

**EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI DENGAN MENGGUNAKAN  
EKOENZIM TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER  
PENCEMAR DALAM LIMBAH CAIR RUMAH POTONG  
HEWAN (RPH)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**NURRISMA RAMADHANA**

**NIM. 190702023**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM – BANDA ACEH  
2023 M / 1444 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI DENGAN MENGGUNAKAN  
EKOENZIM TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER PENCEMAR  
DALAM LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN (RPH)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:  
**NURRISMA RAMADHANA**  
**NIM. 190702023**  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 26 Oktober 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

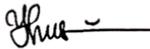
Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.**  
NIDN. 2002028301

  
**Arief Rahman, S.T., M.T.**  
NIDN. 2010038901

**AR-RANIRY**  
Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

  
**Husnawati Yahya, M.Sc.**  
NIDN. 2009118301

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI DENGAN MENGGUNAKAN  
EKOENZIM TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER PENCEMAR  
DALAM LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN (RPH)**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan  
Program Sarjana Teknik (S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Rabu/ 15 November 2023 M  
1 Jumadil Awal 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

Sekretaris,



Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
NIDN. 2002028301



Arief Rahman, S.T., M.T.  
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,



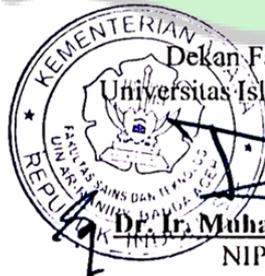
Diannita Harahap, M.Si  
NIDN. 2022038702



Dr. Eng. Nur Aida, M.Si  
NIDN. 2016067801

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Nurrisma Ramadhana  
Nim : 190702023  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry Banda Aceh  
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Bioremediasi Dengan Menggunakan Ekoenzim Terhadap Penyisihan Parameter Pencemar Dalam Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH)

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing;
3. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
4. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
5. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang benar ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 25 September 2023

Yang menyatakan,

  
Nurrisma Ramadhana

  
METERAI TEMPEL  
CAAJX376703275

## ABSTRAK

Nama : Nurrisma Ramadhana  
NIM : 190702023  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Efektivitas Bioremediasi Dengan Menggunakan Ekoenzim Terhadap Penyisihan Parameter Pencemar Dalam Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH)  
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
Pembimbing II : Arief Rahman, S.T., M.T.  
Kata Kunci : Limbah cair RPH, Bioremediasi Anaerob, Ekoenzim

Industri Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan salah satu industri pangan yang ada di setiap daerah, limbah cair RPH Kota Banda Aceh dapat memberikan berbagai dampak terhadap lingkungan, maka dari itu diperlukan adanya pengolahan sebelum limbah dilepaskan di lingkungan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair dengan larutan ekoenzim dalam penurunan kadar pencemar dari limbah cair RPH dengan metode bioremediasi dan mengetahui pengaruh penambahan variasi ekoenzim. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental (pendekatan kuantitatif) dengan mengolah limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH) dengan metode bioremediasi (anaerob) dengan penambahan variasi ekoenzim. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa proses ini mampu mendegradasi zat organik pada limbah Rumah Potong Hewan. Pada parameter COD didapatkan persentase penurunan terbaik pada hari ke-8 dengan variasi 10% ekoenzim dengan persentase sebesar 87,73% dan penurunan mencapai 59 mg/L. Pada parameter TSS didapatkan persentase penurunan terbaik pada hari ke 8 dengan variasi 10% ekoenzim dengan persentase sebesar 92,52% dan penurunan mencapai 68 mg/L. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu variasi penambahan ekoenzim berpengaruh terhadap efektivitas degradasi. Dari metode pengolahan limbah cair RPH yang dilakukan pada penelitian ini (Bioremediasi anaerob),

variasi yang paling efektif dalam mendegradasi limbah (sesuai parameter yang diuji) adalah variasi 10% ekoenzim yang hasil pengolahannya sesuai dengan baku mutu.



## **ABSTRACT**

*Name* : Nurrisma Ramadhana  
*Student ID Number* : 190702023  
*Department* : Environmental Engineering  
*Title* : *Effectiveness of Bioremediation Using Eco Enzyme on Removal of Pollutant Parameters in Slaughterhouse Liquid Waste*  
*Advisor I* : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
*Advisor II* : Arief Rahman, S.T., M.T.  
*Keywords* : *Slaughterhouse Liquid Waste, Anaerobic Bioremediation, Eco Enzyme*

*The Slaughterhouse Industry is one of the food industries that exist in every region, the liquid waste of the Banda Aceh City Slaughterhouse can have various impacts on the environment. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the processing of liquid waste with eco enzyme solution in declining rate of pollution from liquid waste Slaughterhouse with method bioremediation and know the influence of addition a variations of eco enzyme. The method used in this study is an experimental method (quantitative approach) by treating Slaughterhouse liquid waste with the Bioremediation method (anaerobic) with the addition of a variety of eco enzyme. The experimental result show that this process is able to degrade organic substances in the Slaughterhouse waste. In the COD parameter, the best percentage decrease was on the 8 with variations 10% eco enzyme with a percentage of 87,73% and a decrease of 59 mg/L. In the TSS parameter, the best percentage decrease was on the 8 with variations 10% eco enzyme with a percentage of 92,52% and a decrease of 68 mg/L. The conclusion obtained from this research is that addition of a variations of eco enzyme influence on degradation effectiveness. Of the slaughterhouse wastewater treatment method carried out in this study (bioremediation anaerobic), the most effective in degrading waste (according to*

*the tasted parameters), is a variation of 10% eco enzyme whose processing results are in accordance with quality standards.*



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* rabbil 'alamin, puji syukur kepada Allah Swt. senantiasa penulis panjatkan atas segala rahmat dan karunia-Nya dan juga shalawat serta salam kepada pangkuan baginda nabi besar Muhammad saw. yang telah membawa kita dari alam kebodohan ke alam yang berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan pada saat ini, sehingga penulis diberi keberkahan ilmu pengetahuan guna menyelesaikan proposal tugas akhir ini dengan judul “Efektivitas Bioremediasi dengan Menggunakan Ekoenzim Terhadap Penyisihan Parameter Pencemar Dalam Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH)” dengan baik.

Tidak lupa pula pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada ayahanda Jaya Riswan dan ibunda Dra. Maini yang selalu senantiasa memberikan untaian do'a, semangat dan dukungan baik moril maupun materil, serta keluarga besar yang telah memberikan doa restu, perhatian dan memberikan dorongan untuk keberhasilan penulis. Kemudian kepada berbagai pihak yang telah membantu serta membimbing penulis dalam menyelesaikan proposal ini. Penulis sangat mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan dengan tulus selama penulis melakukan penelitian hingga proses penyusunan Proposal ini. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh.
3. Teuku Muhammad Ashari, M.Sc., dan Arief Rahman, M.T., yang merupakan dosen pembimbing yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini.

4. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan arahan selama perkuliahan di Teknik Lingkungan.
5. Seluruh Dosen serta Staf Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memotivasi, mengajari, dan membantu penulis saat menjalankan perkuliahan.
6. Serta segala pihak yang telah memberi semangat serta membantu dalam keberlangsungan dan kelancaran dalam penulisan proposal ini.

Penulis berharap semoga Allah Swt. berkenan memberikan balasan atas segala kebaikannya. Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan masih terdapat banyak kekurangan baik itu dari segi data yang diperoleh maupun penulisannya. Oleh karena itu, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat membantu dalam menyempurnakan tugas akhir ini. Semoga pembuatan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan khususnya untuk pembaca pada umumnya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 12 Juni 2022

Penulis,

A R - R A N I R Nurrisma Ramadhana

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Rumah Potong Hewan (RPH) .....	6
2.1.1 Limbah Cair Rumah Potong Hewan .....	7
2.1.2 Standarisasi Baku Mutu pada Limbah Cair .....	7
2.2 Bioremediasi .....	8
2.2.1 Jenis-jenis Bioremediasi .....	8
2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Bioremediasi .....	9
2.2.3 Kelebihan dan Kelemahan Proses Bioremediasi .....	10
2.3 <i>Seeding</i> .....	10
2.4 Ekoenzim .....	11
2.4.1 Fungsi dan Manfaat Ekoenzim .....	11
2.4.2 Fungsi Mikroorganisme di Dalam Larutan Ekoenzim (EE) .....	12
2.5 Penelitian Terdahulu .....	14

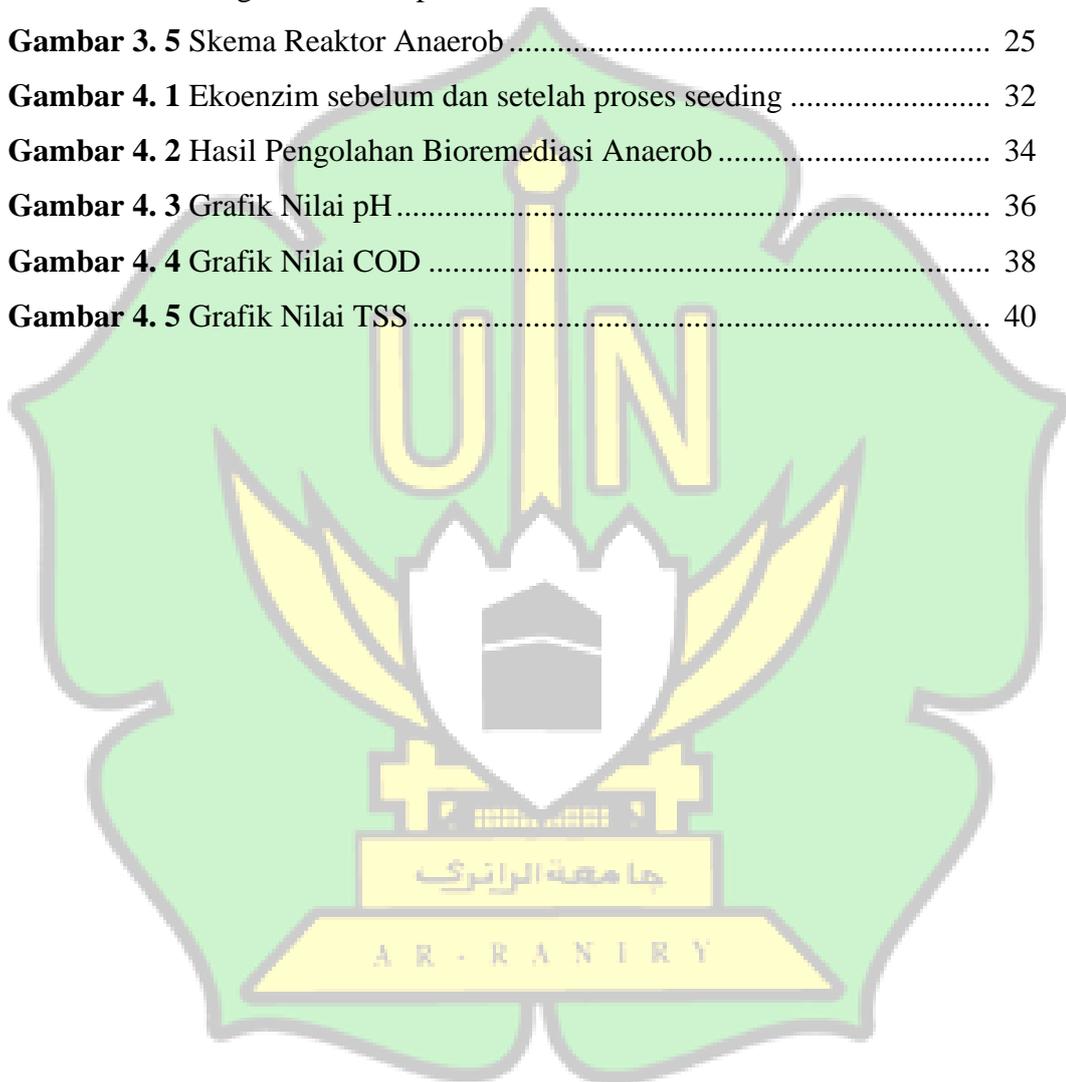
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	18
3.1 Tahapan Umum Penelitian.....	18
3.2 Pengambilan Sampel.....	19
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian .....	19
3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel .....	21
3.3 Experimen Penelitian .....	22
3.3.1 Instrumen Alat dan Bahan .....	22
3.3.2 Pembuatan Ekoenzim .....	23
Instrumen Alat dan Bahan .....	23
Proses Pembuatan Ekoenzim.....	23
3.3.3 Proses Seeding .....	24
3.3.4 Rancangan Percobaan.....	24
3.3.5 Skema Reaktor Percobaan .....	25
3.4 Pengukuran Parameter Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) .....	26
3.4.1 Prosedur Pengukuran pH.....	26
3.4.2 Pengukuran COD.....	27
3.4.3 Pengukuran TSS .....	27
3.5 Analisis Data .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	30
4.1 Efektivitas Bioremediasi Menggunakan Ekoenzim .....	30
4.2 Pengaruh Variasi Penambahan Ekoenzim .....	35
4.2.1 Hasil Parameter pH.....	36
4.2.2 Hasil Pengukuran COD .....	37
4.2.3 Pengukuran TSS .....	39
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	42
5.1. Kesimpulan .....	42
5.2. Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	43

<b>LAMPIRAN</b> .....	55
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	57
Lampiran 3. Perhitungan Nilai Total Suspended Solid (TSS).....	62
Lampiran 4. Perhitungan Efektivitas Pengolahan.....	64



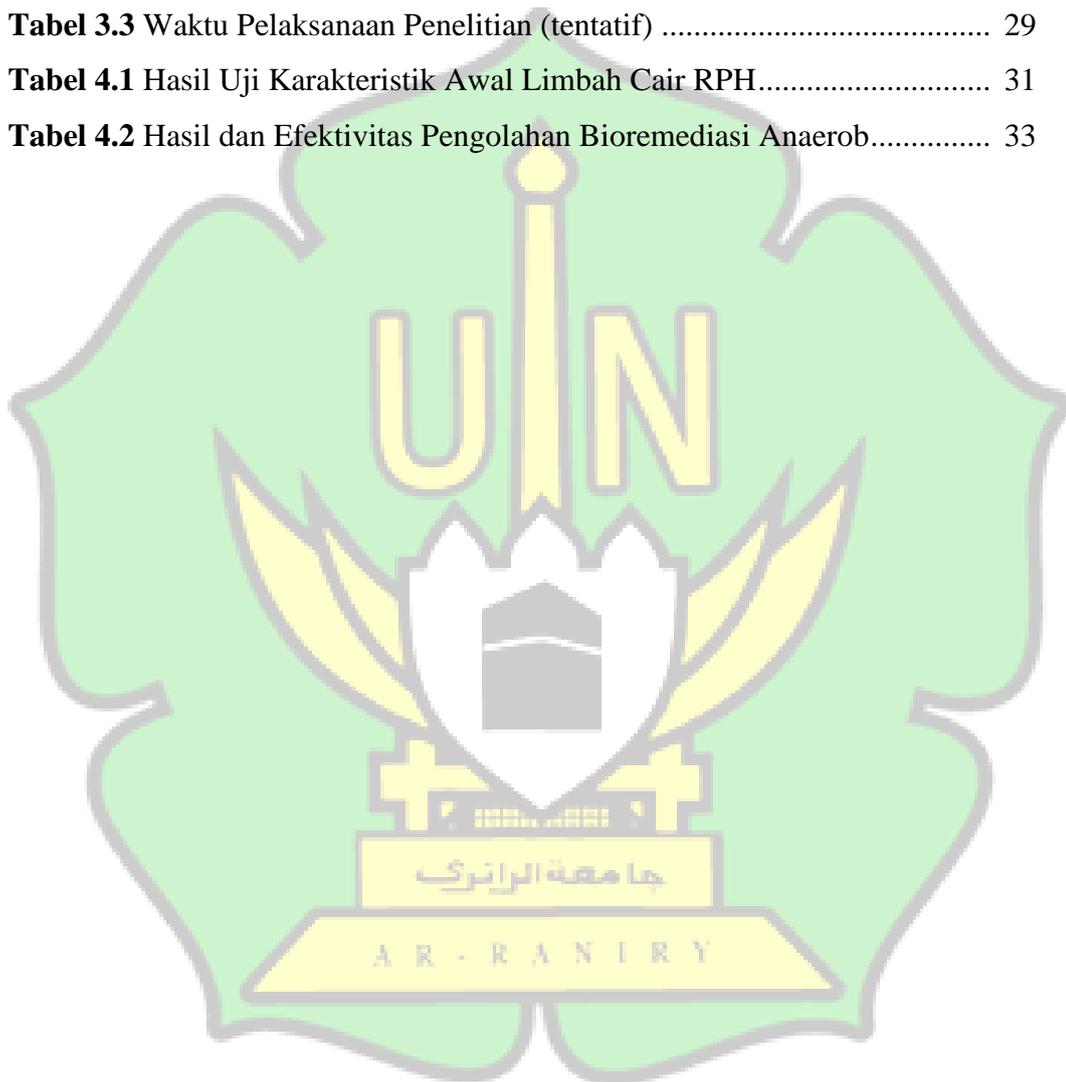
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Ekoenzim .....	12
<b>Gambar 3. 1</b> Bagan Alir Penelitian.....	19
<b>Gambar 3. 2</b> Peta lokasi pengambilan sampel.....	20
<b>Gambar 3. 3</b> Rumah Potong Hewan Lambaro.....	20
<b>Gambar 3. 4</b> Pengambilan sampel limbah cair RPH Lambaro.....	21
<b>Gambar 3. 5</b> Skema Reaktor Anaerob .....	25
<b>Gambar 4. 1</b> Ekoenzim sebelum dan setelah proses seeding .....	32
<b>Gambar 4. 2</b> Hasil Pengolahan Bioremediasi Anaerob .....	34
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Nilai pH.....	36
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Nilai COD .....	38
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik Nilai TSS.....	40



