

## Pengembangan Air Baku Berkualitas Untuk Irigasi Cabai Dengan Deironing System di Desa Kuta Baru Tebing Tinggi

Nur Asyiah Dalimunthe<sup>1</sup>, Yuan Anisa<sup>2</sup>, Fadhillah Azmi<sup>2</sup>, M. Ilham<sup>1</sup>, Defi Mita Fitrianti Saragih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Elektro, Universitas Medan Area

### INFO ARTIKEL

Submission 21/02/2026

Revised 7/03/2026

Accepted 6/04/2026

Published 8/04/2026

### Kata Kunci:

Air Irigasi,  
Deironing System,  
Kadar Besi,  
Tanaman Cabai,  
Kualitas Air

### ABSTRAK

Petani cabai di Desa Kuta Baru, Kecamatan Tebing Tinggi, menghadapi permasalahan kualitas air irigasi akibat tingginya kandungan besi terlarut pada sumber air yang digunakan. Hasil pengukuran awal menunjukkan kadar besi terlarut sebesar 4,11 miligram per liter, yang menyebabkan terbentuknya endapan, penyumbatan saluran irigasi, serta penurunan kualitas lahan pertanian. Kegiatan ini merupakan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) yang didanai melalui Dana Internal Yayasan (DIYA) Universitas Medan Area dan bertujuan mengembangkan air baku irigasi yang lebih layak melalui penerapan sistem deironing berbasis aerasi dan penyaringan sederhana yang mudah dioperasikan oleh petani. Metode kegiatan meliputi identifikasi kondisi awal kualitas air, perancangan dan pemasangan sistem deironing, pengujian kualitas air sebelum dan sesudah pengolahan, serta pendampingan dalam pengoperasian dan pemeliharaan alat. Hasil kegiatan menunjukkan penurunan kadar besi terlarut secara signifikan menjadi 0,32 miligram per liter setelah proses pengolahan, disertai peningkatan kejernihan air irigasi. Perbaikan kualitas air tersebut berdampak positif terhadap kondisi lahan dan mendukung pertumbuhan tanaman cabai yang lebih optimal. Kegiatan ini disimpulkan efektif dalam meningkatkan kualitas air irigasi dan berpotensi diterapkan secara berkelanjutan pada wilayah pertanian dengan permasalahan serupa.

Corresponding author email:

[nurasyiah@staff.uma.ac.id](mailto:nurasyiah@staff.uma.ac.id)



Copyright © Author (2026). Published by Alesha Media Digital. This is an open access article under the [CC BY SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license. All writings published in this journal are personal views of the author and do not represent the views of this journal and the author's affiliated institutions.

## 1. PENDAHULUAN

Kualitas air irigasi merupakan faktor penting dalam mendukung keberhasilan kegiatan pertanian, khususnya dalam menjaga kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Air irigasi yang mengandung logam terlarut, seperti besi (Fe), dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan berbagai permasalahan, baik terhadap sistem irigasi maupun kondisi tanah. Menurut Sihotang dan Sinaga (2024), air sumur bor yang digunakan untuk keperluan irigasi di beberapa wilayah pertanian seringkali mengandung kadar besi yang cukup tinggi, yang ditandai dengan perubahan warna air menjadi kecoklatan serta terbentuknya endapan pada saluran air.

Kandungan besi yang berlebihan dalam air irigasi tidak hanya menyebabkan gangguan secara fisik, seperti penyumbatan pada saluran distribusi air, tetapi juga dapat mempengaruhi kondisi kimia tanah. Yuliani dan Kurniawan (2018) menyatakan bahwa penggunaan air irigasi dengan kualitas yang rendah dalam jangka panjang dapat menyebabkan akumulasi logam dalam tanah, perubahan pH, serta menurunkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Hal ini pada akhirnya dapat berdampak pada penurunan produktivitas lahan pertanian.

Upaya pengolahan air irigasi menjadi sangat penting untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah proses aerasi dan filtrasi. Sutrisno et al. (2018) menjelaskan bahwa

metode aerasi mampu mengoksidasi besi terlarut ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi bentuk tidak larut ( $\text{Fe}^{3+}$ ), yang kemudian dapat dipisahkan melalui proses filtrasi. Kombinasi kedua proses ini terbukti efektif dalam menurunkan kadar besi dalam air tanah sehingga kualitas air menjadi lebih baik dan layak digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk irigasi pertanian.

