



METODE PENGOLAHAN AIR SEDERHANA UNTUK MENURUNKAN KADAR Fe (BESI) PADA AIR SUMUR: STUDI LITERATUR

Denni Agustian*, Yuanita Windusari, Hamzah Hasyim

Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya, Jl.

Masjid Al Gazali, Bukit Lama, Ilir Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139, Indonesia

*denni.leo.08@gmail.com

ABSTRAK

Penyehatan air sebagai salah satu upaya bidang kesehatan yang diselenggarakan dalam rangka mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat. Oleh karena air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Apabila ada salah satu parameter yang tidak memenuhi syarat terutama kandungan Fe (Besi) tinggi pada air sumur maka air tersebut tidak layak untuk dimanfaatkan karena kualitas air tersebut tersebut dapat menimbulkan gangguan Kesehatan dan lingkungan serta dapat menimbulkan noda kekuningan pada pakaian yang dicuci. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui alternatif metode pengolahan air sumur yang efektif terhadap penurunan kadar Fe (Besi) berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama studi empiris lima tahun terakhir. Desain penelitian ini adalah Literature Review atau tinjauan pustaka dengan sumber literatur yang didapatkan dari Google Scholar, Science Direct yang kemudian data disintesis menggunakan metode naratif dengan mengelompokkan data hasil ekstraksi yang sejenis sesuai dengan hasil yang diukur untuk menjawab tujuan penelitian. Artikel yang disertakan terbatas pada artikel diterbitkan pada tahun 2018-2022, hasil pencarian mendapatkan total 72 artikel. Setelah dilakukan screening didapatkan 12 artikel untuk dianalisis. Hasil dari penelitian ini ditemukan 2 jenis metode pengolahan air dalam menurunkan kadar Fe (Besi) yaitu metode pengolahan air dengan sistem aerasi, dan Fitoremediasi. berdasarkan hasil dari Literature Review dengan total pembahasan 12 artikel.

Kata kunci: dampak fe; kandungan fe air; metode pengolahan fe

SIMPLE WATER TREATMENT METHOD TO REDUCE CONTENT Fe (Iron) IN WELL WATER: LITERATURE STUDY

ABSTRACT

Sanitation of water as one of the efforts in the health sector that is held in order to create a quality healthy environment. Because water is a very vital need for human life and other living things. If there is one of the parameters that does not meet the requirements, especially the high Fe (Iron) content in well water, then the water is not suitable for use because the quality of the water can cause health and environmental problems and can cause yellowish stains on the clothes being washed. This research was conducted with the aim to find out alternative well water treatment methods that are effective in decreasing Fe (Iron) levels based on the results of research that has been conducted during the last five years empirical studies. The design of this study was a Literature Review or literature review with literature sources obtained from Google Scholar, Science Direct. The data was then synthesized using a narrative method by grouping similar extracted data according to the results measured to answer the research objectives. The articles included are limited to articles published in 2018-2022, the search results get a total of 72 articles. After screening, 12 articles were obtained for analysis. The results of this study found 2 types of water treatment methods in reducing Fe (Iron) levels, namely the method of water treatment with an aeration system, and phytoremediation. based on the results of the Literature Review with a total discussion of 12 articles.

Keywords: fe impact; fe treatment method; water fe content

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok dan wajib bagi manusia dan seluruh makhluk hidup di muka bumi. Oleh karena itu, konsumsi air oleh manusia harus aman, mudah diakses, memadai dan bebas dari segala bentuk pencemaran. Polutan di badan air menimbulkan ancaman berat bagi kesehatan manusia serta ekosistem perairan (Madhav et al., 2020). 97% air di Bumi adalah air asin dan hanya 3% air tawar, Kurang lebih dari 67% dari air tawar ini membeku di gletser dan lapisan es kutub. Air tawar beku yang tersisa ditemukan terutama sebagai air tanah, yang merupakan 30% dari air tawar di Bumi (Lahkar & Bhattacharyya, 2019).

