

TESIS

**EFEKTIVITAS PEMBERIAN *ECO ENZYME* TERHADAP KONSENTRASI
NILAI BOD, COD, DAN AMONIA (NH₃) PADA PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR RUMAH SAKIT UMUM DAERAH KOTA MAKASSAR**

***THE EFFECTIVENESS OF ECO ENZYME ON THE CONCENTRATION OF
BOD, COD AND AMMONIA (NH₃) VALUES IN WASTE WATER
TREATMENT AT THE MAKASSAR CITY GENERAL HOSPITAL***

Disusun dan diajukan oleh :

**Sulfiana Sultan
K012211045**



**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**EFEKTIVITAS PEMBERIAN ECO ENZYME TERHADAP KONSENTRASI
NILAI BOD, COD DAN AMONIA (NH₃) PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
RUMAH SAKIT UMUM DAERAH KOTA MAKASSAR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

**Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:
SULFIANA SULTAN**

Kepada

**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIVITAS PEMBERIAN ECO ENZYME TERHADAP KONSENTRASI
NILAI BOD, COD DAN AMONIA (NH₃) PADA PENGOLAHAN LIMBAH
CAIR RUMAH SAKIT UMUM DAERAH KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh


SULFIANA SULTAN
K012211045


Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 Juli 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

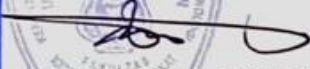
Pembimbing Pendamping,



Dr. Agus Bintara Birawide, S.Kel., M.Kes
NIP. 19820803 200812 1 003


Prof. Anwar, SKM., M.Sc., Ph.D
NIP. 19740816 199903 1 002

Dekan Fakultas
Kesehatan Masyarakat

Ketua Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat


Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., PH., Ph.D
NIP. 19720529 200112 1 001


Prof. Dr. Ridwan, SKM., M.Kes., M.Sc., PH.
NIP. 19671227 198212 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sulfiana Sultan
NIM : K012211045
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

EFEKTIVITAS PEMBERIAN ECO ENZYME TERHADAP KONSENTRASI NILAI BOD, COD DAN AMONIA (NH₃) PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT UMUM DAERAH KOTA MAKASSAR

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 7 Agustus 2023.

Yang menyatakan



Sulfiana Sultan

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah Swt atas segala rahmat dan karunia-Nya, nikmat iman, kesehatan dan kekuatan yang tiada henti diberikan kepada hamba-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan tesis ini. Salam dan salawat kepada junjungan kita, Rasulullah Muhammad SAW, Hamba Allah yang paling sempurna dan semoga kita senantiasa mengikuti jalan beliau. Perkenankan pula penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel, M.Kes** selaku Ketua Komisi Penasehat dan Bapak **Prof. Anwar Mallongi, SKM, M.Sc, Ph.D** selaku Sekertaris Penasihat, yang tidak pernah lelah ditengah kesibukannya dengan penuh kesabaran memberikan arahan, perhatian, motivasi, masukan dan dukungan moril yang sangat bermanfaat bagi penyempurnaan penyusunan dan penulisan tesis ini.

Rasa hormat dan terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Kes., Bapak Prof. Dr. Stang, M.Kes, dan Ibu Prof. Dr. dr. Syamsiar S Russeng, MS yang telah banyak memberikan masukan serta arahan dalam penyempurnaan penyusunan dan penulisan tesis ini
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc.PH,Ph.D

selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Dr. Ridwan, SKM.,M.Kes.,M.Sc.,PH selaku Ketua Program Studi S2 Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Ibu Dr. Erniwati Ibrahim, SKM.,M.Kes selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin beserta seluruh tim pengajar pada Konsentrasi Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan.

3. Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar terkhusus kepada Bapak Ain Khaer, S.STR, M.KES selaku Sekertaris Jurusan Kesehatan Lingkungan serta para staf pegawai, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

4. Direktur Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar Bapak dr. Ahmad Asyarie beserta staf terkhusus Instalasi Kesehatan Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

5. Bapak/ibu/saudara(i) yang bertindak sebagai peer support maupun responden yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan mengikuti penelitian ini serta dukungan, motivasi dan doanya.

5. Teman-teman seperahu seperjuangan Kesehatan Lingkungan Angkatan 2021 yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, kerjasama, kebersamaan, keceriaan, dan kenangan indah selama pendidikan dan dalam penyusunan tesis ini. Teristimewa tesis ini ananda persembahkan kepada kedua almarhum orang tuaku yang terkasih dan tersayang

Ayahanda Sultan Hadi dan Ibunda Sumiati AR, semoga mereka ditempatkan ditempat yang terbaik sisi Allah SWT dan saudara saya yang senantiasa selalu kebersamai saya pada setiap langkah dalam menempuh pendidikan ini yang tak ternilai harganya. Penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan oleh karena itu, besar harapan penulis kepada pembaca atas kontribusinya baik berupa saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmatNya kepada kita semua dan apa yang disajikan dalam tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Makassar, Juli 2023

Sulfiana Sultan

ABSTRAK

SULFIANA SULTAN. *Efektivitas Pemberian Eco Enzyme Terhadap Konsentrasi Nilai BOD, COD dan Amonia (NH₃) Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar* (dibimbing oleh **Agus Bintara Birawida dan Anwar Mallongi**)

Rumah Sakit menjadi salah satu penghasil limbah terutama limbah medis dan limbah domestik. Pengolahan limbah menjadi sangat penting dalam mengelola limbah sehingga mampu menghasilkan kualitas air buangan yang memenuhi baku mutu yang diperbolehkan. Metode pengolahan secara biologis dengan menggunakan *Eco Enzyme* ditemukan mampu memecahkan masalah pengolahan limbah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui Efektivitas *Eco Enzyme* dalam menurunkan BOD, COD dan Amonia(NH₃) limbah cair RSUD Kota Makassar.

Jenis penelitian adalah kuantitatif Quasi Eksperimen design one group pre-test post-test. Sample dari limbah cair RSUD Kota Makassar dengan perlakuan *Eco Enzyme* dari campuran air, bahan organik dan molase (10:3:1) yang difermentasi selama 3 bulan dengan hasil **pH; 2,68**. Analisis data dengan perhitungan *Efektivitas*.

Penambahan *Eco Enzyme* mampu menurunkan kadar BOD dengan konsentrasi 5% sebesar 63,84% dan konsentrasi 10% sebesar 63,88%, penurunan kadar COD dengan konsentrasi 5% sebesar 42,65% dan konsentrasi 10% sebesar 49,33% dan untuk konsentrasi Amonia(NH₃) tidak mengalami penurunan dengan penambahan *Eco Enzyme* 5% dan 10%. Penurunan kadar BOD, COD dan Amonia (NH₃) belum mencapai baku mutu yang diperbolehkan sesuai PermenLHK No. 68 tahun 2016. Dapat disimpulkan *Eco Enzyme* belum efektif menurunkan kadar BOD,COD dan Amonia(NH₃) limbah cair RSUD Kota Makassar. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menambah waktu tinggal dan *konsentrasi Eco Enzyme*.

Kata Kunci : Air Limbah, *Eco Enzyme*, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand



ABSTRACT

SULFIANA SULTAN. *Effectiveness of Eco Enzyme on BOD, COD and Ammonia (NH₃) Concentrations in Makassar City Hospital Wastewater Treatment (supervised by Agus Bintara Birawida and Anwar Mallongi)*

Hospitals are a source of waste, especially medical and household waste. Effluent treatment is very important in waste management to produce high quality wastewater that meets acceptable quality standards. It was found that the eco-enzymatic biological treatment method can overcome the waste disposal problem. The purpose of this study was to determine the effectiveness of Eco Enzyme in reducing BOD, COD and ammonia (NH₃).

This type of research is a one-group pre-post test with a quasi-quantitative experimental design. Samples of Makassar City Hospital wastewater treated with ecoenzymes from a mixture of water, organic matter and molasses (10:3:1) and fermented for 3 months. pH 2.68. Data analysis and effectiveness calculation.

The addition of Eco Enzyme reduced the BOD concentration of 5% by 63.84%, 10% by 63.88%, the COD level at 5% concentration by 42.65%, 10% by 49.33%, and the concentration of ammonia (NH₃) was absent reduction with the addition of enzymes 5% and 10%. The reduction in BOD, COD and Ammonia (NH₃) has not reached the quality standards permitted by PermenLHK No. 68 of 2016. It can be concluded that eco-enzymes are not effective in reducing their BOD, COD and ammonia (NH₃) levels in Makassar City Hospital waste. Furthermore, it is suggested to increase the residence time and concentration of eco-enzymes to degrade the pollutant.

Keywords: Waste water, *Eco Enzyme*, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand



DAFTAR ISI

Contents

PRAKATA	iii
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	12
D. Manfaat Penelitian	12
BAB II	14
TINJAUAN PUSTAKA	14
A. Tinjauan umum tentang Limbah Rumah Sakit	14
B. Tinjauan Umum Tentang Potensi Pencemaran Limbah Rumah Sakit 27	
C. Tinjauan Umum Chemical Oxygen Demand (COD)	30
D. Tinjauan Umum Tentang Eco Enzym	31
E. Kerangka Teori	38
F. Kerangka Konsep	41
G. Hipotesis Penelitian	42
H. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	43
I. Tabel Sintesa	45
BAB III	52
METODE PENELITIAN	52
A. Jenis Penelitian	52
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian	52
C. Populasi dan Sampel	52

D.	Variabel Penelitian	53
E.	Metode Pengumpulan Data	54
F.	Instrumen Penelitian	54
G.	Alur Penelitian	60
H.	Pengolahan dan Analisis Data	61
I.	Penyajian Data	61
BAB IV		62
HASIL DAN PEMBAHASAN		62
A.	Hasil Penelitian	62
B.	Pembahasan	76
BAB V		87
KESIMPULAN DAN SARAN		87
A.	Kesimpulan	87
B.	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah	.....	27
Tabel 2.2	Jenis Enzyme Yang terdapat dalam Limbah Organik	.....	34
Tabel 2.3	Defenisi Operasional (DO) dan Kerangka Objektif (KO) Penelitian	.....	44
Tabel 2.4	Sintesa Artikel Terkait pengaruh Eco Enzym Pada Air Limbah	.....	46
Tabel 4.1	Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar tahun 2023	.....	64
Tabel 4.2	Kadar BOD Sampel Air Limbah RSUD Kota Makassar Sebelum dan Sesudah Pengolahan dengan Penambahan Eco Enzyme 5 %	.....	69
Tabel 4.3	Kadar BOD Sampel Air Limbah RSUD Kota Makassar Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Dengan Penambahan Eco Enzyme 10 %	.....	70
Tabel 4.4	Kadar COD Sampel Air Limbah RSUD Kota Makassar Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Dengan Penambahan Eco Enzyme 5 %	.....	71
Tabel 4.5	Kadar COD Sampel Air Limbah RSUD Kota Makassar Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Dengan Penambahan Eco Enzyme 10 %	.....	72
Tabel 4.6	Kadar Amonia Sampel Air Limbah RSUD Kota Makassar Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Dengan Penambahan Eco Enzyme 5 %	.....	73
Tabel 4.7	Kadar Amonia Sampel Air Limbah RSUD Kota Makassar Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Dengan Penambahan Eco Enzyme 10 %	.....	74

