

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Eco enzyme*

1. Sejarah *eco enzyme*

Eco enzyme dicetuskan dalam upaya mencerna enzim dari sampah organik yang umumnya dibuang ke tempat sampah menjadi produk berupa cairan multiguna. *Eco enzyme* pertama kali ditemukan dan dikembangkan oleh ilmuwan berkebangsaan Thailand bernama Dr. Rosukan Poompanvong yang aktif dalam riset mengenai *enzyme* selama lebih dari 30 tahun (anis mugitsah, 2020). *Eco enzyme* dikembangkan lebih luas ke masyarakat oleh Dr. Joen Oon, seorang Naturopathi dari Penang Malaysia (Astra *et al.*, 2021).

2. Definisi *eco enzyme*

Eco enzyme atau dalam Bahasa Indonesia dikenal sebagai ekoenzim merupakan larutan organik yang terbentuk melalui proses fermentasi bahan – bahan organik seperti sisa sayuran dan buah, gula (atau molase), dan air. Proses fermentasi ini berlangsung selama 3 (tiga) bulan, dan menghasilkan berbagai senyawa bioaktif, seperti alkohol, asam asetat (cuka), dan enzim (amilase, protease, lipase). Senyawa – senyawa ini diketahui memiliki kemampuan biodegradasi yang tinggi, sehingga berperan penting dalam proses penguraian polutan organik dan anorganik air limbah (Rochyani, Utpalasari and Dahliana, 2020).

3. Manfaat *eco enzyme*

Manfaat utama *eco enzyme* terletak pada kemampuannya untuk mendaur ulang limbah menjadi produk fungsional, sehingga dapat berkontribusi dalam mengurangi volume sampah rumah tangga dan mendukung pelestarian lingkungan

secara berkelanjutan. Penggunaan *eco enzyme* juga sejalan dengan prinsip zero waste dan pendekatan ekologi rumah tangga, menjadikan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah berbasis masyarakat (Mursalin *et al.*, 2023).

Secara umum, *Eco enzyme* juga memiliki berbagai manfaat dalam kehidupan sehari – hari, seperti digunakan sebagai pembersih alami untuk lantai, pupuk organik, pengusir serangga alami, desinfektan, hingga hand sanitizer berbasis bahan alami (Komarudin *et al.*, 2023).

4. Alat dan bahan pembuatan *eco enzyme*

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan larutan *eco enzyme* umumnya mudah ditemukan di lingkungan sekitar, sehingga proses pembuatannya dapat dilakukan dengan biaya yang relatif terjangkau.

a. Alat yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme*

1) Wadah

Dalam pembuatan *eco enzyme* disarankan menggunakan wadah berbahan plastik. Karena selama fermentasi akan terjadi aktivitas mikroba yang intens menghasilkan gas dalam jumlah yang signifikan. Pemilihan bahan wadah yang tepat menjadi aspek kritis yang didasarkan pada prinsip dasar mikrobiologi fermentatif dan keamanan praktik produksi ramah lingkungan. (Novianti and Nengah Muliarta, 2021)

2) Sendok atau pengaduk

Sendok atau pengaduk memungkinkan pencampuran bahan secara menyeluruh seperti air, gula, dan bahan organik sehingga gula cepat larut, dan mikroba mendapatkan akses yang optimal serta mempercepat proses fermentasi.

3) Timbangan

Dalam proses produksi *eco enzyme*, akurasi takaran bahan baku merupakan faktor krusial yang secara langsung mempengaruhi keberhasilan fermentasi. Penggunaan timbangan untuk mengetahui perbandingan yang tepat dan sesuai rumus 1 : 3 : 10

4) Kain penyaring

Proses penyaringan *eco enzyme* dilakukan setelah masa fermentasi selesai untuk memisahkan cairan dari residu padat. Saringan yang digunakan sebaiknya terbuat dari bahan tahan lama dan tidak mudah mengalami korosi, seperti stainless steel atau plastik berkualitas. Ukuran lubang saringan perlu disesuaikan agar mampu menyaring secara efektif, sehingga cairan hasil fermentasi dapat terpisah sempurna dari ampas organik. Setelah masa fermentasi berlangsung selama beberapa gula, wadah dapat dibuka dan campuran saringan untuk memperoleh larutan *eco enzyme*. Sisa padatan yang tertinggal dapat dibuang atau dimanfaatkan kembali sesuai kebutuhan. (Novianti and Nengah Muliarta, 2021)

5) Botol penyimpanan

Setelah fermentasi selesai dan larutan *eco enzyme* telah matang untuk digunakan, cairan tersebut harus disaring terlebih dahulu, kemudian dipindahkan ke dalam wadah penyimpanan yang tertutup rapat. Pemilihan wadah yang tepat sangat penting untuk menjaga stabilitas dan kualitas *eco enzyme*. Botol kaca dengan penutup yang kedap udara merupakan pilihan ideal karena lebih tahan lama dan tidak bereaksi dengan kandungan enzim, meskipun penggunaan botol plastik tetap dapat digunakan apabila lebih mudah dan praktis. Kapasitas wadah dapat disesuaikan dengan volume hasil produksi. Secara umum botol berukuran 1 hingga