Air tanah umumnya dianggap sebagai sumber air minum segar yang aman. Tetapi pertumbuhan populasi yang cepat, peningkatan standar hidup di daerah perkotaan dan industrialisasi. mengakibatkan tuntutan yang lebih besar untuk kualitas air, sementara di sisi lain, pencemaran sumber daya air terus meningkat. Ketersediaan air minum yang aman merupakan masalah utama di dunia saat ini. Sumber air portabel yang paling banyak/dapat diakses dan termurah adalah air tanah (K. Y. Ali et al., 2022). Aktivitas manusia dapat melepaskan banyak polutan ke lingkungan seperti polutan organik dan anorganik (logam berat), polutan atau pencemar tidak hanya berasal dari aktivitas antropogenik tetapi juga dapat berasal dari fenomena alam (Astuti et al., 2021).

Besi adalah unsur kimia yang ditemukan di hampir setiap tempat di bumi, termasuk di air sumur atau air tanah. Besi dapat tersuspensi dalam air dengan zat organik atau padatan anorganik dalam bentuk kation besi (Fe^{2+}) dan feri (Fe^{3+}) (Yazid et al., 2021). Pencemaran logam berat dalam air tanah menjadi perhatian utama, karena toksisitasnya dan bahaya bagi kehidupan manusia dan lingkungan (Elmanfe et al., 2022). Kadar Fe (Besi) menurut Permenkes RI No. 32 tahun 2017, dimana batas maksimum untuk besi (Fe) yang diperoleh maksimum 1,0 mg/l. Konsentrasi besi yang tinggi di air tanah, menjadi ancaman besar bagi kesehatan masyarakat di wilayah tersebut. Selain ancaman terhadap kesehatan manusia, air tanah yang tercemar tidak layak untuk penggunaan rumah tangga. Warna air kemerahan dan coklat, penggunaan air untuk mencuci dan mandi berdampak pada pakaian, peralatan dapur dan tubuh manusia (Isaac et al., 2022). kerugian ekonomi juga diakibatkan oleh ketidakmampuan warga untuk bekerja karena masalah kesehatan yang diakibatkan air sehingga kehilangan pendapatan dan produktivitas di lingkungan kerja (Mumbi & Watanabe, 2022). Untuk mengatasi bahaya kesehatan tersebut, penduduk harus segera menghindari pemanfaatan air tanah yang mengandung besi ini dan juga harus mencari sumber air lain atau melakukan pengolahan air untuk minum serta untuk penggunaan sehari-hari (Tasneem et al., 2020). Beberapa metode pengolahan konvensional, termasuk metode fisik, kimia, dan biologi, tersedia untuk pengolahan air terproduksi yang dapat mengurangi kerusakan lingkungan (Gul Zaman et al., 2021). Penelitian ini dilakukan untuk melihat beberapa metode pengolahan air yang mengandung kadar Besi (Fe) tinggi sehingga bisa dijadikan suatu rujukan untuk mengolah atau memodifikasi pengolahan air, agar air aman digunakan dan tidak menimbulkan masalah Kesehatan.

METODE

Desain penelitian ini adalah Literature Review atau tinjauan pustaka. Studi literature review adalah cara yang dipakai untuk mengumpulkan data atau sumber yang berhubungan dengan sebuah topik tertentu yang sumbernya dapat diperoleh dari jurnal penelitian. Dalam penelitian ini sumber yang dipergunakan merupakan jurnal dan artikel yang diunduh melalui internet yang memiliki jangka waktu Lima tahun terakhir. Sumber data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah artikel penelitian yang didapatkan dari Google Scholar, Science Direct. Desain penelitian yang diambil dalam penelusuran ilmiah adalah penelitian yang menggunakan metode penelitian eksperimen,. Intervensi utama yang ditelaah pada penelusuran ilmiah ini adalah

metode pengolahan air yang bertujuan untuk menurunkan kandungan Fe (Besi). Outcome yang di ukur dalam penelusuran ilmiah ini adalah metode pengolahan air yang memiliki efektivitas dan efisiensi diatas atau sama dengan 50% terhadap penurunan Fe (Besi) pada hasil efluentnya. Artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi diambil untuk selanjutnya dianalisis. Literature Review ini menggunakan literatur terbitan tahun 2018 – 2022 yang dapat diakses fulltext dalam format pdf. Kriteria jurnal yang di-review adalah artikel jurnal penelitian Internasional dengan subyek penurunan Fe (Besi) pada air, tidak termasuk artikel jurnal literatur review. Artikel jurnal yang sesuai dengan kriteria inklusi berjumlah 12 artikel internasional yang kemudian di review yang berhubungan dengan tema pengolahan air yang efektif terhadap penurunan Fe (Besi) tinggi, dengan biaya yang murah dan mudah diterapkan di masyarakat.

