



Efektivitas Penurunan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur Bor Menggunakan Proses *Aerasi Cascade* Dilanjut Adsorpsi Menggunakan Arang Limbah Agroindustri Ampas Tebu

Dimas Lelono*, Hardoyo, Sulastri
Universitas Malahayati, Indonesia
Email: dimaslelono6@gmail.com*

Keywords:

Borehole Water; Iron Concentration (Fe); Sugarcane Bagasse; Cascade Aeration; Adsorbent

Abstract

High levels of iron (Fe) in borewell water can endanger health and limit its use as clean water. Therefore, effective and affordable processing technology is needed. This research aims to evaluate the effectiveness of a combination of cascade aeration and adsorption processes using sugarcane bagasse agro-industrial waste charcoal in reducing iron (Fe) levels in bore well water. The cascade aeration method works by oxidizing dissolved Fe into insoluble precipitates through contact with oxygen. Meanwhile, adsorption using sugarcane bagasse charcoal utilizes the adsorptive properties of charcoal derived from sugarcane waste to absorb residual Fe. Sugarcane bagasse charcoal was chosen due to its abundant availability and potential as a natural adsorbent. Bore well water samples were collected from Fajar Baru, Jati Agung, South Lampung, with an initial Fe concentration of 1.83 mg/L, exceeding the clean water quality standard (1 mg/L). The study employed a batch method with independent variables including the oxidation process (cascade aeration) and adsorption using sugarcane bagasse charcoal, while the dependent variable was the reduction in Fe concentration. Test results showed that the combination of cascade aeration and adsorption with sugarcane bagasse charcoal was highly effective, reducing the initial Fe concentration from 1.83 mg/L to 0.0485 mg/L, achieving a removal efficiency of 97.3%. This effectiveness increased with longer adsorption contact time, indicating optimal interaction between iron ions and the adsorbent surface.

Kata Kunci:

Air Sumur; Kadar Besi (Fe); Ampas Tebu; *Cascade Aerasi*; Adsorben

Abstrak

Kadar besi (Fe) yang tinggi pada air sumur bor dapat membahayakan kesehatan dan membatasi pemanfaatannya sebagai air bersih. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan yang efektif dan terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kombinasi proses aerasi cascade dan adsorpsi menggunakan arang limbah agroindustri ampas tebu dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur bor. Metode aerasi cascade bekerja dengan mengoksidasi Fe terlarut menjadi endapan yang tidak larut melalui kontak dengan oksigen. Sementara itu, adsorpsi menggunakan arang ampas tebu memanfaatkan sifat adsorben dari arang yang dihasilkan dari limbah tebu untuk menyerap sisa Fe. Arang ampas tebu dipilih karena ketersediaannya yang melimpah dan potensinya sebagai adsorben alami. Sampel air sumur bor diambil dari Fajar Baru Jati Agung, Lampung Selatan, dengan kadar Fe awal 1,83 mg/L, melebihi baku mutu air bersih (1 mg/L). Penelitian ini menggunakan metode batch dengan variabel bebas berupa proses oksidasi (*aerasi cascade*) dan adsorpsi menggunakan arang ampas tebu, serta variabel terikat berupa penurunan kadar Fe. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi *aerasi cascade* dan adsorpsi dengan arang ampas tebu sangat efektif, mampu menurunkan kadar besi awal 1,83 mg/L. menjadi 0,0485 mg/L., mencapai efisiensi penurunan 97,3%

PENDAHULUAN

Air adalah salah satu elemen utama yang menopang kehidupan di bumi. Sebagai senyawa kimia dengan rumus H_2O , air terdiri dari dua atom hidrogen yang terikat dengan satu atom oksigen. Keberadaannya sangat penting bagi makhluk hidup, karena berperan sebagai Air adalah salah satu elemen utama yang menopang kehidupan di bumi (Fadila et al., 2023; Mawardi, 2014). Sebagai senyawa kimia dengan rumus H_2O , air terdiri dari dua atom hidrogen yang terikat dengan satu atom oksigen (Mariyam et al., 2023). Keberadaannya sangat penting bagi makhluk hidup, karena berperan sebagai pelarut universal, pengatur suhu, dan medium bagi berbagai proses biologis. Meskipun melimpah, ketersediaan air bersih menjadi tantangan di banyak daerah akibat polusi, perubahan iklim, dan eksploitasi berlebihan.

