

Penurunan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Air Sungai Cisadane Menggunakan Metode Fenton

Dina Adelina^{1,*}, Wiwik Indrawati¹, Aminudin Filosa², Rusnia Junita Hakim¹, Agustina Dyah S¹, Rhahmasari Ismet¹, Nuke Yullia¹, Nurul Lita¹

¹Universitas Pamulang

²Pusrehabkeshan Kementerian Pertahanan

*E-mail: dosen02861@unpam.ac.id

Abstract

Article history:

Received: 14-02-2026

Accepted: 13-03-2026

Published: 06-04-2026

Keywords:

chemical oxygen demand;

cisadane river;

fenton;

treatment;

wastewater.

The Cisadane River is one of the main water resources in Tangerang and surrounding areas. However, its water quality has declined due to domestic and industrial pollution, which increases the Chemical Oxygen Demand (COD) level. This study aimed to evaluate the effectiveness of the Fenton method in reducing COD levels in Cisadane River water and to determine the optimum reaction time for the treatment process. The experiment was conducted using 100 mL of river water sample treated with Fenton reagent consisting of FeSO_4 0.3 M and H_2O_2 0.8 M. The treatment was carried out at reaction times of 60, 120, 180, and 240 minutes, and COD levels were analyzed using a photometer. The results showed that the initial COD concentration of 495 mg/L decreased to 290 mg/L after 60 minutes, 195 mg/L after 120 minutes, 145 mg/L after 180 minutes, and 95 mg/L after 240 minutes. The highest COD removal efficiency was achieved at 240 minutes, with a reduction of 80.81%, and the final COD concentration met the domestic wastewater quality standard of 100 mg/L. In conclusion, the Fenton method was effective in reducing COD levels in Cisadane River water, with the optimum treatment time obtained at 240 minutes.

1. Pendahuluan

Sungai Cisadane merupakan salah satu sumber daya air penting di wilayah Bogor, Tangerang, dan Tangerang Selatan karena digunakan sebagai sumber air baku, penopang aktivitas ekonomi, dan bagian penting dari sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) prioritas nasional [1, 2]. Meskipun demikian, kualitas air Sungai Cisadane terus mengalami tekanan akibat aktivitas antropogenik. Analisis kualitas air periode 2019–2022 menunjukkan bahwa beberapa parameter kualitas air di DAS Cisadane telah melampaui baku mutu, dan pada tahun 2021 kadar COD di titik Genteng tercatat mencapai 27,32 mg/L sehingga melampaui baku mutu air sungai kelas II [1].

Penurunan kualitas ini berkaitan dengan kombinasi beban pencemar domestik, pertumbuhan kawasan terbangun, dan aktivitas industri. Tinjauan sistematis terbaru mengenai Sungai Cisadane menegaskan bahwa pencemaran sungai dipicu oleh pembuangan limbah domestik dan industri, urbanisasi yang pesat, serta lemahnya pengelolaan lingkungan [2]. Studi tersebut juga mengutip peningkatan jumlah industri di Kota Tangerang dari 510 unit pada 2010 menjadi 699 unit pada 2016, yang memperbesar tekanan pencemaran terhadap badan air [2].

Salah satu parameter yang banyak digunakan untuk menilai beban pencemar organik adalah *Chemical Oxygen Demand (COD)*, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimia. Semakin tinggi COD, semakin besar beban pencemar organik dalam air. Untuk menurunkan COD, metode *Fenton* merupakan salah satu teknologi *advanced oxidation process (AOP)* yang banyak digunakan karena memanfaatkan reaksi antara Fe^{2+} dan H_2O_2 untuk menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang sangat reaktif dan mampu mengoksidasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana [3].

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa proses *Fenton* dan turunannya efektif menurunkan COD pada limbah cair industri. Rahmanisa dan Widiasa [4] menunjukkan bahwa proses *Fenton* efektif mengolah *spent caustic* kilang minyak, Cheng dkk. [5] melaporkan penyisihan COD sebesar 89,8% pada limbah petrokimia, Teguh dkk. [6] memperoleh penurunan COD 92,4% pada lindi, Wijayanti, dkk. [7] dan Setiawan dkk. [8] juga menunjukkan kinerja baik *Fenton* maupun foto-*Fenton* pada limbah industri, sementara Sanongarj dkk. [9], Wang dkk. [10], Charki dkk. [11], Mukimin dkk. [12], dan Phuong dkk. [13]

memperlihatkan bahwa waktu reaksi, dosis reagen, dan konfigurasi proses sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD.