HASIL

Dari hasil pencarian artikel yang berhubungan dengan metode pengolahan air dalam menurunkan Kadar Fe (Besi) didapatkan 12 Artikel sebagai berikut:

Tabel 1.

Hasil Pencarian Artikel

Penulis	Metode Pengolahan Air	Hasil
(Nielsen et al., 2022)	Metode gelembung halus (Bubble Aerator)	Analisis komposisi unsur biofilm menggunakan SEM-EDX menunjukkan adanya akumulasi endapan anorganik selama kedua periode tersebut. Sampel dari P1 menunjukkan adanya Fe dan S, yang muncul di P2. Pembersihan kimiawi di R2 berhasil menghilangkan semua endapan anorganik, termasuk Fe, Ca, dan P yang sangat melimpah.
(Syazwan et al., 2020)	Metode Cascade Aerator	Debit optimum untuk kedua cascade aerator adalah 22mL/s. Model B dengan ketinggian lebih tinggi memiliki oksigen terlarut dan efisiensi aerasi yang lebih tinggi. Penghapusan besi dan mangan tertinggi untuk model B masing-masing adalah 45,2% dan 21,68%. Penghapusan besi dan mangan tertinggi untuk model A masing-masing adalah 39,95% dan 12,09%. Tiga ukuran batugamping yang berbeda diisi ke dalam filtrasi unggun horizontal untuk pembuangan lebih lanjut. Adsorpsi batugamping ini diamati dan kisaran terkecil dari batugamping memiliki penyisihan tertinggi untuk besi dan mangan. Ukuran optimal batugamping adalah 0,425mm – 2,35mm dengan penyisihan 82,75% untuk besi dan 56,78% untuk mangan.
(Razif et al., 2020)	Metode Cascade Aerator	Ditemukan bahwa debit optimum untuk kedua cascade aerator adalah 22 ml/s. Model B dengan ketinggian lebih tinggi memiliki oksigen terlarut dan efisiensi penyisihan yang lebih tinggi. Penghapusan besi dan mangan untuk model B masing-masing adalah 45,2% dan 21,68%. Penghapusan besi dan mangan untuk model A masing-masing adalah 39,95% dan 12,09%.
(Rozainy et al., 2020)	Metode Cascade Aerator	Tingkat penghilangan besi dan mangan dihitung dengan adanya partikel dalam model. Simulasi numerik memverifikasi bahwa persentase penghilangan besi (Fe) dan mangan pada Model A dan Model B masing-masing adalah 10 persen dan 5 persen
(Sari & Yulis, 2021)	Metode Tray Aerator	Untuk metode aerasi digunakan aerator berbentuk tray yang disusun 6 tingkat dengan jarak 20 cm dengan variasi durasi waktu kontak 1, 3, dan 5 jam. Selain itu, pasir kuarsa,