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Standar Baku Mutu Limbah Cair RPH .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Penelitian terdahulu tentang penggunaan metode Ekoenzim.....	15
<b>Tabel 3.1</b> Alat dan Bahan yang digunakan untuk eksperimen .....	22
<b>Tabel 3.2</b> Skema Perlakuan Sampel .....	24
<b>Tabel 3.3</b> Waktu Pelaksanaan Penelitian (tentatif) .....	29
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair RPH.....	31
<b>Tabel 4.2</b> Hasil dan Efektivitas Pengolahan Bioremediasi Anaerob.....	33



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali pada Halaman
RPH	Rumah Potong Hewan	1
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	1
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	1
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	1
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	3
EE	Ekoenzim	3
UPTD	Unit Pelaksana Teknis Dinas	17
PerMen LH	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Lingkungan Hidup Daerah	29
<b>Lambang</b>		
>	Lebih besar dari	9
$\mu\text{m}$	Mikrometer	38

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan industri pengolahan hewan hidup menjadi bahan konsumsi siap olah yang memfasilitasi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan protein hewani (daging) (Farahdiba dkk., 2019). RPH menghasilkan produk samping lainnya, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat seperti bulu, isi rumen dan kotoran hewan sedangkan limbah cair berupa darah dan lemak dari pencucian hewan (Kholif dkk., 2018). Air limbah RPH berpotensi dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba, karena konsentrasi polutan organiknya yang tinggi, hal ini dikhawatirkan akan mencemari lingkungan sekitar dan dapat merusak ekosistem (Widodo dkk., 2019).

Kegiatan di RPH adalah suatu kegiatan veteriner bagi kesehatan masyarakat. Sebab akibat yang timbul pada rumah potong hewan adalah meningkatnya suatu perubahan air, salah satu perubahan yang terlihat ialah perubahan pada warna air menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk. Pemanfaatan oksigen terlarut yang berlebih dapat menurunkan suplai oksigen bagi biota air. Limbah cair mengandung BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) serta minyak dan lemak yang tinggi dengan komposisi berupa zat organik. Apabila limbah tersebut dialirkan ke badan air maka dapat menyebabkan terjadi eutrofikasi sehingga mengancam pertumbuhan biota air. Maka dengan demikian perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair RPH agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan (Farahdiba dkk., 2019).

Pada kawasan Pasar Lambaro terdapat industri pemotongan daging yang telah lama beroperasi, aktivitas pemotongan hewan tersebut menghasilkan limbah cair yang aliran limbah langsung menuju ke kolam resapan. Pembuangan limbah secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan tingginya

tingkatan pencemaran lingkungan di sekitar lokasi RPH (Widodo, 2020). Hal ini akan mengakibatkan pencemaran dan kerusakan pada lingkungan sekitar lokasi tersebut. Limbah yang dihasilkan tersebut dapat berpotensi mengganggu lingkungan baik terhadap udara, air, tanah, maupun penduduk sekitar. Diperlukan adanya upaya pengolahan limbah dengan metode pengolahan yang aman dari sudut pandang kesehatan dan berwawasan lingkungan. Salah satu alternatif teknologi pengolahan air limbah yang dapat digunakan adalah metode bioremediasi yang tidak memiliki efek samping jangka panjang dan lebih ekonomis serta ramah lingkungan (Kholif dkk., 2018).

Bioremediasi merupakan istilah yang berasal dari kata bio yang bermakna kehidupan atau organisme hidup dan remediasi yang bermakna menyetatkan kembali. Bioremediasi dapat diartikan sebagai suatu cara untuk penyehatan kembali lingkungan dengan menggunakan mikroorganisme. Bioremediasi digunakan karena efektif dan efisien dalam mengurangi senyawa berbahaya yang terdapat pada limbah cair. Selain itu bioremediasi dapat mengubah bahan kimia berbahaya menjadi air ( $H_2O$ ) dan gas tidak berbahaya ( $CO_2$ ), maka senyawa berbahaya dihilangkan seluruhnya. Bioremediasi menjadi alternatif pilihan karena memanfaatkan aktivitas enzimatik mikroba seperti ekoenzim untuk mendegradasi *klorpirifos*, sehingga bersifat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran sekunder (Turista dkk., 2019). Ekoenzim memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik karena terdapat kandungan enzimatik didalamnya (Janarthan dkk., 2020).

Dalam beberapa tahun terakhir ini, penggunaan enzim telah berkembang pesat dan berperan penting dalam dunia industri. Hal ini disebabkan oleh sifat enzim sebagai biokatalisator yang efisien, selektif dan ekonomis, tidak beracun dan mengkatalisis reaksi tanpa produk samping. Ekoenzim adalah cairan serbaguna hasil fermentasi air, sampah organik dan molase (gula merah) dengan perbandingan sebesar 10:3:1 dengan waktu fermentasi minimal selama 3 bulan. Hasil akhir dari proses fermentasi ini adalah cairan berwarna kecoklatan dengan aroma asam segar. Produk ekoenzim mengandung sejumlah enzim seperti amilase, protease dan lipase (Selvakumar dkk., 2017).

Penelitian terkait dengan menggunakan ekoenzim telah dilakukan pada penelitian Pratamadina dkk., (2022), diperoleh hasil bahwa ekoenzim berhasil membantu proses degradasi deterjen pada air limbah domestik. Pada penelitian Temmy Wikaningrum dkk., (2022), mengatakan bahwa dengan penggunaan ekoenzim sebagai biokatalis dalam penguraian minyak dan lemak pada limbah domestik dapat menurunkan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 30,17%, yaitu dari 19,82 mg/L menjadi sebesar 13,84 mg/L. Dan pada penelitian Wignyanto dkk., (2009), diperoleh hasil bahwa metode bioremediasi mampu menurunkan parameter pencemar limbah RPH, diantaranya BOD sebesar 83,9%; COD sebesar 73,1%; TSS sebesar 93,1%, dan deterjen sebesar 45,8%. Selain itu, pH juga berpengaruh terhadap aktivitas enzim karena enzim tidak dapat bekerja pada pH yang terlalu rendah (asam) atau pH yang terlalu tinggi (basa). Pada pH yang terlalu asam atau basa enzim akan terdenaturasi sehingga sisi aktif enzim akan terganggu (Safaria, 2013). Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa ekoenzim bisa menjadi alternatif yang layak untuk mengolah limbah cair.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan maka dilakukan penelitian dengan judul “Efektivitas Bioremediasi dengan Menggunakan Ekoenzim Terhadap Penyisihan Parameter Pencemar Dalam Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH)”. Metode ini efektif digunakan karena tidak memiliki efek samping dalam jangka panjang dan biaya yang relatif lebih murah serta ramah lingkungan, sehingga memperoleh pengolahan limbah cair yang lebih aman dibuang ke badan air guna menjaga kualitas perairan atau lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Terkait dengan latar belakang tersebut, metode bioremediasi digunakan untuk menurunkan kadar polutan pada limbah cair RPH dengan penambahan ekoenzim yang diharapkan menjadi salah satu teknik pengolahan limbah terbarukan. Berdasarkan masalah tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair dengan larutan ekoenzim (EE) dalam penurunan kadar COD dan TSS serta penyesuaian pH dari limbah RPH dengan metode bioremediasi agar sesuai dengan baku mutu?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi larutan ekoenzim (EE) yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi limbah RPH?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berikut ini adalah tujuan penelitian yang didasarkan pada rumusan masalah yang disebutkan di atas, yaitu:

1. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair dengan larutan ekoenzim (EE) dalam penurunan kadar COD dan TSS serta penyesuaian pH dari limbah RPH dengan metode bioremediasi.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan ekoenzim (EE) yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi limbah RPH.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan mengetahui tujuan dari penelitian ini maka manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menjadi dasar dalam melakukan penelitian sejenis terkait pengelolaan limbah cair RPH.
2. Meningkatkan pemahaman di bidang informasi mengenai teknik pengolahan limbah cair RPH dalam penurunan kandungan parameter COD dan TSS serta penyesuaian pH dengan metode bioremediasi dengan penambahan larutan ekoenzim sebagai alternatif terbarukan.

### 1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya berfokus pada pengukuran penurunan nilai *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS) dan penyesuaian nilai pH pada limbah cair RPH. Sedangkan untuk parameter BOD, minyak lemak dan amonia tidak diuji karena masih terkendala oleh alat dan bahan pengujiannya. Kemudian dalam penelitian ini juga tidak memakai bakteri tertentu, tetapi hanya menggunakan bakteri yang memang ada di ekoenzim.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Rumah Potong Hewan (RPH)**

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan industri yang memfasilitasi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan protein hewani (daging). RPH ini hampir dijumpai di setiap kota di Indonesia, baik kota besar maupun kota kecil, pada umumnya belum mempunyai alat pengolahan limbah. Limbah yang dihasilkan dari RPH mengandung padatan yang tersuspensi, darah, protein dan lemak yang mengakibatkan akan tingginya peningkatan variasi jenis dan jumlah residu terlarut yang dapat mencemari saluran air, sungai, dan badan air (Kholif dkk., 2018).

Limbah cair RPH terdiri dari air bekas pencucian yang tercampur dengan feces, darah, urine, dan lemak hewan, sehingga limbah cair mengandung, protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik terlarut dan tersuspensi relatif tinggi. Air buangan RPH sebagian besar terdiri dari zat organik seperti darah, tinja, bulu, lemak, daging dan serbuk tulang. Bahan-bahan ini berada dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi. Materi-materi organik ini bersifat cepat membusuk dan menimbulkan bau. Limbah yang dihasilkan dari RPH sendiri harus melalui prosedur penanganan limbah dan pengelolaan. Maka pada saat dialirkan ke lingkungan tidak terjadi pencemaran dan tidak melewati batas dari baku mutu air limbah (Aini dkk., 2017).

Sifat zat organik yang ada di dalam air buangan RPH mudah membusuk apabila dibuang langsung ke badan air penerima akan menimbulkan proses deoksigenisasi atau pengurangan kadar oksigen di dalam badan air. Karakteristik air limbah RPH Lambaro secara fisik berwarna merah kehitaman dan memiliki bau yang tidak sedap. Hal ini disebabkan kandungan beban organik pada limbah RPH sangat tinggi. Apabila tidak ditangani secara benar dikhawatirkan akan berpotensi sebagai pencemar lingkungan. Diperlukan adanya upaya pengolahan limbah yang berwawasan lingkungan serta terjangkau (Kholif dkk., 2018).

### 2.1.1 Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Limbah RPH berpotensi merusak lingkungan karena konsentrasi polutan organik yang tinggi. Konsekuensi yang ditimbulkan oleh air limbah RPH biasanya merupakan hasil darah dari hewan dan usus serta sisa kotoran dari pembersihan kandang yang mengandung padatan tersuspensi, protein dan lemak. Limbah ini akan mengakibatkan tingginya peningkatan variasi jenis dan jumlah residu terlarut yang dapat mencemari saluran air, sungai, dan badan air. Apabila limbah ini tidak dikelola dengan baik, maka akan merusak ekosistem yang dapat mengurangi oksigen, menyebabkan berkembangnya gas berbau busuk dan memungkinkan organisme pembawa penyakit bersarang (Rahayu dkk., 2019).

Upaya pembatasan pencemar yang disebabkan oleh kegiatan RPH dapat membantu melestarikan serta meningkatkan kualitas lingkungan sekaligus mengurangi beban pencemaran lingkungan. Maka dari itu limbah yang dihasilkan dari RPH sendiri harus melalui prosedur penanganan limbah dan pengelolaan yang tepat. Hal ini bertujuan agar limbah yang dihasilkan aman saat dialirkan ke lingkungan dan tidak terjadi pencemaran karena tidak melewati batas baku mutu air limbah yang telah ditentukan (Lubis dkk., 2020).

### 2.1.2 Standarisasi Baku Mutu pada Limbah Cair

Standar kualitas air limbah yang dihasilkan oleh usaha atau kegiatan seperti perindustrian dan sebagainya telah ditetapkan oleh pemerintah dalam menetapkan ukuran kadar atau batas partikel pencemar di dalam air. Baku mutu air limbah (BMAL) sering disebut *effluent standard*. Untuk menentukan BMAL ada dua tahapan yang harus dilakukan yaitu dilakukannya penentuan pada mutu air sasaran dan selanjutnya ditetapkannya beban pencemaran pada daya tampung terhadap sampel yang sedang diuji (PerMen LH 5, 2014).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kegiatan RPH ada beberapa parameter limbah RPH yang harus memenuhi baku mutu yang berlaku dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Standar Baku Mutu Limbah Cair RPH

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
COD	Mg/L	200
BOD	Mg/L	100
TSS	Mg/L	100
Minyak Lemak	Mg/L	15
Amonia (NK <sub>3</sub> N)	Mg/L	25
pH	-	6-9

Volume air limbah paling tinggi untuk sapi, kerbau dan kuda: 1.5 m<sup>3</sup>/ekor/hari

Volume air limbah paling tinggi untuk kambing dan domba: 0.5 m<sup>3</sup>/ekor/hari

*Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi kegiatan Rumah Pemotongan Hewan (RPH)*

## 2.2 Bioremediasi

Bioremediasi berasal dari dua kata yaitu bio dan remediasi sehingga apabila diartikan maka bioremediasi adalah upaya penyehatan kembali lingkungan yang sudah rusak maupun tercemar dengan menggunakan organisme. Tujuan adanya bioremediasi adalah untuk menggradasi zat pencemar menjadi bahan yang tidak beracun atau bisa juga disebut dengan mengontrol bahan pencemar dari lingkungan. Bioremediasi manfaatnya sangat luar biasa untuk menangani berbagai masalah di lingkungan (Putra, 2020).

### 2.2.1 Jenis-jenis Bioremediasi

Adapun tiga cara teknologi yang dapat digunakan dalam bioremediasi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam menstimulasi pertumbuhan mikroba yaitu:

#### a. Biostimulasi

Proses yang dilakukan dengan penambahan zat gizi tertentu seperti nutrisi dan oksigen untuk mikroorganisme agar dapat tumbuh dan beraktivitas dengan baik.

#### b. Bioaugmentasi

Proses penambahan satu jenis maupun lebih mikroorganisme baik yang alami maupun yang sudah mengalami perbaikan sifat. Mikroorganisme yang bisa membantu untuk menyingkirkan kontaminan tertentu kemudian bisa ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar. Proses ini memiliki kendala yaitu sulitnya untuk mengontrol kondisi suatu lingkungan yang tercemar agar mikroorganisme bisa berkembang optimal.

#### c. Bioremediasi Intrinsik

Terjadi secara alami tanpa campur tangan oleh manusia dalam air maupun tanah yang sedang tercemar (Lumbanraja, 2014).

