

Degradasi *Levofloxacin* Menggunakan Proses Photo- Fenton Dengan Katalis Besi Oksida/Karbon

Tsasa Khalida Mauludina Kusuma Yuniaji^{1*}, Teguh Ariyanto¹, Sarto¹

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No 2, Bulaksumur,
Yogyakarta 55281, Indonesia

*Corresponding Author: tsasamky@yahoo.co.id

ABSTRAK

Limbah cair rumah sakit, termasuk limbah antibiotik yang memerlukan penanganan khusus sebelum dibuang ke lingkungan karena dapat menimbulkan dampak negatif. Salah satu contoh limbah cair rumah sakit yang menimbulkan dampak negatif bagi sekitar yaitu *levofloxacin*. *Levofloxacin* adalah suatu antibiotika quinolone generasi ketiga dan dikenal di pasaran sejak 1993. Penelitian ini bertujuan untuk menilai konsentrasi antibiotik dalam limbah rumah sakit dan efek pemisahan antibiotik serta jumlah sinar UV dalam metode Fotofenton. Metode Photo-Fenton adalah reaksi kimia antara hydrogen peroksida dan katalis besi yang digunakan untuk oksidasi kontaminan atau air limbah yang proses reaksinya dibantu oleh energi cahaya. Penelitian dilakukan di Laboratorium Polimer, Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada. Bahan yang digunakan adalah karbon komersial, aquades, H₂O₂, isopropanol, dan limbah antibiotik buatan dengan konsentrasi tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses oksidasi menggunakan metode Fenton efektif dalam menurunkan konsentrasi senyawa *levofloxacin* dalam limbah, dengan persentase removal meningkat dari 0% menjadi 23,94% setelah 180 menit. Peningkatan ini disebabkan oleh pembentukan radikal hidroksil yang mendegradasi senyawa *levofloxacin* secara efektif. Secara keseluruhan, metode Fenton dapat digunakan sebagai salah satu teknik pengolahan limbah antibiotik yang efektif, memberikan manfaat bagi peneliti, ilmu pengetahuan, dan rumah sakit dalam pengelolaan limbah antibiotik.

Kata kunci: Fotofenton; *Levofloxacin*; Limbah cair rumah sakit; Metode fenton; Pengolahan limbah.

ABSTRACT

Hospital liquid waste, including antibiotic waste that requires special handling before being disposed of into the environment because it can cause negative impacts. One example of hospital liquid waste that has a negative impact on the surrounding area is levofloxacin. Levofloxacin is a third-generation quinolone antibiotic and has been known in the market since 1993. This study aims to assess the concentration of antibiotics in hospital waste and the effects of antibiotic separation as well as the amount of UV light in the Photo-Fenton method. The Photo-Fenton method is a chemical reaction between hydrogen peroxide and iron catalyst used for the oxidation of contaminants or wastewater, with the reaction process aided by light energy. The research was done at the Polymer Laboratory, Department of Chemical Engineering, Gadjah Mada University. The materials that were utilized were commercial carbon, distilled water, H₂O₂, isopropanol, and synthetic antibiotic waste with various concentrations. The research findings show that the oxidation process using the Fenton method is successful in the decrease in the concentration of the levofloxacin compound in the waste, and the removal percentage increased to 23.94% from 0% after 180 minutes. This rise is attributed to the fact that the hydroxyl radicals are highly reactive and rapidly degradation of the levofloxacin compound. Generally speaking, the Fenton method is a well-suited wastewater treatment option that will assist researchers, faculty, and hospitals in dealing with their antibiotic waste.

Keyword: *Photofenton; Levofloxacin; Hospital effluent; Fenton method; Effluent treatment.*

1. PENDAHULUAN

Limbah cair rumah sakit merupakan salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan dari rumah sakit. Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan di rumah sakit membutuhkan perhatian khusus, hal ini dikarenakan limbah cair diproduksi sehari – hari selama ada kegiatan dalam rumah sakit. Karena intensitas produksi limbah cair rumah sakit dihasilkan setiap hari, maka limbah ini memerlukan perhatian dan penanganan sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah cair rumah sakit tidak dapat dibuang secara langsung ke lingkungan dikarenakan limbah tersebut masih mengandung bahan – bahan kimia organik dan anorganik. Limbah cair rumah sakit berasal dari air bekas bilasan ruang pelayanan medis. Selain itu, antibiotik dalam wujud cair juga merupakan salah satu sumber limbah cair di rumah sakit (Suwerda, 2019).

