

EFEKTIVITAS PENURUNAN KADAR BESI (Fe) PADA AIR SUMUR BOR MENGGUNAKAN AERASI GELEMBUNG DILANJUT ADSORPSI MENGGUNAKAN ARANG AMPAS TEBU (Studi Kasus : Fajar Baru Jati Agung Lampung Selatan)

Hardoyo¹, P. Nasoetion², Firman Dwi Saputra³

hardoyo.malahayati@gmail.com¹, seannasoetion59@gmail.com², firmandwi869@gmail.com³

Universitas Malahayati

ABSTRAK

Air bersih merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia, namun pencemaran logam berat seperti besi (Fe) pada air tanah, khususnya air sumur bor, menjadi masalah yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Konsentrasi Fe yang melebihi baku mutu (1 mg/L menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017) dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan penurunan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar besi (Fe) dalam air sumur bor menggunakan kombinasi metode aerasi gelembung dan adsorpsi dengan arang aktif dari ampas tebu sebagai adsorben. Aerasi gelembung berfungsi sebagai proses oksidasi awal untuk mengubah Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang tidak larut dan mudah mengendap, kemudian dilanjutkan dengan proses adsorpsi guna menyerap sisa Fe dalam air. Penelitian dilakukan secara batch menggunakan 1500 mL air dan 20 gram arang aktif ampas tebu, dengan variasi waktu kontak 15, 30, dan 45 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi aerasi dan adsorpsi mampu menurunkan kadar Fe dari 1,83 mg/L menjadi 0,054 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 93,6%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aerasi dan arang dari limbah agroindustri seperti ampas tebu dapat menjadi solusi efektif, murah, dan ramah lingkungan untuk mengatasi pencemaran logam berat pada air sumur bor.

Kata Kunci: Oksidasi, Aerasi Gelembung, Ampas Tebu, Arang Aktif, Adsorpsi Adsorben, Kadar Besi (Fe)

ABSTRACT

Clean water is a basic human need, but heavy metal contamination such as iron (Fe) in groundwater, especially well water, is a problem that can endanger public health. Fe concentrations exceeding the quality standard (1 mg/L according to Minister of Health Regulation No. 32 of 2017) can cause health problems and decrease water quality. This study aims to determine the effectiveness of reducing iron (Fe) levels in well water using a combination of bubble aeration and adsorption methods with activated charcoal from sugarcane bagasse as an adsorbent. Bubble aeration functions as an initial oxidation process to convert Fe^{2+} into insoluble and easily precipitated Fe^{3+} , then continued with an adsorption process to absorb the remaining Fe in the water. The study was conducted in batches using 1500 mL of water and 20 grams of activated charcoal from sugarcane bagasse, with contact time variations of 15, 30, and 45 minutes. The results showed that the combination of aeration and adsorption was able to reduce Fe levels from 1.83 mg/L to 0.054 mg/L with a reduction efficiency of 93.6%. This shows that the effect of aeration and charcoal from agro-industrial waste such as bagasse can be an effective, cheap, and environmentally friendly solution to overcome heavy metal pollution in drilled well water.

Keywords: Oxidation, Bubble Aeration, Bagasse, Activated Charcoal, Adsorption Adsorbent, Iron (Fe) Adsorption

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk di bumi, termasuk manusia. Air yang dibutuhkan harus memenuhi standar kesehatan, baik dari segi fisik, kimia, bakteriologi maupun radioaktif. Hampir 2 miliar orang di dunia tidak memiliki akses terhadap air yang dikelola dengan aman, dan sekitar 368 juta diantaranya mengambil air dari sumber yang tidak terlindungi seperti sumur dan

mata air (Sari et al., 2023).

Sumber air dapat berasal dari laut, hujan, permukaan tanah, mata air, dan air tanah. Air sumur termasuk jenis air yang berasal dari tanah. Seiring waktu, kebutuhan akan air bersih semakin meningkat. Di perkotaan, masyarakat umumnya mengandalkan air bersih yang disediakan oleh PDAM, sementara dipedesaan, sebagian besar orang menggunakan air sumur untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Namun, air sumur sering mengandung logam berat seperti besi, mangan, cadmium, timbal dan seng, yang bisa berasal dari proses alam maupun aktivitas manusia seperti pertanian, pertambangan, dan industri. Adapun kandungan logam berat tersebut, air sumur tidak dapat langsung digunakan untuk konsumsi atau kebutuhan sehari-hari, karena dapat membahayakan kesehatan (Wardani et al., 2021).

