

PERBEDAAN VARIASI LAMA WAKTU KONTAK AERASI TERHADAP PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN METODE *BUBBLE AERATOR* PADA AIR BERSIH DI PT. X

Salma Naufalia Fadhilah

Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Bandung

Email : salmanaufalia@studentpoltekkesbandung.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan air bersih di PT. X untuk bagian produksi sudah dijalankan secara maksimal akan tetapi di Masjid Baiturahman belum adanya teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan cemaran parameter kimia besi (Fe) pada air bersih di PT. X. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas *bubble aerator* dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air bersih di PT. X dengan menggunakan variasi waktu kontak *bubble aerator*, yaitu 40 menit, 50 menit, 65 menit. Jenis penelitian ini adalah *pretest – posttest without control* dengan menggunakan variasi waktu kontak yaitu 40 menit, 50 menit, 65 menit, sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 36 sampel. Analisa penurunan kadar besi (Fe) dilakukan menggunakan uji univariat dan uji bivariat. Hasil penurunan kadar besi (Fe) pada air bersih dengan variasi waktu kontak 40 menit dapat menurunkan rata – rata 0,29 mg/L dengan persentase penurunan 26%, variasi waktu kontak 50 menit dapat menurunkan rata – rata 0,36 mg/L dengan persentase penurunan 33%, variasi waktu kontak 65 menit dapat menurunkan rata – rata 0,47 mg/L dengan persentase 43%. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu terdapat perbedaan antara variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit, 50 menit, 65 menit terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air bersih di PT. X, dan waktu yang paling efektif untuk menurunkan kadar besi (Fe) ada pada variasi waktu kontak *bubble aerator* 65 menit.

Kata Kunci : Besi , *Bubble Aerator*, Variasi Waktu Kontak

ABSTRACT

Clean water treatment at PT. X for the production section has been carried out optimally, but in the Baiturahman Mosque there is no equipment that filters or aerates clean water in PT. X. The purpose of this study is to determine the effectiveness of bubble aerator in reducing iron (Fe) levels in clean water in PT. X uses variations in bubble aerator contact time, namely 40 minutes, 50 minutes, 65 minutes. This type of research is pretest – posttest without control using a variety of contact time, namely 40 minutes, 50 minutes, 65 minutes. The technique used in this study is grab sampling, the samples used in this study are 36 samples. The analysis of the decrease in iron (Fe) content was carried out using a univariate test and a bivariate test. The results of reducing iron (Fe) levels in clean water with a 40-minute contact time variation can reduce an average of 0.29 mg/L with a percentage decrease of 26%, a 50-minute contact time variation can reduce an average of 0.36 mg/L with a 33% decrease, and a variation of 65-minute contact time can reduce an average of 0.47 mg/L with a percentage of 43%. The conclusion in this study is that there is a difference between the variation of the contact time of the bubble aerator 40 minutes, 50 minutes, 65 minutes to the decrease in iron (Fe) levels in clean water at PT. X, and the most effective time to lower iron (Fe) levels is in the variation in the contact time of the bubble aerator for 65 minutes.

Keywords : Iron, *Bubble Aerator*, Contact Time Variation

PENDAHULUAN

PT. X dalam proses produksi maupun kegiatan kantor tidak terlepas dari penggunaan air, baik itu menggunakan air minum ataupun menggunakan air bersih untuk keperluan toilet, penyiraman tanaman dan banyak hal lain yang menggunakan air. Hal ini dapat diketahui bahwa sebuah industri tidak terlepas dari kondisi lingkungan yang mempengaruhi kinerja dari karyawan dan lingkungan yang ada. Salah satu sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia yaitu air. Salah satu cara untuk menjamin kesehatan masyarakat dalam kebutuhan air untuk keperluan higiene harus memenuhi standar kualitas. Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat merupakan parameter wajib dan tambahan. Air untuk keperluan higiene sanitasi digunakan untuk cuci bahan pangan, peralatan makan dan pakaian, dan dapat digunakan sebagai air baku air minum (Permenkes, 2017).

Sumber air baku di PT. X berasal dari beberapa sumur dangkal dengan kedalaman ± 12 meter dan sumur dalam dengan kedalaman ± 120 meter yang berada dalam kawasan PT. X.

