

Efektivitas Eco Enzyme Terhadap Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Industri Farmasi

Mohammad Rheza Albin Wahyudi^{1*}, Rita Dwi Ratnani¹, Indah Hartati¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang
Jl. Raya Gunung Pati KM 15, Nongkosawit, Gunung Pati, Semsarang 50224

Email: rheza4294@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan limbah cair industri farmasi menjadi tantangan besar mengingat kandungan bahan organik kompleks yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas eco enzyme sebagai alternatif ramah lingkungan dalam menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah cair industri farmasi. Eco enzyme dibuat melalui fermentasi limbah organik (kulit apel, bengkuang, dan jambu air) dengan perbandingan air, bahan organik, dan gula merah 10:3:1 selama enam bulan. Variabel penelitian meliputi konsentrasi eco enzyme (2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%) serta waktu kontak (48, 96, dan 144 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa eco enzyme efektif menurunkan kadar COD pada konsentrasi dan waktu kontak tertentu. Konsentrasi 6% dengan waktu kontak 96 jam memberikan hasil optimal dengan penurunan COD mencapai 25,84 mg/L. Konsentrasi yang terlalu tinggi cenderung kurang efektif akibat saturasi enzim atau penambahan beban organik dari residu eco enzyme. Waktu kontak yang terlalu panjang (>96 jam) tidak memberikan peningkatan penurunan COD yang signifikan, menunjukkan adanya batas efektivitas enzim. Penelitian ini mengonfirmasi potensi eco enzyme sebagai koagulan alami untuk pengolahan limbah cair industri farmasi, mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata kunci: pangan fungsional, tepung biji teratai, modifikasi HMT, RSM, Swelling power

Abstract

Pharmaceutical wastewater management remains a major environmental challenge due to its high content of complex organic pollutants. This study evaluated the effectiveness of eco enzyme as an environmentally friendly alternative for reducing Chemical Oxygen Demand (COD) in pharmaceutical industrial wastewater. Eco enzyme was produced by fermenting organic waste (apple peels, yam, and wax apple) with water and palm sugar at a ratio of 10:3:1 for six months. The experiment investigated eco enzyme concentrations of 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% under contact times of 48, 96, and 144 hours. The results demonstrated that eco enzyme effectively reduced COD under specific operational conditions. The optimal performance was achieved at a 6% concentration with a 96-hour contact time, reducing COD to 25.84 mg/L. Higher concentrations and prolonged contact times did not improve treatment efficiency, indicating enzyme saturation and limited catalytic effectiveness. These findings highlight the potential of eco enzyme as a sustainable, natural coagulant for pharmaceutical wastewater treatment and provide a basis for optimizing operational parameters in future studies.

Keywords: Chemical Oxygen Demand (COD); Eco Enzyme; Concentration; Pharmaceutical Wastewater; Wastewater Treatment.

1. PENDAHULUAN

Industri farmasi memiliki peran penting dalam menyediakan produk kesehatan, namun aktivitasnya sering menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik kompleks dan senyawa kimia yang berpotensi mencemari lingkungan (Agustina, 2021). Limbah cair ini, jika tidak diolah dengan baik, dapat meningkatkan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang menjadi indikator utama

pencemaran air. COD yang tinggi menunjukkan tingginya konsentrasi senyawa organik yang membutuhkan oksigen untuk terurai, sehingga dapat menyebabkan deoksigenasi pada ekosistem perairan dan mengancam kehidupan biota air (Ardiansyah & Mirwan, 2024).

Pengolahan limbah cair industri farmasi saat ini umumnya dilakukan dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan bahan kimia seperti *Poly Aluminium Chloride* (PAC) (H.

Cahyana et al., 2021). Meskipun efektif, penggunaan koagulan sintetik dapat menimbulkan dampak negatif, seperti peningkatan kadar lumpur yang sulit terdegradasi dan perubahan keasaman air (Hadiwidodo et al., 2019). Sebagai alternatif, *eco enzyme*, hasil fermentasi bahan organik seperti limbah buah dan sayuran, telah menarik perhatian karena sifatnya yang ramah lingkungan dan kemampuannya untuk menguraikan senyawa organik. *Eco enzyme* mengandung enzim, asam organik, dan senyawa bioaktif yang dapat mempercepat dekomposisi bahan organik dalam limbah cair. (Pungus et al., 2019).