Besi (Fe) adalah salah satu unsur yang dapat ditemukan hampir di seluruh tempat di bumi, termasuk dalam berbagai lapisan geologis dan badan air. Biasanya, zat besi yang terkandung dalam air bersifat tidak dapat terlarut. Kandungan ion Fe pada air sumur bor umumnya berkisar antara 5 hingga 7 mg/L, sementara standar kandungan zat besi dalam air bersih menurut permenkes RI Nomor 32 tahun 2017 adalah maksimal 1 mg/L. Tinggi rendahnya kadar Fe ini sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur tanah. Jika air sumur bor yang mengandung logam besi dikonsumsi

dalam jangka panjang, hal ini dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, seperti lemas, batuk, sesak napas, paru-paru dan edema (Suryadirja et al., 2021).

Kandungan besi dalam air tanah dapat menyebabkan perubahan warna air menjadi kuning, menimbulkan bau tidak sedap saat terpapar udara, meninggalkan noda kuning pada pakaian, serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi masyarakat yang mengonsumsi air tersebut. Oleh karena itu maka air yang mengandung kadar Fe tinggi harus diolah terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Metode pengolahan kadar besi dalam air dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode oksidasi (aerasi gelembung) dan adsorpsi. Aerasi adalah teknik pengolahan air secara kimia dengan menambahkan udara atau oksigen ke dalam air. Oksigen akan bereaksi dengan Fe membentuk besi oksidasi yang dapat mengendap. Proses aerasi tidak memerlukan ruang yang luas, dan desainnya sederhana serta mudah dioperasikan. Sementara itu, adsorpsi adalah proses pengolahan yang terjadi ketika molekul cairan atau gas bersentuhan dengan permukaan adsorben, dan sebagai molekul tersebut terperangkap atau teradsorpsi pada permukaan adsorben itu (Rosydi et al., 2024)

Salah satu jenis adsorben adalah arang. Limbah agroindustri memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan baku arang antara lain arang ampas tebu, arang sekam padi, arang bongol jagung dan arang sabut kelapa. Ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan arang karena mengandung selulosa. Selain itu, ampas tebu juga sangat potensial untuk dikembangkan karena ketersediaannya yang melimpah (Imani et al., 2021).

Permasalahan yang disebabkan oleh tingginya kadar besi (Fe) pada air sumur bor, terutama di Kelurahan Fajar Baru Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. Kadar besi yang melebihi batas persyaratan air dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti gangguan kesehatan, perubahan rasa dan warna air, serta adanya perubahan warna pada peralatan dapur. Oleh karena itu, pengolahan air ini sangat penting untuk menjaga kualitas air dan kesehatan masyarakat.

Salah satu solusi yang efektif adalah menggabungkan metode oksidasi (aerasi gelembung) dengan proses adsorpsi menggunakan arang yang dihasilkan dari limbah agroindustri, seperti ampas tebu dan bongol jagung. Aerasi gelembung dapat digunakan untuk meningkatkan proses pengambilai melalui proses oksidasi. Besi yang terbentuk dapat dipisahkan melalui proses pengendapan, sehingga kadar besi dapat dipisahkan. Setelah tahap ini, dilakukan proses adsorpsi menggunakan arang yang dihasilkan dari limbah agroindustri berfungsi sebagai adsorben untuk menyerap sisa-sisa besi yang masih ada,

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor diatas dilakukan penelitian dengan judul Efektivitas penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur bor menggunakan aerasi gelembung dilanjur adsorpsi menggunakan arang ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar besi pada air sumur bor menggunakan gabungan proses oksidasi (aerasi gelembung) dilanjutkan dengan proses adsorpsi menggunakan arang limbah agroindustri dari ampas tebu. Hal ini tidak hanya dapat membantu mengatasi masalah pencemaran air, tetapi juga memberikan nilai tambah bagi limbah agroindustri, sehingga mendukung upaya keberlanjutan dan pengelolaan lingkungan yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen sungguhan (true experiment) yaitu untuk mengetahui pengaruh dari variabel – variabel yang akan diteliti. Pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh proses oksidasi (aerasi gelembung) dilanjut adsorpsi menggunakan arang limbah agroindustri (ampas tebu) dalam menurunkan kadar Fe pada air sumur bor

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pengambilan sampel dilakukan di sumur bor warga Kelurahan Fajar Baru Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Malahyati Bandar Lampung, dan Pengujian Sampel di lakukan di Laboratorium Non Food Sub. Dept. Head (PT.Great Giant Pineapple) Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-Juni tahun 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisi Kandungan Air Sumur Warga

Air sumur bor yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini adalah air sumur warga di Kelurahan Fajar Baru Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. Kandungan kadar besi (Fe) air sumur bor tersebut dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 1. Kandungan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor

Kandungan	Hasil Analisa	Baku Mutu
Kadar Besi (Fe)	1.83 mg/L	1 mg/L

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan hasil analisis dapat dilihat bahwa, air sumur warga kelurahan Fajar Baru Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan memiliki kandungan kadar besi Fe yang melebihi batas baku mutu air bersih Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017.

Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor

Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor Menggunakan Aerasi Gelembung

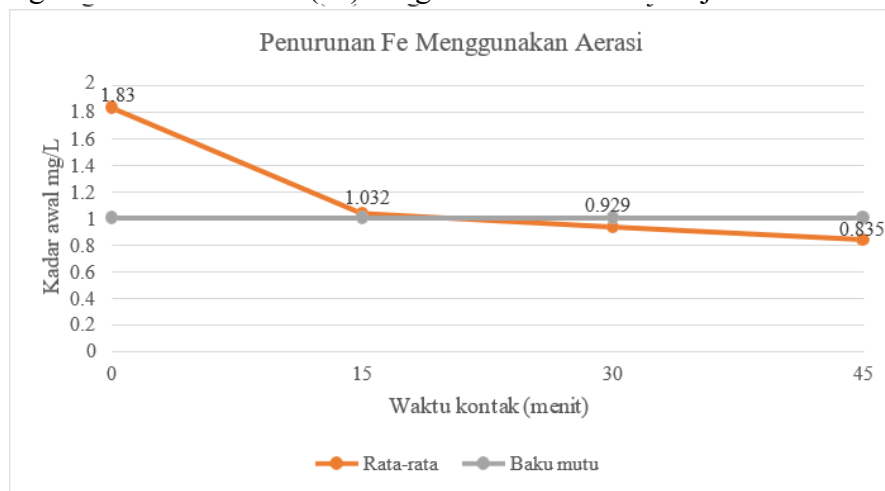
Pada pengujian ini metode yang digunakan adalah oksidasi (aerasi gelembung). Penelitian ini menggunakan sistem batch dengan sampel air sumur bor sebesar 1500 ml dengan menggunakan alat aerator dan dilengkapi difuser. Penelitian ini dilakukan dua kali pengulangan dengan waktu kontak 15, 30, dan 45 menit. Hasil analisa kandungan kadar besi (Fe) disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 2 Hasil Penurunan Kadar Besi (Fe) Menggunakan Metode Aerasi Gelembung

Waktu (Menit)	Kadar Awal mg/L	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata	Presentase %
0	1.83	-	-	-	-
15	-	1.022	1.042	1.032	43.6
30	-	0.927	0.931	0.929	49.2
45	-	0.828	0.842	0.835	54.4

Sumber : Data Primer, 2025

Hubungan antara kadar besi (Fe) dengan waktu kontak disajikan Gambar 4.2



Gambar 1 Hubungan Antara Kadar Besi Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Metode Aerasi

Pada gambar 1, menunjukkan bahwa kadar awal besi (Fe) sebesar 1.83 mg/L. Setelah 15 menit, kadar besi (Fe) mengalami penurunan yang signifikan menjadi 1.032 mg/L, menunjukkan bahwa proses oksidasi (aerasi gelembung) efektif dalam mengurangi kadar besi (Fe) dalam waktu yang relatif singkat. Penurunan yang tinggi pada interval waktu ini menunjukkan bahwa aerasi berhasil mengoksidasi dan mengendapkan sebagian besar ion besi terlarut. Selanjutnya, pada waktu 30 menit, kadar besi (Fe) menurun lebih lanjut menjadi 0.929 mg/L, dan pada waktu 45 menit, kadar besi (Fe) mencapai 0.835 mg/L. Pada tahap awal proses aerasi, air belum jenuh oleh partikel endapan (Fe_2O_3) sehingga reaksi oksidasi dapat berlangsung secara maksimal tanpa gangguan dari proses pengendapan maupun hambatan difusi oksigen melalui difuser. Hal ini

memungkinkan transfer oksigen dan reaksi oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} berlangsung secara efisien. Setelah waktu kontak mencapai 15 menit, laju reaksi mulai melambat, karena konsentrasi Fe yang tersisa semakin sedikit. Selain itu, terbentuknya endapan (Fe_2O_3) secara bertahap dapat mengganggu proses aerasi dengan menutupi permukaan difuser atau menghambat transfer oksigen ke dalam larutan. Pada kondisi ini, sistem mulai mendekati keadaan setimbang, sehingga penurunan kadar Fe berlangsung semakin lambat

Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor Menggunakan Arang Ampas Tebu

Pada pengujian ini metode yang digunakan adalah adsorpsi menggunakan arang ampas tebu. Penelitian ini menggunakan sistem batch dengan sampel air sumur bor sebesar 1000 ml dengan menggunakan adsorben sebanyak 20 gram. Penelitian ini dilakukan dua kali pengulangan dengan waktu kontak 15, 30, dan 45 menit.