Namun, kajian pada Sungai Cisadane masih didominasi oleh studi status mutu air, perubahan tutupan lahan, dan tinjauan pencemaran, sedangkan penelitian yang secara langsung mengevaluasi aplikasi metode *Fenton* pada sampel air Sungai Cisadane nyata masih terbatas [1, 2]. Selain itu, sebagian besar studi *Fenton* terdahulu berfokus pada limbah industri dengan variasi pH, rasio Fe^{2+}/H_2O_2 , atau sistem foto-*Fenton*, bukan pada air sungai tercemar dengan kondisi reagen tetap dan evaluasi pengaruh waktu reaksi. Celah ini menjadi dasar penelitian ini.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode *Fenton* pada sampel air Sungai Cisadane dengan kondisi operasi sederhana, yaitu $FeSO_4$ 0,3 M dan H_2O_2 0,8 M pada berbagai waktu reaksi 60–240 menit, kemudian mengevaluasi efektivitas penyisihan COD terhadap acuan baku mutu COD sebesar 100 mg/L sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/MENLHK/Setjen/Kum.1/8/2016. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas metode *Fenton* dalam menurunkan kadar COD pada air Sungai Cisadane dan menentukan waktu reaksi optimum berdasarkan hasil penurunan COD yang diperoleh.

2. Metode

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang menggunakan sampel air Sungai Cisadane sebanyak 100 mL untuk setiap perlakuan. Sampel air terlebih dahulu disaring guna menghilangkan partikel berukuran besar. Reagen *Fenton* disiapkan dengan melarutkan 8,34 gram $FeSO_4$ dalam 100 mL akuades untuk memperoleh larutan $FeSO_4$ 0,3 M. Selanjutnya disiapkan larutan H_2O_2 0,8 M. Pada setiap sampel ditambahkan $FeSO_4$ 0,3 M dan H_2O_2 0,8 M masing-masing sebanyak 2 mL, kemudian campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu reaksi 60, 120, 180, dan 240 menit. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu reaksi, sedangkan variabel terikatnya adalah kadar COD setelah perlakuan. Konsentrasi reagen dijaga tetap selama percobaan agar pengaruh waktu reaksi dapat diamati secara lebih jelas.

2.2 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara membandingkan kadar COD sebelum dan setelah perlakuan menggunakan metode *Fenton*. Prosedur analisis dilakukan dengan langkah-langkah berikut yaitu pengukuran COD dilakukan pada sampel setelah perlakuan *Fenton* dengan alat *photometer*. Sampel dimasukkan ke dalam reaktor, dipanaskan selama 2 jam pada suhu 150°C, dan kemudian dibaca pada alat *photometer*. Perhitungan penurunan kadar COD dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Penurunan COD (\%)} = \frac{(COD_{awal} - COD_{akhir})}{COD_{awal}} \times 100$$

Hasil pengukuran COD dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016, yang menetapkan batas maksimum COD untuk air limbah domestik sebesar 100 mg/L.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran COD sebelum dan sesudah perlakuan *Fenton* disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar COD awal air Sungai Cisadane sebesar 495 mg/L. Setelah perlakuan dengan metode *Fenton*, nilai COD menurun menjadi 290 mg/L pada 60 menit, 195 mg/L pada 120 menit, 145 mg/L pada 180 menit, dan 95 mg/L pada 240 menit. Dengan demikian, efisiensi penurunan COD berturut-turut adalah 41,41%, 60,61%, 70,71%, dan 80,81%.