Penulis	Metode Pengolahan Air	Hasil
		karbon aktif, ijuk, dan koral digunakan sebagai media untuk metode filtrasi. Hasil yang diperoleh adalah nilai % penyisihan besi (Fe) bervariasi pada waktu kontak 1, 3, dan 5 jam baik untuk metode aerasi maupun kombinasi aerasi-filtrasi, dan hasilnya 46,95; 78,2; 82,48; 72,32; 81,71; 87,24; dan 70,44 untuk metode filtrasi menunjukkan efektivitas kerja alat. Kombinasi aerasi dengan filtrasi memberikan hasil yang maksimal jika dibandingkan dengan menggunakan metode aerasi atau filtrasi.
(Sun et al., 2021)	Metode gelembung halus (Bubble Aerator)	Pengolahan besi yang umum untuk air tanah menggunakan proses oksidasi yang diikuti oleh sedimentasi atau filtrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal, pH dan tekanan aerasi merupakan parameter yang signifikan mempengaruhi oksidasi Fe (Besi)
(Fu et al., 2021)	Metode gelembung halus (Bubble Aerator)	Gelembung mikro udara, oksigen, atau udara yang diperkaya oksigen dapat terbentuk dalam larutan pelindian atau suspensi, yang dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut dan meningkatkan area kontak gas-cair, sehingga mempercepat laju oksidasi oksigen Fe ²⁺ menjadi Fe ³⁺ dan mewujudkan penghilangan besi yang cepat dari larutan pelindian atau suspensi.
(Hasani et al., 2021)	Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok	Pengukuran konsentrasi Fe, faktor biokonsentrasi (BCF) dan faktor translokasi (TF) seminggu sekali, sampai konsentrasi Fe dalam air cukup untuk budidaya. Ini dicapai selama 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase reduksi Fe tertinggi (97,96%) diamati pada eceng gondok dengan luas tutupan 50%. Nilai BCF tertinggi adalah 2.385,51, sedangkan TF tertinggi adalah 1,14 pada batang dan 1,02 pada daun
(Hanafiah et al., 2020)	Fitoremediasi Tanaman Kangkung air dan Tanaman pegagan	Hasil menunjukkan bahwa <i>I. aquatica</i> menunjukkan kandungan Al yang lebih tinggi daripada <i>C. asiatica</i> . Ditemukan juga bahwa rata-rata kandungan Fe yang diakumulasikan oleh <i>I. aquatica</i> lebih besar daripada yang diakumulasikan oleh <i>C. asiatica</i>
(Hasani et al., 2020)	Fitoremediasi Tanaman Paku Air	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tutupan area <i>Azolla pinnata</i> memberikan pengaruh yang berbeda ($P < 0,05$) terhadap penurunan konsentrasi besi dalam air. Perlakuan dengan luas tutupan <i>Azolla pinnata</i> 75%, menunjukkan persentase penurunan konsentrasi besi sebesar 98,10%. Ini adalah persentase pengurangan besi yang paling signifikan. Sedangkan perlakuan dengan tutupan <i>Azolla pinnata</i> 25% dan 50% berhasil menurunkan konsentrasi Fe dalam air masing-masing 92,5% dan 93,3%
(AL-Huqail et al., 2022)	Fitoremediasi Tanaman Teratai	Hasil menunjukkan bahwa tanaman <i>N. nucifera</i> secara signifikan mengurangi beban polutan fisikokimia dan logam berat CIE. Secara khusus (Besi (Fe): 72,86%)
(Mardalena et al., 2018)	Fitoremediasi Tanaman Pakis Apung (<i>Salvinia natans</i>), Selada Air (<i>Pistia stratiotes</i>) dan Eceng Gondok	Serapan logam pada tumbuhan (agen fitoremediasi) tertinggi selama 30 hari untuk parameter Mangan (Mn) adalah eceng gondok (<i>Eichornia crassipes</i>) dan yang paling banyak menyerap zat besi. (Fe) adalah Paku Terapung (<i>Salvinia natans</i>). Di sisi lain, berdasarkan pengukuran kandungan logam, eceng gondok (<i>Eichornia crassipes</i>)

Penulis	Metode Pengolahan Air	Hasil
	(Eichornia crassipes)	paling efektif menyerap Besi (Fe) dan Paku Apung (Salvinia natans) paling efektif menyerap Mangan (Mn)

Hasil 12 Artikel tersebut, menunjukkan ada beberapa metode dalam menurunkan kadar Fe (Besi) pada air yang didapat dari jurnal internasional, diantaranya menggunakan metode Aerasi, dan metode Fitoremediasi.

PEMBAHASAN

Pencemaran air adalah salah satu bahaya paling signifikan bagi kesehatan manusia dalam skala dunia (Fida et al., 2022). Sebagian besar negara mengandalkan sumber air permukaan dan air tanah untuk kebutuhan air minumnya, yang kualitasnya dipengaruhi oleh faktor alam dan antropogenik (Papagiannaki et al., 2022). Sumber besi yang paling umum dalam air tanah adalah pelapukan mineral dan batuan pembawa besi di dalam tanah (Ram et al., 2021). Proses terjadinya pencemaran besi (Fe) terjadi secara alami di dalam tanah sehingga air tanah tercemar kandungan Fe (Besi). Maka diperlukan pengolahan air dalam mengatasi sumur yang tercemar Fe (Besi). Meskipun beberapa logam berat diperlukan dalam konsentrasi kecil untuk pertumbuhan manusia dan tumbuhan, kandungan logam berat yang berlebihan dalam makanan atau air yang dimanfaatkan oleh manusia akan berdampak negatif (Khan et al., 2022)

Dari 12 Artikel yang didapat, terdapat 2 Metode penurunan kadar Fe (Besi) pada air yaitu 7 artikel tentang Aerasi, 5 Artikel tentang Fitoremediasi.