Keperluan tersebut menuntut manusia mencari sumber-sumber air, meskipun pada kenyataannya saat ini penyediaan air bersih terus berkurang. Saat ini permintaan air sudah dapat dikatakan melebihi penyediaan. Sebanyak kurang lebih 15% penggunaan air yang digunakan di seluruh dunia merupakan penggunaan air oleh rumah tangga. Penggunaan air ini berkaitan dengan kegiatan rumah tangga meliputi penggunaan air untuk air minum, mandi, memasak, sanitasi, dan berkebun. Selayaknya air yang digunakan haruslah air yang berkualitas baik sehingga dapat langsung dikonsumsi dan digunakan tanpa adanya risiko bahaya atau mengandung logam berat seperti besi, mangan, cadmium, timbal dan seng yang berasal dari proses alam atau tercampurnya bahan kimia dari industri dan pertambangan (Lestari et al., 2021).

Air yang memiliki kandungan Fe tinggi bukan berarti tidak dapat dimanfaatkan karena air tersebut dapat diolah terlebih dahulu dengan memanfaatkan teknologi baik teknologi canggih maupun teknologi yang sederhana. Teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air dengan kadar Fe tinggi antara lain aerasi dan adsorpsi (Ekawati et al., 2026; Hadisantoso et al., 2018; Istihara & Lanskap, 2019; Wibisono & Rahmanto, 2021). Aerasi merupakan proses penambahan oksigen ke dalam air sehingga dapat menimbulkan reaksi oksidasi Fe yang kemudian akan menghasilkan besi yang mengendap (Febrina & Ayuna, 2019). Metode aerasi memiliki beragam variasi salah satunya adalah aerasi cascade. Sedangkan adsorpsi secara umum adalah proses terakumulasinya zat-zat terlarut yang terdapat dalam larutan antara dua permukaan, dapat terjadi antara cairan dan gas; cairan dan zat padat; atau cairan dan cairan lain. Walaupun proses tersebut dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, namun yang sering terjadi adalah penggunaan bahan padat yang menyerap partikel yang berada dalam air. Bahan yang akan diadsorpsi disebut sebagai adsorbat atau zat terlarut sedangkan bahan pengadsorpsi dikenal sebagai adsorben (Siskayanti, 2020).

Kandungan besi, mangan dan logam berat lainnya dalam air sumur bor dapat diturunkan melalui proses adsorpsi dengan menggunakan arang (Fitriyana, 2018; Pangestika, 2018; Wikansari et al., 2025). Arang dihasilkan dari bahan organik yang dipanaskan pada suhu tinggi. Penggunaan adsorben dari jenis arang berguna sebagai media untuk penurunan kadar air limbah (Mas' ulah & Hendrasarie, 2025; Nasution et al., 2025). Beberapa peneliti terdahulu memanfaatkan jenis adsorben arang dengan campuran bahan anorganik. Limbah organik

tongkol jagung, kulit pisang, kulit singkong. Limbah agrikultur yang cukup potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku arang adalah ampas penggilingan tebu, sekam padi, tongkol jagung dan sabut kelapa. Kualitas air tanah juga dipengaruhi oleh tanah itu sendiri karena air yang melewati tanah dapat melarutkan mineral yang terdapat pada tanah tersebut, sehingga kualitas air tanah pada berbagai wilayah memiliki perbedaan menurut karakteristik tanah setempat (Hastutiningrum, 2015). Air tanah biasanya memiliki kandungan besi yang relatif tinggi. Tingginya kadar Fe merupakan masalah yang cukup serius karena bisa berdampak negatif seperti iritasi pada kulit dan mata, mengganggu pernafasan dan menyebabkan kanker dalam jangka panjang.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menurunkan kadar besi (Fe) antara lain menggunakan metode oksidasi dan adsorpsi. Proses oksidasi adalah reaksi antara Fe dengan O_2 dan menghasilkan $Fe(OH)_3$ yang mengendap, dalam prosesnya adsorben menyerap Fe pada permukaan bahan berongga (adsorben). Proses oksidasi dapat dilakukan menggunakan metode cascade aerasi. Pada cascade aerasi limbah cair yang mengandung Fe dialirkan kebawah melalui alat cascade (tangga), berkontak langsung dengan O_2 di udara dan menimbulkan $Fe(OH)_3$. Dalam keadaan teroksidasi, besi terlarut di dalam air. Bentuk senyawa besi terlarut ialah Fe^{2+} . Ketika kontak dengan oksigen atau oksidator lainnya, besi akan teroksidasi menjadi valensi yang lebih tinggi dengan bentuk ion kompleks baru yang tidak larut ke tingkat yang cukup besar. Oleh karena itu, besi dihilangkan dengan pengendapan setelah aerasi (Anggriawan et al., 2019).

