 7,8 mg/liter setelah 60 menit aerasi. Terjadi penurunan kadar besi yang signifikan sebesar 92% dengan kadar besi kurang dari 0,0567 mg/liter. penurunan kadar mangan paling besar terjadi pada diameter lubang udara 12 mm, mencapai 54% setelah 15 menit aerasi. Fluktuasi penurunan kadar mangan ini kemungkinan disebabkan oleh sifat mangan yang lebih sulit teroksidasi dibandingkan besi.

Kata Kunci: *aerasi venturi, pengolahan air, air tanah, besi, mangan, oksigen terlarut*

1. Pendahuluan

Dalam memenuhi kebutuhan air sehari-hari beberapa daerah di Indonesia masih memanfaatkan air tanah. Adanya interaksi dengan senyawa logam dalam tanah dapat menyebabkan peningkatan kadar bahan kimia logam berat seperti besi dan mangan [1]. Senyawa besi dan mangan pada air umumnya berupa senyawa bervalensi dua atau dalam bentuk senyawa ionik seperti ferrous dan manganous [2]. Keberadaan ion ferrous (Fe^{2+}) dan manganous (Mn^{2+}) dalam air tanah telah menjadi isu lingkungan yang serius. Senyawa besi bervalensi dua dalam air yang dijumpai adalah garam ferro seperti FeO , $Fe(HCO_3)_2$, $FeCO_3$, dan lain sebagainya. Sedangkan senyawa mangan dalam air sering dijumpai pada bentuk valensi dua seperti $MnCO_3$ dan $Mn(OH)_2$ yang memiliki sifat sulit larut namun dalam bentuk valensi dua lainnya seperti $MnCl_2$, $MnSO_4$, dan $Mn(NO_3)_2$ memiliki sifat mudah larut di dalam air [3].

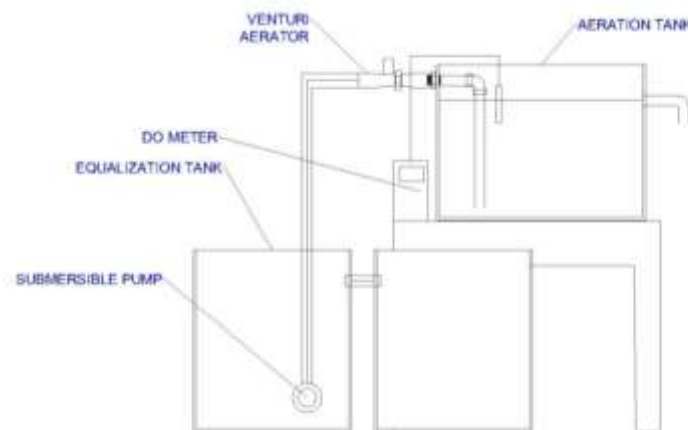
Air yang terkontaminasi oleh senyawa logam berat menimbulkan bau serta merubah rasa air [4]. Pada kondisi lebih ekstrim kontaminasi logam berat dapat merubah warna air. Pada beberapa kasus tingginya kandungan besi dan mangan dalam air tanah dapat menimbulkan tumbuhnya kerak berwarna kuning pada saluran perpipaan dan dapat mengakibatkan penyumbatan bila dibiarkan dalam jangka waktu yang lama. Batas maksimum kadar besi yang aman digunakan untuk keperluan domestik berdasarkan permenkes nomor 2 tahun 2023 sebesar 0,2 mg/liter dan mangan sebesar 0,1 mg/liter [5]. Air tanah yang mengandung senyawa logam berat dapat membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi. Konsumsi air yang

mengandung senyawa logam berat seperti besi dan mangan dapat menyebabkan penyakit gangguan syaraf, gangguan pada janin dan kanker[6].