Metode Aerasi

Penghilangan Fe (besi) dilakukan melalui aerasi, Sebagian besar sistem aerasi didasarkan pada peningkatan luas antarmuka melalui penginjeksian udara ke dalam sistem atau penyemprotan udara ke dalam air (van de Griend et al., 2022). Maka diperlukan pengolahan air untuk menurunkan kadar Fe (Besi) diantaranya dengan sistem Aerasi, Dari 12 Artikel yang membahas metode penurunan kadar Fe (Besi) pada air terdapat 7 Artikel yang membahas penurunan kadar Fe (Besi) dengan sistem Aerasi. Artikel internasional tersebut yang membahas metode Aerasi diantaranya 3 artikel membahas *Bubble Aerator* , 3 Artikel mengenai aerasi *Cascade Aerator*, dan 1 membahas aerasi *Tray Aerator*

Menurut informasi kesling 2022, ada beberapa jenis sistem aerasi diantaranya sebagai berikut:

1. Sistem aerasi *cascade aerator* (Aerasi tangga aerator) penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air . Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step.
2. Aerasi *Bubble Aerator* cara kerjanya Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi,
3. Aerasi *Tray Aerator*, Jenis aerator ini terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobang-lobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m2 permukaan tray.

Metode Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah teknik menjanjikan yang digunakan untuk menghilangkan atau memulihkan kelebihan nutrisi dari air yang tercemar. Penerapan tumbuhan air dalam fitoremediasi air sangat menguntungkan karena memiliki kemampuan yang luar biasa untuk menyerap dan mendegradasi polutan (nitrat, fosfat, logam berat dll) dari air (Mustafa & Hayder, 2021). Teknologi pengolahan konvensional untuk menghilangkan polutan dari air biasanya

mahal, memakan waktu, merusak lingkungan, dan sebagian besar tidak efisien. Fitoremediasi adalah teknologi baru hijau yang hemat biaya dengan penerapan yang tahan lama (S. Ali et al., 2020). Dari hasil literature review artikel internasional didapatkan lima metode Fitoremediasi menggunakan berbagai macam jenis tumbuhan air. ada 3 artikel yang hanya menggunakan masing-masing satu tanaman sebagai media fitoremediasi, sementara 2 artikel lainnya masing-masing menggunakan lebih dari satu tanaman sebagai media fitoremediasi. Tanaman yang digunakan dalam metode fitoremediasi antara lain Eceng gondok, kangkung air dan pegagan, paku air, teratai, pakis apung, dan selada air. Tanaman tersebut biasanya banyak ditemukan di daerah sekitar kita, seperti rawa-rawa, persawahan, danau maupun sungai. Selain mudah ditemukan, tentunya mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang mahal. Hal ini menjadi alternatif solusi pengolahan air yang mengandung kadar besi (Fe) yang tinggi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil studi literatur atau literature review ditemukan 12 artikel yang membahas mengenai metode penurunan kadar Fe (Besi). 7 artikel membahas tentang pengurangan kadar Fe (Besi) dengan menggunakan sistem Aerasi, dan 5 artikel membahas tentang metode Fitoremediasi dalam mengurangi kadar Fe (Besi) yang tinggi pada air sumur. Semua metode tersebut yang paling direkomendasikan dalam penerapan kemasyarakatan dikarenakan metode tersebut terbukti efektif dalam menurunkan kadar Fe (Besi) serta biaya pembuatannya relative murah dan ketahanan dalam penggunaannya cukup lama.