Dipilihnya proses cascade aerasi didasarkan pertimbangan teknis pembuatannya cukup sederhana, biaya yang relatif murah, ramah lingkungan, tidak adanya efek samping yang beracun. Proses cascade aerasi dilakukan dengan cara melewatkan air pada susunan penampang bertingkat secara gravitasi. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan arang limbah agroindustri ampas tebu yang mempunyai komponen hemiselulosa 25%, selulosa 50% kadar air 52%, kadar serat 43–52% dan padatan terlarut sekitar 2–6%. Ampas tebu digunakan sebagai bahan baku adsorben. Metode ini dapat menaikkan oksigen 60–80% dari jumlah tertinggi pada air.

Berdasarkan kajian tersebut, secara teoretis kombinasi antara metode oksidasi melalui cascade aeration dan proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penurunan kadar Fe dalam air secara efektif dan ramah lingkungan. Proses aerasi berfungsi mengoksidasi besi terlarut menjadi bentuk yang tidak larut sehingga mudah mengendap, sedangkan proses adsorpsi berperan dalam menyerap sisa logam yang belum terendapkan. Dengan demikian, kedua metode ini saling melengkapi dalam menghasilkan kualitas air yang lebih baik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah proses oksidasi (*aerasi cascade*) dan proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu efektif menurunkan kadar Fe dalam air sumur bor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penurunan Fe air sumur bor menggunakan proses oksidasi (*aerasi cascade*) dilanjut proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu serta untuk mengetahui efektivitas penggunaan limbah agroindustri ampas tebu sebagai bahan baku adsorpsi dalam menurunkan kadar besi (Fe). Penelitian ini secara teoretis bermanfaat untuk mengembangkan ilmu pengolahan air berbasis teknologi sederhana dan pemanfaatan limbah agroindustri. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi solusi bagi masyarakat untuk mengolah air sumur

bor ber-Fe tinggi menjadi air bersih yang layak konsumsi, serta meningkatkan nilai ekonomi limbah ampas tebu sebagai adsorben alami yang murah dan ramah lingkungan. Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah H_0 : proses oksidasi (aerasi cascade) dan proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu tidak efektif menurunkan kadar Fe dalam air sumur bor, dan H_a : proses oksidasi (aerasi cascade) dan proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu efektif menurunkan kadar Fe dalam air sumur bor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian sungguhan (*true experiment*) tujuannya untuk mengetahui pengaruh variable yang akan diteliti. Pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh proses oksidasi (*aerasi cascade*) dilanjut adsorpsi menggunakan arang agroindustri ampas tebu dalam menurunkan kadar Fe pada sumur bor. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Malahyati Bandar Lampung. Pengambilan sampel dilakukan pada sumur bor di Fajar Baru, Jati Agung, Lampung Selatan. Pengujian Sampel dilakukan di Laboratorium Nonfood Sub. Dept. Head. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini, yaitu proses oksidasi (cascade aerasi) dan proses adsorpsi menggunakan arang limbah agroindustri ampas tebu. Disisi lain, variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar Fe pada sumur bor yang di ukur dengan mg/l. Peneliti ini menggunakan variabel kontrol dengan proses adsorpsi dan waktu kontak antara limbah agroindustri dengan sampel air yang mengandung kadar Fe.