Proses bioremediasi untuk memulihkan lingkungan dapat dilakukan dengan beberapa teknik bioremediasi yaitu:

##### a. Bioremediasi *In-situ*

Terdiri dari penambahan dan tanpa penambahan perlakuan. Proses bioremediasi *In-situ* ini mengandalkan proses penguraian kontaminan secara alamiah tanpa adanya penambahan stimulan (biostimulasi). Lamanya waktu proses penguraian sangat ditentukan oleh jenis, konsentrasi kontaminan, dan karakteristik lingkungan.

##### b. Bioremediasi *Ex-situ*

Memisahkan matriks yang telah terkontaminasi kemudian diangkut ke tempat lainnya. Proses ini dilakukan sangat tergantung dari matriks yang terkontaminasi apakah berupa tanah, maupun air. Proses bioremediasi *Ex-situ* yang umum digunakan untuk lingkungan yang terkontaminasi yaitu dengan *landfarming*, *composting*, dan *biopiles*.

### 2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Bioremediasi

Keberhasilan proses bioremediasi dapat dilihat dari beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi saat proses bioremediasi. Meliputi kondisi tanah, oksigen, temperatur dan nutrisi, berikut penjelasannya:

#### a. Tanah

Biodegradasi sangat membutuhkan tanah yang bisa mendukung untuk kelancaran aliran nutrient maupun enzim-enzim mikroba dan air. Tanah yang cocok untuk proses bioremediasi *in-situ* yaitu tanah yang mengandung

butiran pasir atau kerikil kasar. Kelembaban tanah juga sangat penting untuk proses bioremediasi. Air tanah yang optimal untuk proses bioremediasi yaitu sekitar 50-60%.

b. Oksigen

Oksigen juga sangat penting dalam proses bioremediasi karena apabila terbatasnya oksigen dapat menjadi salah satu faktor pembatas antara biodegradasi hidrokarbon minyak.

c. Temperatur

Temperatur yang optimal untuk proses degradasi yaitu sekitar 30-40° C. Suhu sangat berpengaruh terhadap lokasi tempat yang akan dilakukan proses bioremediasi.

d. Nutrisi

Nutrisi sangat penting untuk proses bioremediasi karena mikroorganisme dalam proses bioremediasi memerlukan nutrisi yang digunakan sebagai sumber karbon, energi, dan keseimbangan metabolisme sel.

### 2.2.3 Kelebihan dan Kelemahan Proses Bioremediasi

Adapun kelebihan dari proses bioremediasi sebagai berikut:

1. Bioremediasi sangat aman digunakan karena menggunakan mikroba
2. Tidak menggunakan ataupun menambahkan bahan kimia berbahaya
3. Tidak melakukan proses pengangkatan polutan
4. Prosesnya sangat mudah untuk diterapkan dan biayanya murah
5. Dapat dilakukan di lokasi maupun di luar lokasi.

Adapun kekurangan dari proses bioremediasi sebagai berikut:

1. Tidak semua bahan kimia dapat diolah secara bioremediasi
2. Membutuhkan pemantauan yang intensi
3. Membutuhkan lokasi tertentu.

### 2.3 Seeding

Tahapan *seeding* merupakan tahap awal dari proses pengolahan secara biologi. Pengolahan limbah organik sangat tergantung oleh *seeding*. Tujuan dari *seeding* yaitu agar mikroorganisme yang akan digunakan dalam proses degradasi

beradaptasi terlebih dahulu dengan bahan baku yang akan diolah. Sehingga mikroorganisme dapat bekerja secara maksimal (Rahayu, 2019).

Proses *seeding* adalah tahapan awal sebelum penelitian yang bertujuan untuk mengaktifkan mikroorganisme yang terdapat dalam ekoenzim (EE). Proses pengaktifan mikroorganisme yaitu dilakukan selama 2-4 hari hingga mencapai pH tidak lebih dari 4, berbau glukosa, dan berbentuk lapisan putih/lendir. Meningkatnya pH pada tahap *seeding* terjadi dikarenakan adanya proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi yaitu pengaktifan bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*) yang di dalamnya terjadi proses glikolisis. *Seeding* atau pembiakan dilakukan untuk menumbuhkan bakteri pada inokulum dengan pemberian nutrisi berupa gula merah (Rahayu, 2019).

## **2.4 Ekoenzim**

Ekoenzim atau enzim ramah lingkungan adalah suatu penemuan di bidang lingkungan hidup yang merupakan hasil inovasi dari seorang peneliti dan pemerhati lingkungan asal Thailand bernama Dr. Rosukon Poompanvong. Ekoenzim adalah cairan alami serbaguna hasil fermentasi dari gula, sisa buah atau sayuran dan air yang melalui proses fermentasi selama 3 bulan (Visantini dkk., 2020).

Ekoenzim dibuat dengan rumus yang terdiri dari perbandingan 1:3:10, 1 (kg/gr) gula:3 (kg/gr) sisa buah/sayuran:10 (L/mL) air. Cairan Ekoenzim berwarna coklat gelap dengan aroma asam yang kuat karena berasal dari limbah kulit buah yang mengandung enzim seperti kulit nanas, mangga, jeruk dan pepaya. Ekoenzim bersifat multifungsi serta mudah dalam pembuatan dan penggunaannya (Janarthanan dkk., 2020).

### **2.4.1 Fungsi dan Manfaat Ekoenzim**

Kandungan dalam ekoenzim yaitu lipase, tripsin, amilase, yang mampu mencegah atau membunuh kuman, virus, dan bakteri (Rochyani dkk., 2020). Hasil dari fermentasi ekoenzim ini dapat digunakan dalam berbagai bidang. Fungsi dari ekoenzim *ini* antara lain menguraikan, menyusun, mengubah dan mengkatalis. Ekoenzim dapat digunakan dalam keperluan rumah tangga seperti

pembersih lantai karena bersifat asam. Digunakan sebagai pemurnian udara atau menghilangkan bau dan udara beracun terlarut. Digunakan sebagai pengawet makanan karena mengandung asam propionat yang efektif dalam mencegah pertumbuhan mikroba (Rochyani dkk., 2020).

Ekoenzim juga mengandung asam asetat yang dapat menghancurkan organisme, sehingga dapat digunakan sebagai insektisida dan pestisida (Nazim dkk., 2017).



**Gambar 2. 1** Ekoenzim

Dalam pembuatan ekoenzim bahan yang bisa digunakan cukup mudah didapatkan. Bahan utama yang dibutuhkan adalah air, gula merah dan sisa buah atau sayur. Dalam pembuatan fermentasi ekoenzim ini juga bisa menggunakan molase sebagai pengganti gula merah. Molase adalah produk limbah industri gula yang harganya lebih murah yang merupakan produk sampingan dari tebu dan produksi gula. Karbohidrat dalam molase siap untuk langsung difermentasi tanpa adanya perlakuan terlebih dahulu karena berbentuk gula (Rochyani dkk., 2020).

#### **2.4.2 Fungsi Mikroorganisme di Dalam Larutan Ekoenzim (EE)**

Adapun beberapa fungsi mikroorganisme yang ada di dalam larutan ekoenzim (EE) (Samriti dkk., 2019) yaitu sebagai berikut:

##### **a. Bakteri Fotosintesis**

- Membentuk zat-zat yang dapat bermanfaat dari sekresi akar, tumbuhan, bahan organik, dan gas-gas berbahaya seperti hidrogen dan sulfida.

Prosesnya menggunakan bantuan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energinya. Zat yang bermanfaat itu seperti asam amino, asam nukleat, zat-zat bioaktif, dan gula. Semua dapat mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

- Meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme yang lainnya

b. Bakteri Asam Laktat

- Menghasilkan asam laktat dari gula.
- Menekan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merugikan contohnya seperti Fusarium
- Mempercepat perombakan bahan-bahan organik.
- Mampu menghancurkan bahan-bahan organik seperti lignin dan selulosa serta memfermentasikan tanpa menimbulkan pengaruh merugikan yang diakibatkan oleh bahan-bahan organik yang terurai.

c. Ragi

- Menghasilkan zat antibakteri dan dapat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman dari asam-asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintesis.
- Meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar.

d. Jamur Fermentasi

- Menghasilkan zat antimikroba dari asam amino yang dihasilkan dari bakteri fotosintesis dan bahan organik.
- Menekan pertumbuhan jamur dan bakteri.

e. Actinomycetes

- Menguraikan bahan organik secara tepat untuk dapat menghasilkan alkohol, ester, dan zat antimikroba.
- Menghilangkan bau serta mencegah serbuan serangga dan ulat yang merugikan.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan metode bioremediasi akan tetapi pemanfaatan ekoenzim untuk metode bioremediasi masih jarang digunakan walaupun keberadaan bahan pembuatan ekoenzim di alam sangatlah melimpah. Sedangkan pemanfaatan ekoenzim sudah banyak ditemui salah satunya terbukti dapat mengurangi kadar pencemar di lingkungan. Tabel 2.2 menunjukkan beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan pemanfaatan metode bioremediasi.

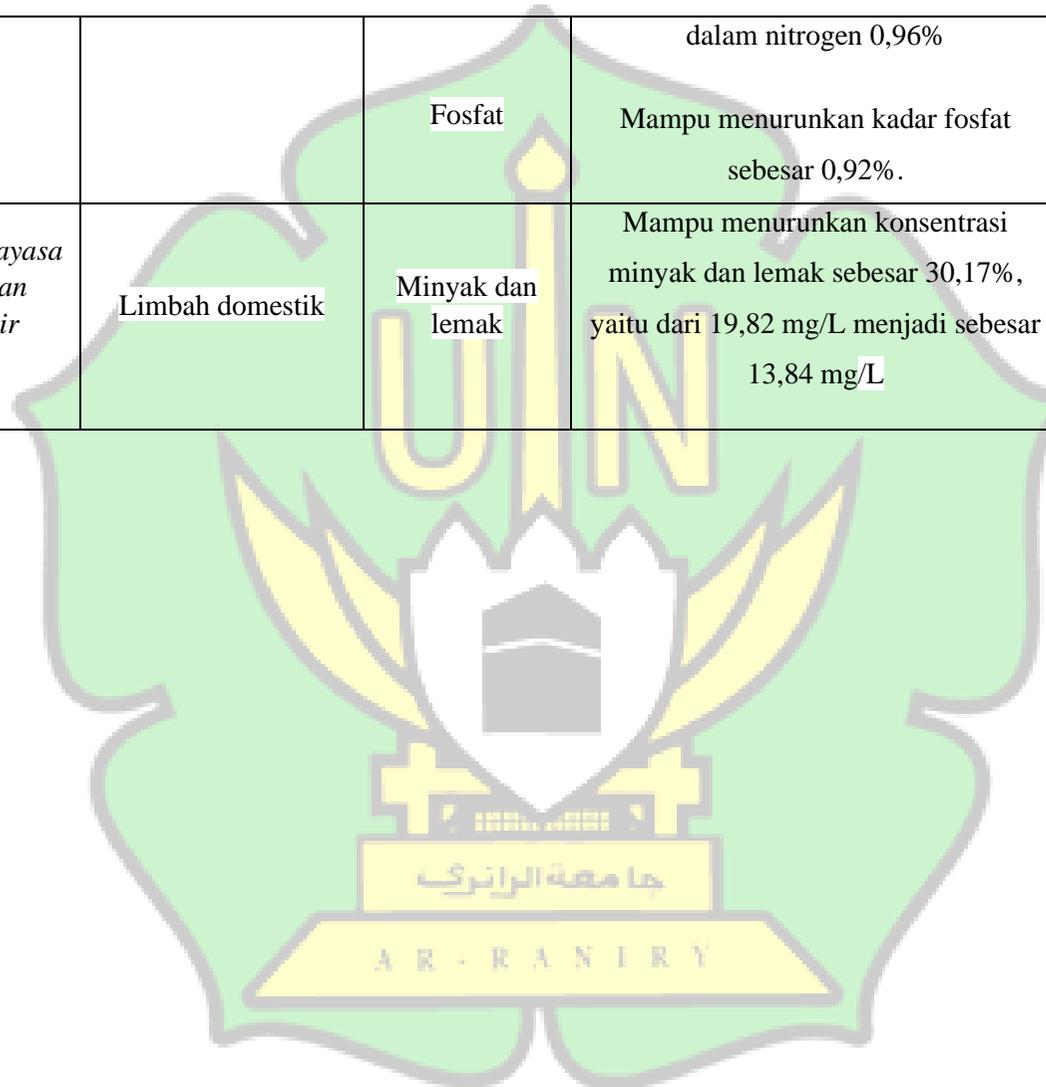


Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu tentang penggunaan Ekoenzim

Judul	Limbah	Efektivitas		Penulis
		Parameter	Penurunan	
<i>Application of Eco-Enzyme for Domestic Water Treatment</i>	Limbah Domestik	BOD	Pada konsentrasi 5% selama 5 hari mereduksi BOD sebesar 62,51%, pada konsentrasi 10% mereduksi BOD sebesar 65,40%.	Samiksha Shridhar Kerkar dan Sahil Sanjeev Salvi., 2020
		TSS	Pada konsentrasi 5% selama 5 hari mereduksi TSS sebesar 12,32%, pada konsentrasi 10% mereduksi TSS sebesar 13,94%.	
		COD	Pada konsentrasi 5% selama 5 hari mereduksi COD sebesar 44,76% pada konsentrasi 10% mereduksi COD sebesar 98,66%.	
		pH	pH berada pada angka 6,72 dari sebelumnya pada angka 3,98	

<p><i>Domestic Waste Water Treatment Using Garbage Enzyme</i></p>	<p>Limbah Domestik</p>	<p>BOD</p> <p>COD</p> <p>TSS</p> <p>pH</p>	<p>Pada konsentrasi 10% berhasil mereduksi parameter BOD sebesar 75,974%.</p> <p>Pada konsentrasi 10% berhasil mereduksi parameter COD sebesar 90,804%.</p> <p>Pada konsentrasi 10% berhasil mereduksi parameter TSS sebesar 94,351%.</p> <p>Nilai pH berada pada angka 7.</p>	<p>Ashish Josep, Joan Grace Joji, Niksy Maria Prince, Renisha Rajendran, Dr. Mohanraj Nainamalai, Dr. Vishnu M., 2021</p>
<p><i>Eco Enzyme untuk menurunkan Kadar Surfaktan, Nitrogen dan Fosfat pada Air Limbah Laundry</i></p>	<p>Limbah laundry</p>	<p>Surfaktan</p> <p>Nitrit</p> <p>Nitrat</p> <p>Amonia</p>	<p>Mampu menurunkan parameter surfaktan sebesar 0,77%</p> <p>Mampu menurunkan kadar nitrit dalam nitrogen sebesar 0,79%</p> <p>Mampu menurunkan kadar nitrat dalam nitrogen 0,85%,</p> <p>Mampu menurunkan kadar amonia</p>	<p>Sri Widyastuti dkk., 2023</p>

		Fosfat	dalam nitrogen 0,96% Mampu menurunkan kadar fosfat sebesar 0,92%.	
<i>Eco Enzyme sebagai Rekayasa Teknologi Berkelanjutan Dalam Pengolahan Air Limbah</i>	Limbah domestik	Minyak dan lemak	Mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak sebesar 30,17%, yaitu dari 19,82 mg/L menjadi sebesar 13,84 mg/L	Temmy Wikaningrum dkk., (2022),



