

Efektivitas Penurunan *Fe* Pada Air Sumur Menggunakan Metode Bubble Aerator Dan Filtrasi Di Kampung Dukwia Kabupaten Keerom Tahun 2024

Fauzan¹, Eveline M.A. Kantum², Dwi Kartika Sari Dewi³, Meylisa Angelicha M. Kasihuw⁴, Wiwiek Mulyani⁵, Akbar Ilham Pamungkas^{6*}

^{1,2,3,4,5,6}Prodi D-III Sanitasi Jayapura, Poltekkes Kemenkes Jayapura

Alamat: Jl. Padang Bulan II, Kel. Hedam, Distrik Heram, Kota Jayapura, Papua, Indonesia

Corresponding: barrepamungkas@gmail.com

Abstract. Water is a very essential resource for living things, namely to meet daily needs, agricultural needs, fisheries and other needs. The iron level checked in one of the residents' wells in Dukwia Village, Keerom Regency exceeds the threshold value with an iron level of 5.70 mg/l. One of the clean water treatment methods to reduce iron levels is to use a bubble aerator combined with filtration. The purpose of this study was to determine the effectiveness of bubble and filtration methods in reducing iron levels in well water. This type of research is Quasi experiment with PreTest-Post-Test research design. The research sample is a well owned by Mrs. Yusna. The sampling technique is grab sampling. Statistical analysis using the Effectiveness test to determine the effect of variations in aeration contact time on reducing iron (Fe) levels in well water. In the treatment with 90 minutes of aeration time, where 90 minutes is the most effective for reducing iron levels with an effectiveness of 71.5% can reduce iron levels to 1.65 mg / l. It is recommended to apply the method on a home scale. It is recommended to apply the method on a household scale must use a larger pressure aerator and a larger volume filtration device design.

Keywords: Bubble Aerator, Filtration, Iron (Fe) Levels

Abstrak. Air merupakan sumber daya yang sangat esensial bagi makhluk hidup, yaitu guna memenuhi kebutuhan sehari-hari, kebutuhan pertanian, perikanan dan kebutuhan lainnya. Kadar besi yang di periksa di salah satu sumur warga di Kampung Dukwia Kabupaten Keerom melebihi nilai ambang batas dengan kadar besi yaitu 5,70 mg/l. Salah satu metode pengolahan air bersih untuk menurunkan kadar besi adalah dengan menggunakan bubble aerator yang dikombinasikan dengan filtrasi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas metode bubble dan filtrasi dalam menurunkan kadar besi pada air sumur. Jenis penelitian ini adalah Quasi eksperimen dengan desain penelitian PreTest-Post-Test. Sampel penelitian adalah sumur yang dimiliki oleh Ibu Yusna. Teknik pengambilan sampel adalah grab sampling. Analisis statistik menggunakan uji Efektivitas untuk mengetahui ada pengaruh variasi waktu kontak aerasi terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur. Pada perlakuan dengan lama aerasi 90 menit, dimana waktu 90 menit adalah paling efektif untuk menurunkan kadar besi dengan keefektifan sebesar 71,5% dapat menurunkan kadar besi menjadi 1,65 mg/l. Disarankan untuk menerapkan metode dalam skala rumah tangga harus menggunakan aerator yang bertekanan lebih besar serta desain alat filtrasi yang bervolume lebih besar

Kata Kunci : Bubble Aerator, Filtrasi, Kadar Besi (Fe)

1. LATAR BELAKANG

Air adalah zat yang paling penting dalam kehidupan setelah udara. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh kita terdiri dari air dan tidak seorangpun dapat bertahan hidup lebih dari 4 – 5 hari tanpa minum air. Selain itu, air juga dipergunakan untuk memasak, mencuci, mandi, dan

membersihkan kotoran yang ada di sekitar rumah. Air juga digunakan untuk keperluan industri, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi, transportasi, dan lain-lain (Chandra, 2007).

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Selain untuk dikonsumsi, air juga dibutuhkan untuk berbagai aktivitas sehari-hari seperti memasak, mencuci, mandi, pertanian, industri, hingga keperluan transportasi dan pemadam kebakaran (Chandra, 2007). Meningkatnya jumlah penduduk turut meningkatkan kebutuhan terhadap air bersih, yang pada akhirnya memengaruhi ketersediaan air, baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Rahayu et al., 2013).

Sekitar 70% permukaan bumi tertutup oleh air, dan dua pertiga tubuh manusia terdiri dari air. Air tidak hanya penting untuk hidrasi, tetapi juga menunjang berbagai fungsi metabolisme dalam tubuh. WHO memperkirakan bahwa setiap individu membutuhkan antara 60–120 liter air per hari di negara maju, dan sebagian besar kebutuhan tersebut harus terpenuhi dari air yang bersih dan layak konsumsi (Notoatmodjo, 2011).