Hal terpenting pada penelitian ini, kadar ataupun kualitas air yang telah dilakukan pemeriksaan di Masjid Baiturahman PT. X nilai kadar dari besi (Fe) tidak memenuhi persyaratan standar yang ada yaitu sebesar 1,117 mg/l. Pengolahan air bersih di PT. X untuk bagian produksi sudah dijalankan secara maksimal akan tetapi untuk bagian di Masjid Baiturahman belum adanya teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan parameter kimia yaitu besi (Fe) pada air bersih yang ada di PT. X karena di tempat tersebut air digunakan para karyawan dan pegawai untuk kebutuhan wudhu dan toilet sehingga perlu dilakukan penelitian ini bisa menambah referensi bagi peneliti selanjutnya. Pada kasus ini proses aerasi dan filtrasi adalah satu satu metode pencegahan yang paling umum dan

digunakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting untuk kehidupan, terutama bagi manusia karena digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dalam hampir semua kegiatan, seperti mandi, mencuci, memasak, minum, dan kegiatan lainnya. Karena air bersifat universal atau menyuluruh dari aspek kehidupan, air merupakan sumber daya yang berharga dari segi kualitas dan kuantitas. Permenkes RI No 32 Tahun 2017 menetapkan bahwa air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pokok sehari-hari harus memenuhi standar.

Air tanah akan mengalami kontak dengan berbagai macam material yang terdapat di bumi, pada umumnya, air tanah mengandung kation dan anion terlarut dan memiliki senyawa anorganik seperti silikia (SiO_2). Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/liter. Akan tetapi, pada air tanah memiliki kadar Fe yang jauh lebih tinggi. Jika konsentrasi Fe tinggi dapat dilihat, dirasakan, dan dapat menodai kain, perkakas dapur dan lain-lainnya. Pada air permukaan kandungan zat besinya relative rendah yaitu jarang melebihi 1 mg/l sedangkan pada air tanah bisa bervariasi mulai dari 0,01 mg/l - \pm 25 mg/l. Dalam air umumnya bentuk terlarut menjadi senyawa garam Ferri (Fe^{3+}) atau garam Ferro (Fe^{2+}): tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter < 1 mm) dan bergabung bersama zat organik atau zat padat yang anorganik seperti tanah liat dan partikel halus yang tersuspensi. Pengolahan air untuk menurunkan kadar FE yaitu dengan cara filtrasi, aerasi, koagulasi, elektrolitik,.

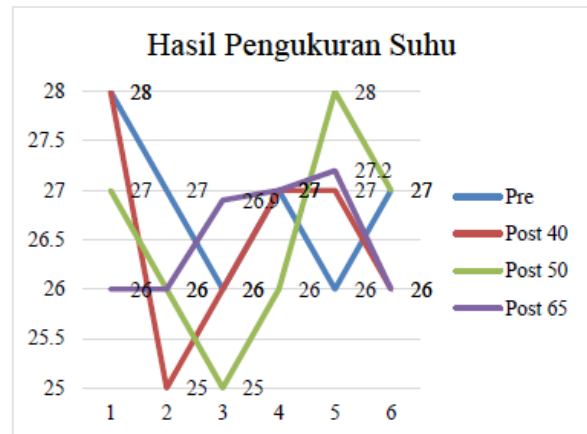
METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pre-post test without control group design*. Dilakukan pemeriksaan kadar Fe pada air bersih sebelum dan setelah diberikan perlakuan aerasi dengan berbagai variasi lama waktu aerasi yaitu 40 menit, 50 menit, 65 menit. Jenis penelitian dalam penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yang dilaksanakan di PT. X. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi lama waktu aerasi terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air bersih di PT. X menggunakan proses aerasi dengan metode *bubble aerator*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Suhu Pada Air Bersih *pretest* dan *posttest*

Hasil rata – rata pengukuran suhu pada air bersih di PT. X sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dengan perbedaan variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit, 50 menit, 65 menit dapat dilihat pada **Gambar 1**.



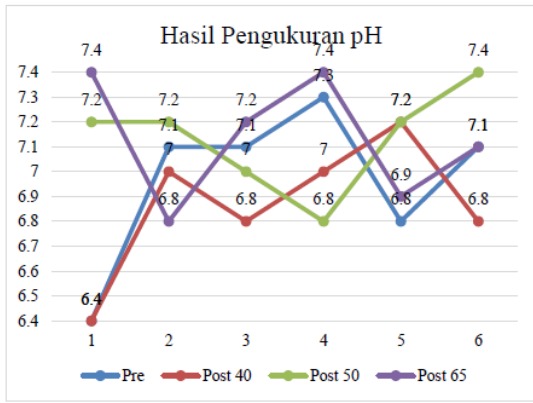
Gambar 1 Grafik Rata – Rata Suhu Pada Air Bersih Di PT. X Sebelum dan Sesudah Diberikan Perlakuan