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

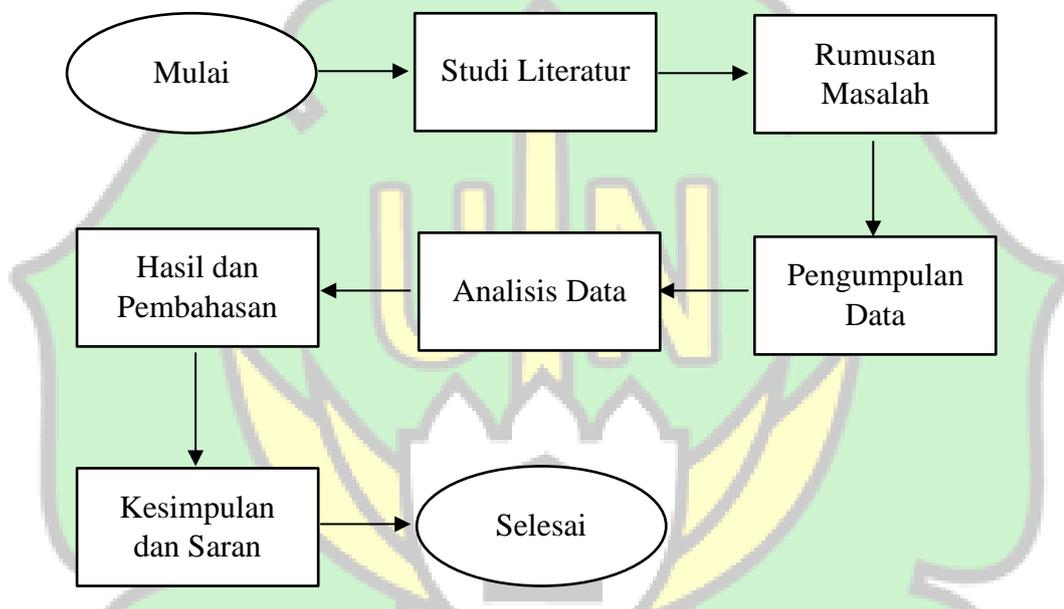
#### **3.1 Tahapan Umum Penelitian**

Penelitian ini terdapat 3 tahapan yang dilakukan yaitu mulai dari tahap persiapan tahap pelaksanaan dan tahap pengolahan data. Pada tahap persiapan ini yang akan dilakukan diawali dengan menyiapkan peralatan yang akan digunakan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Sistem yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan sistem anaerob. Pada tahap pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengumpulan data-datayang dibutuhkan untuk penelitian yaitu data primer dan sekunder. Dalam penelitian ini data primer yang dibutuhkan yaitu uji kandungan pH, COD dan TSS. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data yang diperoleh dari jurnal, skripsi, maupun penelitian orang lain. Tahapan umum penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Studi literatur, berupa pengumpulan data yang bersumber dari karya ilmiah seperti jurnal, buku, maupun skripsi yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan untuk memenuhi informasi yang dibutuhkan.
2. Tahap observasi, pada tahap ini yang dilakukan adalah pengecekan kondisi lapangan serta mengidentifikasi masalah yang menjadi sebab-akibat adanya pencemaran di lokasi tersebut.
3. Tahapan persiapan, persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian tujuannya membuat pekerjaan dan waktu yang dihabiskan lebih produktif.
4. Tahapan pembuatan ekoenzim, pembuatan ekoenzim hanya memerlukan alat yaitu wadah berupa toples, timbangan dan pisau. Kemudian bahan-bahan yang digunakan yaitu sisa kulit buah-buahan, gula merah dan air.
5. Pembuatan alat, pada tahap ini yang dilakukan adalah mendesain reaktor bioremediasi yang bertujuan sebagai salah satu media pengolahan limbah cair.
6. Tahapan eksperimen, merupakan tahapan pengujian.

7. Tahapan analisis data, diperoleh dari hasil eksperimen yang telah melalui proses pengukuran sehingga menjadi informasi dan bisa dipergunakan untuk menarik kesimpulan.
8. Penarikan Simpulan, diambil berlandaskan analisa data dan diperiksa kesesuaian dengan maksud dan tujuan dari penelitian.

Alur penelitian ini dibuat agar hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan pada penelitian. Adapun Alur di dalam penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Bagan Alir Penelitian

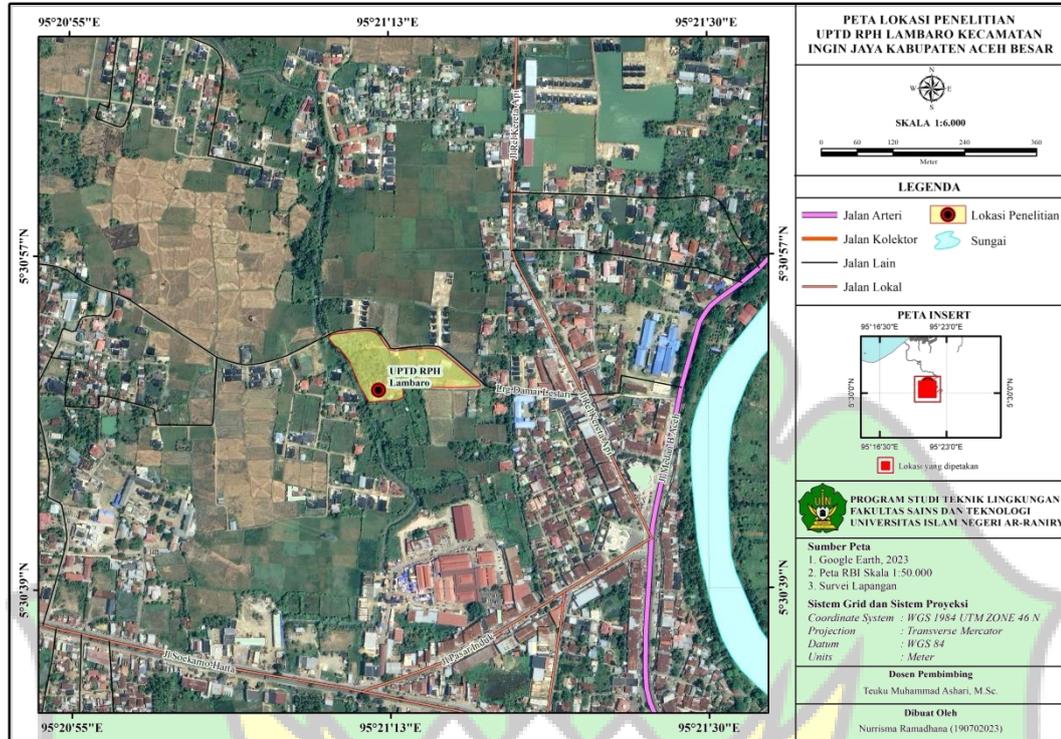
Penelitian ini menggunakan satu variabel penelitian yaitu variabel bebas. Variabel bebas disini adalah untuk mengetahui efektivitas dari penggunaan metode bioremediasi menggunakan ekoenzim secara anaerob terhadap penurunan dari kadar pencemar seperti COD, TSS dan penyesuaian pH sesuai baku mutu pada pengolahan limbah RPH.

## 3.2 Pengambilan Sampel

### 3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian

Gambar 3.2 menggambarkan peta lokasi titik pengambilan sampel limbah cair RPH yang terletak di UPTD RPH Lambaro, Kec. Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Untuk lokasi pembuatan reaktor serta pengolahan limbah

RPH dan pemeriksaan karakteristik air limbah RPH tersebut dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry yang terletak di kota Banda Aceh.



**Gambar 3. 2** Peta lokasi pengambilan sampel  
(Sumber: Google Earth Pro)



**Gambar 3. 3** Rumah Potong Hewan Lambaro

### 3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel

Untuk pengambilan sampel limbah cair RPH cara pelaksanaan yang digunakan sesuai dengan SNI. (SNI 6989.59:2008), yaitu dengan cara atau metode *grab sampling* atau pengambilan sampel sesaat. Pengambilan sampel limbah RPH diambil langsung dari saluran air limbah RPH di Lambaro, Kec. Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Untuk peralatan yang akan digunakan dalam pengambilan sampel air limbahnya yaitu sebagai berikut:

- a. Gayung bertangkai untuk mengambil sampel air limbah cair RPH.
- b. Jerigen plastik berukuran 10 liter sebanyak 1 buah untuk tempat sampel air limbah cair RPH.
- c. Sampel diambil pada jam 07.00 WIB. Pengambilan sampel limbah cair RPH dilakukan dengan ketentuan sesuai (SNI 6989.59:2008) sebagai berikut:
  - a) Tidak terbuat dari bahan yang mempengaruhi sifat.
  - b) Dapat dicuci dari bekas sebelumnya dengan mudah.
  - c) Mudah dan nyaman untuk dibawa.
  - d) Mudah dipisahkan ke dalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya.
  - e) Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian.



**Gambar 3. 4** Pengambilan sampel limbah cair RPH Lambaro

### 3.3 Experimen Penelitian

#### 3.3.1 Instrumen Alat dan Bahan

Tabel 3.1 menunjukkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

**Tabel 3. 1** Alat dan Bahan yang digunakan untuk eksperimen

No.	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
1.	Gayung	Tangkai panjang	1 buah	Untuk pengambilan sampel limbah
2.	Corong	-	1 buah	Sebagai alat bantu untuk memasukkan larutan ke wadah
3.	Jerigen	Ukuran 10 liter	1 buah	Sebagai wadah untuk menampung sampel limbah
4.	Limbah Cair dari RPH	-	6 liter	Sampel yang akan diteliti
5.	<i>Beaker glass</i>	10 ml 1000 ml	2 buah 2 buah	Mengukur jumlah sampel Mengukur jumlah ekoenzim
6.	Reaktor	Ukuran diameter 17,5 cm dan tinggi 19,3 cm	6 buah	Sebagai media untuk sampel yang akan digunakan dalam penelitian
7.	Larutan ekoenzim (EE)	-	112,5 ml	Untuk menurunkan kadar pencemar pada limbah cair RPH
8.	pH Meter	-	1 buah	alat untuk mengukur Ph
9.	COD Meter	-	-	Alat untuk mengukur parameter COD
10.	Vakum filtrasi	100 ml	2 tabung	Alat untuk memisahkan campuran padat-cair untuk pengujian parameter TSS
11.	Oven	-	-	Untuk mengeringkan kertas

				saring
12.	Timbangan analitik	-	1 buah	Untuk menimbang berat kertas saring
13.	Gula Merah Cair	-	5 sdm	Untuk meng- <i>seeding</i> larutan Eko Enzim

### 3.3.2 Pembuatan Ekoenzim

#### Instrumen Alat dan Bahan

Adapun alat yang diperlukan dalam pembuatan ekoenzim ini yaitu:

1. Pisau
2. Timbangan
3. Wadah bertutup

Adapun bahan yang diperlukan dalam pembuatan ekoenzim ini yaitu:

1. Gula merah. Dalam memilih gula, tidak dianjurkan untuk menggunakan gula pasir karena gula pasir termasuk zat kimia. Gula yang dianjurkan untuk dipakai yaitu molase cair, molase kering, gula aren, gula kelapa, dan gula lontar.
2. Sisa buah-buahan. Kategori buah yang digunakan adalah semua jenis sisa buah yang banyak mengandung enzim seperti buah jeruk, nanas dan lain-lain. Kecuali yang sudah busuk, berulat, berjamur, dan kulit buah yang keras, seperti kulit kelengkeng, durian, dan lain-lain.
3. Air. Sumber air yang bisa digunakan adalah air hujan, air sumur, air buangan AC, air isi ulang, air PAM, dan air galon (Janarthanan dkk, 2020).

#### Proses Pembuatan Ekoenzim

Adapun proses pembuatan ekoenzim yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bersihkan wadah dari sisa sabun atau bahan kimia
2. Masukkan air bersih maksimum sebanyak 60% dari volume wadah
3. Masukkan gula sesuai takaran, yaitu 10% dari berat air
4. Masukkan potongan sisa buah yaitu 30% dari berat air, lalu aduk rata

5. Tutup rapat wadah tersebut minimal selama 3 bulan, pastikan wadah sudah tertutup serapat mungkin agar proses fermentasinya dapat berjalan dengan maksimal
6. Beri label tanggal pembuatan dan tanggal panen (Janarthanan dkk, 2020).

### 3.3.3 Proses Seeding

Proses *seeding* dilakukan pada larutan ekoenzim (EE). Tujuan dari proses *seeding* yaitu untuk pengaktifan larutan sebelum dilakukannya penelitian. Proses *seeding* adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan larutan ekoenzim (EE)
- b. Menambahkan 5 sdm gula merah cair.
- c. Proses *seeding* dilakukan selama 4 hari dalam suhu ruang.

### 3.3.4 Rancangan Percobaan

Skema perlakuan dilakukan dengan memasukkan limbah cair rumah potong hewan ke dalam reaktor masing-masing sebanyak 1 liter. Kemudian memasukkan larutan ekoenzim (EE) sebanyak 7,5 ml untuk konsentrasi 5% EE dan memasukkan larutan ekoenzim (EE) sebanyak 30 ml untuk konsentrasi 10% EE yang sudah melalui proses *seeding* ke dalam reaktor. Pada proses bioremediasi ini menggunakan sistem anaerob, skema untuk perlakuan sampel dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3. 2** Skema Perlakuan Sampel

Rencana Percobaan				
Konsentrasi Larutan EE (K)	Pengambilan Sampel pada hari ke- (W)			
	0	4	6	8
(5%)	K1W0	K1W4	K1W6	K1W8
(10%)	K2W0	K2W4	K2W6	K2W8

Keterangan:

K = Konsentrasi larutan EE

W = Jumlah waktu pengambilan sampel

$K_1W_0$  = Konsentrasi 5% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-0

$K_1W_4$  = Konsentrasi 5% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-4

$K_1W_6$  = Konsentrasi 5% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-6

$K_1W_8$  = Konsentrasi 5% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-8

$K_2W_0$  = Konsentrasi 10% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-0

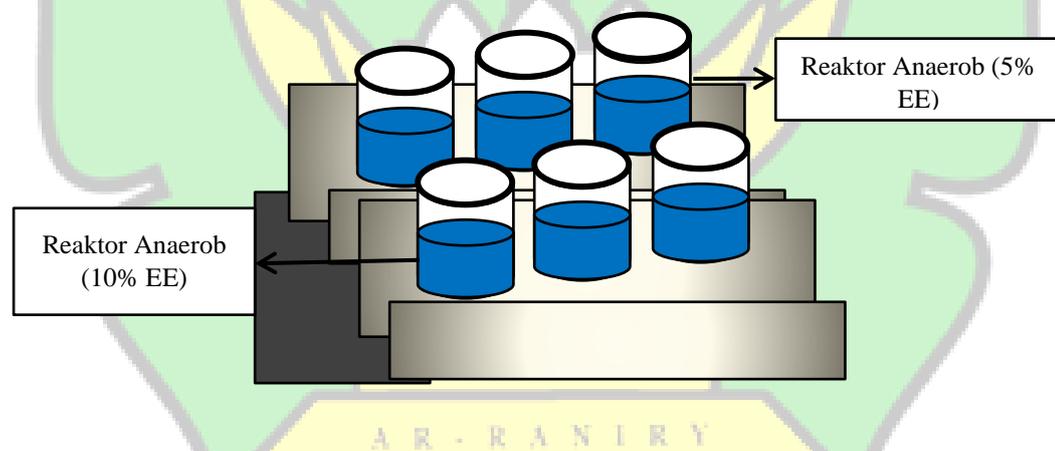
$K_2W_4$  = Konsentrasi 10% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-4

$K_2W_6$  = Konsentrasi 10% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-6

$K_2W_8$  = Konsentrasi 10% EE dengan pengambilan sampel air pada hari ke-8.

### 3.3.5 Skema Reaktor Percobaan

Pada penelitian ini menggunakan reaktor anaerob dalam proses bioremediasi. Skema reaktor dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3. 5** Skema Reaktor Anaerob

Penelitian ini menggunakan sistem Anaerob secara batch dengan diameter 17,5 cm dan tinggi 19,3 cm. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-4, hari ke-6, dan hari ke- 8.

Adapun perhitungan untuk menentukan berapa banyak larutan EE yang akan dibutuhkan pada proses bioremediasi, berikut perhitungannya:

- Sampel yang akan digunakan pada perlakuan yaitu sebanyak 6 liter

- Perhitungan untuk konsentrasi (10%)

$$3 \text{ liter} = 3000 \text{ ml}$$

$$3000 \text{ ml} \times 10\% = 300 \text{ ml (total larutan yang akan digunakan)}$$

$$\begin{aligned} \text{Larutan EE} &= 300 \text{ ml} \times 10\% \\ &= 30 \text{ ml} \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk konsentrasi (5%)

$$3 \text{ liter} = 3000 \text{ ml}$$

$$3000 \text{ ml} \times 5\% = 150 \text{ ml (total larutan yang akan digunakan)}$$

$$\begin{aligned} \text{Larutan EE} &= 150 \text{ ml} \times 5\% \\ &= 7,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

### 3.4 Pengukuran Parameter Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH)

Pengambilan data dilakukan pada hari ke-0, 4, 6, dan 8. Pengujian parameter sampel limbah cair rumah potong hewan dilakukan di Laboratorium Multifungsi Uin Ar-Raniry, Banda Aceh untuk pengukuran parameter COD, TSS dan pH. Pada pengukuran pH dilakukan sesuai dengan SNI 6898.11-2004, untuk pengukuran COD dilakukan sesuai dengan SNI. 6989.73:2009, dan untuk TSS pengukurannya sesuai dengan SNI 06-6989.3-2004.