Dengan demikian, pengolahan air irigasi melalui teknologi sederhana seperti deironing menjadi solusi yang relevan untuk diterapkan, khususnya pada wilayah pertanian yang bergantung pada sumber air tanah dengan kandungan besi tinggi. Pendekatan ini tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan kualitas air, tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem pertanian melalui perbaikan kondisi tanah dan peningkatan produktivitas tanaman.

Upaya peningkatan kualitas air irigasi yang mengandung logam besi (Fe) dapat dilakukan melalui metode filtrasi menggunakan media yang mudah diperoleh dan ekonomis. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah kombinasi filtrasi pasir dan karbon aktif. Pratiwi dan Wahyuni (2022) menyatakan bahwa media pasir berfungsi sebagai penyaring partikel tersuspensi serta endapan hasil oksidasi besi, sedangkan karbon aktif memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap zat terlarut, termasuk ion logam.

Kombinasi kedua media tersebut terbukti efektif dalam menurunkan kadar besi dalam air tanah, karena proses penyaringan tidak hanya berlangsung secara fisik, tetapi juga melalui mekanisme adsorpsi pada permukaan karbon aktif. Selain itu, penggunaan karbon aktif juga dapat memperbaiki kualitas air secara visual dengan mengurangi warna, bau, dan kekeruhan. Hal ini menjadikan metode filtrasi pasir dan karbon aktif sebagai salah satu alternatif teknologi pengolahan air yang sederhana namun efisien untuk diterapkan pada skala masyarakat maupun pertanian.

Dengan demikian, penerapan sistem filtrasi berbasis pasir dan karbon aktif dapat menjadi bagian penting dalam teknologi deironing, terutama untuk meningkatkan kualitas air irigasi agar lebih layak digunakan serta mendukung keberlanjutan produktivitas lahan pertanian.

Kualitas air irigasi memegang peranan penting dalam mendukung keberhasilan produksi tanaman hortikultura, termasuk cabai yang sensitif terhadap perubahan kondisi tanah dan air. H. Jeong, H. Kim, dan T. Jang, (2016) menjelaskan bahwa air irigasi dengan kandungan logam terlarut yang tinggi dapat memengaruhi sifat kimia tanah dan menghambat penyerapan unsur hara oleh tanaman. Kondisi tersebut masih dijumpai pada kegiatan pertanian cabai di Desa Kuta Baru, Kecamatan Tebing Tinggi, di mana petani memanfaatkan air tanah dan air permukaan yang memiliki kandungan besi terlarut relatif tinggi. Secara visual, air irigasi menunjukkan warna kecoklatan dan membentuk endapan pada saluran, yang dalam jangka panjang dapat menurunkan kualitas lahan serta mengganggu pertumbuhan tanaman cabai (F. Ahamad, M. G. Rasul, dan M. M. K. Khan, 2020).

Mitra kegiatan merupakan kelompok petani cabai dengan skala usaha kecil hingga menengah yang memiliki keterbatasan sarana pengolahan air dan rendahnya pemahaman terkait manajemen kualitas air irigasi. Kebutuhan faktual masyarakat adalah adanya teknologi pengolahan air yang praktis, berbiaya terjangkau, serta dapat diterapkan secara mandiri sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Tantangan utama yang dihadapi mitra adalah belum tersedianya sistem pengolahan air sederhana yang mampu menurunkan kadar besi terlarut sebelum air digunakan untuk irigasi pertanian.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengolahan air menggunakan sistem deironing melalui kombinasi proses aerasi dan filtrasi efektif menurunkan kadar besi terlarut. C. Rosidah, N. Pramitasari, A. M. Kartini, T. K. Kumalasari, dan I. H. Aselna, (2024) menyatakan bahwa proses

aerasi mampu mengubah besi terlarut menjadi bentuk padatan yang selanjutnya dapat dipisahkan menggunakan media penyaring. Pendekatan ini dinilai sesuai diterapkan pada wilayah pedesaan karena konstruksinya sederhana dan mudah dioperasikan (A. Masduqi dan N. A. Febriyana, 2018).