Pada **Gambar 1**, Penurunan kadar besi terlarut pada air bersih di PT. X dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya yaitu suhu. Suhu air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* di PT. X dengan variasi waktu kontak 40 menit adalah antara 26°C – 28°C dengan rata-rata 26,8°C. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak 40 menit yaitu rentang 25°C – 28°C dengan rata – rata 26,5°C. Suhu pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 50 menit sedikit meningkat menjadi 26°C - 28°C dengan rata – rata 26,5°C. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak 50 menit yaitu dengan rentang 25°C – 28°C dengan rata – rata 26,5°C.

Selanjutnya suhu pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* variasi waktu kontak 65 menit yaitu rentang 26°C – 28°C dengan rata – rata 26,5°C. Suhu air bersih sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* relatif stabil pada semua variasi waktu kontak. Tidak terjadi kenaikan suhu yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa proses penurunan kadar besi dengan menggunakan metode aerasi tidak secara signifikan mempengaruhi suhu air bersih. Grafik suhu air bersih, menunjukkan bahwa peningkatan suhu tidak menghasilkan peningkatan yang signifikan. Peningkatan suhu dapat terjadi karena proses aerasi, atau terjadi karena suhu udara saat pengambilan sampel mempengaruhi air sehingga belum dapat dipastikan bahwa suhu dapat mempengaruhi proses aerasi.

Pengukuran pH Pada Air Bersih *pretest* dan *posttest*

Hasil rata – rata pengukuran pH pada air bersih di PT. X sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dengan perbedaan variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit, 50 menit, 65 menit dapat dilihat pada **Gambar 2**.

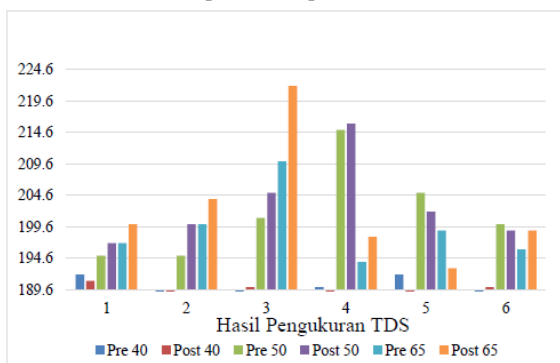


Gambar 2 Grafik Pengukuran pH pada penurunan kadar besi (Fe)

Pada **Gambar 2**, penurunan kadar besi terlarut pada air bersih di PT. X dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu pH. pH air sebelum diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada pengulangan 1 variasi waktu kontak 40 menit yaitu 6,4 dan setelah diberikan perlakuan yaitu 6,4, untuk pengulangan 1 variasi waktu kontak 50 menit sebelum diberi perlakuan yaitu 7,1 dan setelah diberikan perlakuan 7,2, untuk pengulangan 1 variasi waktu kontak 65 menit sebelum diberi perlakuan yaitu 7,1 dan setelah diberikan perlakuan yaitu 7,4. Pada proses sebelum aerasi pH pada air bersih yaitu rentang pada 6,4 sampai 7,3 dengan pH rata-rata ,4 dan maksimal 7,2 dengan pH rata-rata 6,9, perlakuan waktu 50 menit memiliki minimal 6,8 dan maksimal 7,4 dengan pH rata-rata 7,1, perlakuan waktu 65 menit memiliki minimal 6,8 dan maksimal 7,4 dengan pH rata-rata 7,1.

Pengukuran TDS Pada Air Bersih pretest dan posttest

Hasil rata – rata pengukuran TDS pada air bersih di PT. X sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dengan perbedaan variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit, 50 menit, 65 menit dapat dilihat pada **Gambar 3**.