#### 3.4.1 Prosedur Pengukuran pH

Cara pengukuran pH dijelaskan sesuai (SNI 6989.11-2019) sebagai berikut:

- a. Sampel air limbah dikocok hingga homogen.
- b. Sebuah gelas *beaker* pyrex digunakan untuk menampung hingga 100 mL sampel.
- c. pH meter diaktifkan dan ujung elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel.

- d. Pembacaan pada pH meter ditunggu hingga stabil.
- e. Nilai pH yang terbaca dicatat.

### 3.4.2 Pengukuran COD

Pengukuran COD dilakukan untuk mengetahui jumlah total bahan organik yang ada dengan menggunakan COD meter. Cara pengukuran COD dijelaskan sesuai (SNI 6989.73:2009) sebagai berikut:

- a. Sampel dimasukkan ke dalam tabung COD 2,5 ml, selanjutnya 1,5 ml larutan campuran  $K_2Cr_2O_7$  dan 3,5 ml larutan  $H_2SO_4$  ditambahkan ke dalam tabung COD lalu ditutup, kemudian dikocok pelan hingga homogen.
- b. COD reaktor diambil, selanjutnya tombol start pada COD reaktor ditekan dan ditunggu suhu naik hingga  $150^{\circ}C$ .
- c. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur  $150^{\circ}C$  selama 2 jam.
- d. Tabung didinginkan, kemudian pengukuran sampel dilakukan menggunakan COD Meter.

### 3.4.3 Pengukuran TSS

*Total Suspended Solid* (TSS) atau padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan organik dan anorganik. Cara pengukuran TSS dijelaskan sesuai (SNI 06-6989.3-2004) sebagai berikut:

- a. Kertas saring *whatman* nomor 42 diambil dan ditimbang.
- b. Kertas saring dimasukkan ke dalam alat vakum dan dibilas kertas saring dengan aquades sebanyak 100 ml, selama dua menit.
- c. Kertas saring dipindahkan ke dalam oven untuk dipanaskan dengan suhu  $103^{\circ}$ - $105^{\circ}C$  selama 1 jam.
- d. Kertas saring didinginkan ke dalam desikator selama 15 menit.
- e. Kertas saring ditimbang setelah didinginkan dan dicatat.

- f. Kertas saring dicuci dengan  $3 \times 10$  mL air suling, biarkan kering sempurna, dan dilanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan yang sempurna.
- g. Kertas saring dibilas dengan aquades lalu dimasukkan sampel 100 mL kedalam vakum.
- h. Kertas saring dipindahkan dengan hati-hati dari peralatan penyaring dan dipindah ke wadah, jika digunakan cawan porselen atau *gooch* pindahkan cawan dari rangkaian alat.
- i. Kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu  $103^{\circ}$ - $105^{\circ}$ C selama 1 jam.
- j. Kadar TSS dihitung dalam mg/L, dengan persamaan I.

$$Mg \text{ TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volume contoh uji, mL}}$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring + residu kering, mg

B = Berat kertas saring, mg.

### 3.5 Analisis Data

Analisis dan pembahasan akan dilakukan secara deskriptif serta dibuat dalam bentuk grafik dan tabel yang akan ditampilkan di dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Efektivitas penurunan kadar COD, TSS dan penyesuaian pH apabila dilihat dari lama waktu dan konsentrasi larutan ekoenzim (EE).
2. Untuk mengetahui penurunan kadar COD, TSS dan penyesuaia pH dengan rumus (Astuti L. P., 2018):

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{C \text{ awal} - C \text{ akhir}}{C \text{ awal}} \times 100 \%$$

Keterangan:

C awal : Konsentrasi awal sebelum perlakuan

C akhir: Konsentrasi akhir sesudah perlakuan



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Efektivitas Bioremediasi Menggunakan Ekoenzim Dalam Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Cair RPH**

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan ekoenzim dalam menurunkan parameter pencemar pada limbah cair RPH dimulai dengan melakukan penelitian terlebih dahulu terhadap sampel uji yaitu limbah cair RPH sebelum dilakukan penambahan ekoenzim. Pengujian terhadap limbah cair RPH ini dilakukan untuk mengetahui kondisi karakteristik limbah sebagai dasar perbandingan dengan hasil pengujian limbah cair RPH setelah dilakukan penambahan ekoenzim.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari UPTD RPH Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Dalam proses pemotongan hewan tersebut turut menghasilkan air limbah, akan tetapi diketahui air limbah yang dihasilkan hanya dibiarkan di kolam resapan yang ada di lokasi RPH tanpa pengolahan lebih lanjut.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada kawasan RPH Lambaro, ditemukan bahwa terdapat limbah dari hasil pemotongan hewan, dimana limbah cair masih belum mendapatkan penanganan yang tepat untuk dapat dibuang ke lingkungan. Sedangkan untuk limbah padat sendiri sudah dimanfaatkan untuk peruntukan lain seperti pakan ternah. Karakteristik awal air limbah RPH Lambaro, sebelum proses pengolahan yang diuji di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair RPH

Parameter	Unit	Baku Mutu	Hasil Uji	Keterangan
pH	-	6-9	5,9	Tidak sesuai baku mutu
COD	mg/l	200	481	Tidak sesuai baku mutu
TSS	mg/l	100	910	Tidak sesuai baku mutu

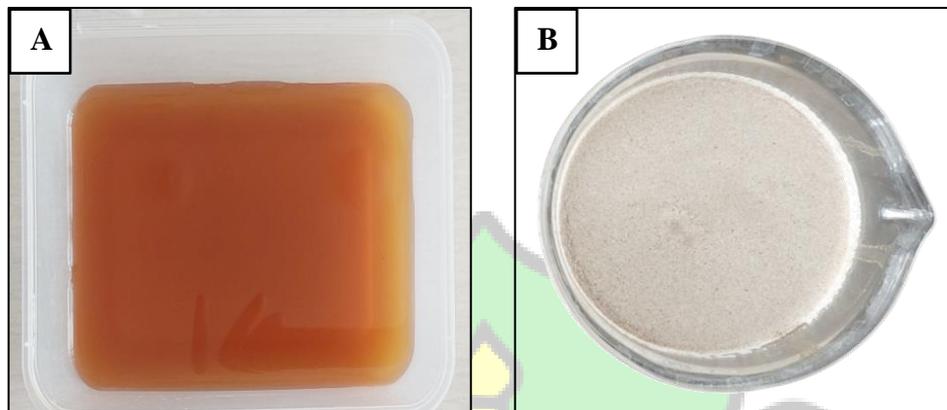
(Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2023)

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa konsentrasi pH, COD, dan TSS tidak sesuai baku mutu jika dibandingkan dengan PerMen LH Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan RPH sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Berdasarkan hal tersebut maka pengolahan limbah cair RPH menggunakan ekoenzim dengan metode bioremediasi diperlukan untuk menurunkan konsentrasi parameter air limbah agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Pengolahan menggunakan metode bioremediasi anaerob dilakukan setelah proses *seeding* pada larutan ekoenzim selesai dilakukan. Tahap *seeding* dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme anaerob yang akan digunakan untuk penelitian. Dalam penelitian ini proses *seeding* dilakukan selama 4 hari. *Seeding* dilakukan dengan menambahkan substrat berupa gula merah cair, tujuannya untuk memberikan nutrisi pada mikroorganisme. Hal ini dilakukan agar mikroorganisme bisa tumbuh dan dapat beradaptasi terlebih dahulu dengan limbah sehingga dapat bekerja secara maksimal (Rahayu, 2011).

Pada hari ke-4 tahapan *seeding*, terlihat adanya perubahan berupa terdapat selaput berwarna krem di permukaan larutan ekoenzim. Perubahan lainnya yang terjadi setelah proses *seeding* adalah ekoenzim menjadi bau seperti gula dengan nilai pH 3,7 maka mikroorganisme yang ada pada larutan ekoenzim telah aktif

dan dapat digunakan (Ulum dkk., 2013). Setelah *seeding* selesai, larutan ekoenzim ditambahkan ke dalam reaktor yang telah diisi dengan limbah cair RPH.



**Gambar 4. 1** A. Ekoenzim sebelum *seeding*, B. Ekoenzim setelah proses *seeding*

Sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem anaerob. Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 6 liter untuk 1 reaktor dengan dimensi reaktor: tinggi 19,3 cm dan diameter 17,5 cm. Reaktor yang digunakan berjumlah 6 buah dengan total 6 liter sampel limbah cair RPH. Jumlah ekoenzim yang ditambah ke dalam reaktor yaitu dengan konsentrasi 5% dan 10% dari jumlah sampel limbah cair yang digunakan. Proses bioremediasi berlangsung selama 8 hari dan pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-4, ke-6 dan ke-8. Adapun parameter yang diuji adalah pH, COD dan TSS.

Hasil pengujian sampel limbah cair RPH untuk parameter pH, COD dan TSS sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan menggunakan ekoenzim dengan metode Bioremediasi anaerob dapat dilihat pada Tabel 4.2. Hasil pengujian sampel limbah cair RPH dan efektivitas pengolahan untuk parameter pH, COD dan TSS sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan menggunakan ekoenzim dengan metode Bioremediasi anaerob dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil dan Efektivitas Pengolahan Bioremediasi Anaerob

Parameter Uji	Sebelum Pengolahan	Variasi	Setelah Pengolahan			Efektivitas (%)		
			Waktu tinggal			Hari ke-4	Hari ke-6	Hari ke-8
			Hari ke-4	Hari ke-6	Hari ke-8			
pH	5,9	K <sub>0</sub>	5,9	5,9	5,9	-	-	-
		K <sub>1</sub>	7,3	7,6	7,9	-	-	-
		K <sub>2</sub>	7,9	8,0	8,2	-	-	-
COD (mg/L)	481	K <sub>0</sub>	875	1172	1279	-82,12%	-143,65%	-165,90%
		K <sub>1</sub>	233	141	117	51,55%	70,68%	75,67%
		K <sub>2</sub>	193	106	59	59,87%	77,96%	<b>87,73%</b>
TSS (mg/L)	910	K <sub>0</sub>	802	713	696	11,86%	21,64%	23,51%
		K <sub>1</sub>	759	324	130	16,59%	64,39%	<b>85,71%</b>
		K <sub>2</sub>	700	228	68	23,07%	74,94%	<b>92,52%</b>

**Keterangan:**K<sub>0</sub>= KontrolK<sub>1</sub>= Konsentrasi 5% EEK<sub>2</sub>= Konsentrasi 10% EE

Berdasarkan Tabel 4.2 limbah cair RPH sebelum proses pengolahan memiliki nilai pH sebesar 5,9, COD sebesar 481 mg/l, dan TSS sebesar 907 mg/l. Efektivitas pengolahan paling tinggi untuk parameter COD dan TSS diperoleh pada waktu tinggal hari ke-8 yaitu mencapai 87,73% pada konsentrasi K<sub>2</sub> untuk parameter COD. Sedangkan untuk parameter TSS mencapai nilai 92,52% pada konsentrasi K<sub>2</sub>. Adapun perubahan fisik limbah cair RPH yang telah diberi larutan ekoenzim dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Hasil Pengolahan Bioremediasi Anaerob

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa limbah cair RPH untuk konsentrasi 10% ekoenzim pada hari ke 8 mengalami perubahan warna yang paling besar. Dari yang semula limbah cair RPH berwarna coklat gelap di hari ke-4 namun berubah di hari ke 8 menjadi coklat susu dan tidak terlalu pekat. Perubahan warna ini terjadi saat proses pengolahan limbah dikarenakan padatan yang tersuspensi beserta bahan organik yang ada pada limbah mengalami penguraian biologi oleh mikroorganisme.

Tingginya protein yang terkandung dalam limbah cair RPH mengakibatkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mikroorganisme pada saat mendegradasi limbah sangat besar. Pada proses pengolahan secara anaerob limbah cair RPH terdapat bakteri seperti *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Cardiobacterium* sp. dan *Mycoplasma* sp. (Herlambang, 2002).

Karakteristik pada sampel uji telah didapatkan hasil diketahui bahwa pada setiap parameter seperti pH, COD dan TSS tidak sesuai dengan baku mutu limbah cair RPH yang disebutkan dalam PerMen LH No.5 Tahun 2014. Mengacu pada

tabel 4.1, parameter pH sampel uji berada pada angka 5,9 mendekati nilai baku mutu limbah cair yang seharusnya berada pada angka antara 6-9. Parameter COD yang secara aturan berada pada ambang batas sebesar 200 mg/L, namun pada pengujian awal berada pada angka 481 mg/L. Sedangkan hasil uji awal parameter TSS bernilai 910 mg/L, berada jauh diatas baku mutu yang diperbolehkan yaitu 100 mg/L.

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan (Bioremediasi menggunakan ekoenzim) diperoleh efektivitas penyisihan COD paling tinggi sebesar 87,73%, penyisihan TSS paling tinggi sebesar 92,52%, sedangkan pada parameter pH terdapat peningkatan paling tinggi sebesar 2,3 lebih basa. Terbukti bahwa metode ini mampu menyisihkan nilai konsentrasi COD dan TSS menjadi di bawah nilai baku mutu yang telah ditetapkan sehingga dapat mengurangi dampak buruk bagi lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah cair RPH. Pada dasarnya, metode Bioremediasi pada penelitian Trisca Deffy (2020) dapat menurunkan kadar COD pada limbah cair sebesar 62,10% dan dapat menurunkan kadar TSS sebesar 43,59%. Terbukti pada penelitian ini metode tersebut dapat menurunkan kadar pencemar hingga di bawah batas baku mutu.

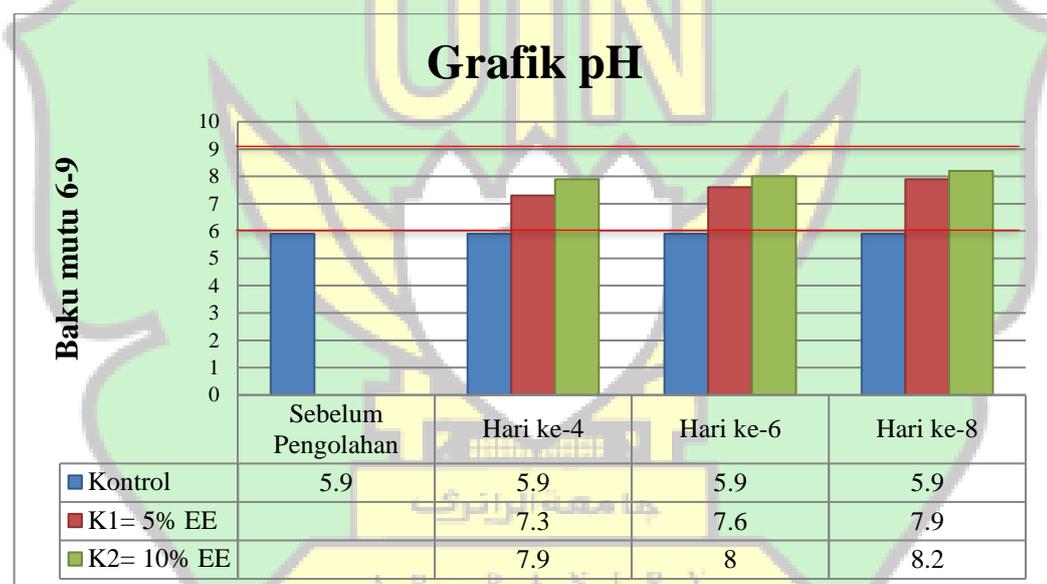
#### **4.2 Pengaruh Variasi Penambahan Ekoenzim Terhadap Bioremediasi Dalam Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Cair RPH**

Hasil uji parameter pH, COD dan TSS pada sampel limbah cair RPH setelah pengolahan menggunakan metode bioremediasi. Penelitian ini menggunakan 2 variasi konsentrasi ekoenzim, konsentrasi pertama yaitu  $K_1=5\%$  EE dan konsentrasi kedua yaitu  $K_2=10\%$  EE. Pengambilan 2 jenis variasi didasari oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Samiksha Shridhar Kerkar dkk., (2020). Menurut Kerkar dkk., (2020) ekoenzim berfungsi secara berbeda pada konsentrasi yang berbeda. Sehingga dapat mengindikasikan bahwa pengaruh ekoenzim terhadap proses penurunan parameter pencemar juga dipengaruhi salah satunya oleh faktor konsentrasi. Semakin banyak kuantitas dari ekoenzim yang digunakan dalam pengolahan limbah cair, maka potensi untuk terjadinya penurunan nilai pencemar pun akan semakin meningkat (Selvakumar dkk, 2021).