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1.1	Nilai Kadar BOD, COD dan Amonia (NH ₃) Efluen IPAL RSUD Kota Makassar Periode Januari-Oktober 2022	11
Grafik 4.1	Grafik Perbandingan Penyisihan Kadar BOD dengan Konsentrasi Eco Enzyme 5% dan 10 %	75
Grafik 4.2	Grafik Perbandingan Penyisihan Kadar COD dengan Konsentrasi Eco Enzyme 5% dan 10 %	76

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Meningkatnya populasi manusia sebagai penghasil limbah menjadi masalah yang sangat penting dalam pengolahan limbah. Sebagaimana diketahui bahwa hampir 70 – 80 % saluran air dan sungai membawa air yang terkontaminasi. Untuk menjaga kualitas air bagi seluruh manusia, maka inovasi pengolahan limbah harus meningkat dan dapat dipergunakan secara produktif dan ekonomis (Janarthanan et al., 2020).

Fasilitas pelayanan kesehatan menjadi salah satu penghasil limbah terutama limbah medis dan limbah domestik. Fasilitas kesehatan adalah tempat yang menyediakan layanan kesehatan secara medis bagi masyarakat meliputi: rumah sakit, puskesmas, klinik dan lain-lain. (Ewita, 2011). Rumah sakit sebagai institusi pelayanan dalam bidang kesehatan meliputi bidang preventif (pencegahan), kuratif (pengobatan), rehabilitatif serta promotif. Berbagai kegiatan di Rumah Sakit akan menghasilkan limbah baik itu limbah padat, limbah cair maupun gas (Azwaruddin, 2018).

Limbah padat yang bersifat infeksius yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit ini masih perlu pengelolaan sebelum dibuang ke lingkungan, hal ini dikarenakan limbah dari kegiatan rumah sakit tergolong limbah B3 yaitu limbah yang bersifat infeksius, radioaktif, korosif dan kemungkinan mudah terbakar. Dikarenakan kegiatan atau sifat pelayanan yang diberikan, maka rumah sakit bisa menjadi sumber segala macam penyakit yang ada

di masyarakat, bahkan dapat pula sebagai sumber distribusi penyakit karena selalu dihuni, dipergunakan dan dikunjungi oleh orang-orang yang rentan dan lemah terhadap penyakit. Limbah cair yang berisi zat kimiawi tidak akan mampu dinetralsir dengan baik sehingga sangat membahayakan warga sekitar rumah sakit. Kandungan penyakit utamanya meresap melalui tanah dan langsung tertuju kedalam sumur yang lazim dijadikan sumber konsumsi air (Subekti, 2011). Begitu pula limbah gas yang berasal dari emisi gas buang seperti emisi kendaraan parkir, cerobong insinerator, cerobong genset dan cerobong boiler, sehingga perlu dilakukan pengelolaan untuk menjaga kualitas udara ambien lingkungan rumah sakit tetap terjaga dengan baik. Selain itu limbah rumah sakit yang dibuang tanpa pengolahan yang memadai dapat menimbulkan masalah lingkungan tersendiri serta dapat berdampak negatif terhadap keseimbangan ekologis dan terutama kesehatan masyarakat. Hal ini jika semakin tidak diperhatikan akan menyebabkan diantaranya wabah penyakit menular, epidemi diare, kolera, penyakit kulit, penyakit enterik air kontaminasi dan polusi radioaktif (Rhomadhoni, 2019)

Peraturan Menteri Kesehatan 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit pada pasal 2 menetapkan bahwa Kualitas lingkungan yang sehat bagi rumah sakit ditentukan melalui pencapaian atau pemenuhan standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan. Standar baku mutu sebagaimana dimaksud adalah meliputi: air; udara; tanah; pangan; sarana dan bangunan; vektor dan binatang

pembawa penyakit. Begitu pula Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan PermenLHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dijelaskan dalam pasal 3 bahwa setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkannya.

Pengolahan air limbah menjadi salah satu bagian sangat penting karena setiap warga wajib menjaga lingkungan agar menjadi lingkungan yang sehat bagi semua orang (Pramite et al., 2021). Salah satu cara yang sangat efisien untuk melakukan pengolahan air limbah dari rumah sakit yaitu pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun berbagai masalah yang sering muncul berkaitan dengan pengelolaan limbah rumah sakit yaitu dana yang terbatas untuk membangun fasilitas pengolahan limbah, khususnya untuk rumah sakit tipe kecil dan menengah, sehingga untuk mengatasinya maka perlu dikembangkan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang murah, mudah operasinya serta hemat energi, khususnya untuk rumah sakit dengan kapasitas kecil sampai sedang (Sayekti, et.al, 2011). Limbah rumah sakit juga menjadi sumber dari mikropolutan dengan persentase yang tinggi dan sampai saat ini belum ada penanganan khusus yang dilakukan untuk menghilangkan polutan. Limbah ini dan karakteristiknya yang kompleks menimbulkan resistensi terhadap unit operasi yang dilakukan di instalasi pengolahan air limbah rumah sakit (IPAL) (Khan et al., 2020)

Metode pengolahan limbah yang diterapkan negara berkembang salah satunya adalah lumpur aktif, tetapi jumlah peningkatan Waste Activated Sludge (WAS) atau limbah lumpur aktif yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah sangat tinggi, sehingga limbah lumpur aktif ini masih perlu di proses kembali secara memadai untuk mengurangi kandungan organik, patogen dan masalah bau sebelum dibuang. (Arun & Sivashanmugam, 2015a). Polutan yang resisten seperti minyak, lemak, obat-obatan, pestisida dan plastik dalam air limbah sulit untuk didegradasi dengan metode lumpur aktif tradisional. Polutan ini menimbulkan ancaman besar bagi lingkungan dan organisme akuatik karena sifatnya beracun, tahan terhadap biodegradasi alami dan menciptakan masalah yang serius (Feng et al., 2021)

Metode biofilter aerob-anaerob yang banyak digunakan pada fasilitas kesehatan seperti rumah sakit pada kenyataannya masih banyak yang belum memenuhi standar baku mutu. Penelitian pada beberapa rumah sakit seperti limbah Rumah Sakit Umum Daerah Lanto Dg. Pasewang Kabupaten Jeneponto, didapatkan kadar BOD pada inlet dengan nilai rata-rata 112,3 mg/l, pada outlet dengan nilai rata-rata 58 mg/l tidak memenuhi syarat, dan kadar COD pada inlet IPAL dengan nilai rata-rata 234,6 mg/l, pada Outlet IPAL dengan nilai rata-rata 92,3 mg/l tidak memenuhi syarat sesuai Standar Baku Mutu Air Limbah Cair Kegiatan Rumah Sakit berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan

Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Rumah Sakit (Rahmat & Mallongi, 2018). Penelitian lain di rumah sakit swasta di Surabaya bahwa hasil pemantauan beberapa kegiatan menunjukkan kualitas air buangan IPAL masih belum optimal dimana masih melampaui baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013, yaitu parameter BOD, COD, fosfat dan *escheriacoly* dan hasil hasil uji laboratorium menunjukkan adanya fluktuasi mutu limbah cair selama dua tahun terakhir 2017-2018 (Rhomadhoni, 2019).

Saat ini, metode pengolahan limbah cair terutama yang mencakup metode fisikokimia yang berupa oksidasi kimia, distilasi, teknik pemisahan berbasis membran dan adsorpsi telah digunakan untuk pengolahan limbah dan biologi enzyme sebagai biokatalis efisiensi tinggi bisa menjadi alternatif untuk mengatasi polutan resisten (Feng et al., 2021). Beberapa penelitian lain terkait dengan metode alternatif yang serbaguna untuk menghilangkan polutan seperti fenol yaitu metode enzimatik. Dapat disimpulkan bahwa enzyme dapat bekerja secara spesifik pada polutan yang keras dan dapat mengubah karakteristik limbah tertentu untuk membuatnya lebih dapat diterima untuk pengolahan atau bantuan dalam mengubah bahan limbah menjadi produk bernilai tambah (Chiong et al., 2014). Berbagai cara kimia dan biologis tersedia untuk mengolah limbah cair, namun masih belum mampu terpecahkan dikarenakan biaya tinggi dan waktu yang lebih lama (Hemalatha & Visantini, 2020). Beberapa metode yang digunakan sebagai strataegi dalam mengolah limbah antara lain metode pengolahan air limbah

fisikokimia seperti oksidasi kimia, distilasi, teknik pemisahan berbasis membran, dan adsorpsi telah digunakan untuk pengolahan air limbah namun dalam penggunaannya begitu mahal dan dapat menyebabkan polusi dan kerusakan lebih lanjut. Metode biologis menjadi strategi metode yang lebih ramah lingkungan dan dapat menghilangkan sebagian besar polutan dalam air limbah. Metode ini menggunakan tanaman, mikroba dan enzim untuk pengolahan air limbah. Organisme yang diterapkan dalam teknologi ini dapat mendegradasi kontaminan selama proses berlangsung. Meski demikian masih ada beberapa tanaman dan mikroba yang sensitif terhadap polutan yang beracun (Alshabib & Onaizi, 2019).

Eko enzyme merupakan produk yang dihasilkan dari fermentasi limbah organik, gula dan air dengan komposisi masing-masing 3:1:10 (Hemalatha & Visantini, 2020), (Arun & Sivashanmugam, 2015a). Limbah dari kulit buah mempunyai aktifitas antimikroba terhadap beberapa jenis mikroorganisme patogen, termasuk *Candida albicans* (Soma Roy, 2014). Ekstraksi enzim, asam organik, dan senyawa fenol melalui proses fermentasi lebih disukai daripada metode konvensional yang membutuhkan pelarut yang mahal, melibatkan proses pemanasan, dan sulit mendapatkan ekstrak dengan kemurnian tinggi (Sagar et al., 2018).