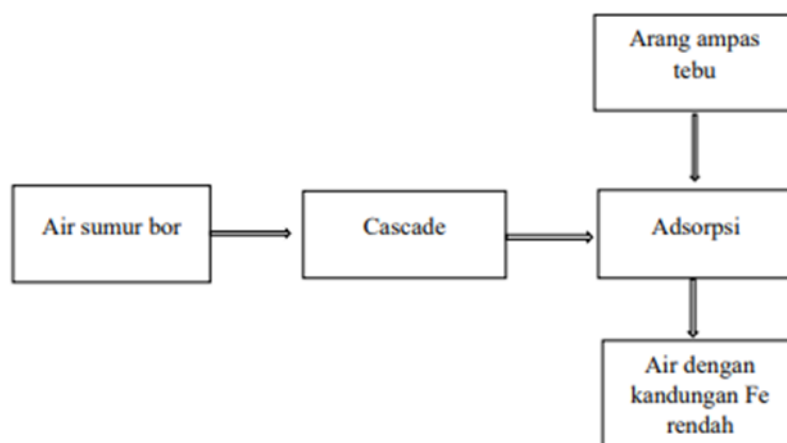
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi air sumur bor yang mengandung kadar besi (Fe) tinggi, Ampas tebu sebagai adsorben, dan Aquades untuk mensterilkan alat laboratorium. Sementara alat yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Cascade aerasi
2. Galon/wadah
3. Ayakan 100 mesh
4. Oven/furnace
5. Diffuser
6. Timbangan analitik
7. Botol sampel
8. Pipet ukur
9. Spatula
10. Stopwatch
11. Glass beaker
12. . Magnetik stirrer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dimulai dengan pengambilan air sumur bor yang kemudian dialirkan melalui sistem cascade, yaitu proses aerasi bertingkat yang berfungsi untuk mengoksidasi dan mengendapkan sebagian kandungan Fe secara fisik. Selanjutnya, air yang telah melalui tahap cascade diproses lebih lanjut melalui metode adsorpsi. Pada tahap ini, arang dari ampas tebu digunakan sebagai adsorben alami untuk menyerap sisa kandungan Fe dalam air. Hasil akhir dari proses ini adalah air dengan kandungan Fe yang rendah, yang lebih aman dan layak untuk digunakan. Kombinasi antara metode cascade dan adsorpsi ini diharapkan dapat meningkatkan

efisiensi penurunan kadar Fe dalam air secara efektif dan ramah lingkungan. Gambar di bawah menunjukkan desain penelitian yang bertujuan untuk menurunkan kadar zat besi (Fe) dalam air sumur bor.



Gambar 1. Desain Penelitian

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Sampel diambil dari salah satu sumur bor warga Desa Fajar Baru Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Penelitian ini menggunakan aerasi yang dilanjut dengan adsorpsi menggunakan limbah agroindustri ampas tebu untuk menurunkan kadar Fe pada air sumur warga Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. Penelitian ini dilakukan di Universitas Malahayati Bandar Lampung, Lampung Selatan. Hasil pengujian air sumur warga Desa Fajar Baru, Jati Agung, Lampung Selatan, yang dijadikan sampel menunjukan bahwa kadar Fe 1,83 mg/L. Menurut Permenkes Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No.32 Tahun 2017 bahwasanya maksimal kadar besi yang berada pada air bersih adalah 1 mg/L.

Penurunan Kadar Besi Air Sumur Bor Menggunakan Aerasi Cascade

Air yang digunakan berasal dari sumur bor dan telah melalui proses sebelumnya menggunakan metode cascade untuk meningkatkan kualitasnya sebelum diadsorpsi, Air yang digunakan Pada pengujian ini 1500 ml, penelitian ini dilakukan secara batch dengan menggunakan metode aerasi cascade menggunakan variasi debit 0,6 m³/s 0,5 m³/s 0,027 m³/s dengan 2 kali pengulangan.

Tabel 1. Hasil Penurunan Kadar Besi Menggunakan Aerasi Cascade

Debit Ml/detik	Kadar Awal (mg/L)	Pengulangan 1 (mg/L)	Pengulangan 2 (mg/L)	Ratarata (mg/L)	Penurunan Persentase (%)
0	1,83	-	-	-	-
0,6	1,83	1,001	1,011	1,006	45%
0,5	1,83	0,870	0,896	0,883	52%
0,027	1,83	0,812	0,812	0,819	56%

Sumber: Data Primer (2025)

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian penurunan kadar besi dalam air sumur bor. Kandungan Fe sumur bor awal adalah 1,83 mg/L. Pada debit 0,6 m³/s dengan rata-rata penurunan sebesar 1,006 mg/L atau 45%. Penurunan lebih besar terjadi pada debit 0,5 m³/s dengan rata-rata 0,883 mg/L atau 52%. Penurunan paling signifikan terjadi pada debit terkecil, yaitu 0,027 m³/s, dengan kadar besi menurun menghasilkan rata-rata sebesar 0,819 mg/L dengan persentase penurunan 55,2%.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin kecil debit aliran, maka efisiensi penurunan kadar besi cenderung meningkat. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh waktu kontak antara air dan udara yang lebih lama, sehingga proses oksidasi besi berlangsung lebih optimal. Hasil terbaik pada penurunan Fe menggunakan proses cascade, digunakan untuk proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu.