DAFTAR PUSTAKA

- AL-Huqail, A. A., Kumar, P., Eid, E. M., Taher, M. A., Kumar, P., Adelodun, B., Andabaka, Ž., Mioč, B., Držaić, V., Bachheti, A., Singh, J., Kumar, V., & Širić, I. (2022). Phytoremediation of Composite Industrial Effluent using Sacred Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn): A Lab-Scale Experimental Investigation. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(15). <https://doi.org/10.3390/su14159500>
- Ali, K. Y., Saleh, B. M., & Adam, K. M. (2022). Assessment of Water Quality from Shallow Hand-Dug Wells in Dutse Town, North West Nigeria. *Arid Zone Journal of Basic and Applied Research*, *1*(4), 47–61. <https://doi.org/10.55639/607nmlkj>
- Ali, S., Abbas, Z., Rizwan, M., Zaheer, I. E., Yavas, I., Ünay, A., Abdel-Daim, M. M., Bin-Jumah, M., Hasanuzzaman, M., & Kalderis, D. (2020). Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(5), 1–33. <https://doi.org/10.3390/su12051927>
- Astuti, R. D. P., Mallongi, A., Amiruddin, R., Hatta, M., & Rauf, A. U. (2021). Risk identification of heavy metals in well water surrounds watershed area of Pangkajene, Indonesia. *Gaceta Sanitaria*, *35*, S33–S37. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.010>
- Elmanfe, G. M., Tyeb, T. A., Abdelghani, K. A., Abdulathim, A. A., Asbeeh, J. A., Muftah, H. S., & Ali, A. F. (2022). Assessment of Groundwater Wells Pollution by Some Heavy Metals in El-Beida City Libya. *Sebha University Journal Of Pure & Applied Sciences*, *21*, 3–8.
- Fida, M., Li, P., Wang, Y., Alam, S. M. K., & Nsabimana, A. (2022). Water Contamination and Human Health Risks in Pakistan: A Review. *Exposure and Health*, *October*. <https://doi.org/10.1007/s12403-022-00512-1>
- Fu, X., Niu, Z., Lin, M., Gao, Y., Sun, W., & Yue, T. (2021). Strengthened oxygen oxidation of ferrous ions by a homemade venturi jet microbubble generator towards iron removal

- in hydrometallurgy. *Minerals*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/min11121342>
- Gul Zaman, H., Baloo, L., Pendyala, R., Singa, P. K., Ilyas, S. U., & Kutty, S. R. M. (2021). Produced water treatment with conventional adsorbents and MOF as an alternative: A review. *Materials*, 14(24), 1–29. <https://doi.org/10.3390/ma14247607>
- Hanafiah, M. M., Zainuddin, M. F., Nizam, N. U. M., Halim, A. A., & Rasool, A. (2020). Phytoremediation of Aluminum and Iron from Industrial Wastewater Using *Ipomoea aquatica* and *Centella asiatica*. *Applied Science*, 10.
- Hasani, Q., Pratiwi, N. T. ., Effendi, H., Wardianto, Y., Guk, J. A. R. G., Maharani, H. W., & Rahman, M. (2020). Azolla Pinnata as Phytoremediation Agent of Iron (Fe) in Ex Sand Mining Waters. *Chiang Mai University Journal Of Natural Science*, 20(1), 1–12.
- Hasani, Q., Pratiwi, N. T. M., Wardiatno, Y., Effendi, H., Martin, A. N., Effendi, E., Firdaus, P., & Wagiran. (2021). Phytoremediation of iron in ex-sand mining waters by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Biodiversitas*, 22(2), 838–845. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220238>
- Informasikesling.com.Dari <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html?m=1> (Diakses 31 Oktober 2022)
- Isaac, A., O, S. S., O, E. A., DO, A., & KO, O. (2022). Mitigating Iron and Manganese Pollution in Groundwater Using 2GDWP Method , Edo North, Nigeria. *Insights In Mining Science & Techonology*, 3(3). <https://doi.org/10.19080/IMST.2022.03.555615>
- Khan, Q., Zahoor, M., Salman, S. M., Wahab, M., Khan, F. A., Gulfam, N., & Zekker, I. (2022). Removal of Iron (II) from Effluents of Steel Mills Using Chemically Modified *Pteris vittata* Plant Leaves Utilizing the Idea of Phytoremediation. *Water*, 14.
- Lahkar, M., & Bhattacharyya, K. G. (2019). Heavy Metal Contamination of Groundwater in Guwahati City, Assam, India. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(June), 1520–1525. www.irjet.net
- Madhav, S., Ahamad, A., Singh, A. K., Kushawaha, J., Chauhan, J. S., Sharma, S., & Singh, P. (2020). Water Pollutants: Sources and Impact on the Environment and Human Health. *Springer*, 43–62. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0671-0_4
- Mardalena, M.Faizal, & Napoleon, A. (2018). The Absorption of Iron (Fe) and Manganese (Mn) from Coal Mining Wastewater with Phytomediation Technique Using Floting Fern (*Salvinia natans*), Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*). *Biological Research Journal*, 4(1), 1–4.
- Mumbi, A. W., & Watanabe, T. (2022). Cost Estimations of Water Pollution for the Adoption of Suitable Water Treatment Technology. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su14020649>
- Mustafa, H. M., & Hayder, G. (2021). Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.009>
- Nielsen, P. H., Gernaey, K. V, Wang, Q., Gro, U., Nierychlo, M., Hansen, S. H., Thomsen, L., & Flores-alsina, X. (2022). The effects of low oxidation-reduction potential on the performance of full-scale hybrid membrane-aerated biofilm reactors. *Chemical*