Penelitian di Malaysia (Hemalatha & Visantini, 2020) menemukan bahwa enzyme dari fermentasi limbah buah jeruk mampu mengolah limbah berbasis logam dan mampu menurunkan kadar BOD dari 80 mg/l menjadi 22,3 mg/l, selain itu lumpur yang diolah dengan eco enzyme mampu

mendorong pertumbuhan cabai dan lidah buaya. Pada penelitian lain pada instalasi IPAL 2 (IPAL-2) di kawasan industri Jababeka ditemukan bahwa eco enzyme tomat dan jeruk mampu menurunkan PH limbah cair dari 6,9 menjadi 4,7. Eco enzyme tomat mampu menurunkan COD, TSS dan VSS masing-masing sebesar 61%, 39% dan 41%, sedangkan eco enzyme jeruk mampu menunjukkan penurunan yang lebih tinggi lagi yaitu 78 %, 45%, dan 46% (Wikaningrum et al., 2022)

Sumber limbah rumah sakit yang dari laundry berupa detergen diketahui memiliki komposisi utama yaitu surfaktan. Gugus surfaktan dapat mengalami reaksi hidrolisis yang menghasilkan ion fosfat yang akan memicu terjadinya eutrofikasi pada badan penerima yang apabila semakin panjang rantai kimia, maka akan semakin sulit untuk terurai. Menurut penelitian (Pratamadina & Wikaningrum, 2022) bahwa detergen yang konsentrasi awal 1,9385 mg/L, dengan penambahan eco enzim terjadi penurunan menjadi 0,6796 mg/L (konsentrasi 5%) dan 0,3019 mg/L (konsentrasi 10%).

Penelitian di India ditemukan bahwa eco enzyme pada konsentrasi 0,5% mampu menunjukkan penurunan BOD dari 690 mg/L menjadi 231 mg/L, COD dari 537 mg/L menjadi 384 mg/L, nitrat dari 5,54 menjadi 3,39 (dalam hal ini adanya peningkatan oksigen terlarut mendorong proses nitrifikasi yaitu oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat dalam air yang pada akhirnya menurunkan konsentrasi amonia dalam air) dan penurunan coliform 10% (Kumar et al., 2019). Begitupula dalam penelitian laboratorium

di bekasi didapatkan bahwa eco enzym yang terbuat dari kulit buah nanas didapatkan penurunan kadar amonia yang awalnya 34,5 mg/L menjadi 25,8 mg/L dengan konsentrasi 10 % yang dilakukan pula dengan uji T statistik menunjukkan nilai P ($T \leq t$, two tail) sebesar $0,047 < 0,05$, sehingga penurunan tersebut signifikan (Wikaningrum & El Dabo, 2022)

Eco Enzyme diklaim mampu melepaskan gas ozon (O_3) yang dapat mengurangi karbondioksida (CO_2) di atmosfer yang membendung panas di awan dan cairan itu akan mengurangi efek rumah kaca dan pemanasan global. Selain daripada itu Eco Enzyme juga mengubah amonia menjadi nitrat (NO_3), hormon alami dan nutrisi untuk tanaman dan mengubah CO_2 menjadi karbonat (CO_3) yang sangat bermanfaat bagi tanaman laut dan kehidupan laut (Wicaksono, 2020). Adapun manfaat lain dari eco enzyme sendiri adalah berdasarkan kegunaannya, dimana eco enzyme dapat dimanfaatkan sebagai pembersih serba guna, sebagai pupuk tanaman, sebagai pengusir berbagai hama tanaman dan sebagai pelestari lingkungan sekitar dimana eco enzyme dapat menetralsir berbagai polutan yang mencemari lingkungan sekitar (Rochyani et al., 2020). Selain daripada itu eco enzym bisa bermanfaat untuk menjernihkan udara diruangan, membersihkan badan, obat kumur, hand sanitizer alami (Nurfajriah et al., 2021)

Rumah Sakit Umum Daerah Kota Kota Makassar adalah Rumah Sakit milik Pemerintah Kota Makassar merupakan rumah sakit tipe B dan rujukan covid-19 dengan jumlah tempat tidur berdasarkan data bulan Juli

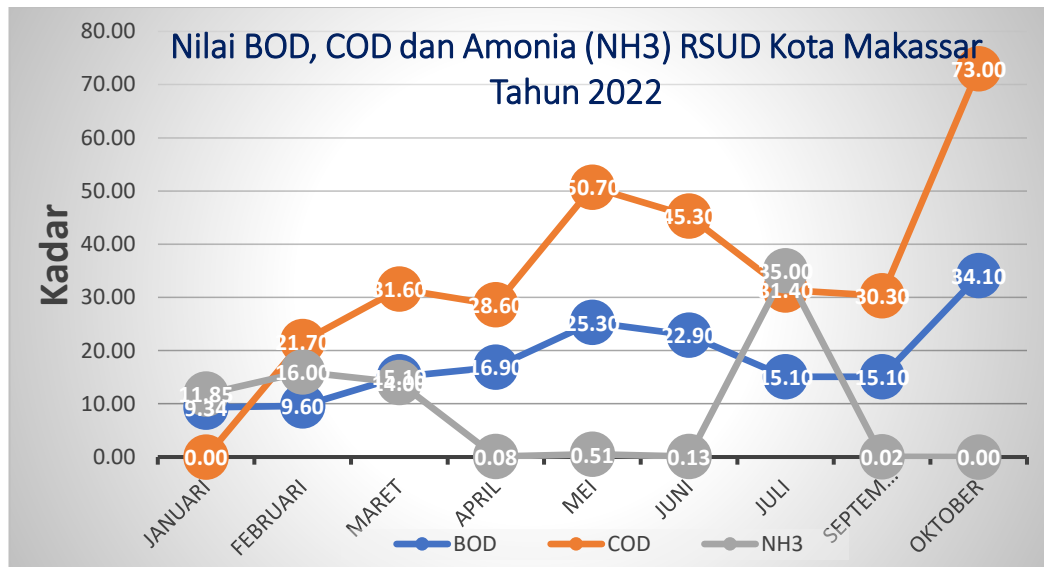
2022 adalah 211 buah. Dari jumlah tersebut dapat diperkirakan produksi limbah cair perhari yang dihasilkan sekitar 137,15 m³/hari. Dari gambaran tersebut dapat dibayangkan betapa besar potensi rumah sakit untuk mencemarkan lingkungan dan kemungkinannya menimbulkan pencemaran lingkungan dan gangguan terhadap kesehatan masyarakat. Lokasi rumah sakit yang berada didekat pemukiman masyarakat sangat berpotensi mempengaruhi kesehatan masyarakat di sekitarnya, jika kualitas air limbah tidak memenuhi baku mutu.

Berdasarkan observasi awal di lokasi bahwa RSUD Kota Makassar memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang digunakan untuk mengolah limbah cair rumah sakit. IPAL ini sendiri menggunakan sistem Aerob – anaerob. Pada proses pengolahan ini secara umum yaitu masing-masing unit pelayanan seperti poliklinik, rawat inap, laundry kitchen mempunyai bak kontrol tersendiri, sementara khusus IGD, Laboratorium dan perawatan covid pada bak kontrol sendiri dengan instalasi pre treatment kemudian semuanya dialirkan ke bak inlet. Dari bak inlet dialirkan ke bak aqualisasi untuk pemisahan padatan (lumpur). Dari bak aqualisasi di alirkan ke reaktor untuk proses aerob dan anaerob. Kemudian tahap akhir klorinasi. Selanjutnya masuk ke outlet.

Dari data bagian sanitasi diperoleh bahwa sebagian parameter limbah dari efluen IPAL yang masih belum memenuhi standar baku mutu sesuai Permen. LHK RI. Nomor P.68/MenLHK/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik seperti kadar BOD, COD dan

Amonia (NH₃) yang pada periode pemeriksaan tahun 2022 efluen IPAL rumah sakit masih berfluktuasi. (Grafik 1)

Grafik 1.1. Nilai Kadar BOD, COD dan Amonia (NH₃) Efluen IPAL RSUD Kota Makassar Periode Januari-Oktober 2022



Sumber Data : Primer, 2022

Dari grafik dapat dilihat bahwa Kadar BOD melewati baku mutu pada bulan Oktober 2022 yaitu 34,10 mg/L, sementara Amonia (NH₃) pada pemeriksaan bulan Januari, Februari dan Juli 2022 didapatkan kadar efluen yang melewati baku mutu yaitu masing-masing 11,85 mg/L, 16,0 mg/L dan 35 mg/L. Sementara COD masih dalam batas normal, namun demikian pada pemeriksaan Oktober didapatkan pada angka 73 mg/L. Kondisi IPAL RSUD Kota Makassar yang dibangun pada tahun 2011 yang sudah butuh pemeliharaan lebih baik lagi yang menjadi kendala sehingga kualitas air buangan menjadi fluktuatif. Dari informasi didapatkan juga bahwa

beberapa kondisi seperti endapan lumpur di bak equalisasi belum pernah diangkat, sehingga terjadi penebalan lumpur didalamnya.

Mempertimbangkan bahwa potensi dampak terhadap lingkungan dan masyarakat masih besar meskipun sudah memiliki IPAL, maka diperlukan teknologi tepat guna yang murah dan mudah aplikasinya dalam mengolah limbah. Dalam hal ini tetap memakai IPAL yang ada tapi menambah metode yang sederhana dan mudah dioperasikan, sehingga dampak terhadap lingkungan dan masyarakat menjadi lebih minim. Dari beberapa penelitian didapatkan bahwa Eco Enzyme mampu mereduksi bahan polutan dalam air limbah, namun masih sedikit penelitian yang memfokuskan pada limbah fasilitas pelayanan kesehatan. Berdasarkan itu, maka penelitian ini dilakukan pada fasilitas pelayanan kesehatan yaitu pada limbah rumah sakit.