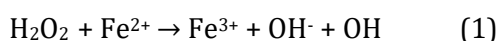
Tabel 1. Hasil pengukuran COD

No	Waktu (jam)	Hasil (mg/L)	Penurunan (%)	Acuan mutu (mg/L)
1.	0	495	-	100
2.	1	290	41,41	100
3.	2	195	60,61	100
4.	3	145	70,71	100
5.	4	95	80,81	100

Data tersebut mengindikasikan penurunan nilai COD dari 495 mg/L pada waktu 0 jam menjadi 95 mg/L pada waktu 4 jam. Penurunan nilai COD yang substansial dapat dihubungkan dengan proses biodegradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme di dalam air. Pada waktu 0 jam, nilai COD yang tinggi (495 mg/L) menunjukkan banyaknya zat organik terlarut. Setelah satu jam, nilai COD turun signifikan menjadi 290 mg/L, dan terus

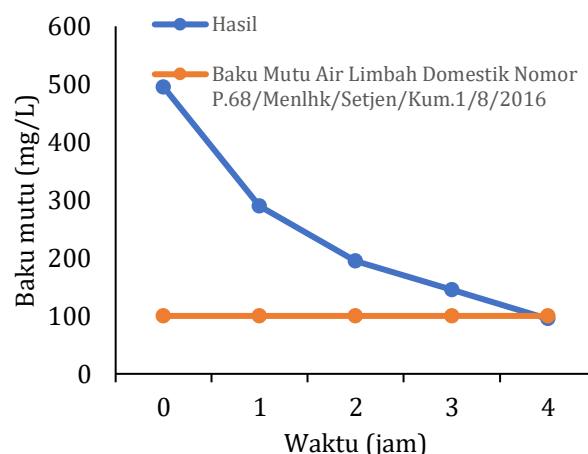
berkurang hingga 95 mg/L pada 4 jam. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme mulai menguraikan zat pencemar yang ada. Waktu retensi yang cukup dalam sistem pengolahan memberikan kesempatan bagi mikroorganisme untuk melakukan proses bioremediasi[14].

Penelitian sebelumnya juga mendukung temuan ini, yang menunjukkan bahwa waktu yang lebih panjang meningkatkan efektivitas pengurangan COD[3]. Faktor eksternal seperti suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut dapat mempengaruhi laju biodegradasi[15]. Semakin optimum kondisi lingkungan, semakin cepat proses pengolahan. Oleh karena itu, pengendalian parameter-parameter ini sangat penting dalam sistem pengolahan air[16]. Proses ini berlangsung ketika mikroorganisme menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi. Dalam penelitian ini, molekul organik diuraikan melalui proses aerobik atau anaerobik, tergantung pada kondisi lingkungan yang ada. Selama proses degradasi COD menggunakan metode *Fenton* dengan penambahan H₂O₂ dan FeSO₄, terjadi beberapa reaksi kimia yang penting. Reaksi utama yang terjadi adalah reaksi pembentukan radikal hidroksil (OH) melalui reaksi berikut[17].



Reaksi ini merupakan langkah awal dalam proses *Fenton*, dimana ion besi (Fe²⁺) bereaksi dengan hidrogen peroksida (H₂O₂) untuk menghasilkan radikal hidroksil (OH[•]) yang sangat reaktif[18].

Pengukuran kadar COD dilakukan menggunakan metode *Fenton* dengan bantuan alat photometer, yang menunjukkan hasil pembacaan sebesar 1000 mg/L. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Gambar 1. Metode *Fenton* dikenal sangat efisien dalam menghancurkan senyawa organik kompleks dan sulit terurai (refraktori) yang terdapat dalam air limbah[19]. Proses ini menghasilkan radikal hidroksil (•OH) yang sangat reaktif dan mampu memecah komponen-komponen penyebab tingginya kadar COD. Sejumlah studi telah menunjukkan bahwa metode *Fenton* mampu mengurangi nilai COD hingga lebih dari 80%[5]. Sebagaimana terlihat dalam penelitian ini, di mana kadar COD menurun dari 495 mg/L menjadi 95 mg/L dalam waktu 4 jam.