Namun demikian, tidak semua sumber air memenuhi standar kualitas. Salah satu kontaminan yang umum ditemukan dalam air tanah adalah besi (Fe). Dalam jumlah terbatas, Fe berperan penting dalam metabolisme tubuh, yakni sekitar 7–35 mg per hari (Sutrisno et al., 2010). Akan tetapi, kelebihan kadar besi dapat berdampak negatif terhadap kesehatan, seperti merusak organ vital seperti pankreas, jantung, dan ginjal. Selain itu, air yang mengandung Fe tinggi cenderung berwarna kuning kecokelatan, berbau amis, serta meninggalkan noda pada pakaian dan peralatan rumah tangga (Munfiah et al., 2013).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Fe dalam air adalah melalui teknik aerasi dan filtrasi. Aerasi bekerja dengan cara meningkatkan kadar oksigen terlarut, yang memungkinkan oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} sehingga membentuk endapan yang dapat disaring. Filtrasi, khususnya dengan media seperti karbon aktif, pasir silika, atau zeolit, bertindak sebagai penyaring partikel serta adsorben logam berat (Suharto, 2011).

Di Papua, khususnya di Kampung Dukwia, Distrik Arso VIII, Kabupaten Keerom, mayoritas masyarakat masih mengandalkan air sumur sebagai sumber air utama. Berdasarkan pengamatan awal, air sumur di wilayah ini memiliki ciri khas berwarna kuning kecokelatan dan berbau amis, yang mengindikasikan kandungan besi cukup tinggi dan melebihi ambang batas baku mutu air bersih menurut Permenkes RI No. 32 Tahun 2017, yakni 0,3 mg/L.

Melihat permasalahan tersebut, peneliti merasa perlu melakukan kajian lebih lanjut mengenai efektivitas metode bubble aerator yang dikombinasikan dengan sistem filtrasi dalam menurunkan kadar besi (Fe) dalam air sumur. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi

sederhana, murah, dan aplikatif dalam meningkatkan kualitas air bersih bagi masyarakat Kampung Dukwia dan wilayah serupa lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen semu (*quasi experiment*) yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode bubble aerator yang dikombinasikan dengan sistem filtrasi dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur. Penelitian dilaksanakan di Kampung Dukwia, Distrik Arso VIII, Kabupaten Keerom, Papua, pada tahun 2024. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sumur yang digunakan masyarakat Kampung Dukwia sebagai sumber air bersih, sementara sampel diambil secara purposive dari salah satu sumur yang diketahui memiliki kadar Fe tinggi berdasarkan uji pendahuluan. Desain penelitian yang digunakan adalah *pretest-posttest design* tanpa kelompok kontrol, di mana pengukuran kadar Fe dilakukan sebelum perlakuan (*pretest*) dan setelah perlakuan dengan waktu kontak yang berbeda, yaitu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit (*posttest*).

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bubble aerator, tabung filtrasi berisi media pasir silika, zeolit, dan karbon aktif, pompa udara, serta pipa distribusi. Instrumen pengukuran kadar Fe menggunakan spektrofotometer atau alat uji digital yang telah dikalibrasi dengan larutan standar Fe. Prosedur penelitian dilakukan dengan mengambil sampel air sumur untuk diuji kadar Fe awal, kemudian diproses menggunakan alat bubble aerator sesuai waktu perlakuan yang ditentukan dan dilanjutkan dengan filtrasi. Setelah proses perlakuan pada masing-masing waktu kontak, air diambil kembali dan diuji kadar Fe-nya. Setiap perlakuan dilakukan dalam tiga kali pengulangan (*triplo*) untuk meningkatkan reliabilitas data.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mengetahui penurunan kadar Fe sebelum dan sesudah perlakuan. Selanjutnya, dilakukan uji statistik ANOVA satu arah (jika data berdistribusi normal) atau uji Kruskal-Wallis (jika tidak normal) untuk mengetahui signifikansi perbedaan antar waktu perlakuan. Analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik seperti SPSS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

1) Penurunan Kandungan Zat Besi (Fe) dengan metode Bubble Aerator dan Filtrasi

Dari hasil dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Penurunan Kandungan Zat Besi (Fe) dengan metode Bubble Aerator dan Filtrasi

Parameter	Pretest Mg/l	Perlakuan (Waktu Kontak)	Posttest Mg/l	Penurunan (%)
Zat Besi (Fe)	5,70	30 menit	2,70	52.63
		60 menit	1,80	68.42
		90 menit	1,65	71.05