Hasil analisa kandungan kadar besi (Fe) disajikan pada Tabel 4.3

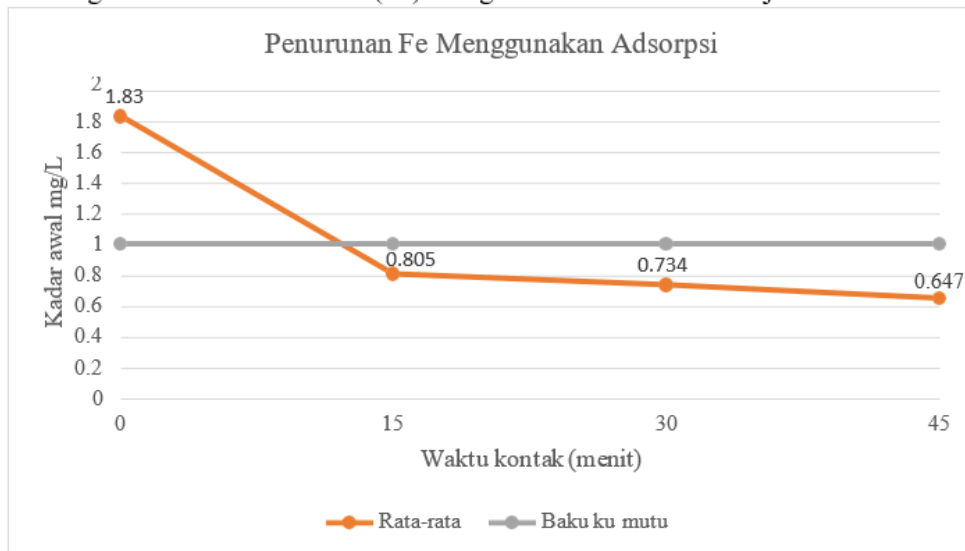
Tabel 3 Hasil Penurunan Kadar Besi (Fe) Menggunakan Metode Adsorpsi Dari Arang Ampas Tebu

Waktu	Kadar	Pengulangan	Pengulangan	Rata-	Presentase
-------	-------	-------------	-------------	-------	------------

(Menit)	Awal mg/L	1	2	rata	%
0	1.83	-	-	-	
15	-	0.775	0.836	0.805	56.0
30	-	0.704	0.764	0.734	60.0
45	-	0.636	0.659	0.647	64.6

Sumber : Data Primer, 2025

Hubungan antara kadar besi (Fe) dengan waktu kontak disajikan Gambar 2



Gambar 2 Hubungan Antara Kadar Besi Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Metode Adsorpsi

Pada gambar 2, menunjukkan bahwa kadar awal besi (Fe) sebesar 1.83 mg/L. Setelah 15 menit, kadar besi (Fe) mengalami penurunan yang signifikan menjadi 0.805 mg/L, menunjukkan bahwa proses adsorpsi efektif dalam mengurangi kadar besi (Fe) dalam waktu yang relatif singkat. Penurunan yang tinggi pada interval waktu ini menunjukkan bahwa aerasi berhasil mengoksidasi dan mengendapkan sebagian besar ion besi terlarut. Selanjutnya, pada waktu 30 menit, kadar besi (Fe) menurun lebih lanjut menjadi 0.734 mg/L, dan pada waktu 45 menit, kadar besi (Fe) mencapai 0.647 mg/L. Penurunan kadar besi (Fe) yang konsisten ini menunjukkan efektivitas metode adsorpsi dapat menurunkan kadar besi (Fe) dalam pengolahan air sumur bor. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahap awal, permukaan adsorben masih dalam kondisi relatif kosong dengan banyak situs aktif yang tersedia, sehingga kemampuan untuk menyerap Fe sangat tinggi. Pada fase ini, proses desorpsi belum terjadi atau masih berlangsung sangat lambat. Namun, seiring bertambahnya waktu kontak, permukaan adsorben semakin jenuh oleh Fe yang terserap, menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi dan percepatan laju desorpsi.

Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor Menggunakan Aerasi Gelembung Dilanjut Adsorpsi

Pada penelitian ini hasil proses aerasi pada waktu kontak 45 menit kadar Fe sebesar 0,835 mg/L digunakan untuk proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan secara batch dengan menambahkan adsorben sebanyak 20 gram dan waktu kontak 0, 15, 30, dan 45 menit.

Hasil analisa kandungan kadar besi (Fe) disajikan pada Tabel 4.4

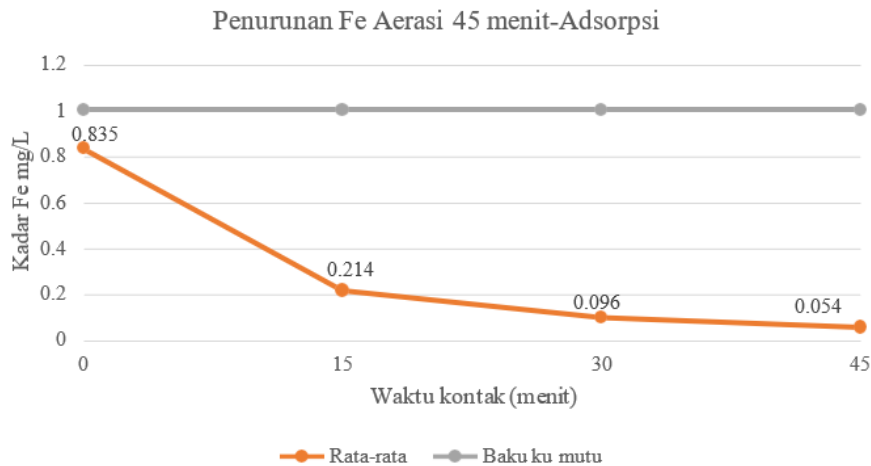
Tabel 4 Hasil Penurunan Kadar Besi (Fe) Menggunakan Metode Aerasi Gelembung Dengan Waktu Kontak 45 Menit Dilanjut Adsorpsi Dari Arang Ampas Tebu

Waktu (Menit)	Kadar Awal mg/L	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Rata-rata	Presentase %
---------------	-----------------	---------------	---------------	-----------	--------------

0	0.835	-	-	-	
15	-	0.197	0.231	0.214	74.4
30	-	0.086	0.103	0.096	88.5
45	-	0.450	0.063	0.054	93.6

Sumber : Data Primer, 2025

Hubungan antara kadar besi (Fe) dengan waktu kontak disajikan Gambar 3



Gambar 3 Hubungan Antara Kadar Besi Terhadap Waktu Kontak Menggunakan Metode Aerasi Gelembung Dengan Waktu Kontak 45 Menit Dilanjut Adsorpsi

Pada gambar 3 terlihat bahwa kadar awal besi (Fe) sebesar 1.83 mg/L. Setelah 15 menit, kadar besi (Fe) mengalami penurunan signifikan menjadi 0.214

mg/L, yang menunjukkan bahwa kombinasi metode oksidasi (aerasi gelembung) dan proses adsorpsi sangat efektif dalam menurunkan kadar besi (Fe) dalam waktu singkat. Penurunan yang tinggi pada interval waktu ini menunjukkan bahwa metode tersebut berhasil mengoksidasi dan mengendapkan sebagian besar ion besi terlarut. Selanjutnya, pada waktu 30 menit, kadar besi (Fe) menurun lebih lanjut menjadi

0.096 mg/L, dan pada waktu 45 menit, kadar besi (Fe) mencapai 0.054 mg/L.

Setelah proses aerasi berlangsung dan sebagian besar ion Fe^{2+} berhasil dioksidasi menjadi Fe^{3+} , terbentuklah endapan (Fe_2O_3) yang bersifat tidak larut. Pada tahap ini, proses dilanjutkan dengan adsorpsi menggunakan arang ampas tebu sebagai media penyerap. Adsorpsi ini bertujuan untuk menangkap sisa Fe yang belum sepenuhnya mengendap selama aerasi, serta menyerap partikel Fe terlarut yang masih tersisa dalam air. Pada tahap awal adsorpsi, permukaan arang masih dalam kondisi relatif kosong dengan banyak situs aktif tersedia, sehingga efisiensi penyerapan Fe sangat tinggi. Namun, seiring bertambahnya waktu kontak, permukaan adsorben mulai mengalami kejenuhan akibat semakin banyaknya Fe yang terserap. Kondisi ini menyebabkan kapasitas adsorpsi menurun dan memungkinkan terjadinya desorpsi dalam jumlah kecil. Dengan demikian, kombinasi antara aerasi dan adsorpsi memberikan efektivitas ganda, di mana aerasi berperan dalam mengoksidasi Fe dan membentuk endapan, sedangkan adsorpsi melengkapi proses dengan menghilangkan sisa Fe untuk mencapai kualitas air yang lebih baik.