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan Program Kemitraan Masyarakat ini dirancang sebagai upaya pengembangan air baku berkualitas melalui penerapan sistem deironing yang aplikatif bagi petani cabai. Tujuan kegiatan adalah memperbaiki kualitas air irigasi, mendukung pertumbuhan tanaman cabai yang lebih optimal, serta meningkatkan pengetahuan dan kemandirian mitra dalam pengelolaan air. Diharapkan kegiatan ini dapat mendorong terwujudnya sistem irigasi yang berkelanjutan dan dapat diadaptasi pada wilayah pertanian lain dengan permasalahan serupa.

## **1. METODE PELAKSANAAN**

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan menggunakan pendekatan *community based development*, yaitu pendekatan berbasis masyarakat yang menempatkan mitra sebagai subjek utama dalam setiap tahapan kegiatan. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan teknologi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan, kondisi, dan kemampuan masyarakat sasaran. Selain itu, kegiatan juga mengadopsi prinsip *participatory action research* melalui keterlibatan aktif mitra dalam proses perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kegiatan.

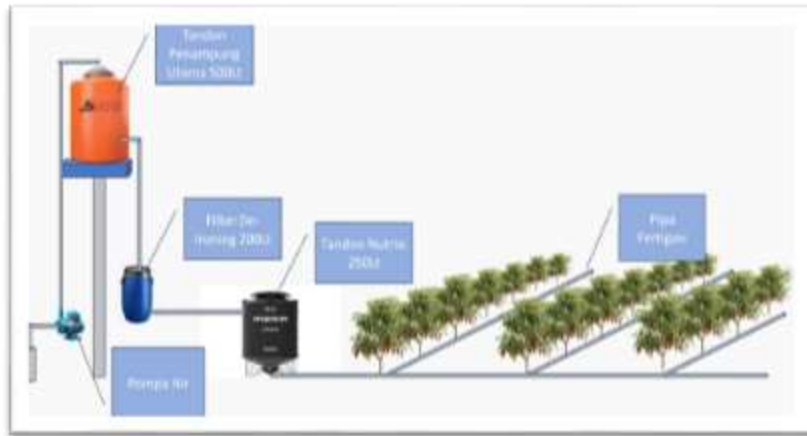
Tahapan pelaksanaan kegiatan diawali dengan survei dan identifikasi kondisi awal, meliputi pengamatan lapangan dan pengambilan sampel air irigasi pada lokasi pertanian cabai mitra. Sampel air dianalisis untuk mengetahui kadar besi terlarut sebagai dasar perancangan sistem deironing. Tahap selanjutnya adalah perancangan dan pemasangan sistem deironing yang terdiri atas unit aerasi dan filtrasi dengan memanfaatkan bahan yang mudah diperoleh di lingkungan sekitar. Setelah instalasi, dilakukan uji kinerja sistem melalui pengukuran kualitas air sebelum dan sesudah pengolahan.

Pengukuran hasil kegiatan dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Secara kuantitatif, kadar besi terlarut diukur menggunakan alat uji kualitas air berbasis spektrofotometri atau *test kit* besi, dengan satuan miligram per liter. Selain itu, kejernihan air diamati secara visual sebagai indikator pendukung. Secara kualitatif, dilakukan observasi dan wawancara untuk menilai pemahaman mitra terhadap pengoperasian dan perawatan alat.

Pengujian kualitas air dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan sistem deironing untuk menurunkan kadar besi (Fe) dalam air baku. Setiap parameter kualitas air diuji dengan tiga kali replikasi (triplo) untuk menjamin keakuratan dan reproduibilitas data. Sampel air diambil sebelum dan sesudah proses deironing, kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan metode standar. Hasil pengukuran dinyatakan sebagai nilai rata-rata dari tiga kali pengulangan ( $n = 3$ ) beserta simpangan standar.

Secara kualitatif, dilakukan observasi dan wawancara untuk menilai pemahaman mitra terhadap pengoperasian dan perawatan alat.

Tingkat ketercapaian keberhasilan kegiatan dievaluasi berdasarkan beberapa indikator. Dari aspek teknis, keberhasilan diukur melalui penurunan kadar besi terlarut pada air irigasi hingga mendekati baku mutu yang layak untuk pertanian. Dari aspek sikap, keberhasilan ditunjukkan oleh meningkatnya kesadaran dan kemauan petani dalam mengelola kualitas air irigasi. Dari aspek sosial, keberhasilan tercermin pada meningkatnya kerja sama antarpetani dalam pemanfaatan dan pemeliharaan sistem deironing. Sementara itu, dari aspek ekonomi, ketercapaian kegiatan dilihat dari potensi penurunan biaya perawatan saluran irigasi dan peningkatan hasil tanaman cabai yang lebih sehat dan produktif.



