

Penggunaan Aerasi Venturi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Pengolahan Air Sumur

Intan Maria Novia Doryt Hulu, Euis Nurul Hidayah*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: euisnh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 11 Agustus 2025

Disetujui: 14 Agustus 2025

Abstract

The increase in oxygen diffusion in water is carried out to sustain the life of organisms present in the water. Moreover, the enhancement of oxygen diffusion can be used as an alternative to reduce iron and manganese levels found in water. This study aims to test the effect of varying the number of air holes in a venturi aerator on increasing dissolved oxygen in water to see if it can influence the decrease in iron and manganese parameters. The diameter of the air holes used is 12 mm, with variations in the number of aeration holes being 1, 2, and 3 aeration holes. The results showed that the more air holes there were, the higher the dissolved oxygen in the water. The highest increase in dissolved oxygen occurred with aeration using 3 venturi holes, reaching 9.2 mg/L after 60 minutes. The greatest reduction in iron content occurred during aeration using 3 venturi holes, which amounted to 100%, caused by an initial concentration that was relatively low at 0.7182 mg/L, decreasing to 0.0088 mg/L at the 60th minute. The reduction of manganese content during aeration using 3 venturi air holes was 67%, with an initial value of 0.3022 mg/L decreasing to 0.0997 mg/L at the 60th minute. It is more difficult to reduce manganese levels in the aeration process compared to iron. Therefore, if manganese reduction is desired, additional processes beyond aeration are required.

Keywords: diffusion oxygen, venturi aeration, groundwater, mn, fe, dissolved oxygen

Abstrak

Peningkatan difusi oksigen pada air dilakukan guna menjaga kehidupan organisme yang terdapat dalam air. Selain itu peningkatan difusi oksigen dapat digunakan sebagai alternatif untuk menurunkan kadar besi dan mangan yang terdapat dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh variasi jumlah lubang udara pada venturi aerator dalam meningkatkan oksigen terlarut dalam air apakah dapat mempengaruhi penurunan parameter besi dan mangan. Diameter lubang udara yang digunakan yaitu 12 mm dengan variasi jumlah lubang aerasi yaitu 1,2,3 lubang aerasi. Hasil penelitian didapatkan bahwa semakin banyak lubang udara maka semakin meningkat oksigen terlarut yang terdapat di dalam air. Kenaikan oksigen terlarut tertinggi terjadi pada aerasi menggunakan 3 lubang venturi yaitu mencapai 9,2 mg/L setelah 60 menit. Penurunan kadar besi paling besar terjadi pada aerasi menggunakan 3 lubang venturi yaitu sebesar 100% dikarenakan kadar awal yang cukup rendah yaitu 0,7182 mg/L turun menjadi 0,0088 mg/L pada menit ke 60. Penurunan kadar mangan terjadi pada aerasi menggunakan 3 lubang udara venturi sebesar 67 % dengan nilai awal 0,3022 mg/L turun menjadi 0,0997 mg/L pada menit ke 60. Untuk kadar mangan lebih sulit diturunkan pada proses aerasi dibandingkan dengan besi. Sehingga jika ingin menurunkan mangan maka diperlukan proses lebih lanjut selain aerasi.

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

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan air yang berasal dari tanah yang proses pengambilan airnya melalui beberapa metode seperti sumur bor dan sistem pompa. Air tanah digunakan untuk memenuhi kebutuhan penggunaan air dalam kehidupan sehari-hari. Tidak jarang ditemukan air tanah yang tidak dapat digunakan sebagai mana mestinya karena pada beberapa keadaan air tanah tercemar dengan logam berat berupa besi dan mangan yang menyebabkan warna agak kekuningan dan menghasilkan bau pada air [1]. Agar air dapat dimanfaatkan perlu dilakukan suatu proses untuk menurunkan kadar logam berat yang terdapat dalam air, salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan aerasi [2]. Senyawa besi dan mangan yang terdapat dalam air berupa senyawa bervalensi dua atau dalam bentuk senyawa ionik seperti ferrous dan manganous. Keberadaan ion ferous (Fe^{2+}) dan manganous (Mn^{2+}) dalam air tanah dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Senyawa besi bervalensi dua dalam air yang dijumpai adalah garam ferro seperti FeO , $Fe(HCO_3)_2$,

FeCO₃, dan lain sebagainya. Sedangkan senyawa mangan dalam air sering dijumpai pada bentuk valensi dua seperti MnCO₃ dan Mn(OH)₂ yang memiliki sifat sulit larut namun dalam bentuk valensi dua lainnya seperti MnCl₂, MnSO₄, dan Mn(NO₃)₂ memiliki sifat mudah larut di dalam air [3].