Perbandingan Ketiga Proses Penurunan Kadar Besi (Fe)

Hasil dari ketiga proses penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur bor dapat dilihat pada tabel 5

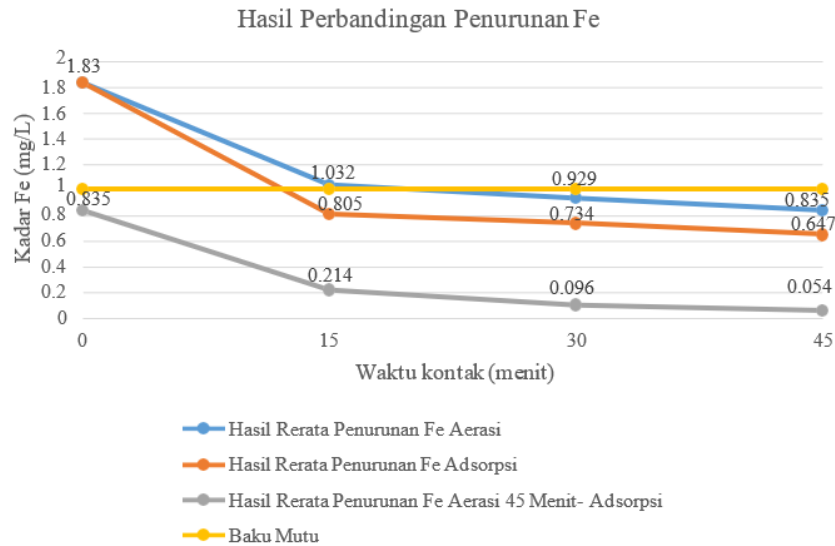
Tabel 5 Hasil Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor Menggunakan Ketiga Proses

Menit	Aerasi	Adsorpsi	Aerasi 45 menit – Adsorpsi
-------	--------	----------	----------------------------

0	1.83	1.83	0.835
15	1.032	0.805	0.214
30	0.929	0.734	0.096
45	0.835	0.647	0.054

Sumber : Data Primer, 2025

Hubungan antara kadar (Fe) dengan waktu kontak disajikan Gambar 4.5



Perbandingan Antara Kadar Besi Terhadap Waktu Kontak Dengan Menggunakan Tiga Proses

Pada penelitian ini, kadar besi (Fe) dalam air sumur bor diukur pada berbagai waktu kontak menggunakan tiga proses, yaitu aerasi, adsorpsi, dan kombinasi keduanya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada waktu awal (0 menit), kadar besi (Fe) tercatat sebesar 1,83 mg/L untuk semua metode, kecuali untuk kombinasi aerasi-adsorpsi yang menunjukkan kadar lebih rendah yaitu 0,835 mg/L. Setelah 15 menit, kadar besi (Fe) dengan metode aerasi menjadi 1,032 mg/L, sedangkan dengan metode adsorpsi menjadi 0,805 mg/L, dan kombinasi keduanya menunjukkan penurunan drastis menjadi 0,214 mg/L. Pada 30 menit, kadar besi (Fe) terus menurun menjadi 0,929 mg/L untuk aerasi, 0,734 mg/L untuk adsorpsi, dan 0,096 mg/L untuk kombinasi. Akhirnya, pada 45 menit, kadar besi (Fe) tercatat sebesar 0,835 mg/L untuk aerasi, 0,647 mg/L untuk adsorpsi, dan 0,054 mg/L untuk kombinasi aerasi-adsorpsi.