Gambar 1. Rangkaian Alat Irigasi Cabai Dengan Deironing System

## 2. HASIL & PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan Program Kemitraan Masyarakat diawali dengan survei lapangan dan pengambilan sampel air irigasi pada lahan pertanian cabai milik mitra di Desa Kuta Baru, Kecamatan Tebing Tinggi. Tahap ini bertujuan untuk memastikan kondisi awal kualitas air serta mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi petani. Hasil pengukuran awal menunjukkan bahwa kadar besi terlarut pada air irigasi mencapai 4,11 miligram per liter, ditandai dengan warna air kecoklatan dan terbentuknya endapan pada saluran irigasi. Kondisi ini menguatkan permasalahan yang selama ini dirasakan oleh mitra, yaitu sering terjadinya penyumbatan saluran air dan penurunan kualitas lahan pertanian.

Tahap selanjutnya adalah perancangan dan pemasangan sistem deironing yang terdiri atas unit aerasi dan filtrasi. Proses aerasi dilakukan untuk meningkatkan kontak air dengan oksigen sehingga besi terlarut mengalami oksidasi dan berubah menjadi bentuk tidak larut. Air hasil aerasi kemudian dialirkan ke unit filtrasi yang berfungsi menyaring endapan besi sebelum digunakan untuk irigasi. Seluruh proses pemasangan dilakukan dengan melibatkan mitra secara langsung agar petani memahami prinsip kerja, pengoperasian, dan perawatan sistem deironing.

Setelah sistem terpasang, dilakukan pengujian kualitas air irigasi sebagai indikator tercapainya tujuan kegiatan. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan kadar besi terlarut sebelum dan sesudah pengolahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar besi terlarut menurun secara signifikan dari 4,11 miligram per liter menjadi 0,32 miligram per liter setelah melalui sistem deironing. Penurunan ini disertai dengan peningkatan kejernihan air dan berkurangnya endapan pada saluran irigasi. Tolak ukur keberhasilan kegiatan ditetapkan berdasarkan kemampuan sistem dalam menurunkan kadar besi terlarut hingga mendekati batas aman untuk keperluan irigasi pertanian serta kemudahan sistem dalam dioperasikan oleh mitra.

Dari aspek sosial dan sikap, kegiatan ini menunjukkan adanya peningkatan kesadaran dan pengetahuan petani mengenai pentingnya kualitas air irigasi. Mitra mulai menunjukkan sikap lebih peduli terhadap pemeliharaan sistem dan bekerja sama dalam pengelolaan air. Dari aspek ekonomi, penggunaan air irigasi yang lebih bersih berpotensi mengurangi biaya perawatan saluran irigasi serta mendukung pertumbuhan tanaman cabai yang lebih sehat, sehingga membuka peluang peningkatan hasil panen.

Keunggulan utama luaran kegiatan ini adalah teknologi deironing yang sederhana, menggunakan bahan yang mudah diperoleh, dan sesuai dengan kondisi masyarakat setempat. Namun demikian, kelemahan yang ditemukan adalah perlunya perawatan rutin pada media filtrasi agar kinerja sistem tetap optimal. Tingkat kesulitan pelaksanaan kegiatan tergolong rendah hingga sedang, sehingga memungkinkan untuk direplikasi

dan dikembangkan lebih lanjut pada kelompok tani lain atau komoditas pertanian berbeda di wilayah dengan permasalahan kualitas air yang serupa.