Alternatif untuk meningkatkan difusi udara pada air dapat menggunakan sistem aerasi. Aerasi yang sering digunakan seperti aerasi spray, aerasi difusi, aerasi venturi dll. Aerasi dapat digunakan pada air yang memiliki karakteristik materi organik [4] dan dapat dimanfaatkan pada pengolahan air dengan aerasi. Pada penelitian ini menggunakan aerasi venturi dalam meningkatkan difusi oksigen pada air untuk dapat menurunkan kadar logam berat dalam air dan menambahkan oksigen dalam air guna menjaga kehidupan organisme yang terdapat dalam air [5]. Berdasarkan permenkes nomor 2 tahun 2023 batas maksimal kadar besi yaitu sebesar 0,2 mg/liter dan mangan sebesar 0,1 mg/l [6]. Jika dalam jangka panjang terus mengkonsumsi air yang mengandung mangan dan besi maka akan berdampak pada kesehatan tubuh.

Proses aerasi venturi berdasarkan penelitian sebelumnya dapat meningkatkan kadar oksigen hingga 6 mg/L dalam waktu 60 menit dengan menggunakan diameter lubang aerasi 12 mm [7]. Kadar oksigen yang meningkat pada sistem aerasi venturi berkontribusi dalam menurunkan kadar besi dan mangan. Hal ini dikarenakan peningkatan oksigen terlarut dalam air dapat memicu reaksi oksidasi yang mengubah besi dan mangan dari bentuk terlarut menjadi bentuk yang dapat diendapkan, sehingga mengurangi kadarnya dalam air, oleh sebab itu pada penelitian ini akan dikaji efektifitas kinerja aerasi venturi dalam menurunkan kadar besi dan mangan pada air tanah [8].

Kadar besi dan mangan yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitar dan tentu membahayakan kesehatan masyarakat juga makhluk hidup lainnya. Dalam pengelolaan parameter besi dan mangan harus dikelola secara bijaksana dan juga mempertimbangkan kepentingan generasi saat ini dan generasi mendatang. Efektifitas penurunan parameter besi dan mangan pada sistem aerasi dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena harga yang terjangkau dan proses yang cukup mudah sehingga membantu masyarakat dalam menggunakannya. Aerasi venturi digunakan bertujuan untuk meningkatkan kualitas oksigen terlarut dalam air yang terkandung parameter besi dan mangan sehingga layak digunakan terutama bagi manusia[9].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian percobaan untuk mendegradasi parameter mangan dan besi yang lebih sering terdapat dalam air tanah. Sampel air yang digunakan merupakan air sumur bor yang terdapat pada ruko daerah Rungkut Megah Raya Blok B No 23. Air dilakukan pengolahan menggunakan aerasi venturi dengan pengukuran menggunakan sensor *dissolved oxygen*, kecepatan air dan kecepatan udara pada proses aerasi menggunakan sistem arduino. Data yang didapat dicatat secara *real time*. Diameter udara venturi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 12 mm dengan variasi pada jumlah lubang udara venturi yaitu berjumlah 1 lubang udara, 2 lubang udara, dan 3 lubang udara. Diameter penyempitan dan panjang leher aerator venturi yang digunakan sama yaitu sebesar 1 cm. Debit yang digunakan dalam penelitian ini merupakan debit konstan 0,3 liter/detik yang secara otomatis debit sama melalui pompa yang digunakan.