Penurunan kadar besi (Fe) pada air sumur bor dapat dijelaskan melalui dua proses utama yang diterapkan, yaitu aerasi dan adsorpsi. Proses aerasi melibatkan pengaliran udara ke dalam air, yang membantu mengoksidasi besi terlarut menjadi

bentuk yang tidak larut, seperti besi oksida. Ketika besi teroksidasi, partikel-partikel ini akan mengendap dan dapat dihilangkan dari air, sehingga mengurangi kadar besi (Fe) dalam air sumur bor. Di sisi lain, proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu sebagai media adsorben yang menarik dan mengikat ion besi (Fe) dari air. Arang ampas tebu memiliki permukaan yang luas dan porositas yang tinggi, sehingga dapat menyerap besi secara efektif. Ketika air yang mengandung besi melewati arang, besi akan terikat pada permukaan arang, sehingga kadar besi dalam air berkurang. Ketika kedua proses ini digabungkan, yaitu melalui aerasi diikuti dengan adsorpsi, efektivitas penurunan kadar besi (Fe) meningkat secara signifikan. Aerasi terlebih dahulu mengoksidasi besi terlarut, dan kemudian adsorpsi menangkap partikel-partikel besi yang telah teroksidasi, sehingga menghasilkan penurunan kadar besi yang lebih besar dalam waktu yang lebih singkat.

Gabungan antara metode oksidasi (aerasi gelembung) dan adsorpsi menggunakan ampas tebu sebagai adsorben tidak hanya meningkatkan efisiensi pengolahan, tetapi juga menawarkan solusi ramah lingkungan untuk mengatasi pencemaran besi dalam air sumur bor.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan yaitu:

1. Proses aerasi gelembung dapat menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur bor di Kelurahan Fajar Baru, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. Kadar besi (Fe) yang awalnya sebesar 1.83 mg/L berhasil diturunkan menjadi 0.835 mg/L melalui proses aerasi dengan waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penurunan sebesar 54.4 %.
2. Proses adsorpsi menggunakan arang ampas tebu berperan sebagai adsorben yang efektif dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur bor. Kadar besi (Fe) sebesar 1.83 mg/L dapat diturunkan menjadi 0.647 mg/L melalui proses adsorpsi dengan waktu kontak 45 menit dengan efisiensi penurunan sebesar 64.6 %.
3. Kombinasi antara aerasi gelembung selama 45 menit dilanjut proses adsorpsi dapat menurunkan kadar besi (Fe) dari 1.83 mg/L menjadi 0.054 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 93.6 %.

Saran

Adapun saran dari penelitian ini yaitu:

1. Disarankan agar metode kombinasi aerasi gelembung dan adsorpsi menggunakan arang ampas tebu diterapkan secara lebih luas di daerah lain yang mengalami masalah pencemaran air akibat tingginya kadar besi.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi penggunaan berbagai jenis limbah agroindustri lainnya sebagai adsorben, seperti arang sekam padi, arang bonggol jagung, atau bahan organik lainnya, untuk membandingkan efektivitasnya dalam menurunkan kadar besi (Fe) dalam air

DAFTAR PUSTAKA

- Aba, L., Bahrin, & Armid. (2017). Pengolahan Air Sumur Gali dengan Metode Aerasi Filtrasi Menggunakan Aerator Gelembung dan Saringan Pasir Cepat untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn). *Jurnal Aplikasi Fisika*, 13(2), 38–47.
- Arsyina, L., Wispriyono, B., Ardiansyah, I., & Pratiwi, L. D. (2019). Hubungan Sumber Air Minum dengan Kandungan Total Coliform dalam Air Minum Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 14(2), 18. <https://doi.org/10.26714/jkmi.14.2.2019.18-23>
- Asbahani. (2013). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, 13(1), 105–114.
- Fabiana, M. F. (2019). Persyaratan Air Bersih. 10–22.
- Hayati, I. N., Sutrisno, J., Asmoro, P., & Sembodo, B. P. (2016). Arang Aktif Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 13(2), 9–18. <https://doi.org/10.36456/waktu.v13i2.61>
- Imani, A., Sukwika, T., & Febrina, L. (2021). Karbon Aktif Ampas Tebu sebagai Adsorben Penurun Kadar Besi dan Mangan Limbah Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 33–42. <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.13.1.33-42>
- Karim, M. A., Juniar, H., & Ambarsari, M. F. P. (2018). ADSORPSI ION LOGAM Fe DALAM LIMBAH TEKSTIL SINTESIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE BATCH. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 68. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1205>
- Lubis, R. A. F., Nasution, H. I., & Zubir, M. (2020). Production of Activated Carbon from Natural