Gambar 2. Sampel air sumur bor di lahan pertanian

Table 1. Perbandingan Kadar Besi (Fe) Air Irigasi Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Parameter Uji	Satuan	Sebelum Pengolahan	Sesudah Pengolahan	Penurunan
Besi (Fe) terlarut	mg/L	4,11	0,32	3,79
Kondisi visual air	–	Keruh kecoklatan	Jernih	–
Endapan pada saluran	–	Banyak	Sangat sedikit	–

Pengukuran kadar besi terlarut dilakukan menggunakan alat uji kualitas air berbasis *test kit* besi. Hasil menunjukkan bahwa sistem deironing mampu menurunkan kadar besi terlarut secara signifikan sehingga air irigasi menjadi lebih layak digunakan untuk pertanian cabai.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar besi (Fe) dalam air baku sebelum perlakuan sebesar 4,11 mg/L, dan setelah proses deironing mengalami penurunan yang signifikan menjadi 0,32 mg/L. Penurunan ini menunjukkan bahwa sistem deironing yang diterapkan efektif dalam mengurangi kandungan besi terlarut dalam air irigasi. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan standar kualitas air irigasi yang direkomendasikan oleh Food and Agriculture Organization (FAO) (1994).

Berdasarkan FAO, kandungan besi (Fe) dalam air irigasi yang aman umumnya berada di bawah 5,0 mg/L, tergantung pada jenis tanah dan sistem irigasi yang digunakan. Kadar Fe yang tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pada sistem irigasi serta menurunkan kualitas tanah dan menghambat pertumbuhan tanaman.

Dengan demikian, hasil pengolahan menggunakan sistem deironing menunjukkan bahwa kualitas air tidak hanya mengalami penurunan kadar Fe secara signifikan, tetapi juga telah berada jauh di bawah ambang batas yang direkomendasikan FAO. Hal ini mengindikasikan bahwa air hasil pengolahan layak digunakan untuk budidaya tanaman cabai di Desa Kuta Baru Tebing Tinggi serta berpotensi meningkatkan efisiensi sistem irigasi dan produktivitas tanaman,

Hasil penurunan kadar besi (Fe) sebesar 3,79 mg/L atau sekitar 92,2% menunjukkan bahwa sistem deironing yang diterapkan memiliki tingkat efektivitas yang tinggi. Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya, hasil ini tergolong sangat baik. Penelitian yang menggunakan metode aerasi dan filtrasi sederhana umumnya menunjukkan efisiensi penurunan Fe pada kisaran 70–90%, tergantung pada kondisi awal air dan jenis media filtrasi yang digunakan.

Sebagai contoh, penelitian oleh Sutrisno et al. (2018) melaporkan bahwa sistem aerasi diikuti filtrasi pasir mampu menurunkan kadar Fe sebesar 85%, sementara penelitian Rahmawati dan Hidayat (2020) menunjukkan

efisiensi penurunan sekitar 78% menggunakan kombinasi aerasi dan karbon aktif. Dibandingkan dengan hasil tersebut, sistem deironing pada kegiatan ini menunjukkan performa yang lebih tinggi, yang diduga dipengaruhi oleh kondisi awal air, desain unit aerasi yang optimal, serta penggunaan media filtrasi yang sesuai.

Selain itu, penelitian lain juga menyebutkan bahwa keberhasilan proses deironing sangat dipengaruhi oleh faktor pH, waktu kontak oksigen, serta ketebalan dan jenis media filtrasi. Dalam kegiatan ini, proses aerasi yang cukup intensif memungkinkan terjadinya oksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  secara maksimal, sehingga proses pengendapan dan penyaringan berlangsung lebih efektif.

Dengan demikian, jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, teknologi yang diterapkan dalam kegiatan ini tidak hanya relevan tetapi juga memiliki tingkat efektivitas yang kompetitif. Hal ini memperkuat bahwa sistem deironing sederhana berbasis aerasi–filtrasi dapat menjadi solusi yang tepat guna, khususnya untuk skala petani di wilayah pedesaan dengan keterbatasan teknologi dan biaya.

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat di Desa Kuta Baru, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem deironing mampu meningkatkan kualitas air irigasi yang digunakan pada lahan pertanian cabai milik mitra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar besi (Fe) terlarut dalam air irigasi sebelum pengolahan sebesar 4,11 mg/L berhasil diturunkan menjadi 0,32 mg/L setelah melalui proses aerasi dan filtrasi. Penurunan kadar besi tersebut diikuti dengan perbaikan karakteristik fisik air, yang ditandai dengan meningkatnya kejernihan serta berkurangnya pembentukan endapan pada bak penampungan dan jaringan irigasi.

Teknologi deironing yang diterapkan terbukti efektif dan sesuai untuk skala petani, karena memanfaatkan komponen yang sederhana, mudah dioperasikan, serta memiliki biaya operasional dan perawatan yang relatif terjangkau. Keterlibatan langsung mitra dalam proses instalasi dan pengoperasian alat memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas pengetahuan dan keterampilan petani, khususnya terkait pengelolaan kualitas air irigasi yang berkelanjutan.