Engineering Journal, 451. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138917>

- Papagiannaki, D., Belay, M. H., Gonçalves, N. P. F., Robotti, E., Bianco-Prevot, A., Binetti, R., & Calza, P. (2022). From monitoring to treatment, how to improve water quality: The pharmaceuticals case. *Chemical Engineering Journal Advances*, 10, 100245. <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2022.100245>
- Ram, A., Pandey, S. K. T. H. K., Kumar, A., Supriya, C., & Singh, S. Y. V. (2021). Groundwater quality assessment using water quality index (WQI) under GIS framework. *Applied Water Science*.
- Razif, M. F. S. M., Remy, M., Mohd, R., & Zainol, A. (2020). Effect of Cascade Aerator Height and Flow Rate on Removal of Iron and Manganese from Groundwater at Rumah Nur Kasih. *IOP Conference Series : Materials Science And Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/864/1/012135>
- Rozainy, M. R., J, R., & Abas, A. (2020). Simulation Of Oxidised Iron And Manganese Particles In Cascade Aerator Model By Using Dispersed Phase Method. *Academia*, 11(11).
- Sari, Y., & Yulis, P. A. R. (2021). Reduction of Fe Levels in Groundwater Using Aeration - Filtration Method with Tray Aerator System. *Alkimia : Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 5(113), 110–115.
- Sun, C., Wang, G., Sun, C., Liu, R., Zhang, Z., Marhaba, T., & Zhang, W. (2021). Optimization of iron removal in water by nanobubbles using response surface methodology. *Water Science and Technology: Water Supply*, 21(4), 1608–1617. <https://doi.org/10.2166/WS.2021.042>
- Syazwan, M. ., Rozainy, M. R., & Jamil, R. (2020). Removing Iron and Manganese by Using Cascade Aerator and Limestone Horizontal Roughing Filters Removing Iron and Manganese by Using Cascade Aerator and Limestone Horizontal Roughing Filters. *IOP Conference Series : Materials Science And Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/864/1/012006>
- Tasneem, A., Ahmed, T., & Uddin, M. K. (2020). Determination of Arsenic (As) and Iron (Fe) Concentration in Ground Water and Associated Health Risk by Arsenic Contamination in Singair Upazila, Manikganj District, Bangladesh. *Asian Journal of Environment & Ecology*, August, 32–41. <https://doi.org/10.9734/ajee/2020/v13i230178>
- van de Griend, M. V., Warrener, F., van den Akker, M., Song, Y., Fuchs, E. C., Loiskandl, W., & Agostinho, L. L. F. (2022). Vortex Impeller-Based Aeration of Groundwater. *Water (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/w14050795>
- Yazid, E. A., Wafi, A., & Saraswati, A. (2021). Techniques for Reducing Iron (Fe) Content in Groundwater: an Article Review. *Journal of Islamic Pharmacy*, 6(1), 40–45. <https://doi.org/10.18860/jip.v6i1.12078>.