5 liter cukup untuk menampung larutan hasil fermentasi secara optimal. (Novianti and Nengah Muliarta, 2021)

b. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme*

1) Limbah dapur (sisa sayur dan buah)

Eco enzyme dapat dibuat dengan memanfaatkan limbah dapur berupa kulit buah atau sayur yang masih segar. Limbah buah dan sayur mengandung banyak komponen bioaktif dan menghasilkan produk dengan nilai tambah melalui proses ekstraksi maupun fermentasi. Beberapa komponen bioaktif yang ada adalah polifenol, serat, enzim, dan protein serta mengandung berbagai macam enzim untuk metabolisme makhluk hidup. (Suarni, 2023)

2) Air

Salah satu komponen penting dalam proses pembuatan *eco enzyme* adalah air sebagai media pelarut dan pendukung fermentasi. Air yang digunakan dapat berasal dari berbagai sumber seperti air sumur, air ledeng, maupun air dari sistem penyediaan air bersih seperti PAM. Syarat utama yang harus diperhatikan adalah kebersihan pada air yang akan digunakan. (Nusantara, 2021)

3) Gula

Gula berfungsi sebagai substrat utama bagi mikroorganisme dalam proses fermentasi, yang dimana senyawa ini diubah menjadi alkohol melalui aktivitas enzimatik. Secara umum, bahan yang kaya akan senyawa organik seperti glukosa maupun pati dapat dimanfaatkan sebagai sumber substart dalam fermentasi alkohol. Variasi dalam kandungan karbohidrat dalam setiap jenis gula akan menghasilkan tingkat efisiensi fermentasi yang berbeda, sehingga memengaruhi kuantitas dan kualitas *eco enzyme* yang dihasilkan. (Supriyani, Astuti and Maharani, 2020)

B. Limbah Rumah Sakit

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat (Kemenkes RI, 2019). Dalam menyelenggarakan upaya pelayanan kesehatan, rumah sakit berpotensi menghasilkan limbah media yang dapat menimbulkan risiko penularan penyakit dan gangguan kesehatan lainnya serta pencemaran lingkungan.

Limbah merupakan sisa dari seluruh aktivitas yang dapat mengandung bahan berbahaya atau bahan beracun karena sifat, konsentrasi, dan jumlahnya yang secara tidak langsung dapat membahayakan kesehatan lingkungan maupun kesehatan manusia (Tarigan *et al.*, 2024). Adapun sumber limbah rumah sakit yaitu

1. Limbah padat

a. Limbah medis

Limbah padat medis dikategorikan menjadi limbah infeksius, limbah benda tajam, limbah patologi, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah zat kimia, dan limbah radioaktif.

b. Limbah non-medis

Limbah padat yang berasal dari tindakan non-medis seperti dapur, perkantoran, dan taman sekitar rumah sakit.

2. Limbah cair

Limbah cair merupakan seluruh limbah air yang terbuang termasuk tinja yang didapatkan dari kegiatan rumah sakit yang berisiko mengandung mikroorganisme, bahan kimia yang bersifat beracun dan radioaktif serta berdampak untuk kesehatan manusia maupun lingkungan

3. Limbah gas

Limbah gas merupakan limbah yang berbentuk gas yang didapatkan dari hasil kegiatan pembakaran di rumah sakit seperti insinerator, sisa produksi dari hasil generator.

C. Bau Sebagai Parameter Pencemar

Dalam konteks lingkungan, bau merupakan salah satu parameter pencemar yang bersifat subjektif namun berdampak signifikan terhadap kenyamanan dan kualitas hidup masyarakat. Keberadaan bau yang tidak sedap dalam lingkungan sering dikaitkan dengan aktivitas pengolahan limbah, termasuk limbah cair rumah sakit. Bau bukan merupakan parameter pencemar fisik seperti BOD, COD, atau TSS, namun keberadaannya dapat menyebabkan keluhan masyarakat, serta menjadi indikator adanya pencemaran senyawa kimia tertentu yang berbahaya.

Bau ini umumnya disebabkan oleh senyawa volatil seperti hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), senyawa sulfur tereduksi (tiol, sulfida), serta senyawa organik volatil (Volatile Organic Compounds/VOC). Senyawa-senyawa tersebut terbentuk dari proses dekomposisi bahan organik dalam kondisi anaerob oleh mikroorganisme tertentu, terutama ketika sistem pengolahan limbah tidak memiliki pasokan oksigen yang cukup. Selain itu, amonia yang dihasilkan dari dekomposisi urea, protein, dan senyawa nitrogen lainnya dalam urin dan limbah organik juga berperan dalam menciptakan bau yang tajam dan menusuk. Salah satu penyumbang utama bau adalah H_2S , yang terbentuk dari reduksi senyawa sulfat oleh bakteri anaerob. H_2S dikenal dengan bau khas seperti telur busuk, yang sangat tajam dan mudah tercium bahkan dalam konsentrasi rendah. Senyawa VOC seperti aldehida, keton, dan asam organik volatil juga dapat dilepaskan dari limbah farmasi, sisa

makanan, darah, dan jaringan biologis, yang turut memperkuat aroma tidak sedap dalam air limbah. (Czarnota and Masło, 2023)