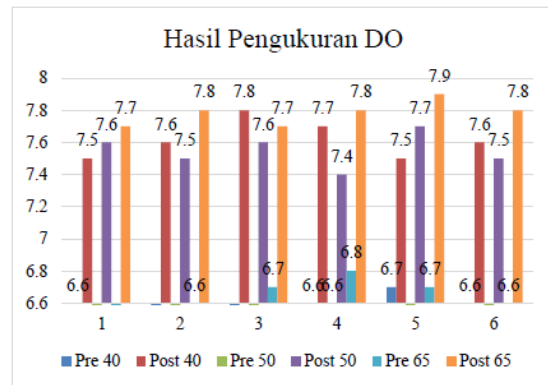
Gambar 3 Grafik Pengukuran TDS pada penurunan kadar besi (Fe)

Penurunan kadar besi terlarut pada air bersih di PT. X dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu TDS. TDS air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* di PT. PINDAD dengan variasi

waktu kontak 40 menit adalah rentang 187 – 192 ppm dengan rata – rata 189 ppm. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak 40 menit yaitu rentang 184 – 191 ppm dengan rata – rata 187 ppm. TDS pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 50 menit adalah rentang 195 – 215 ppm dengan rata – rata 201 ppm. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak 50 menit adalah rentang 197 – 216 dengan rata – rata 203 ppm. Selanjutnya TDS pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 65 menit dengan rentang adalah 194 - 210 ppm dengan rata – rata 199 ppm. Setelah diberikan perlakuan dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 65 menit dengan rentang adalah 193 – 222 ppm dengan rata – rata 202 ppm.

Pengukuran Dissolve Oxygen Pada Air Bersih pretest dan posttest

Hasil rata – rata pengukuran *dissolved oxygen* pada air bersih di PT. X sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dengan perbedaan variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit, 50 menit, 65 menit dapat dilihat pada **Gambar 4**.



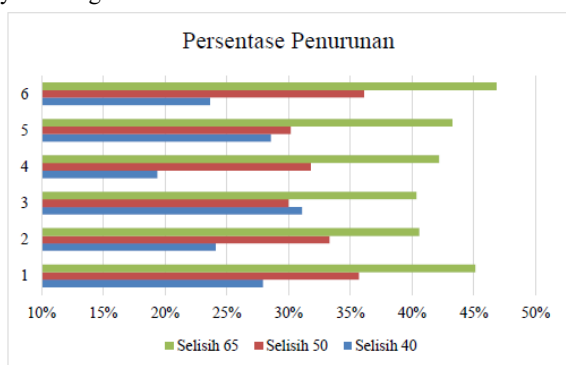
Gambar 4 Grafik Pengukuran DO pada Penurunan Kadar Besi (Fe)

Penurunan kadar besi (fe) pada air bersih di PT. X dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu *dissolved oxygen*. *Dissolved oxygen* air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* di PT. X. dengan variasi waktu kontak 40 menit adalah rentang 6,4 – 6,7 mg/L dengan rata – rata 6,5 mg/L. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak 40 menit yaitu dengan rentang 7,5 – 7,8 mg/L dengan rata – rata 7,6 mg/L. *Dissolved oxygen* pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 50 menit dengan rentang 6,3 – 6,5 dengan rata – rata 6,4 mg/L. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak 50 menit yaitu dengan rentang 7,4 – 7,7 mg/L dengan rata – rata 7,5 mg/L. *Dissolved oxygen* pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 65 menit dengan rentang 6,5 – 6,8 mg/L dengan rata – rata 6,6 mg/L. Setelah diberikan perlakuan dengan *bubble aerator* pada variasi waktu kontak

65 menit yaitu dengan rentang 7,7 – 7,9 mg/L dengan rata – rata 7,7 mg/L,

Persentase Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih di PT. X

Penelitian kandungan kadar besi (Fe) pada air bersih dengan menggunakan metode aerasi dengan *bubble aerator* dalam menurunkan kadar besi dengan perbedaan variasi waktu kontak 40 menit, 50 menit, 65 menit. Dilakukan sebanyak 6 kali pada masing – masing variasi. Penelitian ini dilakukan dengan cara proses oksidasi terhadap Fe terlarut dalam air bersih agar zat besi yang ada di dalam air baku bereaksi dengan oksigen senyawa ferri. Proses oksidasi ini dilakukan dengan menggunakan udara yaitu dengan memasukkan udara ke dalam air.



Gambar 5 Rata-Rata Persentase Penurunan Kadar Besi (Fe) Sebelum dan Sesudah Diberikan Perlakuan

Pada **Gambar 5**, hasil penelitian yang telah dilakukan, alat *bubble aerator* dengan variasi waktu kontak 40 menit dapat menurunkan rata - rata kadar besi (Fe) sebesar 0,29 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 25%, *bubble aerator* dengan variasi waktu kontak 50 menit dapat menurunkan rata – rata 0,36 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 33%, dan *bubble aerator* dengan variasi waktu kontak 65 menit dapat menurunkan dengan rata – rata 0,47 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 43%.