Berdasarkan fakta-fakta di atas, perlu dilakukan penelitian tentang *Efektivitas Eco Enzyme dalam menurunkan Nilai, BOD, COD, dan Amonia (NH₃) pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar*

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, peneliti merumuskan masalah yaitu apakah pemberian Eco Enzyme efektif menurunkan kadar BOD, COD, dan Amonia (NH₃) pada limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah pemberian Eco Enzym dapat efektif menurunkan nilai BOD, COD, dan Amonia (NH_3) pada pengolahan limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui efektivitas penurunan BOD dengan pemberian eco enzyme konsentrasi 5% dan 10% pada pengolahan limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar
- b. Mengetahui efektivitas penurunan COD dengan pemberian eco enzyme konsentrasi 5% dan 10% pada pengolahan limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar
- c. Mengetahui efektivitas penurunan Amonia (NH_3) dengan pemberian Eco Enzyme pada pengolahan limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tepat guna dalam pengolahan limbah cair
- b. Hasil penelitian dapat menjadi ide rekayasa dasar yang dapat dikembangkan di masyarakat pada masa yang akan datang.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi penulis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana yang bermanfaat dalam mengimplementasikan pengetahuan penulis tentang efektivitas pemberian Eco Enzyme dalam menurunkan nilai BOD, COD, dan Amonia(NH₃)
- b. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teori tentang efektivitas pemberian eco enzyme dalam menurunkan kadar polutan pada parameter lainnya bagi yang ingin melanjutkan penelitian ini.
- c. Bagi praktisi, diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan di bidang lingkungan dan penerapan teknologi yang tepat guna dan ekonomis dan ramah lingkungan.
- d. Bagi Pemerintah Daerah, khususnya RSUD Kota Makassar, diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dan acuan dalam mengambil alternatif dalam mengolah limbah cair yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan umum tentang 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 (Kementerian Kesehatan, 2020). Rumah Sakit sebagai organisasi badan usaha di bidang kesehatan mempunyai peranan penting dalam mewujudkan derajat kesehatan masyarakat secara optimal (Setya Enti Rikomah, M.Farm, 2017). Dalam proses kegiatan rumah sakit tersebut tentu saja menimbulkan dampak positif dan negatif. Dampak positif pelayanan rumah sakit bisa berupa perwujudan pelayanan kesehatan yang paripurna kepada masyarakat. Namun disisi lain dampak negatif yang terutama sering menjadi masalah adalah pencemaran lingkungan oleh limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit (Azwaruddin, 2018)

Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya. Mengingat dampak yang mungkin timbul, maka diperlukan upaya pengelolaan yang baik meliputi alat dan sarana, keuangan dan tatalaksana pengorganisasian yang ditetapkan dengan tujuan memperoleh kondisi rumah sakit yang memenuhi persyaratan kesehatan lingkungan (Azwaruddin, 2018). Diperkirakan 75% limbah yang dihasilkan rumah sakit merupakan limbah pelayanan

kesehatan umum, sedangkan 25% sisanya merupakan limbah berbahaya infeksius (Wang et al., 2020)

Jenis air limbah yang ada di fasilitas pelayanan kesehatan dapat dikelompokkan sebagai berikut: air limbah domestik, air limbah klinis, air limbah laboratorium klinik dan kimia, air limbah radioaktif (syarat tidak boleh masuk ke IPAL, harus mengikuti petunjuk dari BATAN) (Ewita, 2011)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor : P.56/Menlhk-Setjen/2015 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari Fasilitas Pelayanan mengklasifikasikan limbah Bahan berbahaya dan Beracun (B3) medis rumah sakit terdiri dari :

1. Limbah benda tajam

Limbah ini termasuk benda-benda tajam sekali pakai yaitu jarum suntik, jarum jahit, abocath, silet, pisau bisturi, scalpel, dll).

2. Limbah Patologis

Limbah ini berupa buangan selama kegiatan operasi, otopsi, dan/atau prosedur medis lainnya termasuk jaringan, organ, bagian tubuh, cairan tubuh, dan/atau spesimen beserta kemasannya.

3. Limbah Infeksius

Limbah ini berupa limbah yang terkontaminasi organisme pathogen dalam jumlah dan virulensi yang cukup untuk menularkan penyakit pada manusia rentan.

4. Limbah Kimia

Limbah yang dihasilkan dari penggunaan bahan kimia dalam tindakan medis, veterineri, laboratorium, proses sterilisasi, dan riset.

5. Limbah Farmasi

Limbah farmasi merupakan limbah yang dihasilkan dari instalasi farmasi misalnya obat kadaluarsa, obat terkontaminasi.

6. Limbah Sitotoksik

Limbah sitotoksik adalah Limbah dari bahan yang terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitotoksik untuk kemoterapi kanker yang mempunyai kemampuan untuk membunuh dan/atau menghambat pertumbuhan sel hidup. Termasuk dalam kelompok Limbah sitotoksik yaitu Limbah genotoksik yang merupakan Limbah bersifat sangat berbahaya, mutagenik (menyebabkan mutasi genetik), teratogenik (menyebabkan kerusakan embrio atau fetus), dan/atau karsinogenik (menyebabkan kanker). Genotoksik berarti toksik terhadap asam deoksiribonukleat (ADN), dan Sitotoksik berarti toksik terhadap sel.

7. Limbah radioaktif

Limbah radioaktif merupakan limbah yang bersifat radioaktif yang biasanya dihasilkan dari proses rontgen.

8. Limbah kontainer bertekanan

Limbah kontainer bertekanan merupakan limbah dari kegiatan yang menggunakan tabung bertekanan, contohnya limbah tabung gas.

9. Limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi

Limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi maksudnya adalah limbah B3 yang memiliki atau mengandung logam berat contohnya termometer merkuri dan Sphygmomanometer merkuri.

Menurut (Purwatiningrum, 2018) limbah cair domestik terbagi menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Greywater yaitu air buangan dari aktivitas cuci mencuci seperti mencuci piring, mencuci pakaian, dan mandi, dan lain-lain.
2. Blackwater yaitu air buangan yang berasal dari aktivitas kamar mandi seperti tinja (feses) dan air seni (urine), umumnya mengandung nitrogen (N) dan fosfor, serta mikroorganisme.

Adapun karakteristik limbah cair domestik dalam (Farhan, 2022) antara lain :

1. Karakteristik Fisik

a. Padatan (solid)

Padatan termasuk ke dalam karakteristik fisik yang terdiri dari bahan organik dan anorganik terlarut, tersuspensi atau pengendapan. Terdapat banyak padatan di dalam limbah cair yang dapat mengakibatkan pendakalan pada suatu perairan. Material tersuspensi dapat mengakibatkan penurunan kejernihan terhadap air dan dapat menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air.

b. Kekeruhan (turbidity)

Kekeruhan dapat menyebabkan kurang masuk sinar matahari ke dalam air. Disebabkan oleh banyak koloid, zat-zat organik, lumpur, dan material-material lainnya.

c. Bau

Bau merupakan tanda kerusakan air limbah. Bau khas dalam air limbah disebabkan oleh adanya zat yang mudah menguap, gas terlarut, dan produk samping organik yang membusuk.

d. Warna

Air murni tidak berwarna, tetapi sering ternoda oleh benda asing. Warna yang dihasilkan oleh sisa padatan terlarut setelah menghilangkan partikel tersuspensi disebut warna sejati. Ciri khas limbah Anda adalah pewarnaan, yang biasanya disebabkan oleh bahan organik dan ganggang

e. Temperatur

Pengukuran suhu sangat penting karena kebanyakan instalasi pengolahan air limbah meliputi pengolahan- pengolahan biologis yang tergantung pada suhu. Suhu air limbah biasanya berkisar pada 13-24°C

2. Karakteristik Kimia

a. Zat Organik

Senyawa organik biasanya terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen serta nitrogen. Beberapa bentuk senyawa organik dalam limbah antara lain:

- 1) Protein Protein merupakan senyawa yang kompleks dan tidak stabil. Protein merupakan penyebab utama timbulnya bau khas pada proses dekomposisi dan dekomposisi.
- 2) Minyak & Lemak Minyak & Lemak dapat berbahaya karena menghambat aktivitas biologis mikroorganisme dalam pengolahan air limbah. Selain itu minyak dan lemak dapat merusak sistem perpipaan pada IPAL.
- 3) Karbohidrat Karbohidrat mengandung karbon, hidrogen dan oksigen. Umumnya karbohidrat terdiri dari enam atom karbon atau kelipatannya di dalam molekul-molekulnya.
- 4) Pestisida Penggunaan pestisida yang salah dapat menyebabkan pencemaran saluran air. Banyak dari pestisida ini beracun dan menyebabkan masalah ketika mereka menumpuk di bagian atas rantai makanan.
- 5) Detergen atau Surfaktan Dalam air bekas detergen ini menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada di atas permukaan gelembung udara sifatnya relatif tetap.

b. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical oxygen demand adalah jumlah oksigen yang terlarut dan diperlukan oleh mikroorganisme agar dapat menguraikan bahan organik pada kondisi aerobik. Pengujian BOD merupakan salah satu uji yang sering dilakukan tentang pembuangan 14 limbah cair. Jika

ada kandungan oksigen air limbahnya sangat melimpah sehingga memudahkan mikroba atau bakteri aerob memecah polutan / limbah cair.

c. Chemical Oxygen Demand (COD)

Kandungan COD menunjukkan adanya proses degradasi bahan organik maupun anorganik yang bersumber dari aktivitas rumah tangga. Kandungan COD yang berlebihan di suatu perairan akan mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dan pH serta secara langsung menurunkan kualitas perairan.

d. Amonia

Amonia dalam air limbah dapat bersumber dari air seni, tinja atau penguraian zat organik secara mikrobiologis. Tingginya kandungan amonia dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut, temperatur dan lain-lain. Amonia dapat menyebabkan kondisi yang toksik bagi kehidupan biota perairan. Amonia yang ditemukan di badan air bisa menyebabkan perubahan fisik pada air, seperti perubahan warna air, bau air. Apalagi kalau sudah ada airnya terkontaminasi oleh amonia dapat menimbulkan korosi pada pipa logam (Sutrisno & Totok, 2004).

e. Zat Anorganik

1) pH (Derajat Keasaman)

Berfungsi untuk menunjukkan tingkat keasaman dari air limbah. Kadar pH yang baik adalah pada saat pH masih dalam kondisi memungkinkan untuk keberlangsungan bagi kehidupan biologis di

dalam air berjalan dengan baik (Asmadi & Suharno, 2012). Umumnya, pH pada outlet IPAL Komunal lebih rendah akibat proses anaerobik yang menghasilkan asam, namun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

2) Logam Berat

Limbah industri mengandung logam berat. Jika industri membuang limbah cair ke dalam sistem pengolahan, hal itu mungkin terjadi hancurkan proses pengolahan dan mempengaruhi kualitas air penerima. Misalnya, kandungan tembaga yang terakumulasi dalam sludge digester dapat mengganggu proses pengolahan.