Antibiotik termasuk dalam salah satu sumber limbah cair yang diproduksi rumah sakit merupakan jenis limbah yang mengandung kontaminan berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap hewan, tumbuhan dan lingkungan sekitar. Permasalahan yang dapat ditimbulkan dari efek kontaminasi antibiotik di lingkungan adalah efek resistensi bakteri di lingkungan yang terkontaminasi.

Produksi limbah antibiotik dipengaruhi dari skala penggunaan antibiotik di lingkungan rumah sakit dalam kurun waktu tertentu. Antibiotik diperkenalkan pada awal tahun 1940 dan diproduksi secara masal di abad ke- 20. Penggunaan yang tidak sesuai dan pembuangan limbah antibiotik yang tidak memenuhi persyaratan ke saluran pembuangan tanpa diproses terlebih dahulu, dapat menimbulkan permasalahan seperti bakteri yang menjadi resisten terhadap jenis obat tertentu atau disebut *superbug*. Keberadaan antibiotik di Indonesia terdapat 47 jenis yang secara umum digunakan dirumah sakit, dan ada 9 jenis yang paling sering dikonsumsi. Dari 9 jenis yang sering di konsumsi ini, terdapat 74,5% mengandung *levofloxacin*, *ceftazidime*, *metronidazol*, *ciprofloxacin*, *cefotaxime*, *meropenem*, *ceftriaxone*, *erythromycin* dan *ampicillin*. Berdasarkan uji kepekaan antibiotik dan pola penggunaannya, 61,35% antibiotik yang digunakan memiliki tingkat resistensi lebih dari 50%. Permasalahan timbul diakibatkan karena tingginya angka penggunaan antibiotik dan tingginya resistensi yang menjadi salah satu pemicu meningkatnya angka kematian dikarenakan penyalahgunaan antibiotik untuk pasien.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menilai konsentrasi antibiotik dalam limbah rumah sakit dan efek pemisahan antibiotik serta jumlah sinar UV yang digunakan selama Fotofiltrasi dalam metode Foto Fenton. Photo-Fenton sendiri merupakan reaksi kimia antara hydrogen peroksida dan katalis besi yang digunakan untuk oksidasi kontaminan atau air limbah yang proses reaksinya dibantu oleh energi cahaya. Inovasi teknologi ini salah satunya digunakan untuk menguraikan zat-zat organik (zat pencemar). Salah satu sistem dari metode ini yaitu UV-H₂O₂ dan UV-O₃. Metode ini sering digunakan untuk mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan khususnya lingkungan perairan. Penelitian ini memberikan beberapa manfaat berguna termasuk manfaat bagi peneliti dalam meningkatkan ide mereka dalam persiapan, pengumpulan, pengelolaan, analisis, dan pelaporan data lapangan yang diperoleh, dan selain itu meningkatkan pengetahuan tentang pengolahan limbah antibiotik rumah sakit dan limbah ultrasound. Untuk Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, penelitian ini menciptakan dasar untuk masukan dan pengembangan lebih lanjut pengetahuan Teknik Kimia, contohnya, dalam aspek energi dan lingkungan. Selain itu, bagi rumah sakit, penelitian ini bertujuan sebagai panduan bagi kepala rumah sakit dalam memahami batasan serta perbaikan dalam pengelolaan antibiotik dan limbah antibiotik.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Lab. Polimer Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

2.1 Bahan Penelitian

Karbon komersial, Fe, Aquades, H₂O₂, Isopropanol, Limbah antibiotik buatan dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%.