Perkembangan pesat ilmu pengetahuan telah melahirkan berbagai teknik pemurnian air yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran besi (Fe) dan mangan (Mn). Salah satu metode yang populer adalah aerasi. Aerasi merupakan proses yang melibatkan kontak air dengan udara sehingga terjadi peningkatan kadar oksigen terlarut dalam air. Oksigen yang terlarut dalam air berperan dalam mengoksidasi senyawa besi dan mangan. Proses oksidasi ion besi dan mangan menghasilkan senyawa hidroksida yang memiliki sifat tidak larut dalam air[7]. Proses aerasi ini dapat dilakukan dengan beragam cara, seperti menggunakan *spray aerator*, *tray aerator*, *cascade aerator*, venturi aerator, dan *bubble aerator*. Masing-masing metode memiliki mekanisme kerja dan efisiensi yang berbeda-beda. Berdasarkan penelitian yang dikemukakan oleh Anamika Yadav et. al (2021) venturi aerator dapat meningkatkan kadar oksigen hingga 6 mg/L dalam waktu 40 menit[8]. Peningkatan kadar oksigen yang dicapai oleh venturi aerator berkontribusi dalam menurunkan kadar besi dan mangan. Atas dasar tersebut pada penelitian ini akan dikaji efektifitas kinerja aerasi venturi dalam menurunkan kadar besi dan mangan pada air tanah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental guna mendegradasi parameter besi dan mangan yang seringkali dijumpai pada air tanah. Sampel air yang digunakan merupakan sampel air tanah yang berasal dari desa Sengon, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Air akan diolah menggunakan pengolahan aerasi dan filtrasi. Proses aerasi dilakukan dengan menggunakan venturi aerator yang divariasikan ukuran diameter udaranya. Diameter yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya 12 mm, 10 mm dan 8 mm. Diameter penyempitan dan panjang leher aerator venturi dibuat sama. Debit yang digunakan dalam penelitian ini merupakan debit konstan 0,3 liter/detik.



Gambar 1. Unit Pengolahan Air Menggunakan Venturi Aerator

Proses penelitian dilakukan dengan mengalirkan air dari sumber air tanah ke bak equalisasi. Dengan menggunakan pompa *submersible* air dialirkan menuju venturi aerator. Aerasi dilakukan selama 60 menit dengan pengambilan sampel air di waktu 15, 30 dan 60 menit. Kadar oksigen terlarut, suhu dan pH diamati selama proses pengolahan berlangsung. Analisa dilakukan terhadap hasil penelitian yang didapat sehingga bisa diketahui efektifitas penggunaan aerator venturi terhadap penurunan kadar Fe dan Mn pada sampel air tanah berdasarkan variasi diameter lubang udara aerator venturi yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Oksigen Terlarut

Pada penelitian ini sampel air tanah terlebih dahulu akan melalui reaktor aerasi venturi yang bertujuan untuk menambahkan kadar oksigen terlarut di dalam air. Variasi yang dilakukan berupa perbedaan diameter lubang udara pada pipa venturi dengan masing-masing variasi berdiameter 12 mm, 10 mm dan 8 mm. Sampel air dialirkan secara terus menerus selama satu jam. Oksigen terlarut diukur menggunakan DO Meter dengan satuan mg/liter dengan pengamatan pengukuran kadar oksigen terlarut dilakukan setiap 10 menit. Berikut hasil analisis kadar oksigen terlarut dari masing-masing variasi diameter lubang udara pipa venturi.

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Oksigen Terlarut

Waktu sampel (menit)	Variasi Diameter Lubang Udara		
	12 mm	10 mm	8 mm
0	0,8	0,8	0,8
10	3,6	3,1	3,5
20	4,1	3,8	3,6
30	4,7	4,1	4
40	5,8	4,8	4,3
50	7,5	5,5	5,7
60	7,6	7,1	6,3

Sumber : Hasil penelitian (2024)

Peningkatan kadar oksigen terlarut meningkat seiring berjalannya waktu. Waktu aerasi yang lebih lama akan meningkatkan kadar oksigen terlarut. Pada aerasi dengan diameter lubang 10 mm kadar oksigen terlarut mencapai 7,1 mg/liter serta pada variasi diameter 8 mm sebesar 6,3 mg/liter. Kadar oksigen terlarut paling tinggi terjadi pada variasi diameter lubang udara 12 mm sebesar 7,6 mg/liter. Kinerja venturi aerator dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu ukuran diameter penyempitan, panjang tenggorokan, jumlah dan ukuran lubang udara, serta laju aliran [9]. Efektifitas proses aerasi dapat dipengaruhi oleh gelembung yang terbentuk selama proses aerasi berlangsung khususnya pada tipe aerasi *diffuser* termasuk di dalamnya *micro bubble* aerator dan venturi aerator. Ukuran gelembung yang lebih kecil dan halus memungkinkan luas permukaan udara yang berkontak dengan air semakin besar.