3) Gas

Gas yang sering muncul dalam air limbah yang tidak diolah antara lain : Nitrogen, CO, H₂S, NH₃ dan HCn Gas-gas ini berasal dari hasil dekomposisi zat organik dalam air limbah

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis adalah indikator yang diukur cairan limbah mengandung patogen. Coliform menjadi penentuan apakah cairan limbah memiliki terkontaminasi oleh patogen. Coliform adalah bakteri indikator polusi, karena koloni bakteri dapat berkorelasi positif di hadapan bakteri patogen lainnya. Jadi, semakin sedikit bakteri coliform

banyak ditemukan di badan air, yang artinya kualitas air menjadi lebih baik.

Limbah cair rumah sakit adalah semua limbah cair yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif. Limbah rumah sakit yaitu buangan dari kegiatan pelayanan yang tidak dipakai ataupun tidak berguna termasuk dari limbah pertamanan. Limbah rumah sakit cenderung bersifat infeksius dan kimia beracun yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia, memperburuk kelestarian lingkungan hidup apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat dan cair. Limbah cair adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan (Kementerian Kesehatan, 2014)

Limbah rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikro organisme bergantung pada jenis rumah sakit. Limbah cair rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dengan parameter BOD, COD, TSS, Amoniak, Posfat dan PH (Azwaruddin, 2018).

Untuk mengoptimalkan upaya penyehatan lingkungan Rumah Sakit dari pencemaran limbah yang dihasilkannya maka harus mempunyai fasilitas pengelolaan limbah sendiri dengan ketentuan yang diatur dalam perundang-undangan. Limbah Cair rumah sakit juga berpotensi untuk

dilakukan daur ulang untuk tujuan penghematan penggunaan air di rumah sakit. Untuk itu, penyelenggaraan pengelolaan limbah cair harus memenuhi ketentuan di bawah ini (Kementerian Kesehatan, 2019) :

1. Rumah sakit memiliki Unit Pengolahan Limbah Cair (IPAL) dengan teknologi yang tepat dan desain kapasitas olah limbah cair yang sesuai dengan volume limbah cair yang dihasilkan.
2. Unit Pengolahan Limbah Cair harus dilengkapi dengan fasilitas penunjang sesuai dengan ketentuan.
3. Memenuhi frekuensi dalam pengambilan sampel limbah cair, yakni 1 (satu) kali per bulan.
4. Memenuhi baku mutu efluen limbah cair sesuai peraturan perundang-undangan.
5. Memenuhi pentaatan pelaporan hasil uji laboratorium limbah cair kepada instansi pemerintah sesuai ketentuan minimum setiap 1 (satu) kali per 3 (tiga) bulan.
6. Unit Pengolahan Limbah Cair:
 - a. Limbah cair dari seluruh sumber dari bangunan/kegiatan rumah sakit harus diolah dalam Unit Pengolah Limbah Cair (IPAL) dan kualitas limbah cair efluennya harus memenuhi baku mutu sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan sebelum dibuang ke lingkungan perairan. Air hujan dan limbah cair yang termasuk kategori limbah B3 dilarang disalurkan ke IPAL.

- b. IPAL ditempatkan pada lokasi yang tepat, yakni di area yang jauh atau tidak mengganggu kegiatan pelayanan rumah sakit dan diupayakan dekat dengan badan air penerima (perairan) untuk memudahkan pembuangan.
- c. Desain kapasitas olah IPAL harus sesuai dengan perhitungan debit maksimal limbah cair yang dihasilkan ditambah faktor keamanan (safety factor) + 10 %.
- d. Lumpur endapan IPAL yang dihasilkan apabila dilakukan pembuangan atau pengurasan, maka penanganan lanjutnya harus diperlakukan sebagai limbah B3.
- e. Untuk rumah sakit yang belum memiliki IPAL, dapat mengolah limbah cairnya secara off-site bekerjasama dengan pihak pengolah limbah cair yang telah memiliki izin. Untuk itu, maka rumah sakit harus menyediakan bak penampung sementara air limbah dengan kapasitas minimal 2 (dua) kali volume limbah cair maksimal yang dihasilkan setiap harinya dan pengangkutan limbah cair dilaksanakan setiap hari.
- f. Untuk limbah cair dari sumber tertentu di rumah sakit yang memiliki karakteristik khusus harus di lengkapi dengan pengolahan awal (pre-treatment) sebelum disalurkan menuju IPAL. Limbah cair tersebut meliputi:

- 1) Limbah cair dapur gizi dan kantin yang memiliki kandungan minyak dan lemak tinggi harus dilengkapi pretreatment berupa bak penangkap lemak/minyak
- 2) Limbah cair laundry yang memiliki kandungan bahan kimia dan deterjen tinggi harus dilengkapi pre-treatment berupa bak pengolah deterjen dan bahan kimia
- 3) Limbah cair laboratorium yang memiliki kandungan bahan kimia tinggi harus dilengkapi pre-treatmentnya berupa bak pengolah bahan kimia
- 4) Limbah cair rontgen yang memiliki perak tinggi harus dilengkapi penampungan sementara dan tahapan penanganan selanjutnya diperlakukan sebagai limbah B3
- 5) Limbah cair radioterapi yang memiliki materi bahan radioaktif tertentu harus dilengkapi pre-treatment berupa bak penampung untuk meluruhkan waktu paruhnya sesuai dengan jenis bahan radioaktifnya dengan mengikuti ketentuan peraturan perundang-undangan.
- 6) Jaringan pipa penyaluran limbah cair dari sumber menuju unit pengolahan air limbah melalui jaringan pipa tertutup dan dipastikan tidak mengalami kebocoran.

Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar dengan pengolahan air limbah dengan proses Biofilter Anaerob-Aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter aerob dan proses

biofilter anaerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfida (H₂S) tidak hilang. Oleh karena itu jika hanya menggunakan proses biofilter anaerob saja hanya dapat menurunkan polutan organik (BOD, COD) dan padatan tersuspensi (TSS). Agar supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerob. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H₂S akan diubah menjadi sulfat (Ewita, 2011).

Pengolahan air limbah tentu saja harus memperhatikan standar baku mutu yang ditetapkan. Dalam penelitian ini yang menjadi standar dalam mengukur baku mutu air limbah ditetapkan dalam permen LHK No. 68 tahun 2016 (Tabel. 2.1)

Tabel. 2.1. Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
PH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amonia	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100 ml	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Permen LHK. No. P-68/Menlhk/ Setjen/Kum.1/8/2016

B. Tinjauan Umum Tentang Potensi Pencemaran Limbah Rumah Sakit

Rumah Sakit di Indonesia menghasilkan limbah dalam jumlah besar, beberapa diantaranya membahayakan kesehatan di lingkungannya. Di negara maju, jumlah limbah diperkirakan 0,5-0,6 kilogram per tempat tidur rumah sakit per hari. Disamping itu dengan minimnya jumlah rumah sakit di Indonesia yang memiliki IPAL yaitu sebanyak 36%, dan yang memenuhi persyaratan IPAL sebesar 52% maka potensi dampak yang ditimbulkan akan semakin nyata. (Azwaruddin, 2018). Selain itu kurangnya penanganan air limbah rumah sakit yang berasal dari hasil aktifitas rumah sakit tersebut serta lemahnya manajemen rumah sakit dikhawatirkan dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan penyebaran penyakit di masyarakat atau terjadinya infeksi saling silang (nosokomial) (Subekti, 2011)

Berbagai jenis limbah yang dihasilkan di rumah sakit bila tidak dikelola dengan baik dapat mempengaruhi kualitas lingkungan dan komponen-komponen lainnya, secara umum pengaruh limbah medis dapat digolongkan sebagai berikut (Sumalik & Nasrul, 2018) :

- a. Infeksi Silang, Limbah klinis dapat menjadi wahana penyebaran mikroorganisme pembawa penyakit melalui proses infeksi silang baik dari pasien, dari petugas ke pasien, ataupun dari pasien ke petugas, yang dikenal dengan nama infeksi nosokomial.

- b. Gangguan Kesehatan, Gangguan kesehatan dapat dikelompokkan menjadi gangguan langsung dan tidak langsung. Gangguan tidak langsung adalah efek yang disebabkan karena langsung dengan limbah tersebut. Misalnya limbah medis beracun, limbah yang dapat melukai tubuh dan limbah yang mengandung kuman pathogen sehingga dapat menimbulkan penyakit.
- c. Gangguan Kerja, Petugas dapat terganggu kesehatan dan keselamatan ataupun pekerjaannya apabila tidak dilengkapi dengan alat pelindung diri yang lengkap, antara lain terpapar mikroorganisme pathogen, bahan kimia atau radiasi dengan limbah sebagai media penularan.
- d. Pencemaran Lingkungan, Pengaruh terhadap lingkungan meliputi kemungkinan terlepasnya ke lapisan air tanah, air permukaan atau udara. Pembuangan yang tidak diwadahi seperti penimbunan terbuka juga menciptakan bahaya terhadap lingkungan.
- e. Gangguan Estetika dan Kenyamanan, Penampilan rumah sakit dapat memberikan efek psikologis bagi pemakai jasa, mungkin karena adanya kesan yang kurang baik akibat limbah yang tidak ditangani dengan baik.

B. Tinjauan Umum Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologi merupakan salah satu indikator penting untuk menentukan pencemar di perairan (Agustina, 2021). BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau

mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018).

Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, jika suatu badan air tercemar oleh zat organik maka bakteri akan dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses biodegradable berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada biota air dan keadaan pada badan air dapat menjadi anaerobik yang ditandai dengan timbulnya bau busuk. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Rahmawati et al., 2013). Hal ini dapat meningkatkan gas methan yang menjadi sumber bau busuk tadi. Pemeriksaan BOD dan COD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran dari air limbah yang dihasilkan. Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organis dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Jika oksigen habis terkonsumsi, maka biota lain akan kekurangan oksigen, sehingga mereka tidak dapat hidup. Semakin tinggi BOD, semakin sulit bagi makhluk air yang membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup (Ibrahim, 2012 dalam (Pitriani, 2014)

C. Tinjauan Umum Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Kebutuhan Oksigen Kimia atau COD adalah jumlah oksigen (mgO_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (Oxydizing agent) (Rahmawati et al., 2013). Analisis COD dan BOD dari suatu limbah akan menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji mengukur dalam kapasitas berbeda. Nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD. Perbedaan keduanya disebabkan oleh banyak faktor seperti adanya selulosa, lemak berantai panjang atau sel-sel mikroba dan adanya bahan toksik dalam limbah (Pitriani, 2014)

C. Tinjauan Umum Tentang Amonia (NH_3)

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang merupakan salah satu indikator pencemaran udara pada bentuk kebauan. Amonia merupakan gas beracun, tak berwarna, dan memiliki bau yang khas. Sifat lain dari Amonia yaitu dapat larut dalam air, garam, eter, dan alkohol. Amonia dalam air limbah terdiri dalam dua bentuk: amonia stabil dan ion

amonium. Amonia memiliki berat molekul 17.03, titik didih -33.35°C , titik beku -77.7°C , titik kritis 133°C , dan tekanan kritis 11.425 kPa

Kandungan Amonia yang melebihi baku mutu dapat menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalga yang berlebihan disebut eutrofikasi, sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Pembuangan limbah yang banyak mengandung amonia ke dalam air juga dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam badan air penerima karena oksigen yang ada digunakan untuk proses nitrifikasi NH_3 (Pramaningsih et al., 2020)

Amonia yang ditemukan di badan air bisa menyebabkan perubahan fisik pada air, seperti perubahan warna air, bau air. Apalagi kalau sudah ada airnya terkontaminasi oleh amonia dapat menimbulkan korosi pada pipa logam (Farhan, 2022).

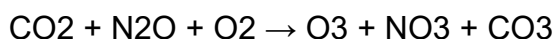
D. Tinjauan Umum Tentang Eco Enzym

Eco enzyme pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong yang merupakan pendiri Asosiasi Pertanian Organik Thailand tahun 2006 yang pada awalnya menamakan enzyme sampah (Arun & Sivashanmugam, 2015a). Gagasan proyek ini adalah untuk mengolah enzyme dari sampah organik yang biasanya kita buang ke dalam tong sampah sebagai pembersih organik. *Eco Enzyme* adalah hasil dari fermentasi limbah dapur organik seperti ampas buah dan sayuran, gula (gula coklat, gula merah atau gula tebu), dan air organik (Arun &

Sivashanmugam, 2015a). *Eco enzyme* yang disebut *garbage enzyme* atau enzim sampah ini merupakan larutan yang mengandung multi-enzim yang terdiri dari protease, amilase dan lipase (Hemalatha & Visantini, 2020). *Eco enzyme* ini juga memiliki karakteristik berada pada pH rendah yaitu < 4, pada pH rendah ini *Eco Enzyme* ini bersifat asam dan mampu melarutkan bahan organik kompleks yang umumnya tidak larut menjadi larut (Sambaraju & Sree Lakshmi, 2020)

Eco enzyme ini merupakan zat organik kompleks rantai protein (enzim), asam organik dan garam mineral yang dihasilkan dari fermentasi tadi. Diketahui bahwa *eco enzyme* ini berfungsi dalam 4 kategori yaitu: membusuk (dekomposisi), menyusun (komposisi), mengubah (transformasi) dan katalisis (Arun & Sivashanmugam, 2015b)

Selama proses fermentasi, berlangsung reaksi :



Dari segi manfaat bagi lingkungan, selama proses fermentasi *enzyme* berlangsung, dihasilkan gas O_3 yang merupakan gas yang dikenal dengan sebutan ozon. Diketahui bahwa salah satu *enzyme* yang ada didalamnya adalah Asam Asetat (H_3COOH), yang dapat membunuh kuman, virus dan bakteri. Sedangkan kandungan *Enzyme* itu sendiri adalah Lipase, Tripsin, Amilase dan mampu membunuh /mencegah bakteri patogen. Selain itu juga dihasilkan NO_3 (Nitrat) dan CO_3 (Karbon trioksida) yang dibutuhkan oleh tanah sebagai nutrient (Rochyani et al., 2020). *Eco*

enzyme mempunyai potensi antimikroba yang ditunjukkan pada ekstrak kulit ekstrak aseton kulit apel pinus menunjukkan aktivitas antimikroba moderat terhadap semua bakteri yang diuji dengan zona hambat tertinggi terhadap *Salmonella typhi* (Soma Roy, 2014). Beberapa limbah organik yang telah terbukti dalam menghasilkan *enzyme* yang bisa mendegradasi polutan dalam limbah. Enzym-enzyme ini mengubah berbagai substrak menjadi senyawa yang ndak beracun yang dapat dengan mudah dihilangkan dari limbah (Tang & Tong, 2011).

Tabel 2.2 Jenis Enzyme Yang terdapat dalam Limbah Organik

No	Enzyme	Jenis Limbah organik	Manfaat
1	Amilase	Limbah pisang, Limbah kubis, limbah jeruk,mangga, kulit kentang, limbah padat pisang	Mendegradasi karbohidrat, surfaktan dalam deterjen
2	Lipase	Limbah kulit pisang, limbah jeruk/lemon	Mendegradasi lemak, lumpur atau padatan
3	Lakase	Limbah Kulit pisang, limbah kulit nanas, apel, anggur, kulit	Penghapusan senyawa fenol yang banyak terkandung dalam obat-obatan

No	Enzyme	Jenis Limbah organik	Manfaat
		jeruk, kulit kentang, ampas buah kiwi	
4	Protease	Limbah kulit pisang, jeruk, mangga, kubis	Degradasi surfaktan yang dihasilkan dari limbah cair laundry, air tinja, air sabun mandi

Sumber : (Arun & Sivashanmugam, 2015b),(Sagar et al., 2018), (Tang & Tong, 2011)

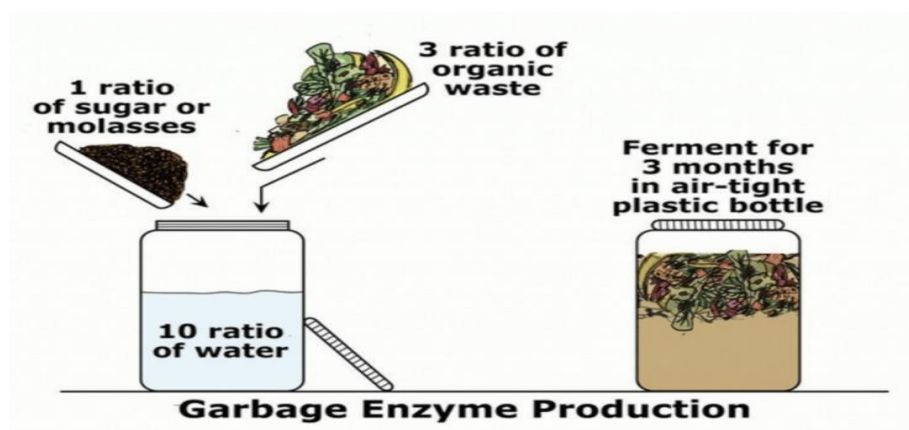
Eco enzyme diproduksi dengan menambahkan gula, limbah jeruk dan air dengan perbandingan 1:3:10 dibiarkan menjalani proses fermentasi selama tiga bulan dan enzyme yang dihasilkan disaring dan disimpan pada suhu kamar (Hemalatha & Visantini, 2020)

Adapun cara membuat eco enzyme adalah sebagai berikut (Gambar 1) :

1. Tuang semua bahan ke dalam botol, bisa juga menggunakan blender untuk mencacah limbah, kemudian campur gula dan air dalam botol.
2. Simpan di tempat yang kering dan sejuk dengan suhu dalam rumah
3. Biarkan selama 3 bulan, dan buka setiap hari di 2 minggu pertama, kemudian 2-3 hari sekali, kemudian seminggu sekali. Di minggu

pertama akan ada banyak gas yang dihasilkan. Kadang ada lapisan putih di permukaan larutan. Jika cacing muncul tambahkan gula segenggam, aduk rata kemudian tutup

4. Setelah 3 bulan, saring *eco enzyme* menggunakan kain kasa atau saringan.
5. Residu dapat digunakan lagi untuk batch baru produksi dengan menambahkan sampah segar. Residu juga bisa dikeringkan, kemudian diblender dan dikubur di dalam tanah sebagai pupuk. (Maurilla Imron, 2020). Fermentasi sempurna dengan *eco enzyme* (likuid berwarna coklat gelap) terbentuk. Hasil akhir ini juga menghasilkan residu tersuspensi di bagian bawah yang merupakan sisa sayur dan buah.



Gambar 2.1 : Pembuatan Eco Enzyme (Maurilla Imron, 2020)

Tanda Eco enzyme berhasil (Harmaini, 2021) adalah :

1. Warna nya cerah sesuai dengan bahan yang kita gunakan. Namun warna ini akan sangat berbeda antara satu dengan yang lainnya, tergantung dengan bahan yang kita gunakan.
2. Aroma nya sesuai dengan bahan (tidak berbau busuk) khas aroma asam segar khas hasil fermentasi Ada jamur putih. Kalau jamurnya hitam berarti cukup tambahkan gula dalam jumlah yang sama untuk memulai proses fermentasi lagi.
3. pH dibawah 4
4. Jika fermentasi berjalan dengan baik, larutan fermentasi akan beraroma alkohol setelah 1 bulan, dan beraroma asam segar seperti cuka setelah 2 bulan
5. Kemunculan lapisan jamur berwarna dan lapisan seperti jeli pada larutan fermentasi adalah hal yang wajar.