#### 4.2.1 Hasil Parameter pH

Pengukuran parameter pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Nilai pH dimulai dari skala 1-14, dimana apabila nilai pH dibawah angka 7 maka larutannya bersifat asam. Apabila suatu larutan memiliki nilai pH sebesar 7 maka larutan dikatakan netral dan apabila pH suatu larutan diatas 7 maka larutan dikategorikan basa (Sato dkk., 2015).

Tabel 4.3 menunjukkan karakteristik limbah cair yang telah dilakukan penambahan ekoenzim dengan 2 variasi yang berbeda. Nilai pH sampel K<sub>1</sub> (5% EE) dan K<sub>2</sub> (10% EE) setiap harinya berbeda. Tingkat kebasaan pada sampel K<sub>1</sub> dan K<sub>2</sub> menampilkan tentang adanya pengaruh variasi penambahan ekoenzim pada nilai pH sampel uji penelitian ini. Seperti yang terlihat pada grafik 4.1.



**Gambar 4. 3** Grafik Nilai pH

Pengelolaan dengan menggunakan ekoenzim dalam penelitian ini bertujuan untuk menyesuaikan pH pada sampel uji yaitu limbah cair RPH. Parameter pH pada sampel limbah cair sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai pH 5,9 yang artinya limbah cair RPH tersebut asam. Tahapan selanjutnya sampai hari ke-8 pengujian pH mengalami peningkatan yaitu seperti ditunjukkan pada hari ke-4 hingga hari ke-8 dengan nilai masing-masing 7,3

setelah hari kedelapan nilai pH menjadi 8,2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ulum dkk., (2013), kenaikan pH dapat disebabkan karena mikroorganisme yang ada di dalam ekoenzim yang merombak sisa bahan organik dari limbah cair RPH.

Penurunan nilai pH pada hasil yang telah diperoleh tersebut merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Mitra Mandasari (2023) dengan sampel uji yang ditambahkan ekoenzim. Diperoleh hasil uji, limbah cair yang pada awalnya dengan pH 8,0 berubah menjadi 9,0. Perubahan nilai pH pada sampel uji dipengaruhi oleh derajat keasaman ekoenzim. Hal ini disebabkan karena ekoenzim mampu menjaga kestabilan atau lonjakan perharinya. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekoenzim juga mampu memperbaiki kualitas air (Dewi dkk 2018).

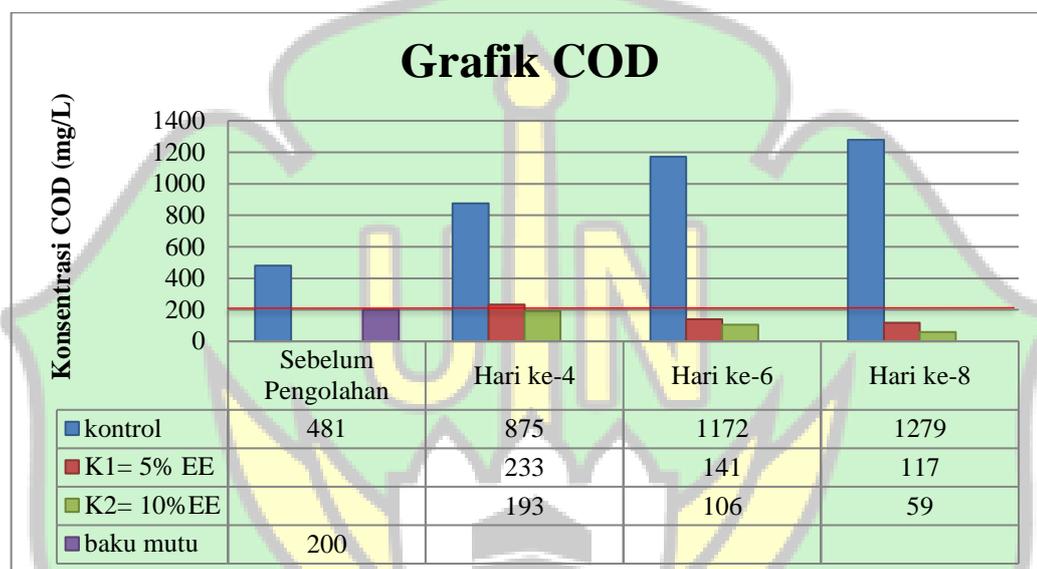
Sesuai dengan pendapat penelitian sebelumnya yaitu Dewi dkk (2018) ekoenzim bersifat ramah lingkungan serta berfungsi untuk menjernihkan air. Selain itu ekoenzim juga dapat memperbaiki kualitas air danau dan sungai serta menurunkan nilai kekeruhan air (Win, 2011). Kemampuan yang dimiliki oleh ekoenzim ini karena tingginya kandungan enzim pada kulit buah yang kaya akan asam folat dan asam alfa hidroksi atau *Alpha Hydroxy Acid* (AHA). Selama proses fermentasi berlangsung, terjadi proses konversi karbohidrat menjadi asam folat dan asam organik yang berasal dari kulit buah terekstraksi ke dalam larutan enzim (Joseph dkk., 2021).

#### **4.2.2 Hasil Pengukuran COD**

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang digunakan untuk mengurai semua bahan organik yang berada dalam air (Wa, 2015). Variasi  $K_1$  dan  $K_2$  juga berpengaruh pada penurunan nilai COD. Konsentrasi ekoenzim lebih tinggi lebih efektif dalam menurunkan kadar pencemar khususnya pada nilai COD. Pada penelitian tersebut ekoenzim dengan konsentrasi 10% memiliki nilai efektivitas degradasi limbah mencapai 63,28% (Nazim dkk., 2017).

Nilai COD pada sampel uji mencapai nilai 481 mg/L sehingga dilakukan proses pengolahan dengan metode bioremediasi menggunakan ekoenzim. Parameter COD pada penelitian ini menunjukkan nilai penurunan pencemar

dengan sampel uji K<sub>1</sub> berada pada nilai 117 mg/L, sedangkan sampel K<sub>2</sub> mempunyai nilai yang berada dibawah nilai baku mutu yaitu 59 mg/L. Pengukuran COD terhadap sampel jika melihat Tabel 4.2 mengindikasikan jika kadar COD pada limbah cair RPH pada umumnya melewati baku mutu yang ditentukan oleh pemerintah melalui PerMenLH No.5 Tahun 2014 tentang Limbah Cair. Hasil penurunan pencemar oleh kedua variasi sampel dengan nilai awal dapat dilihat perbandingannya pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 4** Grafik Nilai COD

Hasil yang ditampilkan pada gambar 4.2 menunjukkan adanya penurunan nilai pada parameter COD dengan proses penurunan pencemar yang paling baik terlihat pada sampel K<sub>2</sub>. Namun pada penelitian ini nilai COD sampel uji yang tidak diberikan perlakuan dengan penambahan ekoenzim (kontrol) tidak mengalami penurunan. Hasil uji pada sampel kontrol mengalami kenaikan semakin hari semakin tinggi, hal ini dapat terjadi dikarenakan sampel tidak terpapar oksigen. Selain itu sampel uji tidak mendapatkan nutrisi yang cukup. Hal inilah yang menyebabkan nilai COD dapat naik. Tidak adanya penurunan nilai COD pada perlakuan K<sub>0</sub> terjadi karena peningkatan biomassa mikroorganisme.

Meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme dalam limbah tersebut. Kenaikan nilai COD

disebabkan oleh semakin banyaknya biomassa yang terbentuk akibat penambahan sel, sehingga bahan organik yang harus didegradasi akan bertambah dengan sendirinya. Pada dasarnya fluktuasi nilai COD berbanding lurus dengan penambahan sel. Nilai COD naik pada saat jumlah sel cenderung naik (Jenie dkk., 2007).

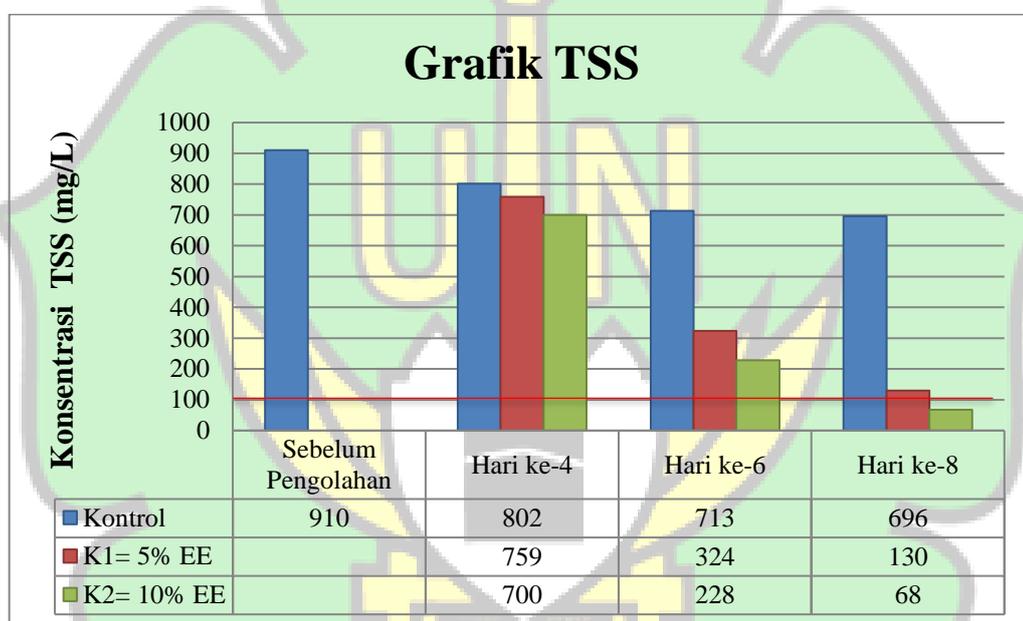
Kondisi penurunan nilai COD juga terjadi pada penelitian yang menyatakan bahwa ekoenzim 10% lebih baik dalam menurunkan pencemar dibandingkan dengan konsentrasi 5% ekoenzim (Nazim dkk., 2013). Penurunan kadar COD dapat terjadi pada kedua perlakuan dengan konsentrasi yang berbeda dikarenakan adanya enzim protease yang dihasilkan dari berbagai jenis mikroba yang terdapat pada ekoenzim. Enzim protease adalah enzim yang sangat berperan dalam reaksi yang melibatkan pemecahan protein menjadi amonia, nitrit CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Fitria, 2008).

Penurunan nilai COD dalam penelitian ini sejalan dengan yang disampaikan oleh Kerkar dkk., (2020) yang membuktikan pengolahan limbah cair dengan menggunakan ekoenzim mampu mendegradasikan nilai kadar pencemar pada parameter COD hingga mencapai 48,66%. Penurunan kadar COD juga dapat disebabkan karena lama waktu perlakuan, semakin lama limbah cair RPH diperlakukan maka akan semakin besar pula penurunan untuk kadar COD (Ulum dkk., 2013). Penurunan kadar COD sebagian besar terjadi di dalam reaktor anaerob (Wuri Arini, 2013). Pada fase anaerob bahan organik yang sulit diuraikan didegradasi menjadi metabolit yang lebih sederhana dan metabolit bersifat toksik (Balapure, 2016).

#### **4.2.3 Pengukuran TSS**

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan suatu bahan tersuspensi berdiameter >1 $\mu$ m yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45  $\mu$ m (Effendi, 2003). Padatan tersuspensi ini dapat menyebabkan kekeruhan di dalam air tidak terlarut dan tidak bisa mengendap secara langsung, ukuran partikelnya sangat kecil dari sedimen (Nasution, 2008).

Parameter TSS pada kedua variasi sampel uji menunjukkan perbedaan hasil akhir dengan sampel K<sub>1</sub> berada pada 130 mg/L yang mana nilainya masih berada diatas baku mutu sedangkan sampel K<sub>2</sub> menunjukkan angka 68 mg/L. Variasi penambahan ekoenzim pada pengujian parameter TSS ini berpengaruh pada hasil yang diperoleh. Yang mana sampel K<sub>1</sub> berhasil menurunkan nilai TSS dari yang awalnya tanpa pengolahan berada pada angka 910 mg/L menjadi 130 mg/L. Sedangkan sampel K<sub>2</sub> mempunyai nilai yang berada di bawah nilai K<sub>1</sub>, yaitu 68 mg/L. Perbandingan nilai TSS pada kedua variasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 5** Grafik Nilai TSS

Data pengukuran parameter TSS pada limbah cair RPH yang telah ditampilkan pada tabel 4.2 menunjukkan penurunan nilai TSS pada sampel uji. Sampel dengan penambahan ekoenzim berhasil menurunkan nilai TSS pada limbah cair RPH sehingga berada di bawah baku mutu yang berlaku dalam PerMenLH No.5 Tahun 2014. Penurunan nilai TSS pada penelitian limbah cair RPH ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya oleh Rasit dkk., (2015) terhadap limbah cair sawit. Yang mana dengan penambahan ekoenzim berhasil menurunkan nilai TSS sebesar 30-50% dari nilai awal. Penelitian lainnya menggunakan ekoenzim menampilkan hasil

serupa berupa penurunan nilai TSS dengan persentase penurunan nilai TSS sebesar 64,43% (Arum dkk., 2015).

Sampel uji dengan penambahan ekoenzim dengan persentase 10% lebih baik menurunkan nilai TSS dibandingkan ekoenzim dengan konsentrasi 5%. Penurunan kadar TSS pada saat pengolahan dapat terjadi karena reaksi pengendapan bakteri dengan limbah dimana terjadi proses koagulasi secara perlahan-lahan dan partikel terkecil dalam limbah akan turun ke bawah dan akan menjadi endapan (Sato, 2015).