Eco-enzyme yang terbuat dari sampah organik buah nanas dapat menurunkan konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dalam sampel air, yaitu terbukti semakin besar %-konsentrasi *eco-enzyme* menghasilkan semakin besar pula %-penurunan konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) yang didukung dengan analisis linearitas dengan nilai sebesar 97.3 % (Wikaningrum & El Dabo, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *eco enzyme* dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair industri farmasi. Variasi konsentrasi *eco enzyme* (2%-10%) dan waktu kontak (48-144 jam) diuji untuk menentukan parameter optimal pengolahan. Dengan memanfaatkan *eco enzyme*, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif yang lebih berkelanjutan untuk pengelolaan limbah cair industri farmasi, sekaligus mendukung pengurangan dampak pencemaran terhadap lingkungan. Penelitian ini juga menjadi langkah awal dalam mengembangkan metode pengolahan limbah berbasis bahan alami yang murah, mudah diaplikasikan, dan memiliki dampak positif bagi keberlanjutan ekosistem.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *eco enzyme* dalam menurunkan kadar COD pada limbah cair industri farmasi. Metode penelitian melibatkan proses pembuatan *eco enzyme*, persiapan sampel limbah cair, serta pengujian penurunan COD berdasarkan variasi konsentrasi *eco enzyme* dan waktu kontak.

2.1 Pembuatan Eco Enzyme

Eco enzyme dibuat melalui fermentasi anaerobik menggunakan limbah organik berupa

kulit apel, bengkuang, dan jambu air dengan perbandingan bahan. Air : Limbah Organik : Gula Merah = 10:3:1. Fermentasi dilakukan dalam wadah tertutup selama enam bulan. Pada bulan pertama, wadah dibuka secara berkala untuk melepaskan gas hasil fermentasi, kemudian disimpan di tempat teduh pada suhu ruang. Setelah fermentasi selesai, cairan *eco enzyme* disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan residu padat.

2.2 Persiapan Sampel Limbah Cair

Sampel limbah cair diambil dari unit pengolahan limbah industri farmasi. Parameter COD awal sampel diukur sebagai nilai acuan sebelum perlakuan. Limbah dicampur dengan *eco enzyme* sesuai perbandingan yang ditentukan dalam penelitian.

2.3 Variabel Penelitian

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu arah. Variabel yang digunakan meliputi:

- Variabel tetap: Jenis limbah cair, kondisi fermentasi *eco enzyme*.
- Variabel bebas: Konsentrasi *eco enzyme* (2%, 4%, 6%, 8%, 10%) dan waktu kontak (48, 96, 144 jam).
- Variabel terikat: Kadar COD setelah perlakuan.

2.4 Pengujian COD

Pengujian COD dilakukan menggunakan metode refluks tertutup berdasarkan SNI 6989.15:2019.

1. Campuran *eco enzyme* dan limbah cair direfluks bersama larutan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), asam sulfat (H_2SO_4), dan merkuri sulfat (HgSO_4) selama 2 jam pada suhu 150°C .
2. Setelah pendinginan, sisa kalium dikromat dititrasi menggunakan larutan standar ferro amonium sulfat (FAS) dengan indikator ferroin.
3. Nilai COD dihitung berdasarkan perbedaan volume titran antara sampel dan blanko.

2.5 Analisis Data

Hasil pengukuran COD dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi *eco enzyme* dan waktu kontak terhadap penurunan kadar COD. Data dianalisis secara statistik menggunakan analisis varian untuk menentukan

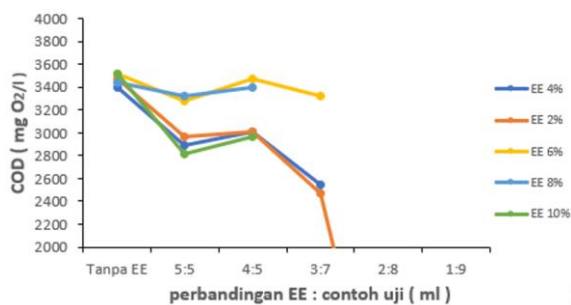
parameter optimal dan signifikansi hubungan antar variabel. Metode ini dirancang untuk memastikan akurasi dan reproduktifitas hasil, serta memberikan informasi yang relevan untuk pengembangan eco enzyme sebagai solusi pengolahan limbah cair industri farmasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eco Enzyme pada umumnya mengandung asam asetat, asam sitrat, dan asam laktat, yang berperan dalam menstabilkan senyawa organik kompleks dan membantu proses oksidasi alami. Asam-asam ini juga meningkatkan aktivitas mikroorganisme aerobik, yang berperan dalam pengolahan limbah secara biologis. Dengan meningkatnya oksidasi biologis, kebutuhan oksigen kimiawi dalam air berkurang, sehingga COD menurun (Pratamadina & Wikaningrum, 2022).