Dari aspek sosial, kegiatan ini mampu mendorong peningkatan kesadaran, kemandirian, dan partisipasi aktif petani dalam menjaga kualitas air serta melakukan pemeliharaan sistem secara berkala. Dari sisi ekonomi, penggunaan air irigasi yang telah diolah berpotensi meminimalkan gangguan pada sistem distribusi air, mengurangi biaya perawatan saluran, serta mendukung pertumbuhan tanaman cabai yang lebih optimal, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan hasil panen.

Secara keseluruhan, penerapan teknologi deironing dapat menjadi solusi aplikatif dalam mengatasi permasalahan tingginya kandungan besi pada air irigasi, khususnya pada wilayah dengan karakteristik sumber air yang serupa. Untuk pengembangan pada skala yang lebih luas, diperlukan sinergi antara perguruan tinggi, pemerintah daerah, dan kelompok tani melalui program diseminasi teknologi, pelatihan berkelanjutan, serta dukungan pembiayaan atau bantuan alat. Selain itu, pengembangan desain sistem deironing yang lebih efisien, modular, dan tahan terhadap variasi kualitas air perlu dilakukan agar teknologi ini lebih adaptif di berbagai kondisi lapangan.

Lebih lanjut, diperlukan kajian lanjutan terkait umur pakai media filtrasi, efisiensi penurunan logam lain selain besi, serta dampak jangka panjang terhadap kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Replikasi program pada wilayah pertanian lain dengan karakteristik berbeda juga penting dilakukan untuk menguji konsistensi kinerja teknologi. Dengan pendekatan tersebut, diharapkan teknologi deironing tidak hanya menjadi solusi lokal, tetapi juga dapat diadopsi secara luas sebagai bagian dari sistem pengelolaan air irigasi yang berkelanjutan dan berbasis kebutuhan petani.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Masduqi dan N. A. Febriyana, 2018. Aerasi dan filtrasi lanjut untuk menurunkan kadar besi dan klorida pada air tanah, *IPTEK: The Journal for Technology and Science*, vol. 29, no. 2, pp. 65–72, 2018. doi: 10.12962/j20882033.v29i2.4016
- [2] F. Ahamad, M. G. Rasul, and M. M. K. Khan, 2020. “Assessment of groundwater quality for irrigation and its impact on soil properties,” *Environmental Technology & Innovation*, vol. 19. doi: 10.1016/j.eti.2020.100823
- [3] Food and Agriculture Organization (FAO), 1994. *Water Quality for Agriculture*. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29 Rev.
- [4] H. Jeong, H. Kim, and T. Jang, 2016. “Irrigation water quality standards for indirect wastewater reuse in agriculture,” *Water*, vol. 8, no. 4, p. 169. doi: 10.3390/w8040169.
- [5] Pratiwi, D., dan S. Wahyuni, 2022. “Efektivitas filtrasi pasir dan karbon aktif dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air tanah,” *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 21, no. 1, pp. 45–52.
- [6] Rahmawati, N., & Hidayat, T., 2020. Efektivitas kombinasi aerasi dan filtrasi karbon aktif dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 45–52.
- [7] Rosidah, N. Pramitasari, A. M. Kartini, T. K. Kumalasari, dan I. H. Aselna, 2024. Pengaruh waktu aerasi dan sedimentasi terhadap penurunan kadar besi pada air sumur, *JERNIH: Journal of Environmental Engineering and Hygiene*, vol. 3, no. 1. doi: 10.31537/jernih.v3i1.2344.
- [8] Sihotang, H., dan R. Sinaga, 2024. “Analisis kandungan logam besi (Fe) pada air sumur bor untuk kebutuhan irigasi pertanian,” *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 30, no. 1, pp. 15–23.
- [9] Sutrisno, T., Wibowo, A., & Nugroho, S. (2018). Penurunan kadar besi (Fe) dalam air tanah menggunakan metode aerasi dan filtrasi pasir. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 34–40.
- [10] Yuliani, T., dan S. Kurniawan, 2018. “Pengaruh kualitas air irigasi terhadap sifat kimia tanah pertanian,” *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 5, no. 2, pp. 789–796