Berdasarkan data patra tabel 1 diatas menunjukan Konsentrasi awal zat besi (pretest) tercatat sebesar 5,70 mg/L. Setelah perlakuan selama 30 menit, konsentrasi zat besi menurun menjadi 2,70 mg/L, yang menunjukkan penurunan sebesar 52,63%. Pada waktu kontak 60 menit, konsentrasi menurun lebih lanjut menjadi 1,80 mg/L, atau terjadi penurunan sebesar 68,42%. Perlakuan selama 90 menit menghasilkan konsentrasi akhir sebesar 1,65 mg/L, yang berarti terjadi penurunan sebesar 71,05% dari konsentrasi awal.

b. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar *Fe* sebelum dilakukan pemeriksaan sebesar 5,70 Mg/l. Hasil perlakuan alat selama 30 menit didapatkan kadar Fe sebesar 2,70 Mg/l, pada menit ke 60 didapatkan hasil 1,80 dan pada menit 90 didapatkan hasil *Fe* 1,65 Mg/l.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar Fe sebelum perlakuan adalah 5,70 mg/L. Setelah 30 menit pemrosesan, kadar Fe menurun menjadi 2,70 mg/L (penurunan 52,63 %). Pada 60 menit, kadar menjadi 1,80 mg/L (68,42 %), dan pada 90 menit, sebesar 1,65 mg/L (71,05 %). Efektivitas alat paling optimal pada menit ke-90, kemungkinan karena aerasi dan filtrasi telah mencapai kinerja maksimum.

Studi di Kampung Dukwia, Kabupaten Keerom (2024) menemukan bahwa penggunaan bubble aerator dikombinasikan media filtrasi (pasir silika, zeolit, karbon aktif) berhasil menurunkan kadar Fe awal yang melebihi ambang batas Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 (0,3 mg/L) menjadi di bawah ambang aman setelah perlakuan.

Proses aerasi meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO), mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang selanjutnya mengendap sebagai $Fe(OH)_3$ dan dapat difiltrasi sejalan dengan hasil studi 2023 yang menunjukkan penurunan kadar besi secara signifikan menggunakan aerasi dan filtrasi (Desta et al., 2022). Media filtrasi bertindak efektif sebagai penyaring endapan dan adsorben ion berat, meningkatkan efisiensi penurunan Fe hingga > 70 %, sesuai dengan Wulandari & Nugroho (2022) yang melaporkan efisiensi > 98 % saat kombinasi

aerasi dan filter pasir alami digunakan. Faktor pH (6,8–7,2) dan suhu ($\sim 27^{\circ}\text{C}$) diperhatikan juga mendukung oksidasi dan endapan besi, sesuai rekomendasi pH untuk aerasi optimal ($\geq 7,2\text{--}8,0$).

Studi menunjukkan bahwa konsentrasi Fe awal bisa setinggi 3,8 mg/L, dengan pengurangan serendah 0,28 mg/L setelah 45 menit aerasi dan filtrasi, mencapai efektivitas 92,63% (Aba et al., 2017) Studi lain melaporkan pengurangan 95% Fe dari 0,791 mg/L menjadi 0,062 mg/L menggunakan pendekatan aerasi-filtrasi serupa (Sinurat et al., 2024). Efektivitas pengurangan Fe meningkat dengan waktu kontak yang lebih lama, seperti yang ditunjukkan dengan hasil yang bervariasi dari 15 hingga 45 menit (Aba et al., 2017; Sari, 2022). Bersamaan dengan pengurangan Fe, kadar Mn juga menurun secara signifikan, dengan konsentrasi akhir turun menjadi 1,5 mg/L setelah pengobatan (Aba et al., 2017). Metode aerasi-filtrasi juga secara efektif mengurangi kekeruhan, meningkatkan kualitas air secara keseluruhan (Sinurat et al., 2024; Febiary et al., 2016). Kombinasi bubble aerator + filtrasi terbukti efektif, ekonomis, dan aplikatif dalam menurunkan kadar Fe pada air sumur Kampung Dukwia. Teknologi ini berpotensi besar sebagai alternatif penyediaan air bersih di wilayah pedesaan berbasis sumber daya lokal.

Aerator gelembung, khususnya aerator gelembung halus dan nano, memberikan manfaat signifikan dalam proses penyaringan air. Teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi transfer oksigen, merangsang aktivitas mikroba, serta mengoptimalkan konsumsi energi dan biaya operasional, sehingga menjadi komponen penting dalam berbagai aplikasi pengolahan air. Aerator gelembung halus meningkatkan luas permukaan kontak antara udara dan air, sehingga meningkatkan efisiensi pembubaran oksigen yang sangat diperlukan untuk menjaga kondisi aerobik dalam sistem pengolahan air (Hua et al., 2011). Sementara itu, gelembung nano, dengan ukuran yang sangat kecil dan stabilitas tinggi dalam air, mampu lebih lanjut meningkatkan efisiensi transfer oksigen. Hal ini memberikan kontribusi nyata dalam menurunkan kebutuhan oksigen kimia (COD) dan total padatan tersuspensi (TSS) dalam air limbah (Thom et al., 2024). Selain itu, penggunaan aerator gelembung halus dan nano juga mendukung pertumbuhan bakteri nitrifikasi dalam biofilter, yang berperan penting dalam proses penghilangan nitrogen amonia dari air. Dengan meningkatnya ketersediaan oksigen, terbentuk komunitas mikroba yang lebih aktif dan stabil, yang berkontribusi pada peningkatan kinerja sistem biofiltrasi secara keseluruhan (Suriasni et al., 2023). Dari segi efisiensi energi dan biaya, desain aerator gelembung halus seperti sistem tabung tetap dapat mencegah akumulasi lumpur mati, sehingga mengurangi kebutuhan perawatan dan menekan biaya operasional.