Campuran molase dan buah-buahan yang difermentasi menghasilkan Eco Enzyme ini mampu menurunkan COD melalui degradasi enzimatis, fermentasi lanjutan oleh mikroba probiotik, koagulasi alami, dan peningkatan oksidasi biologis. Proses ini mengurangi jumlah senyawa organik yang memerlukan oksidasi kimiawi, sehingga menurunkan nilai COD secara efektif dalam air limbah. (Ardiansyah & Mirwan, 2024).

Terdapat beberapa mekanisme yang terjadi, yakni proses oksidasi dan biodegradasi oleh Enzim. Eco Enzyme mengandung berbagai enzim aktif seperti protease, lipase, amilase, dan selulase yang membantu menguraikan protein, lemak, dan karbohidrat kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa organik yang lebih kecil ini lebih mudah diurai oleh mikroorganisme dalam proses biologis selanjutnya. Reaksi ini mengurangi beban oksidasi kimiawi, sehingga nilai COD menurun.



Gambar 1. Pengaruh perbandingan (EE: contoh Uji) dan Konsentrasi terhadap COD

Pada gambar 1. Penelitian menunjukkan bahwa efektivitas *Eco Enzyme* dalam menurunkan nilai COD pada limbah cair industri farmasi sangat dipengaruhi oleh perbandingan antara konsentrasi Eco Enzyme dan volume limbah yang diuji. Pada perbandingan (Eco Enzyme:limbah cair) sebesar 3:7, konsentrasi optimal ditemukan pada 4% di mana penurunan COD signifikan tercapai. Penurunan ini disebabkan oleh kemampuan EE untuk mengoksidasi senyawa organik kompleks dalam limbah, tetapi peningkatan konsentrasi di atas nilai ini sering kali tidak memberikan hasil yang signifikan karena efek saturasi atau toksisitas terhadap mikroorganisme pengurai.

Hasil penelitian ini semakin memperkuat temuan-temuan terdahulu mengenai efektivitas *eco enzyme* dalam pengolahan berbagai jenis limbah cair. Sebagai perbandingan, aplikasi *eco enzyme* terbukti mampu menurunkan kadar COD secara signifikan pada limbah cair industri tahu (Ardiansyah & Mirwan, 2024) serta menurunkan beban pencemaran pada limbah air domestik (Pratamadina & Wikaningrum, 2022).

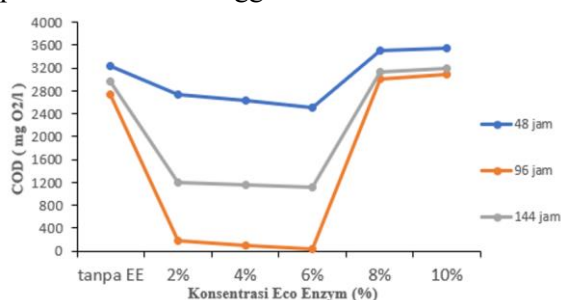
Demikian pula, studi pada limbah industri yang lebih pekat seperti limbah kelapa sawit (Viena et al., 2023) menunjukkan bahwa *eco enzyme* efektif menguraikan beban organik yang berat. Kebaruan dan keunggulan dari penelitian ini dibandingkan studi-studi tersebut terletak pada aplikasinya terhadap limbah cair industri farmasi, yang karakteristiknya lebih kompleks dan sering kali mengandung residu senyawa kimia sintesis toksik. Fakta bahwa *eco enzyme* pada konsentrasi moderat (6%) mampu menurunkan COD limbah farmasi hingga batas aman (25,84 mg/L) mempertegas bahwa agen biologis ini tidak hanya handal untuk mendegradasi polutan organik dasar, tetapi juga adaptif dan tangguh dalam mendegradasi polutan industri yang kompleks.

3.1 Pengaruh Konsentrasi EE dan Waktu Kontak terhadap penurunan COD

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh konsentrasi eco enzyme dan waktu kontak terhadap penurunan COD limbah cair industri farmasi. Hasil menunjukkan bahwa eco enzyme memiliki kemampuan signifikan dalam menurunkan kadar COD, tergantung pada konsentrasi dan waktu kontak yang digunakan. Konsentrasi 6% dengan waktu kontak 96 jam terbukti optimal, menghasilkan penurunan COD

hingga 25,84 mg/L, yang memenuhi standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2022.