Pengaruh *Bubble Aerator* Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe)

Menurut (Wang, X., & Chen, J.2016) *bubble aerator* memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan kadar besi (Fe). Berikut beberapa point utama mengenai pengaruhnya yaitu :

1. Proses oksidasi: *bubble aerator* meningkatkan penyerapan oksigen ke dalam air, yang mengubah besi terlarut (Fe²⁺) menjadi bentuk tak larut (Fe³⁺). Proses ini mendorong pengendapan besi.
2. Peningkatan Koagulasi: Dengan menambah oksigen, *bubble aerator* memfasilitasi pengagregatan partikel besi, membentuk floc yang lebih besar dan lebih mudah dihilangkan.
3. Efisiensi Penurunan: penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *bubble aerator* dapat menurunkan kadar besi hingga 80%, tergantung pada kondisi seperti ukuran bubble dan waktu kontak. (Arya, P., et al. 2018).

4. Variabel Pengaruh: efektivitas sistem ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ukuran dan jumlah *bubble*, laju aliran udara, suhu, dan pH air.
5. Perbandingan Metode: dibandingkan dengan metode lain, *bubble aerator* sering kali lebih efisien dan ramah lingkungan untuk pengolahan air yang mengandung besi.

Pengaruh Suhu Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe)

Suhu pada air bersih mempengaruhi terhadap penurunan kadar besi (Fe) sehingga kadar besi (Fe) mengalami penurunan karena semakin tinggi suhu kadar oksigen yang terlarut akan semakin mudah terlarut dalam air, sehingga derajat kelarutan dalam air lebih tinggi. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme untuk konsumsi air sehingga melarutkan air lebih meningkat. Suhu yang berubah - ubah akan mempengaruhi kadar Besi (Fe) yang ada di air bersih. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ulfa et al. (2019) bahwa suhu yang tinggi, akan mempengaruhi terhadap oksigen terlarut di dalam air dengan kata lain bahwa makin tinggi suhu air, maka makin berkurang kadar oksigen terlarut yang ada di air sehingga akan mempengaruhi proses oksidasi besi dalam air. (Ulfa et al. 2019).

Pengaruh pH Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe)

Dalam air, hal yang dapat mempengaruhi kelarutan kandungan besi salah satunya yaitu keasaman air. pH air yang berpengaruh terhadap kesadahan kadar Fe dalam air, proses korosif dapat terjadi jika pH air yang rendah sehingga akan menyebabkan larutnya besi dan logam lainnya dalam air, pH yang rendah kurang dari 7 dapat melarutkan logam. Besi yang ada dalam air berbentuk ferri atau ferro dalam keadaan pH rendah, dimana bentuk ferri tidak larut dalam air dan akan mengendap serta tidak dapat dilihat dengan mata sehingga mengakibatkan air menjadi berbau, berwarna, dan memiliki rasa (Krupińska, 2019).

Pengaruh TDS Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe)

Menurut penelitian (Kumar, A., et al. (2018). TDS dapat mempengaruhi interaksi ion dalam air, yang berdampak pada solubilitas besi. Tingkat TDS yang tinggi dapat mengubah kelarutan Fe²⁺, sehingga mempengaruhi proses pengendapan. Lalu proses koagulasi kadar TDS yang tinggi dapat mempengaruhi efisiensi koagulasi. Zat terlarut lainnya dalam air dapat bersaing dengan ion Fe untuk membentuk floc, yang dapat menghambat pengendapan. (Zhang, Y., et al. 2019). Pada saturasi besi kondisi TDS tinggi saturasi besi dapat meningkat, yang dapat menyebabkan pengendapan Fe menjadi lebih sulit. Penyesuaian pH dan koagulan mungkin diperlukan untuk memfasilitasi proses ini.

Pengaruh *Dissolved Oxygen* Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe)

Dissolved Oxygen (DO) berperan penting dalam proses pengolahan air, terutama dalam penurunan kadar besi (Fe). Berikut adalah beberapa pengaruh utama DO terhadap kadar besi:

1. Oksidasi Fe^{2+} ke Fe^{3+} : DO meningkatkan oksidasi ion besi terlarut menjadi bentuk yang tidak terlarut yang dapat mengendap dari larutan.
2. Peningkatan Pengendapan : dengan adanya oksigen, pengendapan besi menjadi lebih efisien, sehingga lebih banyak besi dapat dihilangkan dari air.
3. Pengaruh terhadap pH : DO dapat mempengaruhi pH air, yang pada gilirannya memengaruhi kelarutan besi. Peningkatan pH dapat meningkatkan pengendapan Fe.
4. Stabilitas Senyawa Besi: tingkat DO yang tinggi membantu mempertahankan stabilitas Fe^{3+} dalam larutan, mendukung proses koagulasi yang lebih baik.
5. Interaksi dengan Mikroba: Dalam kondisi rendah DO, mikroba pereduksi dapat meningkatkan kelarutan Fe^{2+} . DO yang cukup menghambat mikroba ini, mendukung penurunan kadar Fe.