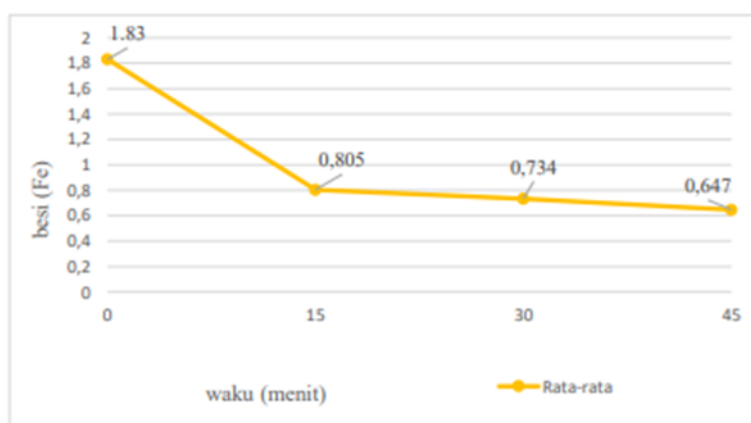
Penurunan Kadar Besi Air Sumur Bor Menggunakan Adsorpsi

Penelitian ini dilakukan secara batch dengan menggunakan metode adsorpsi limbah agroindustri ampas tebu sebanyak 20gram dalam 1.000 ml air dengan variasi waktu 0 menit 15 menit, 30 menit, 45 menit dengan 2 kali pengulangan.

Tabel 2. Hasil Penurunan Kadar Besi Menggunakan Adsorpsi

Waktu (Menit)	Kadar Awal (mg/L)	Pengulangan 1 (mg/L)	Pengulangan 2 (mg/L)	Ratarata (mg/L)	Penurunan Persentase (%)
0	1,83	-	-	-	-
15	1,83	0,775	0,836	0,805	56%
30	1,83	0,704	0,764	0,734	60%
45	1,83	0,636	0,659	0,674	65%

Sumber Data: Data Primer (2025)



Gambar 2. Grafik Proses Penurunan Adsorpsi

Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2025

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian penurunan kadar besi dalam air sumur bor. Pada kondisi awal (0 menit), kadar besi dalam air sebesar 1,83 mg/L belum mengalami penurunan karena belum ada perlakuan adsorpsi. Setelah 15 menit proses adsorpsi, kadar besi menurun dengan rata-rata sebesar 0,805 mg/L atau 56%. Penurunan lebih lanjut pada waktu 30 menit,

menghasilkan rata-rata 0,734 mg/L 60%. Penurunan kadar besi paling signifikan terjadi pada waktu kontak 45 menit, dengan hasil rata-rata 0,647 mg/L persentase 65%. Data ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak antara air dan ampas tebu, semakin besar kemampuan adsorpsi dalam menurunkan kadar besi. Hal ini mengindikasikan bahwa ampas tebu memiliki potensi sebagai adsorben yang efektif dalam pengolahan air yang tercemar logam besi.

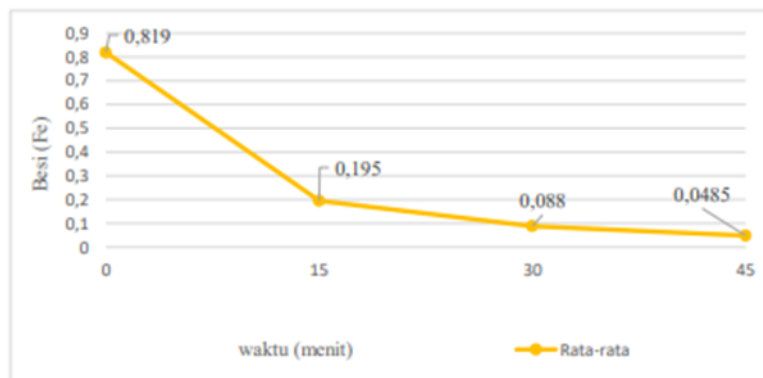
Penurunan Kadar Besi Air Sumur Bor Menggunakan Proses Aerasi Cascade Dilanjut Adsorpsi

Penelitian ini dilakukan secara batch dengan menggunakan metode aerasi cascade dilanjut adsorpsi menggunakan air hasil pengolahan cascade aerasi dengan debit 0,027 ml/detik, menggunakan adsorben limbah agroindustri ampas tebu sebanyak 20gram arang dan 1.000 ml dengan variasi waktu 0 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit dengan 2 kali pengulangan.