D. Bioremediasi

Istilah bioremediasi berasal dari dua kata, yaitu “*bio*” yang berarti makhluk hidup atau merujuk pada organisme hidup, dan “*remediasi*” yang mengacu pada upaya perbaikan atau pemulihan terhadap suatu kondisi yang mengalami gangguan. Secara umum, bioremediasi dapat diartikan sebagai suatu proses pemanfaatan organisme hidup, terutama mikroorganisme untuk menangani permasalahan lingkungan seperti pencemaran air maupun tanah. Tujuan utama dari bioremediasi adalah mendegradasi atau menguraikan zat pencemar yang bersifat merusak lingkungan melalui aktivitas biologis mikroorganisme. (Collins *et al.*, 2021)

Tindakan bioremediasi aktif dapat dilakukan dengan penggunaan *eco enzyme* dalam mengatasi aroma tidak sedap pada air limbah. Ketika *eco enzyme* dituangkan ke dalam air limbah rumah sakit, enzim dan mikroorganisme yang terkandung di dalamnya akan mempercepat proses dekomposisi bahan organik yang menjadi sumber bau. Misalnya, enzim protease akan memecah protein dari sisa darah atau jaringan biologis, amilase menguraikan karbohidrat, dan lipase bekerja terhadap lemak dan minyak. Selain itu, bakteri dalam *eco enzyme* juga berperan dalam menurunkan konsentrasi amonia dan H₂S dengan cara mengubahnya menjadi senyawa yang lebih stabil dan tidak berbau. Aktivitas biokimia ini membantu menciptakan kondisi aerobik yang menghambat pertumbuhan bakteri anaerob penghasil senyawa bau. (Nugroho & Fatmawati, 2023).

E. Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku mutu air limbah rumah sakit merupakan standar kualitas air limbah yang harus dipenuhi sebelum dibuang ke lingkungan. Penetapan baku mutu bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. (Grinviro, 2025) Baku mutu air limbah rumah sakit mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang digunakan sebagai dasar penilaian kualitas efluen air limbah rumah sakit. Seperti tabel 1

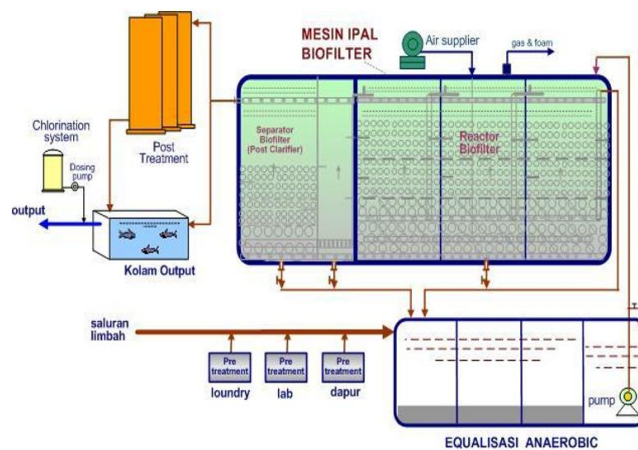
Tabel 1
Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
<i>pH</i>	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	80
TSS	mg/L	30
Amonia	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100 ml	3000

Sumber : Permen LH No.5 Tahun 2014

F. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan sistem yang dirancang untuk mengolah air limbah domestik, industri atau lainnya agar memenuhi standar baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali. Teori IPAL didasarkan pada pengurangan pencemar melalui proses bertahap yang memanfaatkan prinsip fisika, kimia, dan biologi untuk menghasilkan zat padat, organik, serta mikroorganisme patogen (Pembangunan and Veteran, 2025). Adapun gambar Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Skema Pengolahan Air Limbah Pada IPAL

Proses fisika meliputi penyaringan awal (screening) dan pengendapan primer untuk memisahkan partikel besar dan tersuspensi menggunakan gravitasi. Pengolahan kimia melibatkan koagulasi-flokulasi untuk menggumpalkan partikel halus, sementara proses biologis menggunakan mikroorganisme aerobik atau anaerobik untuk mendegradasi bahan organik (Rama *et al.*, 2021). Berdasarkan gambar diatas alur pengolahan air limbah pada RSD Mangusada dengan biofilter anaerob – aerob. Diawali dengan air limbah yang bersumber dari laundry, laboratorium, dapur, dan unit pelayanan lainnya melalui tahap pre-treatment. Selanjutnya limbah ditampung pada bak equalisasi anaerob untuk menstabilkan debit dan karakteristik air limbah. Air limbah kemudian dipompa ke reaktor biofilter aerobik yang dilengkapi dengan suplai oksigen sehingga mikroorganisme dapat menguraikan bahan organik pencemar. Setelah itu, air limbah masuk ke separator atau *post clarifier* untuk memisahkan lumpur hasil pengolahan biologis. Air yang telah diolah kemudian melewati *post treatment*, ditampung pada kolam *output*, dan dilakukan desinfeksi menggunakan klorin sebelum dibuang ke lingkungan.