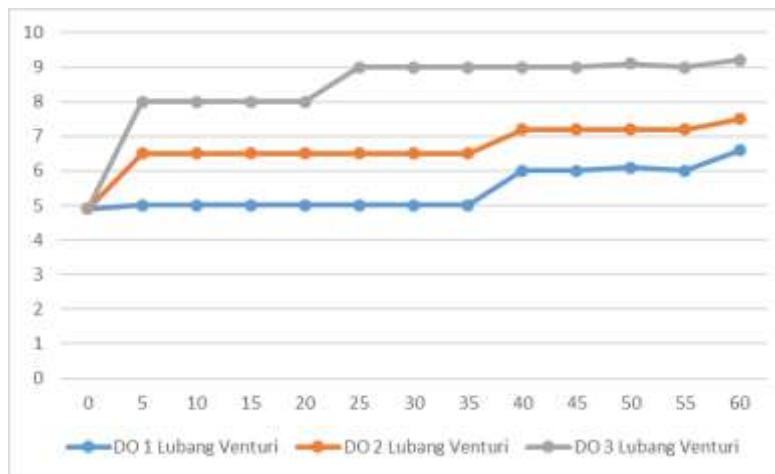
Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengaliskan air dari sumber air tanah ke bak penampung awal lalu pada bak penampung dimasukkan pompa *submersible* untuk mendorong air naik ke bak aerasi, pada pipa yang melewati sebelum bak aerasi di tambahkan pipa aerasi venturi. Pipa aerasi yang digunakan berukuran 12 mm dengan variasi pada lubang aerasi yaitu terdapat 1 lubang udara, 2 lubang udara dan 3 lubang udara. Pengujian dilakukan selama 60 menit dengan pengambilan sampel uji pada 20 menit, 40 menit dan 60 menit. Air sampel yang diambil untuk pengujian yaitu pada bak penampung akhir setelah aerasi, air sampel kemudian di uji untuk membandingkan hasil penurunan yang terjadi selama proses aerasi dan efektifitas penurunan yang terjadi pada masing-masing variasi jumlah lubang aerasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Oksigen Terlarut

Penurunan konsentrasi besi dan mangan dapat dipengaruhi melalui jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Semakin besar jumlah oksigen terlarut memungkinkan proses oksidasi pada senyawa besi dan mangan semakin meningkat [10]. Hasil penurunan konsentrasi besi dan mangan yang diperoleh pada penelitian ini sejalan dengan peningkatan kadar oksigen yang meningkat sepanjang waktu pada proses aerasi. Berikut hasil analisis kadar oksigen terlarut dari masing- masing variasi lubang udara pipa venturi,



Gambar 1. Grafik Pengujian Kadar Oksigen Terlarut

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Kadar oksigen terlarut meningkat seiring berjalananya waktu. Waktu aerasi yang lebih lama akan memberikan oksigen terlarut lebih banyak [11]. Kadar oksigen terlarut sebelum pengolahan sebesar 4,9 mg/l. Pada aerasi dengan 1 lubang aerasi kadar oksigen terlarut mencapai 6,6 mg/liter serta pada variasi 2 lubang aerasi sebesar 7,5 mg/liter, kadar oksigen terlarut paling tinggi pada variasi 3 lubang udara sebesar 9,2 mg/liter. Lubang udara yang lebih banyak memungkinkan udara yang masuk ke dalam saluran semakin banyak dan meningkatkan jumlah oksigen yang terlarut ke dalam air. Kinerja venturi aerator dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu ukuran diameter penyempitan, panjang tenggorokan, jumlah dan ukuran lubang udara, serta laju aliran [12].

3.2 Analisis Penurunan Kadar Besi

Berdasarkan data yang diperoleh pada **Gambar 1** didapatkan bahwa aerasi venturi dapat menurunkan kadar besi dengan signifikan, pada penelitian ini diperoleh bahwa kadar besi dapat turun sebesar 100%. Data pengolahan menggunakan venturi aerator didapatkan bahwa terjadi penurunan kadar besi pada masing-masing variasi aerator hingga di titik stabil. Penurunan kadar besi paling tinggi terjadi pada 3 lubang venturi, dari data pada **Gambar 1** dapatkan bahwa jumlah lubang udara dapat mempengaruhi oksigen terlarut dalam air dalam menurunkan parameter besi. Kadar besi yang terdapat dalam air sampel cukup rendah yaitu sebesar 0,7182 mg/liter sehingga ini juga dapat mempengaruhi penurunan sampel [13].