Sebaliknya dengan gelembung yang berukuran lebih besar memiliki luas permukaan yang lebih kecil [10]. Pada venturi aerator lubang udara yang lebih besar memungkinkan udara yang masuk ke dalam saluran semakin banyak dan meningkatkan jumlah oksigen terlarut ke dalam air. Namun disisi lain ukuran diameter lubang udara yang besar menghasilkan gelembung ukuran besar dan tidak merata [11].

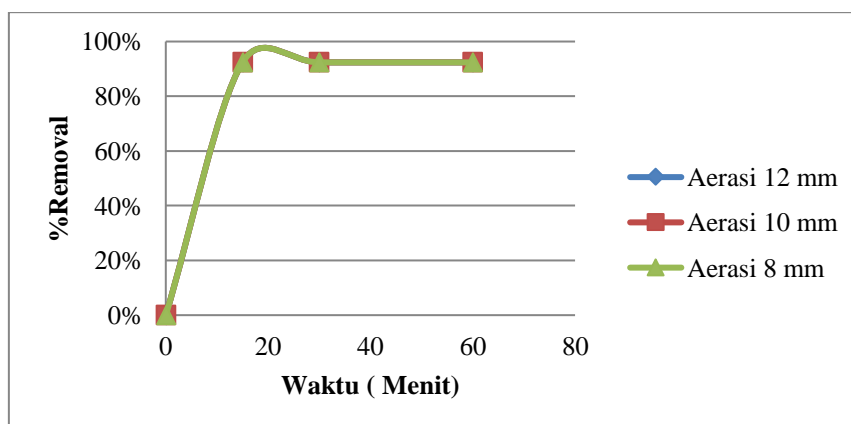
3.2 Analisis Penurunan Kadar Besi

Analisis besi dilakukan dengan mengambil sampel yang dilakukan di dua tempat yaitu pada bak pasca aerasi dan bak penampung setelah proses adsorpsi. Hasil dari penelitian penurunan kadar Fe terdapat pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe)

Waktu Sampling	Variasi diameter lubang venturi		
	12 mm	10 mm	8 mm
Sampel awal	0,743	0,743	0,743
15 menit	0,0567	<0,0567	<0,0567
30 menit	<0,0567	<0,0567	<0,0567
60 menit	<0,0567	<0,0567	<0,0567

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

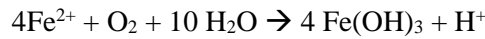


Gambar 2. Efisiensi Penurunan Kadar Besi Pada Setiap Variasi Aerator Venturi
Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Berdasarkan **Tabel 2** menunjukkan bahwa aerasi venturi mampu menurunkan kadar Fe dengan signifikan dengan efisiensi sebesar lebih dari 92%. Dari hasil pengolahan menggunakan venturi aerator

belum dapat diketahui secara detail variasi aerator yang memiliki efektifitas removal Fe paling tinggi dikarenakan penurunan kadar Fe sampai di titik terendah yang dapat diuji. Hal ini dipengaruhi oleh kadar Fe pada sampel air yang rendah yaitu sebesar 0,743 mg/liter. Kadar Fe dalam air tanah cukup bervariasi umumnya berkisar 1 hingga 10 mg/liter[2].

Besi mudah teroksidasi dalam air akibat adanya kontak dengan oksigen[12]. Dalam proses penghilangan besi dalam air adanya kandungan (HCO₃)⁻ akan membuat besi berada pada bentuk senyawa ferro bikarbonat (Fe(HCO₃)₂) dan sebagian lagi membentuk senyawa karbonat (FeCO₃)[3]. Dengan melakukan oksidasi senyawa tersebut melalui proses aerasi secara terus menerus akan terjadi reaksi ion seperti persamaan berikut,



Hasil reaksi oksidasi berupa Fe(OH)₃ merupakan senyawa besi valensi tiga yang memiliki sifat tidak larut dalam air. Berdasarkan persamaan reaksi tersebut untuk mengoksidasi 1 mg/liter zat besi diperlukan oksigen sebesar 0,14 mg/liter [2].