Dari variasi yang dilakukan dalam penelitian ini, yang paling efektif dalam mendegradasi limbah (sesuai parameter yang diuji) adalah konsentrasi 10% ekoenzim yang hasil pengolahannya sesuai dengan baku mutu. Namun, perlu diperhatikan waktu tinggal dari metode yang nantinya akan diterapkan. Pada penelitian ini, metode bioremediasi membutuhkan waktu 8 hari untuk menurunkan parameter pencemar hingga sesuai baku mutu. Konsentrasi 10% ekoenzim adalah yang paling efektif tetapi juga membutuhkan waktu lebih lama. Bila diperlukan sebuah metode pengolahan limbah yang lebih efisien dalam hal waktu, maka perlu dikembangkan metode yang lebih hemat waktu tetapi dengan efektivitas yang cukup untuk mengolah air limbah sesuai baku mutu. Dalam hal ini, metode bioremediasi sangat potensial untuk diteliti lebih lanjut agar efektivitasnya bisa ditingkatkan lagi. Penelitian selanjutnya disarankan memvariasikan berbagai faktor yang meningkatkan efektivitas bioremediasi dalam pengolahan limbah cair RPH, misalnya memodifikasi reaktor sedemikian sehingga pengolahan lebih efektif.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Nilai efektivitas tertinggi terdapat pada hari kedelapan untuk konsentrasi 10% maupun 5%. Pada konsentrasi 5% nilai efektivitas untuk menyisihkan kadar COD yaitu sebesar 51,55% - 75,67%, pada konsentrasi 10% yaitu sebesar 59,87% - 87,73%. Dan pada konsentrasi 5% nilai efektivitas untuk menyisihkan kadar TSS yaitu sebesar 16,59% - 85,71%, pada konsentrasi 10% yaitu sebesar 23,07% - 92,52%. Sedangkan jika dibandingkan dengan hasil tanpa penambahan ekoenzim penyisihan TSS hanya sebesar 23,07% - 92,52%.
2. Adanya perbedaan penurunan kadar pencemar dengan variasi konsentrasi 5% larutan ekoenzim maupun konsentrasi 10% larutan ekoenzim sangat tergantung pada waktu. Semakin panjang waktu tinggal maka akan semakin tampak perbedaan antara 5% dan 10%. Dimana konsentrasi 10% akan memberikan penyisihan yang lebih besar dibandingkan dengan yang 5%.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil yang diperoleh, penulis mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi dan penelitian lebih lanjut terkait bioremediasi anaerob dengan konsentrasi larutan ekoenzim.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan proses *seeding* perlu dilakukan lebih lama dan perlu tambahan nutrisi untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme lebih baik lagi.
3. Penggunaan reaktor dapat menggunakan bahan lainnya seperti bahan yang terbuat dari kaca.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abas Sato, p. u. (2015). Pengolahan Limbah Tahu Secara Anaerobik-Aerobik Kontinyu. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan
- Adack, J. (2013). Dampak Pencemaran Limbah Pabrik Tahu terhadap Lingkungan Hidup. 78-79.
- Allaily, M. R. (2017). Potensi Pakan Fermentasi Anaerob Menggunakan Bahan Pakan Lokal . 428-435.
- Andary, A. H. (2010). Studi Penurunan COD dan Warna pada Limbah Industri Tekstil. PT. Apac Inti Corpora dengan Kombinasi Anaerob-Aerob Menggunakan UASB dan HUASB.
- Andra, O. S. (2014). Industri Tahu di Kecamatan Nanggali, Kota Padang, Sumatera Barat.
- Astuti, L. P. (2018). Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air. Jurnal Teknologi Lingkungan.
- Astuti, S. N. (2018, Oktober). Potensi Kiambang (*Salvinia Molesta*) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Tembaga (Cu) dari Limbah Cair Batik Berdasarkan Analisis Ekspresi Gen Phytochelatin Synthase.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 6989.11:2019. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan Alat pH Meter. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 06-6989.2:2019. Cara Uji kebutuhan oksigen kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 06-6989.14-2004. Cara Uji OksigenTerlarut. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 06-6989.3:2019. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) secara Gravimetri.
- Badan Standarisasi Nasional: Jakarta. Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 6989.59:2008. Metoda pengambilan contoh air limbah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Balasure, K. S. (2016). Exploring Bioremediation Strategos to Enhance The Mineralization of Textile Industrial Wastewater Through Sequential Anaerobic-Microaerophilic. Nomor 16, Halaman 97-105
- Batubara, G. O. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Medis Dan Daur Ulang Efluen Ipal Di Rumah Sakit Kelas C. *Tugas Akhir – RE 141581*, 35.
- Candrika Ajeng R. (2012). Penyisihan Amonia Dari Air Limbah Melalui Kombinasi Proses Membran Dan Ozonasi Menggunakan Larutan Penyerap Bahan Alam: Variasi Laju Sirkulasi Limbah. *FT UI, 2012*.
- Casban, & Dewi, A. P. (2018). Analisis Efektivitas Teknologi Proses Biologi Anaerob-Aerob Dengan Menggunakan Moving Bed System Contact Media Pada Pengolahan Air Limbah Domestik di Perkotaan. *Jurnal Fakultas Teknik UMJ*, 1-9.
- Dewa K Sastrawidana, Bibiana W Lay, Anas Miftah Fauzi dan Dwi Andreas Santosa 4 (2008). Pemanfaatan Konsorsium Bakteri Lokal Untuk Bioremediasi Limbah Tekstil Menggunakan Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik. *Physical Review A*, 100(1), 1612–1616.
- Dwicaksono, M. R. (2013). Pengaruh Penambahan Effective Microorganisms pada Limbah Cair Industri Perikanan terhadap Kualitas Pupuk Cair Organik. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*
- Eddy. (2008). Karakteristik Limbah Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* , vol. 2, No 2.

- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air.
- Faradilla, A. R. (2008). Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan.
- Farahdiba, A. U. (2019). Penurunan Amonia Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (Rph) Dengan Menggunakan Upflow Anaerobic Filter. *Jurnal Envirotek*, 11(1), 31–38.
- Firmaniar, E. (2017). Pengaruh Pemberian Campuran EM4, Tetes Tebu dan Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah ( *Alternanthera Amoena Voss*).
- Fitria, Y. (2008). Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (Effective Microorganism-4)
- Geraldi, G. (2006). Wastewater Bacteria.
- Godam. (2006). Faktor Pendukung dan Penghambat Industri.
- Hakeem KR, S. M. (2015). Soil Remediation and Plants.
- Hartati Alif, W. T. (2013). Analisis Varian Dua Faktor dalam Rancangan Pengamatan Berulang (Repeated Measures). *jurnal statistik undip*.
- Hanif (2022). Penurunan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Fakultas Sains Dan Teknologi. UIN Ar-Raniry Banda Aceh*.
- Harahap, R. G., Nurmawati, Dianiswara, A., & Putri, D. L. (2021). Pelatihan pembuatan eco-enzyme sebagai alternatif desinfektan alami di masa pandemi covid-19 bagi warga km.15 kelurahan karang joang. *Sinar Sang Surya (Jurnal Pusat Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 5(1), 67–73.
- Hastuti, E., Nuraeni, R., & Darwati, S. (2017). Pengembangan Proses Pada Sistem Anaerobic Baffled Reactor Untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik. *Jurnal Permukiman*, 12(2), 10

- Herlambang, A. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair.
- Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). *Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 716, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Hidayat Nur, S. A. (2016). Evaluation of Two-Stage Biological Treatment With Attached Filter Media on Treatment of Tofu Processing Wastewater. *Journal of Applied Environmental Sciences* , Volume 11, No.4.
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. 35-40.
- Ike Rismawati, S. (2019). Bioremediasi Pb Oleh Bakteri Indigen Limbah Cair Agar. *Jurnal Bio Silampari : Jurnal Biologi*, 1(2), 51–58.
- Irma Sundari, W. F. (2014). Pengaruh Penggunaan Bioaktivator EM4 dan Penambahan Tepung Ikan terhadap Spesifikasi Pupuk Organik Cair Rumput Laut *Gracilaria sp.* *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan* , Volume 3, Nomor 3, Halaman 88-94.
- Isa, M. (2008). Pengaruh Pemberian Dosis EM4, Cacing *Lumbricus Rubellus* dan Campuran Keduanya Terhadap Lama Waktu Pengomposan Sampah Rumah Tangga.
- Izudia, E. (2013). Teknik Aklimatisasi Tanaman Hasil Kultur Jaringan. 49=56.
- Jasmiati, Anita, S., & Thamrin. (2010). Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM4). *Journal of Environmental Science*, 2(4), 148–158.
- Janarthanan, M., Mani, K., & Raja, S. R. S. (2020). *Purification of contaminated water using eco enzymes*. *IOP Conference Series: materials science and engineering*, 955(1).
- Jenie, B. d. (2007). Penanganan Limbah Industri Pangan.

- Joseph, A., Kottayam, K., Rajendran, R., Kottayam, K., Joji, J. G., Kottayam, K., Kottayam, K., Prince, N. M., Kottayam, K., & Kottayam, K. (2021). *Domestic Wastewater Treatment*. 361-366.
- Juhaeti T, S. F. (2005). Inventarisasi Tumbuhan Potensial untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas.
- Kartika, D., & Wahyuningsih, P. (2019). Analisis Kandungan Amonia dalam Limbah Outlet KPPL PT . Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 1(2), 6–11.
- Kartika, L. S. (2015). Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS pada Limbah Tahu menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) secara Aerob. *Kesehatan Lingkungan* .
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan*. 5, 1–23.
- Kholif, M. Al, Sutrisno, J., & Prasetyo, I. D. (2018). Penurunan beban pencemar pada limbah domestik dengan menggunakan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1–9.
- Komala, R. (2015). Proses Fitoremediasi Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan COD dan TSS dengan Memanfaatkan Kiambang (*Salvinia Molesta*). 31.
- Lubis, I., Soesilo, T. E. B., & Soemantojo, R. W. (2020). Pengelolaan Air Limbah Rumah Potong Hewan di RPH X, Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat (Wastewater Management of Slaughterhouse in Slaughterhouse X, Bogor City, West Java Province). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 25(1), 33.
- Lumbanraja, P. (2014). Mikroorganisme dalam Bioremediasi.
- Makiyah, M. (2013). Analisis Kadar N, P dan K pada Pupuk Cair Limbah Tahu dengan Penambahan Tanaman Matahari Meksiko (*Tithonia Diversifolia*).

- Maristiasa, N. P., Wardoyo, F. A., Darmawati, S., & Ethica, S. N. (2019). Isolasi dan Uji Tingkat Patogenitas Bakteri Proteolitik untuk Bioremediasi Limbah Industri Tahu. *Prosiding Mahasiswa Seminar Nasional Unimus*, 2, 164–170.
- Maulana, A., & Mursiti, S. (2017). Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 256–261.
- Maula, R. N., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Analisis Efektifitas Penggunaan Eco-enzyme pada Pengawetan Buah Stroberi dan Tomat dengan Perbandingan Konsentrasi. *Prosiding Seminar Edusainstech*, 434–442.
- Meriatna. (2018). Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bioaktivator EM4 (Effective Microorganism) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia*.
- Mitra Mandasari. (2023). Pemanfaatan *Eco Enzyme* Dalam Stabilisasi pH Air Media Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dengan Sistem Tanpa Pergantian Air. *Jurnal Budidaya Perairan*.
- Muhajir, M. S. (2013). Penurunan Limbah Cair BOD dan COD pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (*Typha Angustifolia*) dengan Sistem Constructed Wetland.
- Nana Dyah Siswati, H. T. (2009). Kajian Penambahan Effective Microorganism (EM4) pada Proses Dekomposisi Limbah Padat Industri Kertas.
- Nasution, M. (2008). Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir
- Nazim, F., & Meera, V. (2013). *Treatment of Synthetic Greywater Using 5% and 10% Garbage Enzyme Solution*. 3(4), 111-117.
- Nevy, P. (2013). Pengolahan Limbah Industri.

- Nurhamidah, N., Amida, N., Rohiat, S., & Elvinawati, E. (2021). Pengolahan Sampah Organik Menjadi Eco-Enzyme pada Level Rumah Tangga menuju Konsep Eco-Community. *Andromeda: Jurnal Pengabdian Masyarakat Rafflesia*, 1(2), 43–46.
- Nurhasmawaty, P. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik. Sumatera Utara.
- Nurmay, R. S. (2014). Pengaruh Waktu Tinggal dan Komposisi Bahan Baku Pada Proses Fermentasi Limbah Cair Tahu terhadap Produksi Biogas.
- Oktavia, D. A., Mangunwidjaja, D., Wibowo, S., & Sunarti, T. C. (2012). Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik dan Lipolitik. *Agrointek*, 6(2), 65–71.
- Pamungkas, E. (2015). *Studi Kinerja Biofilter Aerob Untuk mengolah Air Limbah Laundry*. 1–126.
- Pamungkas. (2017). Putri, A. R. (2018). Analisis Kadar DO, BOD, dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin.
- Pratamadina, E., & Wikaningrum, T. (2022). Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2722–2728.
- Putra, G. N. W., Kawuri, R., & Subagio, J. N. (2022). Potensi Konsorsium Bakteri Untuk Bioremediasi Limbah Cair Rumah Potong Hewan Pesanggaran Bali. *Simbiosis*, 10(1), 42.
- Rahadi, B. W., Anugroho, F., Munaf, A. T., & Fadil. (2018). The Influenced of Chlorella sp. Cells Density in Chromium Bioremediation of Tannery Wastewater. *Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 5(3), 6–14.
- Rahayu, D., & JAR, N. R. (2019). Penurunan Kadar Cod, Tss, Dan Nh3-N Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioball. *Jurnal Purifikasi*, 19(1), 25–36.

- Rahayu, N. S. (2011). Kemampuan upflow Anaerobic Fixed Bed (UAFB) Reaktor dalam Mempertahankan Kondisi Optimum dalam Penyisihan Senyawa Organik pada Biowaste Fasa Cair Tanpa Menggunakan Pengaturan pH.
- Rahman, M. (2017). Bioremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Spirogyra Sp [Bioremediation Of Palm Oil Mill Effluent By Using Spirogyra Sp] Program Studi Budidaya Perairan . Fakultas Pertanian , Universitas Almuslim Email : bulmuji3@gmail.com Diterima 6 Juli . *Jesbio*, VI(2).
- Rambe, T. R. (2021). Sosialisasi Dan Aktualisasi Eco-Enzyme Sebagai Alternatif Pengolahan Sampah Organik Berbasis Masyarakat Di Lingkungan Perumahan Cluster Pondok II. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 36–41.
- Retnosari A, M. S. (2013). Kemampuan Isolat Bacillus sp. mendegradasi Limbah Tangki Septik . 7-11.
- Rochyani, N., Ut Palasari, R. L., & Dahliana, I. (2016). Analisis Hasil Konversi Eko Enzim Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) Dan Pepaya (*Carica papaya L.*) 5(2), 135-140.
- Roihatin, A., & Rizqi, A. K. (2009). Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu. *Jurnal Teknik Kimia*, 1–7.
- Roniadi, A. (2013). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan Di Kelurahan Mabar Hilir Kecamatan Medan Deli. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 2(1).
- Ru'yat Ramdhani, i. E. (2007). Penurunan Konsentrasi Amonia Limbah Cair Tahu menggunakan Teknologi Biofilm - Pond dengan Media Pipa PVC Sarang Tawon dan Batang disertai Penambahan Lumpur Aktif.

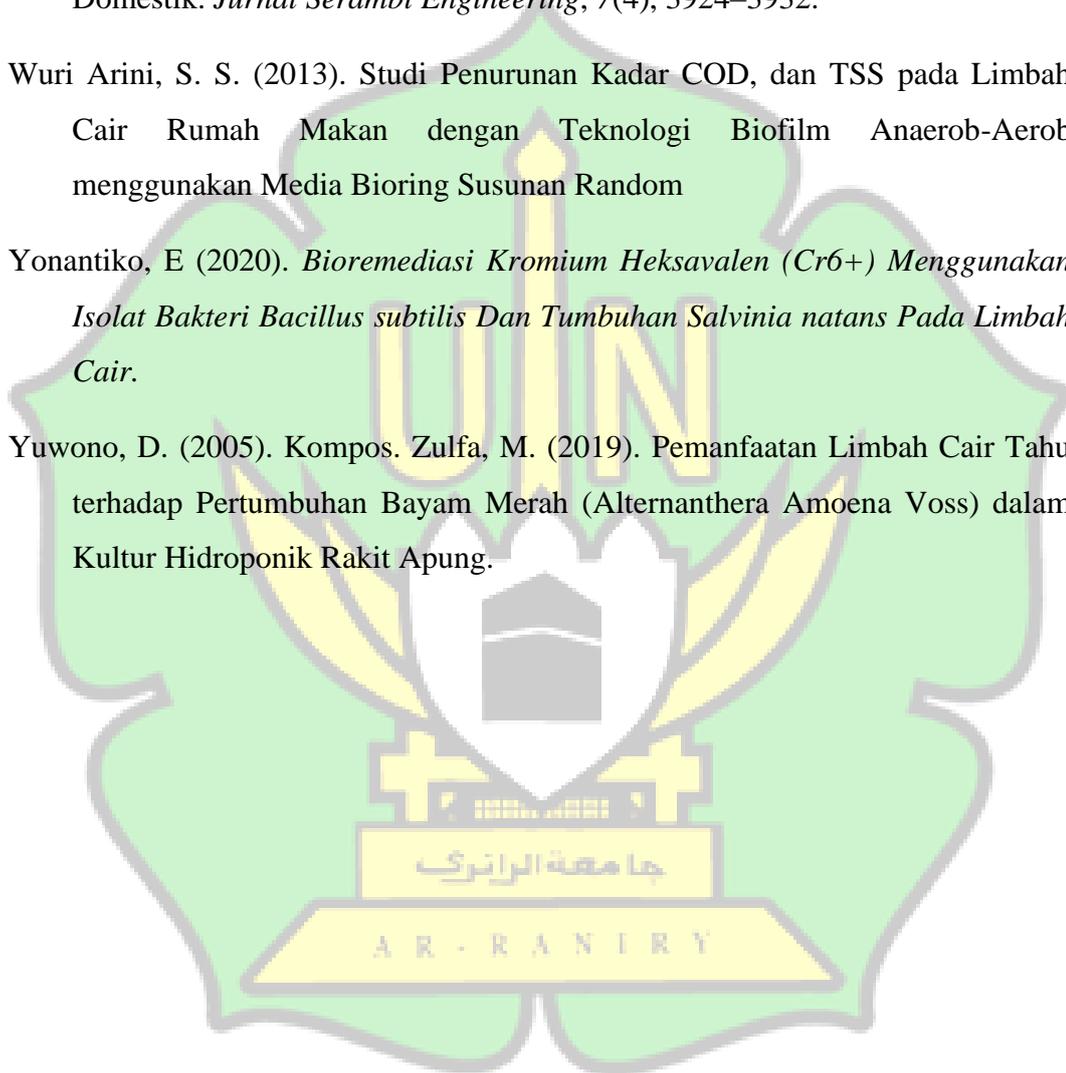
- Sabrina, A. N., & Ethica, S. N. (2018). Potensi Bakteri Indigen Penghasil Enzim Protease dan Lipase sebagai Agen Bioremediasi Limbah Biomedis Puskesmas Tlogosari Kulon Potential of Indigenous Bacteria Producing Protease and Lipase Enzymes as Bioremediation Agents of Biomedical Waste of Puskesmas. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus*, 1, 276–282.
- Said, H. (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob
- Salvakumar, P., & Sivashanmugam, P. (2017). *Optimization of lipase production from organic solid waste by anaerobic digestion and its application in biodiesel production. Fuel Processing Technology*, 165, 1-8.
- Salman. (2011). Masalah Gulma dan Pengendaliannya pada Perairan.
- Samiksha, M., & Kerkar, S. (2020). *Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment*. 11, 10-12.
- Samriti, S.S., & Arti, A. (2019). *Garbage enzyme: A study on compositional analysis of kitchen waste ferments. The Pharma Innovation Journal*, 8(4), 1193-1197.
- Sanjaya, A.W., Sudarwanto, M., Pribadi, E. . (1996). Pengelolaan Limbah Cair Rumah Potong Hewan di Kabupaten Dati II Bogor. *Media Veteriner*, iii(2).
- Santriyana, D. R. (2013). Eksplorasi Tanaman Fitoremediator Aluminium (Al) yang Ditumbuhkan pada Limbah Ipa PDAM Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan* .
- Sari, K. L. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS pada Limbah Tahu menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) secara Aerob. *Kesehatan Lingkungan*.
- Sari, K. L. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS pada Limbah Tahu menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *Jurnal*