2.2 Prosedur Penelitian

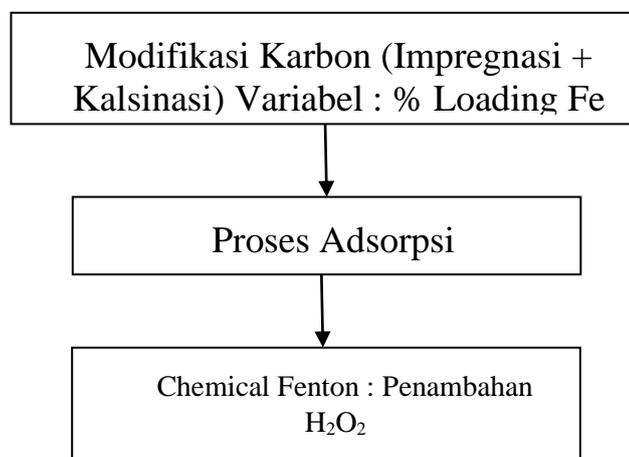
Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan impregnasi pada karbon, kemudian mengkarakterisasi katalis dan yang terakhir yaitu melakukan proses adsorpsi dengan variasi persen loading *levofloxacin*. Pada proses karakterisasi katalis karbon akan di impregnasi menggunakan Fe₂O₃ dengan tujuan untuk menambah jumlah metal oksida pada permukaan pori- pori karbon. Tahap selanjutnya yaitu proses kalsinasi, pada tahap ini karbon yang sudah di impregnasi akan dipanaskan pada suhu tinggi, kemudian katalis yang terbentuk akan digunakan pada reaksi fenton dalam mendegradasi kandungan antibiotik dalam limbah cair rumah sakit. Dalam pengujian kadar antibiotik digunakan sinar UV dengan gelombang 280 nm.

2.2.1 Preparasi Limbah Cair

Pada preparasi limbah cair proses awal yang akan dilakukan yaitu menyiapkan antibiotik *levofloxacin* cair 500 mg, kemudian dilarutkan menggunakan aquades dengan konsentrasi tertentu atau sesuai yang diinginkan.

2.2.2 Preparasi Katalis

Pada preparasi katalis proses awal yang akan dilakukan yaitu melakukan impregnasi yang diawali dengan melakukan *degassing* 2 gram karbon pada suhu 100°C selama 2 jam dalam kondisi vakum. Proses *degassing* bertujuan untuk memastikan karbon telah bersih dan bebas dari kandungan air. Selanjutnya karbon secara perlahan-lahan dialiri larutan garam Fe(NO₃)₃·9H₂O yang sebelumnya telah dilarutkan dalam isopropanol dengan loading 2%, 4% dan 6%. Kemudian pelarut di oven selama 24 jam dengan suhu 60°C. Katalis yang telah kering selanjutnya dikalsinasi dari suhu kamar sampai suhu tertentu dalam reaktor tubular kuarsa selama 11 jam dalam aliran nitrogen. Proses kalsinasi dilakukan pada suhu 500°C.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

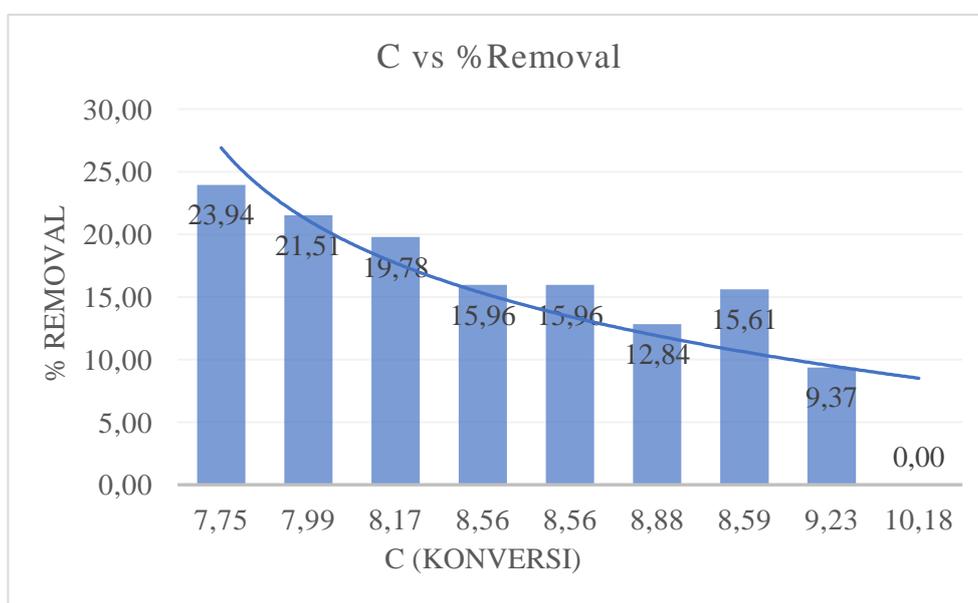
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Adsorpsi Fenton

Adsorpsi Fenton adalah suatu metode pengolahan limbah yang menggabungkan proses adsorpsi dengan reaksi Fenton untuk menghilangkan kontaminan, terutama senyawa organik seperti antibiotik, dari air limbah. Proses ini memanfaatkan reaksi antara hidrogen peroksida (H_2O_2) dan ion besi (Fe^{2+}) untuk menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet OH$) yang sangat reaktif, yang dapat memecah dan mendegradasi senyawa berbahaya. Hasil analisa adsorpsi Fenton:

Tabel 1. Hasil Analisa Adsorpsi Fenton

t (menit)	Absorbansi	C	% Removal
0	0,268	10,1837	0,0000
1	0,241	9,2297	9,3685
5	0,223	8,5936	15,6142
15	0,231	8,8763	12,8383
30	0,222	8,5583	15,9611
60	0,222	8,5583	15,9611
120	0,211	8,1696	19,7779
160	0,206	7,9929	21,5128
180	0,199	7,7456	23,9417



Gambar 3.1 Hubungan antara Konversi dengan % Removal

Berdasarkan data yang disajikan dalam grafik, dapat dilakukan analisis dan pembahasan secara sistematis sebagai berikut: Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara waktu kontak (t dalam menit) dan persentase removal (% Removal) senyawa *levofloxacin* dalam proses oksidasi menggunakan metode Fenton. Metode Fenton merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang efektif untuk

menurunkan kadar senyawa organik yang sulit terurai secara biologis, seperti antibiotik *levofloxacin*. Pada waktu awal ($t = 0$ menit), konsentrasi *levofloxacin* (C) dalam sampel adalah 10,1837 mg/L dengan persentase removal 0%. Seiring berjalannya waktu, terlihat bahwa persentase removal senyawa *levofloxacin* mengalami peningkatan. Pada waktu 1 menit, persentase removal mencapai 9,37%, dan terus meningkat secara signifikan hingga mencapai 15,61% pada waktu 5 menit. Peningkatan persentase removal tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya radikal hidroksil ($\text{OH}\cdot$) yang terbentuk dalam reaksi Fenton, yang dapat mengoksidasi senyawa *levofloxacin* secara efektif. Radikal hidroksil merupakan oksidan kuat yang mampu mendegradasi senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada menit ke-15, persentase removal mencapai 12,84%, kemudian kembali meningkat pada menit ke-30 dan ke-60 mencapai 15,96%. Selanjutnya, persentase removal terus meningkat hingga mencapai 23,94% pada menit ke-180, menunjukkan bahwa proses oksidasi Fenton berlangsung secara efektif dalam mendegradasi senyawa *levofloxacin*. Secara keseluruhan, grafik tersebut menunjukkan bahwa metode Fenton dapat digunakan sebagai salah satu teknik pengolahan limbah antibiotik *levofloxacin* yang efektif, dengan persentase removal yang meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini sejalan dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Septiani, Aulia Mutia, dkk., 2022 bahwa proses fenton dapat membantu menguraikan senyawa organik pada limbah antibiotik menjadi lebih efektif.

4. KESIMPULAN

Proses oksidasi menggunakan metode Fenton menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam menurunkan konsentrasi senyawa *levofloxacin* dalam limbah. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa persentase removal senyawa *levofloxacin* meningkat secara bertahap seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Dari awal pengamatan, konsentrasi *levofloxacin* mengalami penurunan yang konsisten, mencapai hampir 24% setelah 180 menit. Peningkatan persentase removal ini terkait langsung dengan pembentukan radikal hidroksil yang dihasilkan selama proses oksidasi Fenton, yang mampu mendegradasi senyawa organik kompleks secara efektif. Metode ini terbukti sebagai teknik yang dapat diandalkan untuk pengolahan limbah antibiotik, memberikan solusi yang berpotensi untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat limbah cair rumah sakit. Penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pemahaman tentang proses degradasi senyawa antibiotik, tetapi juga menawarkan panduan bagi pengelolaan limbah yang lebih baik di fasilitas kesehatan. Metode Fenton, dengan optimasi lebih lanjut, dapat menjadi pilihan utama dalam usaha pengurangan kontaminasi antibiotik di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Putri, F. A., Sarto, S., & Yuliansyah, A. T. (2020). Pengaruh Variasi Rasio $\text{H}_2\text{O}_2/\text{COD}$ dan Tegangan Terhadap Penurunan COD Air Limbah Rumah Sakit dengan Metode Elektro – Fenton. *Jurnal Chemurgy*, 4(2), 15. <https://doi.org/10.30872/cm.g.v4i2.4736>

Suwerda, B. (2019). *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah sakit Umum daerah Dr. Tjitrowardojo Purwokerto*. 7–25.