Gambar 1. Hasil penurunan COD dan baku mutu

Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan bahwa penurunan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) selama proses pengolahan limbah cair menggunakan metode *Fenton*, dan dibandingkan dengan nilai ambang batas COD berdasarkan Peraturan Menteri LHK No. P.68/MENLHK/Setjen/Kum.1/8/2016, yaitu sebesar 100 mg/L. Pada awal pengolahan (jam ke-0), kadar COD mencapai 495 mg/L, yang menunjukkan tingkat pencemaran yang sangat tinggi akibat kandungan organik. Setelah satu jam, terjadi penurunan drastis ke 290 mg/L, mencerminkan reaksi awal yang sangat cepat. Selanjutnya, kadar COD terus menurun menjadi 195 mg/L di jam ke-2, kemudian 145 mg/L di jam ke-3, dan akhirnya mencapai 95 mg/L pada jam ke-4, yang berarti sudah berada di bawah batas baku mutu.

Penurunan COD paling signifikan terjadi dalam dua jam pertama, lalu laju penurunannya melambat namun tetap stabil. Hal ini menunjukkan bahwa proses oksidasi bekerja paling cepat ketika konsentrasi polutan masih tinggi diawal reaksi[20]. Pada jam ke-4, pengolahan berhasil menurunkan COD hingga berada di bawah batas ambang yang ditetapkan, yang menandakan keberhasilan metode ini dalam mengolah limbah cair.

Gambar 1 juga menunjukkan efektivitas metode pengolahan yang digunakan, dengan penurunan kadar COD dari 495 mg/L menjadi 95 mg/L hanya dalam waktu empat jam. Nilai akhir ini telah sesuai dengan baku mutu air limbah domestik yang berlaku, membuktikan bahwa metode tersebut sangat efektif dalam mengurangi pencemaran dari senyawa organik dalam air limbah.

Dari sisi kebaruan, hasil penelitian ini memberikan bukti bahwa metode *Fenton*

juga dapat diaplikasikan pada air sungai tercemar nyata, bukan hanya pada limbah industri spesifik. Sebagian besar penelitian terdahulu menguji *Fenton* pada limbah industri dengan optimasi parameter yang kompleks [4, 5], sedangkan penelitian ini menunjukkan bahwa dengan kondisi operasi tetap yang sederhana, waktu reaksi 240 menit sudah cukup untuk menurunkan COD air Sungai Cisadane hingga di bawah 100 mg/L. Temuan ini dapat menjadi dasar untuk studi lanjutan yang menguji pengaruh pH, rasio $\text{FeSO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$, maupun skala proses yang lebih besar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terkait penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada air Sungai Cisadane menggunakan metode *Fenton*, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Metode *Fenton* terbukti dapat mengurangi konsentrasi COD pada air sungai. Waktu reaksi paling optimal terjadi pada menit ke-240 (4 jam), dimana kadar COD berhasil ditekan dari 495 mg/L menjadi 95 mg/L. Nilai ini sudah sesuai dengan baku mutu kualitas air yang tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016.

Efektivitas proses *Fenton* sangat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain konsentrasi reagen dan durasi reaksi. Dalam studi ini, kondisi terbaik tercapai pada penggunaan FeSO_4 sebesar 0,3 M dan H_2O_2 sebesar 0,8 M selama 240 menit.

Penerapan metode *Fenton* menunjukkan potensi besar sebagai solusi alternatif dalam pengolahan air limbah dengan kandungan organik tinggi, khususnya untuk perairan yang sudah mengalami pencemaran seperti Sungai Cisadane.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama penelitian ini berlangsung. Terima kasih kepada program studi Teknik Kimia Universitas Pamulang yang telah menyediakan fasilitas dan sumber daya yang mendukung kelancaran penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

dan teknologi, khususnya dalam bidang pengolahan air.