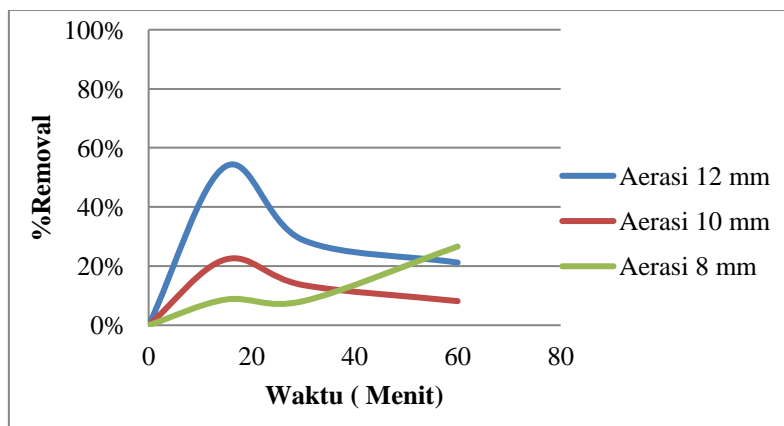
3.3 Analisis Penurunan Kadar Mangan

Konsentrasi mangan (Mn) pada kondisi sampel air awal sebesar 1,84 mg/liter. Hasil konsentrasi mangan pasca aerasi berdasarkan variasi lubang udara terdapat pada **Tabel 3** dan grafik berikut.

Tabel 3. Analisis Penurunan Kadar Mangan

Waktu Sampling	Variasi diameter lubang venturi		
	12 mm	10 mm	8 mm
Sampel awal	1,84	1,84	1,84
15 menit	0,85	1,43	1,68
30 menit	1,31	1,59	1,69
60 menit	1,45	1,69	1,35

Sumber: Hasil Penelitian (2024)



Gambar 3. Efisiensi Penurunan Kadar Mangan Pada Setiap Variasi Venturi Aerator
Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh penurunan konsentrasi mangan (Mn) terbesar terjadi pada waktu aerasi 15 menit dengan variasi diameter lubang udara 12 mm. Pada variasi tersebut diperoleh efisiensi sebesar 54% dan konsentrasi sisa mangan sebesar 0,85 mg/liter. Pada variasi diameter lubang udara 10 mm efisiensi terbaik terjadi pada waktu aerasi 15 menit sebesar 22% dan sisa kadar mangan sebesar 1,69 mg/liter. Pada variasi diameter 8 mm, aerasi paling efisien diperoleh pada menit ke 60 dengan efisiensi sebesar 27% dan sisa kadar Mn 1,35 mg/liter.

Berbeda dengan besi, mangan dalam air cenderung lebih sulit teroksidasi oleh oksigen. Hal ini dikarenakan laju oksidasinya lebih rendah daripada besi pada pH di bawah 9,5 [13]. Pada saat proses aerasi berlangsung pH air tanah tercatat pada kisaran 7,1 hingga 7,8. Selain itu kadar logam berat dalam tanah cenderung tidak stabil dikarenakan persebarannya yang tidak merata memungkinkan jumlah mangan yang keluar sepanjang waktu mengalami perubahan [14]. Berdasarkan reaksi yang terjadi selama proses aerasi,

reaksi yang terjadi tidak jauh berbeda dengan besi yang mana mangan dalam air akan berikatan dengan senyawa hidroksida dan saat aerasi senyawa mangan hidroksida akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan senyawa MnO_2 yang bersifat tidak larut [15]. Pada reaksi tersebut, dalam mendegradasi 1 mg/liter zat mangan membutuhkan oksigen sebanyak 0,29 mg/liter[2].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap performa aerator venturi dalam meningkatkan kualitas air diperoleh kesimpulan bahwa aerasi venturi dapat secara efektif meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air. Kadar oksigen terlarut mengalami peningkatan sepanjang waktu. Performa terbaik terjadi pada variasi diameter lubang udara 12 mm yang mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut sebesar 7,8 mg/liter dalam waktu 60 menit. Venturi aerator juga efektif dalam menurunkan konsentrasi besi dan mangan dalam air. Penurunan kadar besi terjadi secara signifikan dengan efisiensi penurunan kadar besi sebesar 92%. Pada parameter mangan penurunan tertinggi terjadi pada variasi lubang udara berdiameter 12 mm dengan persentase penurunan kadar mangan sebesar 54% dengan konsentrasi sisa sebesar 0,83mg/liter. Pada pengolahan mangan menggunakan aerasi venturi terjadi fluktuasi dikarenakan beberapa faktor seperti sifat senyawa mangan yang lebih sulit teroksidasi daripada senyawa besi serta tidak meratanya kadar mangan sepanjang waktu.