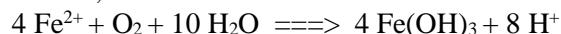


Gambar 2. Grafik Persen Removal Besi

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Besi dapat teroksidasi dalam air dengan adanya kontak dengan oksigen [14]. Dalam proses penghilangan besi dalam air adanya kandungan (HCO_3^-) akan membuat besi berada pada bentuk senyawa ferro bikarbonat ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) dan sebagian lagi membentuk senyawa karbonat (FeCO_3). Dengan adanya

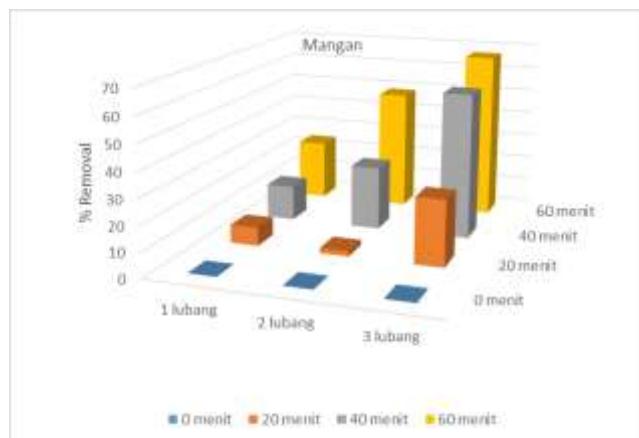
oksidasi senyawa melalui proses aerasi secara terus menerus akan terjadi reaksi ion seperti persamaan berikut,



Hasil reaksi oksidasi berupa Fe(OH)_3 merupakan senyawa besi valensi tiga yang memiliki sifat tidak larut dalam air.

3.3 Analisis Penurunan Kadar Mangan

Kandungan mangan dalam air berbeda dengan besi, mangan lebih sulit teroksidasi oleh oksigen dikarenakan mangan memiliki potensi redoks yang lebih tinggi. Laju oksidasi mangan lebih rendah dibanding dengan besi pada pH dibawah 9,5. Pada penelitian ini menggunakan pH pada nilai 7,5 sampai 8,8. Konsentrasi mangan pada sampel awal sebesar 0,3022 mg/liter. Hasil penurunan mangan berdasarkan variasi lubang udara dapat dilihat pada **Gambar** berikut.



Gambar 3. Persen Removal Penurunan Mangan

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Dari data penelitian yang telah didapatkan diketahui bahwa penurunan parameter mangan terbesar terjadi pada waktu aerasi menit ke 60 dengan jumlah lubang aerasi 3. Efisiensi penurunan sebesar 67%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan venturi aerasi sudah memenuhi baku mutu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Amri 2019 [15], penurunan kadar Mn sejalan dengan peningkatan kadar oksigen terlarut namun dalam penelitian ini cenderung terjadi fluktuasi pada kadar Mn saat aerasi berlangsung. Hal ini dapat terjadi karena penelitian berjalan secara kontinyu yang mana air yang mengalir merupakan air yang selalu baru tanpa dilakukan resirkulasi. Kadar logam berat dalam tanah cenderung tidak stabil dikarenakan persebarannya yang tidak merata memungkinkan jumlah mangan yang keluar sepanjang waktu mengalami perubahan.

4. Kesimpulan

Peningkatan nilai difusi oksigen yang didapatkan pada proses venturi aerator pada masing-masing lubang venturi didapatkan kadar awal DO yaitu pada 4,9 mg/L. Namun setelah dilakukan proses aerasi venturi didapatkan bahwa ada peningkatan DO pada masing-masing pipa venturi. Seperti pada 1 lubang venturi menit ke-5 didapatkan menjadi 5 mg/L , dengan 2 lubang venturi pada menit ke-5 didapatkan 6,5 mg/L dan dengan 3 lubang venturi pada menit ke-5 didapatkan menjadi 8 mg/L, setelah 60 menit terjadi peningkatan pada masing-masing lubang venturi yaitu 6,6 mg/L pada 1 lubang venturi, 7,5 mg/L pada 2 lubang venturi dan 9,2 mg/L pada 3 lubang venturi. Dari data diatas disimpulkan bahwa jumlah lubang venturi mempengaruhi peningkatan oksigen dalam air.

Hasil penurunan Fe dan Mn pada air baku penggunaan venturi aerator didapatkan bahwa Fe dapat turun dengan efektif pada percobaan menggunakan venturi aerator sedangkan Mn dapat turun namun dengan persen yang berbeda dengan Fe. Pada Fe dapat turun hingga 100% sedangkan pada Mn turun sampai 76% hal ini dipengaruhi oleh kadar awal sampel, suhu dan pH air.