Tabel 3. Hasil Penurunan Kadar Besi Setelah Proses Aerasi Cascade Dilanjut Adsorpsi

Waktu (Menit)	Kadar Awal (mg/L)	Pengulangan 1 (mg/L)	Pengulangan 2 (mg/L)	Ratarata (mg/L)	Penurunan Persentase (%)
0	0,819	-	-	-	-
15	0,819	0,180	0,21	0,195	76%
30	0,819	0,079	0,097	0,088	89%
45	0,819	0,038	0,059	0,0485	94%

Sumber Data: Data Primer (2025)



Gambar 3. Grafik Aerasi Cascade Dilanjut Adsorpsi

Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2025

Tabel 3 dari hasil pengujian penurunan kadar besi dalam air sumur bor menggunakan kombinasi metode aerasi cascade yang dilanjutkan dengan proses adsorpsi. Pada waktu 0 menit, kadar besi setelah dilakukan proses aerasi cascade tercatat sebesar 0,819 mg/L. Setelah 15 menit proses adsorpsi, kadar besi menurun dengan rata-rata sebesar 0,195 mg/L atau 76%. Penurunan kadar besi semakin besar terjadi pada waktu 30 menit dengan rata-rata 0,088 mg/L atau 89%. Penurunan paling drastis pada waktu kontak 45 menit, dengan rata-rata 0,0485 mg/L persentase penurunan sebesar 94%.

Dari hasil penelitian, kadar awal Fe air sumur bor sebesar 1,83 mg/L. yang berfungsi sebagai nilai kontrol sebelum dilakukan proses aerasi dan adsorpsi. Pada proses aerasi

penurunan terjadi pada debit terkecil, yaitu 0,027 m³/s, dengan menghasilkan rata-rata sebesar 0,819 mg/L dan persentase penurunan 55,2%. Pada proses adsorpsi penurunan kadar besi terjadi pada waktu 45 menit, dengan kadar besi awal 1,83 mg/L, menurun dengan rata-rata 0,647 mg/L persentase 65%. Sedangkan pada proses aerasi dilanjut adsorpsi penurunan kadar besi terjadi pada waktu 45 menit Kadar besi awal sebesar 1,83 mg/L turun menjadi 0,0485 mg/L, dengan efisiensi penurunan mencapai 97,3%.

Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi metode aerasi cascade dan adsorpsi dengan ampas tebu sangat efektif dalam menurunkan kadar besi dalam air sumur bor. Efektivitas penurunan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak adsorpsi, yang mengindikasikan bahwa interaksi antara ion besi dan permukaan adsorben semakin optimal. Kombinasi kedua metode ini memberikan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan penggunaan salah satu metode secara terpisah.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan; 1) Hasil penelitian menunjukkan kadar besi awal pada air sumur bor yaitu 1,83 mg/L, setelah dilakukan proses aerasi cascade dengan debit 0,027 ml/detik turun menjadi 0,819 mg/L. Penurunan ini mencerminkan efektivitas sebesar 56%, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan debit lainnya; 2) Metode adsorpsi dengan menggunakan ampas tebu terbukti efektif dalam menurunkan kadar besi air sumur bor. Seiring bertambahnya waktu kontak, efektivitasnya meningkat. Pada waktu kontak selama 45 menit, kadar besi berhasil menurun dari 1,83 mg/L menjadi 0,647 mg/L, dengan penurunan sebesar 65%.; 3) Penggabungan metode proses aerasi cascade dilanjut dengan proses adsorpsi menggunakan limbah agroindustri berupa ampas tebu terbukti paling efektif dalam menurunkan kadar besi dalam air sumur bor. Proses aerasi pertama-tama menurunkan kadar besi dari 1,83 mg/L menjadi 0,819 mg/L. Selanjutnya, melalui proses adsorpsi selama 45 menit, kadar besi turun menjadi 0,0485 mg/L gabungan kedua metode ini menghasilkan efektivitas penurunan sebesar 97,3%; 4) Proses oksidasi (aerasi cascade) dan proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu efektif menurunkan kadar Fe dalam air sumur bor.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar masyarakat yang memiliki air sumur bor dengan kadar besi tinggi dapat mengaplikasikan sendiri kombinasi teknologi aerasi cascade dan adsorpsi menggunakan arang ampas tebu karena metode ini tergolong sederhana, murah, dan ramah lingkungan. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan variasi ukuran partikel arang ampas tebu serta ketebalan lapisan adsorben guna mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi penurunan kadar besi. Selain itu, perlu dilakukan uji regenerasi adsorben untuk mengetahui kemungkinan pemakaian ulang arang ampas tebu, serta menguji efektivitas kombinasi metode ini terhadap parameter pencemar lain seperti mangan (Mn) atau logam berat lainnya. Pemerintah atau instansi terkait juga dapat mempertimbangkan pengembangan limbah ampas tebu sebagai produk adsorben komersial skala rumah tangga maupun industri kecil, sekaligus membantu mengatasi permasalahan pencemaran limbah agroindustri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan adsorpsi logam berat Cu dengan menggunakan adsorben kulit jagung (*Zea mays*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 27.
- Ekawati, L., Maliki, S., Syafrullah, M. D., Adhawia, A., & Zhafran, M. F. (2026). Implementasi teknologi kolom adsorpsi untuk menurunkan kadar Fe pada air tanah di Pesantren Zaadul Ma'had Palembang. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 5(1), 174–182.
- Fadila, W. A., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Permasalahan kualitas air permukaan sebagai sumber kehidupan dalam menjaga kelestarian lingkungan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 419–427.
- Febrina, L., & Ayuna, A. (2019). Studi penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air tanah menggunakan saringan keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 36–44.
- Fitriyana, S. (2018). *Efektivitas aerasi dan filtrasi terhadap penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur bor berdasarkan lama kontak dan ketebalan media* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Semarang].
- Hadisantoso, E. P., Widayanti, Y., Hanifah, R. A., Amalia, V., & Delilah, G. G. A. (2018). Pengolahan limbah air wudhu wanita dengan metode aerasi dan adsorpsi menggunakan karbon aktif. *Al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 5, 1–6.
- Hastutiningrum, S. (2015). Penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air tanah dengan metode aerasi *conventional cascade* dan aerasi *vertical baffle channel cascade*. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan* (hlm. 1–6).
- Istihara, I., & Lanskap, F. A. (2019). Penurunan kandungan besi (Fe) dengan menggunakan unit aerasi pada air. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 10, 53.
- Lestari, F., Susanto, & Kastamto, K. (2021). Pemanenan air hujan sebagai penyediaan air bersih pada era *new normal* di Kelurahan Susunan Baru. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427.
- Mariyam, D., Devina, F., Wulandari, P., Nursafitri, E., & Syahriansyah, A. (2023). Rahasia molekul unsur yang terdapat dalam air putih bagi tubuh manusia dalam pandangan Islam. *Religion: Jurnal Agama, Sosial, dan Budaya*, 2(3), 96–109.
- Mas'ulah, S., & Hendrasarie, N. (2025). Efektivitas kombinasi filtrasi dan adsorpsi menggunakan *green media* untuk mengolah parameter organik, besi, dan mangan di Sidoarjo. *Jurnal Serambi Engineering*, 10(3).
- Mawardi, M. (2014). Air dan masa depan kehidupan. *Tarjih: Jurnal Tarjih dan Pengembangan Pemikiran Islam*, 12(1), 131–142.
- Nasution, A. W. D., Daulay, A. H., & Jumiati, E. (2025). Pemanfaatan sodium alginat dan karbon aktif ampas tebu untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur bor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 8(2), 298–305.
- Pangestika, A. D. (2018). *Pengaruh variasi jumlah tray dalam sistem tray aerator dan ketebalan media filter terhadap penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur bor* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Semarang].
- Siskayanti, R. (2020). Efektifitas arang aktif dari tempurung kelapa dalam mengadsorpsi logam Fe pada pelumas motor bekas pakai. *Jurnal Redoks*, 5(2), 108.
- Wibisono, F. S., & Rahmanto, T. A. (2021). Kombinasi *cascade aerator* dan adsorpsi zeolit dalam menurunkan kadar Fe terlarut di air sumur. *Envirous*, 2(1), 1–8.

Wikansari, M. W., Meikawati, W., Dhaningtyas, S. A., & Mifbakhuddin, M. (2025). Efektivitas arang cangkang kopi dalam penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur. *Sehat Rakyat: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 955–964.