Daftar Pustaka

- [1] Hidayat, H., Effendi, H., & Prasetyo, L. B., 2025. *The effect of land cover changes on water quality in the Cisadane River basin, West Java, Indonesia*. LIMNOTEK Perairan Darat Tropis di Indonesia, Vol. 31, No. 1, pp. 78-96.
- [2] Makarim, M. N., 2024. *Prevention of decreasing river water quality due to anthropogenic activities: A systematic review of water pollution on Cisadane River*. Journal of Marine Problems and Threats, Vol. 1, No. 1.
- [3] Javeed, T. et al., 2023. *Application of advanced oxidation processes for the treatment of color and chemical oxygen demand of pulp and paper wastewater*. Water, Vol. 15, No. 7, p. 1347.
- [4] Rahmanisa, R. A. & Widiyasa, I. N., 2020. *Application of the fenton process in the petroleum refinery spent caustic wastewater treatment*. Reaktor, Vol. 20, No. 2, pp. 96-102.
- [5] Cheng, S. et al., 2022. *Comparison of fenton and ozone oxidation for pretreatment of petrochemical wastewater: COD removal and biodegradability improvement mechanism*. Separations, Vol. 9, No. 7, p. 179.
- [6] Teguh, D., Cendekia, D., Wulandari, Y. R., Putri, C. E., & Ramandani, A. A., 2024. *Advanced oxidation processes technology using the fenton method in Bakung landfill leachate treatment*. Journal of Natural Sciences and Mathematics Research, Vol. 10, No. 2, pp. 148-157.
- [7] Wijayanti, K. A., Hakika, D. C., Setyawan, M., Amal, I., & Biddinika, M. K., 2024. *Recalcitrant industrial wastewater treatment using fenton and photo-fenton oxidation: A comparison study*. Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability, Vol. 8, No. 3, pp. 100-109.
- [8] Setiawan, O. et al., 2025. *Enhance removal pollutant from batik industrial wastewater via photo-fenton process: Efficiency and kinetic study*. Journal of Chemical Engineering Research Progress, Vol. 2, No. 2, pp. 246-253.

- [9] Sanongarij, S. *et al.*, 2025. *Optimization of the combined fenton and ozonation processes for efficient COD removal in rubber wastewater treatment*. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering Vol. 11, p. 101185.
- [10] Wang, L. *et al.*, 2025. *Removal of COD from secondary effluent using fenton iron sludge-based biochar/Fe(vi)/H₂O₂ process*. Applied Sciences, Vol. 15, No. 11, p. 5945.
- [11] Charki, A., Fraiha, O., Zaki, N., Hadoudi, N., & El Ouarghi, H., 2025. *Advanced oxidation of synthetic leachate: Performance of the photo-fenton process for COD removal*. Results in Chemistry, p. 102827.
- [12] Mukimin, A., Vistanty, H., Harihastuti, N., Setianingsih, N. I., Djayanti, S., & Astuti, Y., 2024. *Hybrid fenton-electrochemical reactor and system as post-treatment of textile wastewater*. Journal of Water Process Engineering, Vol. 59, p. 105028.
- [13] Phong, L. H. & Loc, N. X., 2025. *Heterogeneous fenton treatment of textile wastewater using RGO/NZVI: Batch and flow column evaluation*. Water Science and Engineering.
- [14] Salari, M. *et al.*, 2022. *Bioremediation treatment of polyaromatic hydrocarbons for environmental sustainability*. Water, Vol. 14, No. 23, p. 3980.
- [15] Bacosa, H. P. *et al.*, 2022. *From surface water to the deep sea: A review on factors affecting the biodegradation of spilled oil in marine environment*. Journal of marine science and engineering, Vol. 10, No. 3, p. 426.
- [16] Onadeji, A., Sani, B. S., & Abubakar, U. A., 2024. *Response surface methodology optimization of the effect of pH, contact time, and microbial concentration on chemical oxygen removal potential of vegetable oil industrial effluents*. Water Environment Research, Vol. 96, No. 1, p. e10963.
- [17] Peng, J. & Wu, J., 2022. *Effects of the fndc5/irisin on elderly dementia and cognitive impairment*. Frontiers in aging neuroscience, Vol. 14, p. 863901.
- [18] Abe, C., Miyazawa, T., & Miyazawa, T., 2022. *Current use of fenton reaction in drugs and food*. Molecules, Vol. 27, No. 17, p. 5451.
- [19] Chen, L., Alshawabkeh, A. N., Hojabri, S., Sun, M., Xu, G., & Li, J., 2021. *A robust flow-through platform for organic contaminant removal*. Cell Reports Physical Science, Vol. 2, No. 1.
- [20] Hu, D. *et al.*, 2023. *Study on heterogeneous fenton reaction parameters for polishing single-crystal sic using magnetorheological elastomers polishing pads*. Smart Materials and Structures, Vol. 32, No. 2, p. 025003.