- Sources for Water Purification. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST), 3(2), 67. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v3i2.19531>
- Marasqbesssy, I., Meilissa, N., & Serang, R. (2023). Evaluasi Ketersediaan Kebutuhan dan Penanggulangan Air Bersih di Dusun Lokki Desa Lokki Kecamatan Huamual Kabupaten Seram Bagian Barat. JURNAL MANUMATA VOL, 9, 119–121.
- Nurbaeti, L., Prasetya, A. T., Kusumastuti, E., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). Arang Ampas Tebu (Bagasse) Teraktivasi Asam Klorida sebagai Penurun Kadar Ion $H_2PO_4^-$. Indonesian Journal of Chemical Science, 7(2), 1–8. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Nurhajawarsi, N., & Haryanti, T. (2023). Analisis Kualitas Air Sumur Sekitar Kawasan Industri Bantaeng (Kiba). Sebatik, 27(1), 43–51. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i1.2258>
- Oktavia, S. (2018). Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 10(1), 1–12. <https://pdfs.semanticscholar.org/105b/b836826836d6adcb9cdc47871138df30f20d.pdf>
- Pontoring, M. E. I., Pinontoan, O. R., Sumampouw, O. J., Kesehatan, F., Universitas, M., & Ratulangi, S. (2019). UJI KUALITAS AIR BERSIH DARI PT . AIR MANADO BERDASARKAN PARAMETER BIOLOGI DAN FISIKA DI KELURAHAN BATU KOTA KOTA MANADO. Jurnal Kesmas, 8(6), 484–492.
- Rahmi, R., & Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal(Pb) dalam Limbah Cair. Prosiding Seminar Nasional Biotik, 271–279.
- Rosyidi, H. A., Ali, M., & Jawwad, M. A. S. (2024). Efektivitas proses aerasi dan penggunaan adsorben cangkang telur bebek & kepiting dalam penurunan Fe, Mn, TDS, TOC pada air tanah. Jurnal Serambi Engineering, IX(3), 9425– 9433.
- Rudi. (2021). Jenis- Jenis Aerasi. Www.Itera.Ac.Id, Teknologi Pangan ITERA Kupas Konsep Gastronomi Mol. <https://www.itera.ac.id/teknologi-pangan-itera-kupas-konsep-gastronomi-molekuler-teknik-memasak-kombinasi-ilusi-dan-teknologi/>
- Sappewali, S., Syarifuddin, P. A., Muhtar, M., Nurjannah, N., Faniarti, F., & Aminah, S. (2024). Penurunan Kadar Besi Dengan Metode Filtrasi Pada Air Sumur Gali. Jurnal Ilmiah Ecosystem, 24(2), 329–339. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i2.4435>
- Sari, I. H., Maksuk, M., & Amin, M. (2023). Penambahan Ampas Tebu Sebagai Media Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Fe Pada Air Sumur. Jurnal Sanitasi Lingkungan, 3(2), 61–66. <https://doi.org/10.36086/jsl.v3i2.2000>
- Satriyani, S., Melvha, H., & Rosdanelli, H. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi. Jurnal Teknik Kimia USU, 2(1), 26–30. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1423>
- Supraptiah, E., Ningsih, A. S., Fatria, & Amalia, U. (2014). Penyerapan Logam Pb dengan menggunakan Karbon Aktif Cangkang Kemiri. In Kinetika (Vol. 5, pp. 9–13).
- Suryadirja, A., Muliasari, H., Ananto, A. D., & ANDAYANI, Y. (2021). ANALISIS KADAR LOGAM BESI (FE) PADA AIR SUMUR BOR DI KECAMATAN PRAYA TENGAH MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM Analysis of Iron (Fe) Levels in Drilling Well Water in Praya Tengah District Using Atomic Absorption Spectrophotometry. Jurnal Sanitasi Dan Lingkungan, 2(2), 2. <https://e-journal.sttl-mataram.ac.id>
- Wardani, S., Mawardah, F., & Adham, M. (2021). Efektivitas Penurunan Kadar Besi pada Air Sumur Menggunakan Arang Aktif Tulang Kambing. 103.52.61.43, 196–203. <http://103.52.61.43/index.php/semidiunaya/article/view/2515>
- Yazid, E. A., & Saraswati, A. (2015). PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DALAM AIR TANAH (Literatur Review) Iron is a chemical compound that is toxic or toxic in high levels and can cause losses ranging from damaging equipment made of zinc to causing various diseases . Therefore groundwater with h. 1, 10–19.
- Yoga, I. G. A. P. R., Astuti, N. P. W. A., & Sanjaya, N. N. A. (2020). Analisis Hubungan Kondisi Fisik dengan Kualitas Air Pada Sumur Gali Plus di Wilayah Kerja Puskesmas II Denpasar

Selatan. *Higiene*, 112(26), 1131– 1135.

Yoseva, P. L., Muchatar, A., & Sophia, H. (2015). PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENINGKATAN KUALITAS AIR GAMBUT. *JOM FMIPA*, 2(3), 321–329.

<https://doi.org/10.7868/80424857017030112>