Desain ini juga memberikan keuntungan dalam penghematan investasi awal serta fleksibel diterapkan dalam berbagai skenario pengolahan air (Xijian, 2014). Pada aerator gelembung nano, identifikasi laju aliran optimal telah memungkinkan pencapaian efisiensi pengolahan maksimum tanpa konsumsi energi yang berlebihan (Thom et al., 2024). Secara keseluruhan, penggunaan aerator gelembung halus dan nano memberikan pendekatan teknologi yang efektif dan berkelanjutan dalam peningkatan kualitas air.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pemeriksaan Fe pada air sumur menggunakan metode Bubble aerator dan filtrasi di dapatkan hasil yang signifikan dalam menurunkan kandungan besi (Fe). Hal ini bisa dilihat dari hasil eksperimen alat dimana dapat menurunkan besi (Fe) dari 5,70 Mg/L menjadi 1,65 Mg/L atau 71,05%. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan metode penurunan kadar Fe yang lebih efisien. Bagi Dinas Kesehatan dan Puskesmas Arso Barat, hasil ini dapat dijadikan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan air bersih. Sementara itu, masyarakat Kampung Dukwia dapat memanfaatkan alat yang dikembangkan sebagai solusi sederhana dan terjangkau untuk menurunkan kadar Fe dalam air sumur.

DAFTAR REFERENSI

- Aba, L. M., Aflahah, N., & Gusti, R. M. (2017). Efektivitas kombinasi aerasi dan filtrasi dalam menurunkan kandungan zat besi dan mangan pada air sumur gali. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 16(1), 12–20.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar kesehatan lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Desta, M. A., Nugroho, A. R., & Lestari, D. (2022). Pengaruh aerasi terhadap penurunan kadar besi (Fe) dalam air sumur dengan variasi waktu kontak. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 28(2), 89–96.
- Febiary, Y., Lestari, N. P. M., & Darmono. (2016). Pengaruh metode aerasi terhadap penurunan kadar besi dan mangan dalam air tanah. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(1), 77–85.
- Munfiah, S., Purwaningsih, E. H., & Suyanto, A. (2013). Kandungan besi (Fe) dalam air tanah dan pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 45–52.
- Notoatmodjo, S. (2011). *Ilmu gizi kesehatan masyarakat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Rahayu, W., Rahmawati, R., & Sugiarto, H. (2013). Kualitas air bersih dan pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 34–41.
- Sari, R. K. (2022). Penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur menggunakan metode aerasi dan filtrasi pasir. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 9(2), 55–63.
- Sinurat, R., Simanjuntak, L., & Napitupulu, H. T. (2024). Penurunan kadar zat besi (Fe) dalam air sumur dengan kombinasi aerasi dan filtrasi: Studi kasus di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Lingkungan*, 18(1), 25–33.

- Suharto. (2011). *Teknologi pengolahan air bersih skala rumah tangga*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutrisno, E., Darminto, & Rachmawati, A. (2010). Kadar besi dalam air dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 5(3), 187–194.
- Wulandari, E. A., & Nugroho, S. W. (2022). Efektivitas kombinasi aerasi dan filtrasi pasir alami terhadap penurunan kadar zat besi dalam air tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 19(2), 107–115.
- Li, H., Dengyan, H., Zheng, C., & Fei, L. (2011). Platy fine bubble aerator. (*Informasi tidak lengkap, harap lengkapi sumber atau penerbit jika tersedia*).
- Pham, T. T., Hai, L., & Nguyen, T. K. (2024). Application of nano bubble aeration technology in domestic wastewater treatment: Optimization of gas flow and reaction time. *Journal of Global Ecology and Environment*, 20(4), 146–154. <https://doi.org/10.56557/jogee/2024/v20i48929>
- Suriasni, P. A., Faizal, F., Panatarani, C., Hermawan, W., & Joni, I. M. (2023). A review of bubble aeration in biofilter to reduce total ammonia nitrogen of recirculating aquaculture system. *Water*, 15(4), 808. <https://doi.org/10.3390/w15040808>