Konsentrasi yang terlalu rendah 2% menghasilkan penurunan COD yang kurang signifikan karena keterbatasan jumlah enzim aktif. Sebaliknya, konsentrasi tinggi (8%-10%) tidak selalu efektif, karena potensi saturasi enzim atau residu organik tambahan dari eco enzyme yang meningkatkan beban COD sementara. Hal ini konsisten dengan temuan (Yustiani et al., 2023), yang menunjukkan bahwa eco enzyme efektif menurunkan COD pada konsentrasi moderat tetapi kurang efisien pada konsentrasi tinggi.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu kontak terhadap COD

Pada gambar 2. Waktu kontak memainkan peran penting dalam efektivitas penurunan COD. Pada waktu kontak 48 jam, penurunan COD tidak signifikan karena reaksi enzimatik belum optimal. Sebaliknya, pada 96 jam, waktu kontak yang cukup memungkinkan enzim dan senyawa aktif untuk menguraikan bahan organik secara efektif. Namun, pada waktu kontak 144 jam, efisiensi menurun, diduga karena senyawa organik sulit terdegradasi membutuhkan waktu lebih lama untuk bereaksi, sebagaimana dilaporkan (Permatananda et al., 2023).

Hasil penelitian ini mendukung penggunaan eco enzyme sebagai solusi ramah lingkungan dan ekonomis dalam pengolahan limbah cair. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi kombinasi eco enzyme dengan metode lain, seperti sistem anaerobik, untuk meningkatkan efisiensi degradasi limbah yang lebih kompleks. Eco enzyme memiliki potensi besar untuk mendukung pengolahan limbah berkelanjutan di industri farmasi dan lainnya.

4. KESIMPULAN

Penurunan COD optimal tercapai pada konsentrasi EE sebesar 6% dengan waktu kontak 96 jam, menghasilkan nilai COD 25,84

mg/L, yang mendekati standar baku mutu limbah cair. Selain itu, rasio EE terhadap limbah cair sebesar 3:7 juga memberikan hasil yang signifikan. Konsentrasi EE yang terlalu rendah menghasilkan pengolahan yang kurang efisien, sedangkan konsentrasi tinggi cenderung mengurangi efektivitas karena efek saturasi dan gangguan aktivitas mikroorganisme akibat akumulasi senyawa toksik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A. (2021). Efektivitas Pemberian Eco Enzyme Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD di Tukad Badung. *Jurnal Media Sains*, 5(1), 1–5. <https://doi.org/10.36002/jms.v5i1.1487>
- Ardiansyah, Y. F., & Mirwan, M. (2024). Eco Enzim sebagai Larutan Pendukung untuk Menurunkan TSS dan COD Pada Air Limbah Tahu dengan Proses Anaerob. *Serambi Engineering*, IX(2), 9023–9029.
- H. Cahyana, G., Gumilar, G., & Mulyani, T. (2021). Pengolahan Air Limbah Betalaktam Menggunakan Reagen Kaporit, PAC, dan Alum Sulfat. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(3). <https://doi.org/10.32672/jse.v6i3.3118>
- Hadiwidodo, M., Ainurrofiq, M. N., Purwono, & Oktiawan, W. (2019). Penggunaan Nano-bio Koagulan dari Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) untuk Menurunkan COD, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Industri Farmasi. *Jurnal Presipitasi*, 16(3), 133–139.
- Permatananda, P. A. N. K., Pandit, I. G. S., Cahyawati, P. N., & Lestari, A. (2023). Studi Literature Potensi Penggunaan Eco Enzyme Sebagai Alternatif Tata Laksana Kimiawi Pada Limbah Pemindangan. *Jurnal Education and Development*, 11(2), 8–12. <https://doi.org/10.37081/ed.v11i2.4383>
- Pratamadina, E., & Wikaningrum, T. (2022). Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2722–2728. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3881>
- Pungus, M., Palilingan, S. C., & Tumimomor, F. (2019). Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam

- sebagai media filtrasi. *Fullerene Journal of Chemistry*, 4(2), 54–60. <https://indochembull.com/index.php/fulerene/article/view/58>
- Viena, V., Juanda, R., Studi Teknik Lingkungan, P., & Serambi Mekkah Banda Aceh Indonesia, U. (2023). Efektivitas Penurunan COD, BOD dan TSS Limbah Industri Sawit Menggunakan Koagulan Kimia dan Ekstrak Alami Pati Pelepah Sawit. *Jurnal Serambi Engineering*, VIII(1), 4931–4939.
- Wikaningrum, T., & El Dabo, M. (2022). Eco-Enzyme Sebagai Rekayasa Teknologi Berkelanjutan Dalam Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 7(1), 53–64. <https://doi.org/10.25105/pdk.v7i1.10738>
- Yustiani, Y. M., Nugroho, F. L., Murtadho, F. Z., & Djayadisastra, A. T. (2023). Use of Eco Enzyme to Reduce the Chemical Oxygen Demand of Synthetic River Water. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 55(1), 91–97. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2023.55.1.9>.