Gambar 2.2. Proses fermentasi eco enzym muncul jamur berwarna putih (Harmaini, 2021)

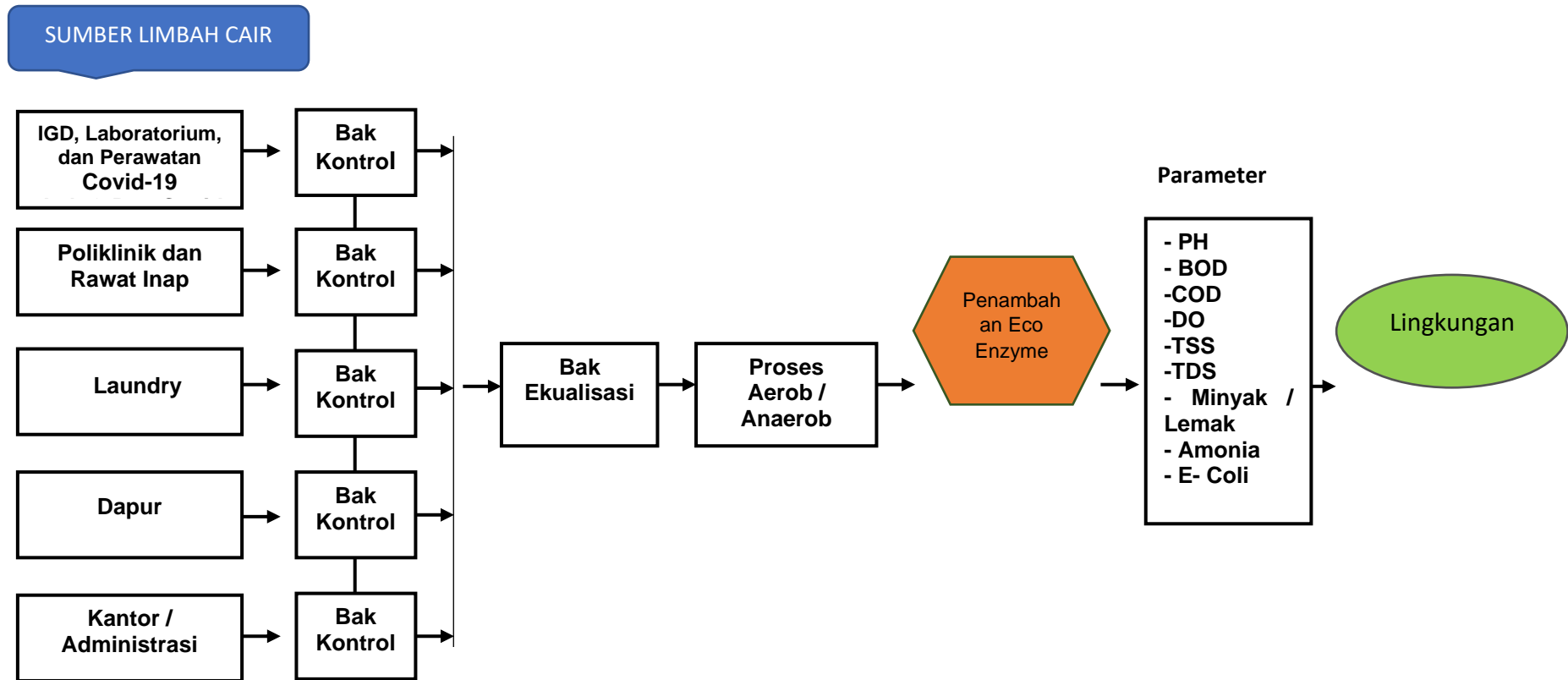
Penelitian (Nazim, 2013) di India menyatakan bahwa larutan eco enzyme dengan konsentrasi 5% dan 10% efektif dalam menurunkan kadar pencemar BOD dan COD bahkan pencemar amonia nitrogen dan fosfat

berhasil dihilangkan pada air limbah. Pada penelitian lain didapatkan sampel air dengan konsentrasi amonia awal sebesar 34,5 mg/L, hasil penurunan konsentrasi amonia masing-masing sebesar 6,7%, 12,8%, 15,3% dan 25,2% pada pemberian eco-enzyme secara berturut-turut dengan konsentrasi 2%, 6%, 8% dan 10%. Pada data konsentrasi amonia yang mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai awal, dilakukan analisis uji-t statistik menunjukkan nilai P ($T \leq t$, two tail) sebesar $0,047 < 0,05$, sehingga nilai penurunan tersebut signifikan karena kedua data tersebut berbeda nyata. Hal ini menunjukkan penurunan konsentrasi amonia meningkat dengan meningkatnya konsentrasi eco-enzyme yang diberikan pada sampel air dengan linieritas 97,3 % (Wikaningrum & El Dabo, 2022)

Penelitian di Malaysia menemukan bahwa amonia, nitrogen dan fosfor dapat dihilangkan dengan penambahan enzyme sampah. Dengan pengenceran 5% sampai 75% enzim ini justru meningkatkan nilai BOD karena mengandung nilai organik yang tinggi. Sebaliknya mampu menghilangkan nitrogen amonia dan fosfor pada pengenceran 9% pada periode waktu pemberian 5 hari (Tang & Tong, 2011).

E. Kerangka Teori

Gambaran teori yang termuat dalam Tinjauan Pustaka, penulis menggambarkan dalam bagan kerangka teori dibawah ini, yang memuat tentang Efektivitas Penurunan BOD, COD, TSS dan AMONIA (NH₃) pada Pengolahan air limbah RSUD Kota Makassar. Berdasarkan gambar bahwa sumber limbah rumah sakit dari semua unit akan dialirkan ke masing-masing bak kontrol selanjutnya dari bak kontrol menuju bak ekualisasi dan menuju reaktor yang menjadi proses anaerob-aerob. Setelah melalui proses anaerob-aerob akan dilakukan penambahan Eco Enzyme yang akan menggantikan proses klorinasi. Selanjutnya akan dialirkan ke badan penerima. Namun sebelumnya dilakukan pemeriksaan parameter limbah dan dibandingkan dengan baku mutu Permen LHK No. 68 tahun 2016.

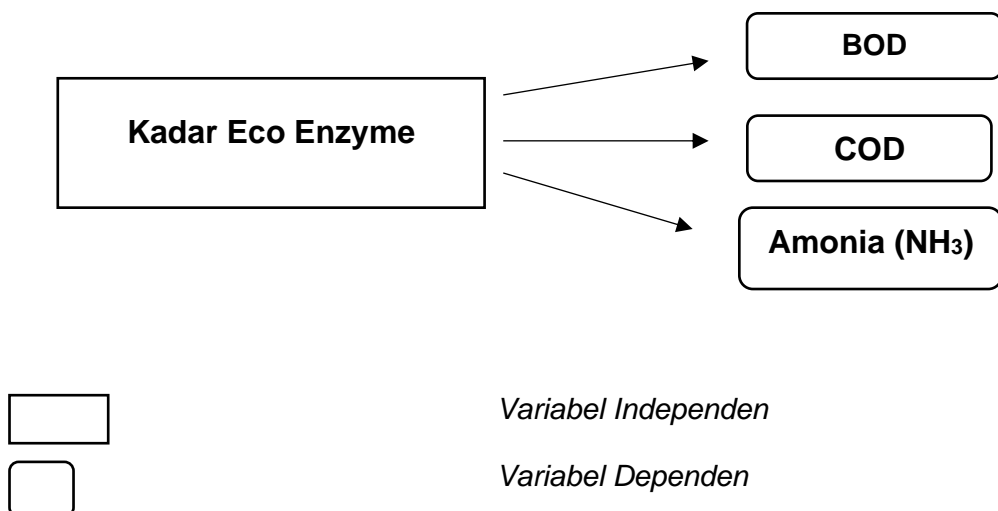


Gambar 2.3. Diagram Modifikasi Proses Pengolahan Air Limbah dalam Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan (Ewita, 2011).

F. Kerangka Konsep

Kualitas air limbah Rumah Sakit Umum Daerah Kota Makassar pada pemeriksaan bulan Juni dan Juli 2022 oleh Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup terdapat beberapa parameter yang masih melewati batas maksimum baku mutu air limbah berdasarkan Baku Mutu Air Limbah Domestik Permen LHK No. P-68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016). Beberapa parameter yang masih melewati batas maksimum adalah BOD, COD dan Amonia (NH₃).

Melihat kondisi efluent IPAL Rumah Sakit yang masih selalu berfluktuasi diperlukan upaya penambahan treatment yang bisa membantu biofilter Aerob-Anaerob dalam mengolah limbah cair rumah sakit yang begitu besar. Diharapkan dengan metode penambahan eco enzym nantinya akan memperbaiki kualitas air limbah rumah sakit yang akan dibuang ke lingkungan. Disamping itu metode ini terbilang sangat sederhana dan murah dengan memanfaatkan bahan organik.



G. Hipotesis Penelitian

Hipotesis berasal dari kata hipo dan thesis, hipo berarti lemah dan thesis berarti pernyataan. Hipotesis berarti pernyataan yang lemah atau secara metodologi hipotesis berarti jawaban sementara, terhadap permasalahan yang secara hipotesis paling mungkin terjadi (Stang, 2018)

Hipotesis Nol (H_0) adalah hipotesis yang berlawanan dengan teori yang akan dibuktikan. Hipotesis Nol adalah dugaan yang selalu diawali dengan kata "Tidak Ada". Hipotesis Alternatif (H_a) adalah sebuah hipotesis yang berhubungan dengan teori yang akan dibuktikan Hipotesis alternatif adalah dugaan yang selalu diawali dengan kata "ada" (Stang, 2018).

Adapun hipotesis penelitian ini adalah :

a. Hipotesis Nol (H_0)

1. Eco enzym tidak efektif menurunkan kadar BOD air limbah RSUD Kota Makassar
2. Eco enzym tidak efektif menurunkan kadar COD air limbah RSUD Kota Makassar
3. Eco enzym tidak efektif menurunkan kadar Amonia (NH_3) air limbah RSUD Kota Makassar

b. Hipotesis Alternatif (H_a)

1. Eco enzym efektif menurunkan kadar BOD air limbah RSUD Kota Makassar
2. Eco enzym efektif menurunkan kadar COD air limbah RSUD Kota Makassar
3. Eco enzym efektif menurunkan kadar Amonia (NH_3) air limbah RSUD Kota Makassar

H. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Tabel 2.3 Defenisi Operasional (DO) dan Kerangka Objektif (KO) Penelitian

Variabel	Defenisi Operasional	Kriteria Objektif	Satuan	Skala
Kadar BOD	Kadar BOD limbah cair RSUD Kota Makassar berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium.	Melebihi baku mutu jika diatas 30 mg/L (>30 mg/L) Tidak Melebihi baku mutu jika dibawah 30 mg/L (< 30 mg/L)	mg/L	Nominal
Kadar COD	Kadar COD limbah cair RSUD Kota Makassar berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium	Melebihi baku mutu jika diatas 100 mg/L (>100 mg/L) Tidak Melebihi baku mutu jika dibawah 100 mg/L (< 100 mg/L)	mg/L	Nominal
Kadar Amonia (NH ₃)	Kadar Amonia (NH ₃) limbah cair RSUD Kota Makassar berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium	Melebihi baku mutu jika diatas 10 mg/L (>10 mg/L) Tidak Melebihi baku mutu jika dibawah 10 mg/L (<10 mg/L)	mg/L	Nominal