5. Daftar Pustaka

- [1] I. P. Sari, C. S. Nuryanti, A. Aprianti, dan R. Purnaini, "Kombinasi Aerasi Venturi-Filtrasi dalam Pengolahan Air Sumur Bor Menjadi Air Bersih," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 12, no. 2, hal. 509, 2024, doi: 10.26418/jtllb.v12i2.77529.

- [2] E. N. Hidayah, O. H. Cahyonugroho, R. M. A. Dienullah, dan B. Kusuma, "Performance of Venturi Aerator Combined with Zeolite Filter for Removing Iron and Manganese," *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, no. 2017, hal. 5–10, 2020.
- [3] H. A. Bangun, M. E. J. Sitorus, K. Manurung, dan Y. R. Ananda, "Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Metode Aerasi-Filtrasi Pada Air Sumur Bor Masyarakat Jalan Setia Budi Kelurahan Tanjung Rejo," *Hum. Care J.*, vol. 7, no. 2, hal. 450, 2022, doi: 10.32883/hcj.v7i2.1759.
- [4] O. H. Cahyonugroho, E. N. Hidayah, dan E. A. Rahma, "Effect of Intermittent Aeration on Characteristic of Effluent Organic Matter in Oxidation Ditch Microalgae Chlorella sp.," *Univ. Tehran Press*, vol. 10, no. 2, hal. 644–652, 2024, doi: 10.22059/poll.2024.365414.2075.
- [5] D. Madyawan, I. G. Hendrawan, dan Y. Suteja, "Pemodelan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa," *J. Mar. Aquat. Sci.*, vol. 6, no. 2, hal. 270, 2020, doi: 10.24843/jmas.2020.v06.i02.p15.
- [6] Kementerian Kesehatan, "Permenkes No. 2 Tahun 2023," *Kemenkes Republik Indonesia*, no. 55, hal. 1–175, 2023.
- [7] B. K. Pradani, E. N. Hidayah, dan O. H. Cahyonugroho, "Kinerja Aerasi Venturi Dalam Meningkatkan Kualitas Air," *J. Serambi Eng.*, vol. IX, no. 4, hal. 10742–10747, 2024.
- [8] R. E. D. Puspitasari dan E. N. Hidayah, "Analisis Pengaruh Variasi Jarak Tray terhadap Kinerja Tray Aerator dalam Menurunkan Kandungan Besi dan Mangan pada Air Sumur," *J. Serambi Eng.*, vol. X, no. 1, hal. 11724–11730, 2025.
- [9] W. Hamidah dan C. Cindramawa, "Analisis Kadar pH, Total Dissolved Solid (TDS) dan Mn pada Air Sumur Gali di Kabupaten Cirebon," *Indones. J. Chem. Res.*, vol. 5, no. 1, hal. 8–15, 2020, doi: 10.20885/ijcr.vol5.iss1.art2.
- [10] E. Nurul Hidayah, "Pengaruh Perbedaan Diameter Lubang pada Tray Aerator Terhadap Penurunan Fe dan Mn pada Air Sumur dengan Media Karbon Aktif," *J. Serambi Eng.*, vol. X, no. 1, hal. 11712–11717, 2025.
- [11] D. T. Suhendar, A. B. Zaidy, dan S. I. Sachoemar, "Profil Oksigen Terlarut, Total Padatan Tersuspensi, Amonia, Nitrat, Fosfat dan Suhu pada Tambak Intensif Udang Vanamei," *J. Akuatek*, vol. 1, no. 1, hal. 1–11, 2020.
- [12] J. D. Therrien, P. A. Vanrolleghem, dan C. C. Dorea, "Characterization of the performance of venturi-based aeration devices for use in wastewater treatment in low-resource settings," *Water SA*, vol. 45, no. 2, hal. 251–258, 2019, doi: 10.4314/wsa.v45i2.12.
- [13] N. I. Said, "Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik," *J. Air Indones.*, vol. 1, no. 3, hal. 239–250, 2018, doi: 10.29122/jai.v1i3.2352.
- [14] S. P. Febri, "Pengaruh Pemberian Jenis Batu Aerasi Yang Berbeda Terhadap Kelimpahan Oksigen Terlarut," *J. Ilm. Satya Minabahari*, vol. 8, no. 2, hal. 56–63, 2023, doi: 10.53676/jism.v8i2.143.
- [15] K. Amri, G. Samudro, dan Irwan Wisnu Wardhana, "Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah dengan Menggunakan Clay Filter," *J. Tek. Lingkung.*, hal. 1–4, 2019.