5. Referensi

- [1] A. Pramesti, A. Supriadi, M. Z. Zain, and R. Purnaini, "Pengolahan Air Sumur Gali Berwarna Dengan Kombinasi Sistem Aerasi, Koagulasi, dan Filtrasi," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 2, p. 380, 2023, doi: 10.26418/jtllb.v11i2.65595.
- [2] N.I. Said, "Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik," *J. Air Indones.*, vol. 1, no. 3, pp. 239–250, 2018, doi: 10.29122/jai.v1i3.2352.
- [3] L. Febrina and A. Ayuna, "Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik," *J. Teknol.*, vol. 7, no. 1, pp. 36–44, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/download/369/341>
- [4] R. Awlihasanah *et al.*, "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Mangan Pada Air Sumur Warga Kota Depok," *J. Sanitasi Lingkung.*, vol. 1, no. 2, pp. 80–86, 2021, doi: 10.36086/salink.v1i2.1051.
- [5] Kementerian Kesehatan, "Permenkes No. 2 Tahun 2023," *Kemenkes Republik Indones.*, no. 55, pp. 1–175, 2023.
- [6] H. Fuad, A. H. Mukaromah, and A. F. Wardoyo, "Penurunan Kadar Ion Mangan (II) Dalam Air Dengan Penambahan Serbuk Zeolit ZSM-5 Berdasarkan Variasi pH Larutan Reduction of Mangan (II) Ions Concentration In the Water With The Addition Of ZSM-5 Zeolite Powder Based On pH Solution Variation," *Pros. Semin. Nas. Mhs. Unimus*, vol. 1, no. Ii, pp. 543–548, 2018.
- [7] Z. O. Dhea, U. P. Kiki, and K. Ulli, "Pengaruh Koefisien Transfer Gas (KLa) Terhadap Penurunan Parameter Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali Menggunakan Multiple Tray Aerator," 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php>
- [8] A. Yadav, A. Kumar, and S. Sarkar, "Determination of Standard Oxygen Transfer Rate in Venturi Aeration System," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1017, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1017/1/012005.
- [9] A. Yadav, A. Kumar, and S. Sarkar, "Design characteristics of venturi aeration system," *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 11, pp. 63–70, 2019, doi: 10.35940/ijtee.J9929.0981119.
- [10] Y. Wijayanti, "Pengaruh Debit Terhadap Dinamika Gelembung Udara dalam Kolom Aerator (Penelitian Awal Pembuatan Model Matematika Proses Aerasi)," *J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 133–147, 2008.
- [11] E. Fasirah and I. Amal, Penerapan Aerasi Venturi Pada Tambak Dengan Menggunakan Solar Cell. Makassar, 2021.
- [12] B. Yunisha Ratnasari, N. Fadillah, and D. Hery Astuti, "Penurunan Kadar Ion Logam Berat pada Air Sungai Karah Surabaya dengan Resin Kation," *J. Chem. Process Eng. ChemPro J.*, vol. 02, no. 3, pp. 7–12, 2021, [Online]. Available: www.chempro.upnjatim.ac.id
- [13] S. B. Applebaum, "Iron and manganese removal.," *Water Sew. Works*, vol. 94, no. 12, pp. 439–444, 1947.
- [14] N. D. Sunarto, "Analisis Kandungan Zat Besi Dan Kadar Mangan Pada Air Sumur Masyarakat Di Dusun V Bandar Klippa Percut Sei Tuan," 2021, [Online]. Available: <http://repository.uinsu.ac.id/id/eprint/15624>

-
- [15] J. Sutrisno and I. N. Fuadatul Azkiyah, “Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali Dengan Menggunakan Metode Aerasi Dan Filtrasi Di Sukodono Sidoarjo,” *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 12, no. 2, pp. 28–33, 2014, doi: 10.36456/waktu.v12i2.892.