Variabel	Defenisi Operasional	Kriteria Objektif	Satuan	Skala
Efektifitas Eco Enzyme	Kemampuan Eco Enzyme dalam menurunkan kadar BOD, COD dan Amonia (NH ₃)	Efektif jika mampu menurunkan minimal 70% (≥ 70 %) Tidak Efektif jika mampu menurunkan minimal dibawah 70 % (< 70%)		Numerik
Konsentra si Eco Enzyme 5%	Larutan dari komposisi 1:3:10 gula merah : limbah organik : air Konsentrasi 5% (50 ml <i>Eco Enzyme</i> per 1000 ml sampel limbah)			
Konsentra si 10%	Larutan dari komposisi 1:3:10 gula merah : limbah organik : air Konsentrasi 10% (100 ml <i>Eco Enzyme</i> per 1000 ml sampel limbah)			

I. Tabel Sintesa

Tabel 2.4. Sintesa Artikel Terkait pengaruh Eco Enzym Pada Air Limbah

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Peneltian	Hasil
1	Arik Agustina (2021) <i>Efektivitas Pemberian Eco Enzyme Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD di Tukad Badung</i>	Metode Gabungan Kuantitatif dan Kualitatif dengan pengambilan sampel air sungai dengan Metode Contoh Sesaat (Grab Sampel) sebanyak 3 (tiga) titik : Sebelum lokasi penuangan eco enzyme Lokasi penuangan eco enzyme Setelah penuangan eco enzyme	Parameter BOD melebihi baku mutu pada titik 2 yang merupakan saluran pembuangan outlet aktifitas domestik Parameter COD melebihi baku mutu pada titik 3 yang merupakan buangan dari limbah domestik yang berasal dari aktifitas pasar Penambahan eco enzyme belum terbukti memberikan efek penurunan terhadap pencemar organik BOD dan COD karena rentang waktu pengambil sampel dengan penambahan eco enzyme yang lama
2	M. Hemalatha and P.Visantini (2019)	Metode pengambilan sampel dengan mengumpulkan air limbah dari industri yang berbasis elektronik kemudian di karakterisasi berdasarkan	Penurunan BOD dari 80,0 mg/L menjadi 22,3 mg/L Eco enzyme mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam air limbah

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil
	<i>Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent</i>	BOD, TS(Total Solid), TDS (Total Dissolved Solid), TSS (Total Suspended Solid), PH dan CFU diukur menggunakan a probe (Fisher Scientific TM accumet TM waterproof AP84 Portable Dissolved Oxygen Meter, Singapore).	Sludge yang diberi perlakuan 25% eco enzym digunakan untuk menumbuhkan tanaman cabai dan lidah buaya selama 10 minggu. Ini menjadi solusi dalam mencegah pembuangan sludge untuk memastikan lingkungan yang bersih.
3	Temmy Wikaningrum, et.al (2022) <i>The Eco Enzyme Application On Industrial Waste Activated Sludge Degradation</i>	Metode Eksperimen pada skala laboratorium selama 12 hari dengan menerapkan 10% eco enzyme dalam sampel lumpur dengan membandingkan eco enzyme tomat dan jeruk	Eco enzyme tomat dan jeruk mampu menurunkan PH dari 6,9 menjadi 4,7 Aplikasi eco enzyme berpengaruh nyata secara statistik terhadap penurunan PH yaitu $P=0,0167 < 0,05$, COD dengan $p=0,0443 < 0,05$, serta kandungan organik $P=0,02 < 0,05$, tetapi tidak signifikan secara statistik terhadap penurunan TSS dan VSS
4	Siran Feng, et. al (2021) <i>Roles and applications of enzymes for resistant</i>	Review dan overview dan diskusi kritis tentang peran dan aplikasi enzyme untuk menghilangkan polutan	Enzyme memainkan peran penting dalam dekomposisi kontaminan, dan bioproses enzimatik telah menunjukkan prioritas dalam pengolahan air limbah.

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil
	<i>pollutants removal in wastewater treatment</i>	resisten dalam pengolahan air limbah	Proses enzimatik menjanjikan dalam biodegradasi polutan tahan seperti minyak, obat-obatan, produk perawatan pribadi, pestisida, dan bahan kimia industri. Teknologi ini hanya dapat bertindak sebagai metode pretreatment dan perlu dikombinasikan dengan metode lain untuk mencapai perawatan yang lengkap karena enzyme hanya mengubah senyawa kompleks menjadi zat yang lebih sederhana.
5	Efli Pratamadina dan Temmy Wikaningrum (2022) <i>Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik</i>	Metode eksperimen dengan skala laboratorium dengan dengan sampel limbah domestik. Pembuatan eco enzyme berlangsung selama 3 bulan. Eco enzyme dibuat dengan menggunakan sampah jeruk, gula merah, air dengan perbandingan 3 : 1 : 10 dan lama fermentasi 3 bulan.	Konsentrasi mula-mula deterjen pada limbah domestik tanpa penambahan eco enzyme adalah 1,9385 mg/L, kemudian turun menjadi 0,8477 mg/L pada hari ke-7 Sampel limbah domestik dengan penambahan eco enzyme 5% turun menjadi 0,6796 mg/L dan penambahan 10% eco enzyme turun menjadi 0,3019 mg/L pada hari ke-7. Eco enzyme dapat membantu proses degradasi deterjen pada air limbah domestik.

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil
6	Ni Luh Widyasari dan I Gusti Ngurah Made Wiratama (2021) <i>Studi Teknik Bioremediasi Tanah Tercemar Logam berat dengan menggunakan Eco Enzyme</i>	Metode deskriptif melalui studi pustaka dan kajian literatur akan dijadikan sebagai pembahasan dari efektivitas teknik remediasi tanah tercemar logam berat menggunakan eco-enzyme yang terbuat dari limbah organik.	Mekanisme bioremediasi terjadi ketika enzim yang diturunkan dari aktivitas mikroorganisme berinteraksi dengan logam berat di dalam tanah dan kemudian mengubahnya menjadi struktur kimia yang tidak rumit sehingga tingkat beratnya toksisitas logam berkurang. Di antara agen biologis, enzim memiliki potensi besar untuk secara efektif mengubah dan mendetoksifikasi zat polutan karena enzim mampu mengubah polutan pada tingkat yang dapat dideteksi dan berpotensi cocok untuk memulihkan lingkungan yang tercemar. Eko-enzim mengandung enzim hidrolitik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan dapat digunakan sebagai upaya untuk mendegradasi logam berat pada tanah tercemar.
7	N. Kumar, et.al (2019) <i>Validation of eco-enzyme for improved water quality effect</i>	Penelitian eksperimen untuk mengetahui kualitas air sebelum dan sesudah pemberian eco enzym	Eko enzyme ditemukan secara positif mempengaruhi pH (dari 6,7 menjadi 7,2) TS (884 hingga 745) TSS(dari 121 hingga 47) kesadahan dan klorida dalam badan air yang.

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil
	<i>during large public gathering at river bank</i>		Pengujian eko enzim pada air pembuangan menunjukkan efek pembersihan air yang optimal pada konsentrasi 0,5% dengan menunjukkan penurunan Biological Oxygen Demand dari 690 menjadi 231, COD dari 537 menjadi 384, nitrat (dari 5,54 hingga 3,39) Jumlah Coliform sebesar 10%. Dengan demikian pertimbangan efektivitas biaya, maka enzim dianggap sebagai teknik yang layak untuk mengurangi badan air yang tercemar.
8	T. Chiong, et.al (2014) <i>Enzymatic approach to phenol removal from wastewater using peroxidases</i>	Review beberapa artikel tentang pendekatan enzimatik untuk menghilangkan fenol pada air limbah	Pendekatan enzimatik berbasis peroksidase telah menunjukkan potensi dan kapasitas yang signifikan untuk mengolah larutan berair dan air limbah yang mengandung fenol terutama pada skala laboratorium.
9	Temmy Wikaningrum dan Mia El Dabo (2022)	Metode penelitian dengan skala laboratorium pada sampel air buatan menggunakan eco enzyme	Pada sampel air dengan konsentrasi amonia awal sebesar 34,5 mg/L, hasil penurunan konsentrasi amonia masing-masing sebesar 6,7%, 12,8%, 15,3% dan 25,2% pada pemberian

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil
	<i>Eco-Enzyme Sebagai Rekayasa Teknologi Berkelanjutan Dalam Pengolahan Limbah</i>	yang difermentasi selama 6 bulan.	eco enzyme secara berturut-turut dengan konsentrasi 2%, 6%, 8% dan 10%. Pada data konsentrasi amonia yang mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai awal, dilakukan analisis uji-t statistik menunjukkan nilai P ($T \leq t$, two tail) sebesar $0,047 < 0,05$, sehingga nilai penurunan tersebut signifikan karena kedua data tersebut berbeda nyata. Dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi amonia meningkat dengan meningkatnya konsentrasi eco enzyme yang diberikan pada sampel air dengan linieritas 97.3 %.
10	<i>Rochyani, dkk (2020)</i> <i>Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme menggunakan Nenas (Ananas Comosus) dan Pepaya (Carica Papaya L)</i>	Penelitian eksperimen	Parameter pH untuk kedua buah cenderung asam yaitu pada 3,15 dan 3,29 selanjutnya untuk TDS memiliki kecenderungan yang relatif dekat yaitu, 1132 mg/l untuk nenas dan 1188 mg/l untuk pepaya.

No	Nama Penulis/ Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil
11	C.Arum,P. Sivashanmugam <i>Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge</i>	Eksperimen	Enzim sampah memiliki aktifitas protease, lipase dan amilase yang mampu mendegradasi protein, karbohidrat, dan lipid dalam lumpur. Pada konsentrasi pengenceran 15% aktifitas antimikroba sangat tinggi. Ini membuktikan bahwa eco enzyme ini memiliki sifat membunuh/menghambat patogen Pengenceran 1: 400 dengan waktu 4 menit mampu berfungsi sebagai desinfektan yaitu membunuh organisme yang setara dengan fenol
12	Fu E. Tang dan Chung W. Tong <i>A Study of the Garbage Enzyme's Effects in Domestic Wastewater</i>	Studi Penelitian Eksperimen	Garbage enzyme atau enzyme sampah produk fermentasi limbah dapur, air dan gula merah dengan pengenceran 5% sampai 75% mampu mengurangi polutan dalam air limbah domestik di Sarawak Malaysia pH enzyme sampah ditemukan 3,5 dengan Penurunan BOD sekitar 150 mg/L Pengenceran 10% dengan periode 5 hari mampu menghilangkan amonia nitrogen dan fosfor.