KESIMPULAN

Kadar besi (Fe) pada air bersih di PT. X sebelum dilakukan pengujian pada alat *bubble aerator* yaitu sebesar 1,117 mg/L. Kadar besi (Fe) air bersih sesudah diberikan perlakuan (*posttest*) dengan variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit rata – rata sebesar 0,29 mg/L, dan untuk variasi waktu kontak 50 menit rata – rata sebesar 0,36 mg/L, untuk variasi waktu kontak 65 menit rata – rata sebesar 0,47 mg/L. Kadar besi (Fe) pada variasi waktu kontak *bubble aerator* 40 menit terjadi selisih penurunan kadar besi (Fe) rata – rata sebesar 0,29 mg/L dengan persentase penurunan 26%. Pada variasi waktu kontak *bubble aerator* 50 menit terjadi selisih penurunan kadar besi (Fe) rata – rata sebesar 0,36 mg/L dengan persentase penurunan 33%. Pada variasi waktu kontak *bubble aerator* 65 menit terjadi selisih penurunan kadar besi (Fe) rata – rata sebesar 0,47 mg/L dengan persentase penurunan 43%. Variasi waktu kontak yang paling efektif dalam menurunkan kadar besi (Fe) ada pada variasi waktu kontak *bubble aerator* 65 menit yang dapat menghasilkan penurunan rata – rata sebesar 0,47 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

Arwina Bangun, H., Sitorus, E. J., Manurung, K., Ananda, Y. R., Studi, P., Masyarakat, K., Farmasi, F., & Kesehatan, I. (2022). PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN METODE AERASI-FILTRASI AIR SUMUR BOR MASYARAKAT KELURAHAN TANJUNG REJO. In *Human Care Journal* (Vol. 7, Issue 2).

Astrid Ayuna. 25 Nopember 2014. Studi Penurunan Kadar

Besi (Fe) Dan Mangan(Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik.

Bahrin, dkk. 2017. *Pengolahan Air Sumur Gali Dengan Metode-Filtrasi Menggunakan Aeratir Gelembung dan Saringan Pasir Cepat Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn)*.

Carvalho Filho, J., Nunhes, T. V., & Oliveira, O. J. (2019). Guidelines for cleaner production implementation and management in the plastic footwear industry. *Journal of Cleaner Production*, 232, 822-838

Hafizuddin-Syah, B. A. M, Shahida, S., & Fuad, S. H (2018). Sustainability Certification and financial profitability: An analysis on palm oil companies in Malaysia. *Jurnal Pengurusan*, 54 (June 2019).

Hartini Eko Maxell Findo Dinata Purba. Vol. 12 / No. 1 / April 2013. Penurunan Kandungan Zat Besi (Fe) Dalam Air Sumur Gali Dengan Metode Aerasi.

Hendra B, 2012. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran Egc.

Krupińska, I. (2019). Removal of Iron and Organic Substances From Groundwater in an Alkaline Medium. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 27(1), 12–21.

Kusumaningrum, W., & Indah Nurhayati. (2016). Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar Fe (Besi) dan Mn (Mangan Pada Air Sumur Gali di desa Gelam Candi. *Teknik WAKTU*, 14(01), 1–7.

Ma, Y., et al. (2020). "Impact of total dissolved solids on the removal efficiency of iron from wastewater." *Environmental Science & Technology*. Zhang, Y., et al. (2019). "Effects of dissolved solids on the coagulation process for metal removal." *Water Research*.

Ulfa, S., Hamzani, S., & Irfa'i, M. (2019). *Effect of Distance Tray Aeration Against Reducing Iron Levels (Fe) Drilled Well Water. Health Journal Environment: Engineering Journal and Applications Environmental Health*, 791-796.

Wang, X., & Chen, J. (2016). "Removal of iron from water by air flotation." *Environmental Engineering Science*. Arya, P., et al. (2018). "Effectiveness of air bubbling in the removal of heavy metals from wastewater." *International Journal of Environmental Research and Public Health*.