Kesehatan Lingkungan.

- Selvakumar, P., & Sivashanmugam, P. (2017). *Optimization of lipase production from organic solid waste by anaerobic digestion and its application in biodiesel production. Fuel Processing Technology, 165*, 1-8.
- Semarang. Tri, R. (2013). Pengaruh Penggunaan Effective Microorganism-4 (EM4) dan Molase terhadap Kualitas Kompos dalam Pengomposan Sampah Organik RSUD DR.R. Soetrasno Rembang.
- Sidauruk, L. d. (2015). Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik*.
- Situmorang, M. (2007). *Kimia Lingkungan*. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan.
- S Monica, L. K. (2011). Formulation of Effective Microbial Consortia and its Application for. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*.
- Sri Anum Sari, B. D. (2018). The Dosage Variant Combinations of EM4 and Fermentation Time Based on Physics and Chemicals Parameters of Tofu's Wastewater. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)* , vol. 12, No 4.
- Suci Prihaningtyas, F. N. (2019). Pemberdayaan Karang Taruna dalam Pembuatan Biogas Limbah Cair Tahu sebagai Wujud Kepedulian Lingkungan di Dusun Bapang Sumbermulyo Jombang.
- Tchobanoglous, G. a. (2003). *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse Fourth Edition*. Mc. Graw Hill Inc, Singapore.
- Takwayana, H. P. (2012). PT. Tiga Manunggal Synthetic Industries. .
- Tangahu, B. V. (2017). The Degradation of BOD and COD of Batik Industry Wastewater Using Egeria Densa and Salvinia Molesta. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* , 82-91.

- Tri, R. A. (2013). Pengaruh Penggunaan Effective Microorganism-4 (EM4) dan Molase terhadap Kualitas Kompos dalam Pengomposan Sampah Organik RSUD DR. R Soetrasno Rembang.
- Trisca Deffy (2020). Bioremediasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Larutan *Effective Microorganism-4* (EM4) Secara Anaerob-Aerob. *Physical Review A*, 100(1), 1612–1616.
- Tunjung Murti Pratiwi, N., Hariyani, S., Puspa Ayu, I., Apriadi, T., Iswantari, A., & Yuni Wulandari, D. (2019). Pengelolaan Kandungan Bahan Organik pada Limbah Cair Laboratorium Proling MSP-IPB dengan Berbagai Kombinasi Agen Bioremediasi. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 89–95.
- Turista, R.D.D. (2017). Biodegradasi Limbah Cair Organik Menggunakan Konsorsium Bakteri Sebagai Penyusunan Buku Ajar Mata Kuliah Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 3(2), 95-102.
- Tururaja, T., & Moge, R. (2012). Bakteri Coliform di Perairan Teluk Doreri, Manokwari Aspek Pencemaran Laut dan Identifikasi Spesies. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 15(1), 47–52.
- Ulum, M., Mumu, S., & Kancitra, P. (2013). Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya.
- Vindiarti. (2015). Pengolahan Limbah Cair.
- Wa, A. (2015). BOD dan COD sebagai Parameter Pencemar Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science dan Education* , Vol 4. No.1.
- Widodo, A. A., dan Ali, M. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 30–37
- Wignyanto, Hidayat, N., & Ariningrum, A. (2009). Bioremediation of Liquid Waste in Sanan Tempeh Industry and Its Unit Operation Planning ( Study on Aeration Rate and Incubation Time). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(2).

- 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.
- Wikaningrum, T., & Pratamadina, E. (2022). Potensi Penggunaan Eco Enzyme Sebagai Biokatalis Dalam Penguraian Minyak dan Lemak pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 3924–3932.
- Wuri Arini, S. S. (2013). Studi Penurunan Kadar COD, dan TSS pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob menggunakan Media Bioring Susunan Random
- Yonantiko, E (2020). *Bioremediasi Kromium Heksavalen (Cr6+) Menggunakan Isolat Bakteri Bacillus subtilis Dan Tumbuhan Salvinia natans Pada Limbah Cair.*
- Yuwono, D. (2005). Kompos. Zulfa, M. (2019). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu terhadap Pertumbuhan Bayam Merah (*Alternanthera Amoena Voss*) dalam Kultur Hidroponik Rakit Apung.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Baku Mutu Air Limbah



  
-1-

**SALINAN**

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 5 TAHUN 2014  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH  
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA  
MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (5) huruf b, Undang-Undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang Pengelolaan Baku Mutu Air Limbah;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2009 nomor 140);

2. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3816);

3. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);

4. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 4737);

5. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2012 nomor 48);

-77-

LAMPIRAN XLV  
 PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
 REPUBLIK INDONESIA  
 NOMOR 5 TAHUN 2014  
 TENTANG  
 BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN  
 RUMAH PEMOTONGAN HEWAN

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	15
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	25
pH	-	6 - 9
Volume air limbah paling tinggi untuk sapi, kerbau dan kuda: 1.5 m <sup>3</sup> /ekor/hari		
Volume air limbah paling tinggi untuk kambing dan domba: 0.15 m <sup>3</sup> /ekor/hari		
Volume air limbah paling tinggi untuk babi: 0.65 m <sup>3</sup> /ekor/hari		

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
 REPUBLIK INDONESIA,  
 ttd  
 BALTHASAR KAMBUAYA

Salinan sesuai dengan aslinya  
 Kepala Biro Hukum dan Humas

Rosa Vivien Ratnawati

جامعہ الرانیری

A R - R A N I R Y

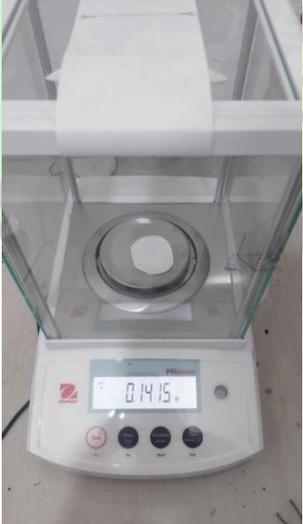
**Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian**

No.	Dokumentasi	Keterangan
1.		Pengambilan sampel
2.		Sampel limbah cair RPH
3.		Pengukuran pH larutan ekoenzim

4.		<p>Penyusunan reaktor bioremediasi anaerob</p>
5.		<p>Proses memasukan limbah cair RPH ke dalam reaktor</p>
6.		<p>Penambahan ekoenzim ke dalam reaktor</p>

7.		Pengujian COD
8.		Proses pemanasan untuk pengecekan COD
9.		Pengukuran COD menggunakan COD meter

10.		Pengujian TSS
11.		Pengujian Ph
12.		Penimbangan kertas whatman

13.		Proses pengeringan kertas whatman no.42 dalam oven
14.		Penimbangan kertas whatman no.42 menggunakan timbangan analitik
15.		Pengukuran TSS

### Lampiran 3. Perhitungan Nilai Total Suspended Solid (TSS)

Nilai TSS dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}}$$

Keterangan:

$W_0$  = Berat awal (mg)

$W_1$  = Berat akhir (mg)

V = volume sampel (ml)

#### 1. Hasil TSS sebelum pengolahan

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,2325 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 910 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

#### 2. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,2217 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 802 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

#### 3. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,2174 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 759 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

#### 4. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4 dengan 10% EE

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,2115 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 700 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 5. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,2128 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 713 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 6. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,1739 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 324 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 7. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6 dengan 10% EE

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,1643 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 228 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 8. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,2111 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 696 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 9. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,1545 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 130 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 10. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8 dengan 10% EE

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V_{\text{sampel}}} \\ &= \frac{(0,1483 - 0,1415) \times 1000}{0,1} \\ &= 68 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## Lampiran 4. Perhitungan Efektivitas Pengolahan

### 6.1. Efektivitas TSS

Efektivitas TSS dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ efektivitas} = \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100$$

#### 1. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(910 - 802)}{910} \times 100 \\ &= 11,86\% \end{aligned}$$

#### 2. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(910 - 759)}{910} \times 100 \\ &= 16,59\% \end{aligned}$$

#### 3. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4 dengan 10% EE

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(910 - 700)}{910} \times 100 \\ &= 23,07\% \end{aligned}$$

#### 4. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(910 - 713)}{910} \times 100 \\ &= 21,64\% \end{aligned}$$

#### 5. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(910 - 324)}{910} \times 100 \\ &= 64,39\% \end{aligned}$$

## 6. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6 dengan 10% EE

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(910 - 228)}{910} \times 100 \\
 &= 74,94\%
 \end{aligned}$$

## 7. Kontrol Bioremediasi Anaerob Hari ke-8

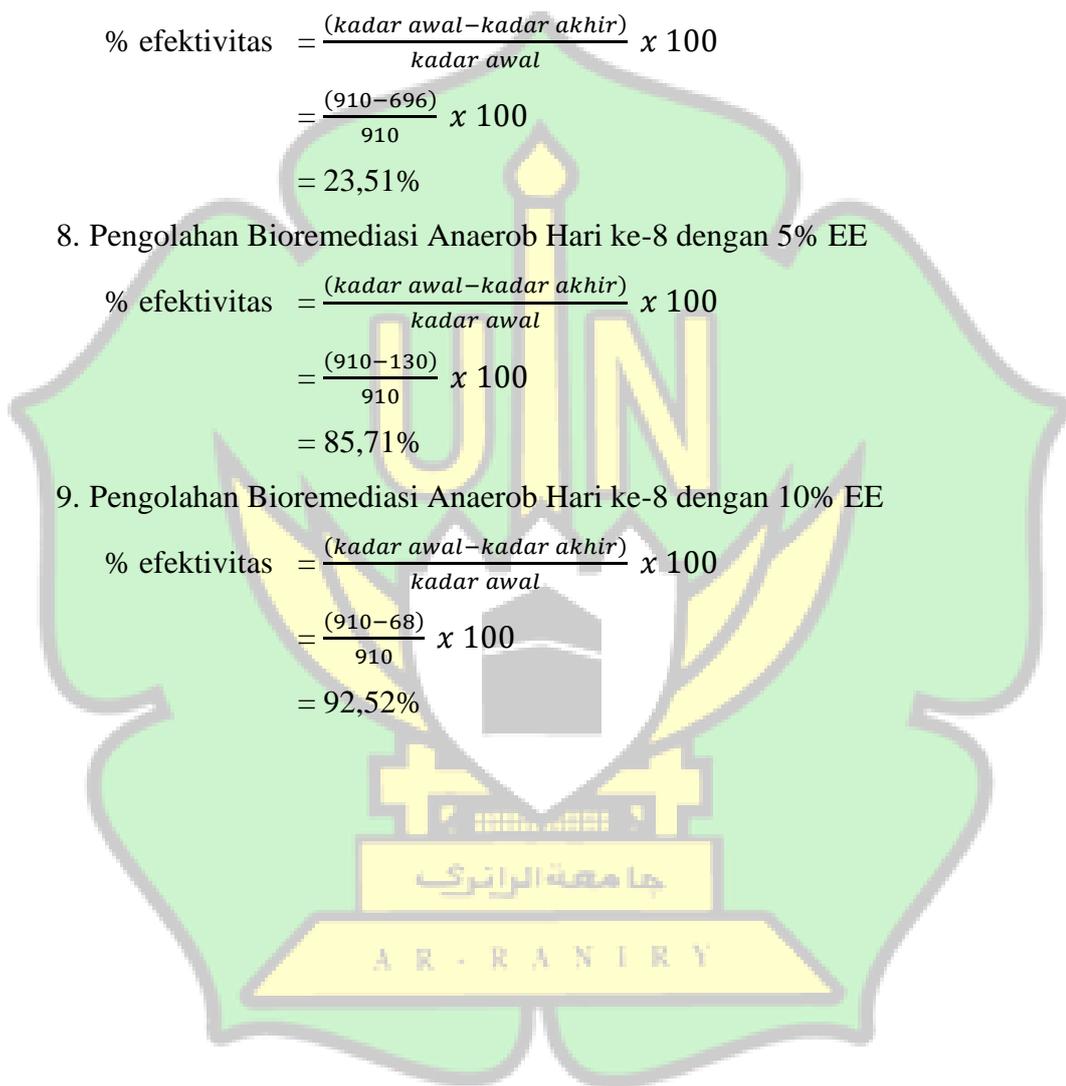
$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(910 - 696)}{910} \times 100 \\
 &= 23,51\%
 \end{aligned}$$

## 8. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8 dengan 5% EE

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(910 - 130)}{910} \times 100 \\
 &= 85,71\%
 \end{aligned}$$

## 9. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8 dengan 10% EE

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(910 - 68)}{910} \times 100 \\
 &= 92,52\%
 \end{aligned}$$



## 6.2. Efektivitas COD

Efektivitas COD dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ efektivitas} = \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100$$

1. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(481 - 875)}{481} \times 100 \\ &= -81,91\% \end{aligned}$$

2. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(481 - 233)}{481} \times 100 \\ &= 51,55\% \end{aligned}$$

3. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-4 dengan 10% EE

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(481 - 193)}{481} \times 100 \\ &= 59,87\% \end{aligned}$$

4. Kontrol Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(481 - 1172)}{481} \times 100 \\ &= -143,65\% \end{aligned}$$

5. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6 dengan 5% EE

$$\begin{aligned} \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\ &= \frac{(481 - 141)}{481} \times 100 \\ &= 70,68\% \end{aligned}$$

## 6. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-6 dengan 10% EE

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(481 - 106)}{481} \times 100 \\
 &= 77,96\%
 \end{aligned}$$

## 7. Kontrol Bioremediasi Anaerob Hari ke-8

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(481 - 1279)}{481} \times 100 \\
 &= -165,90\%
 \end{aligned}$$

## 8. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8 dengan 5% EE

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(481 - 117)}{481} \times 100 \\
 &= 75,67\%
 \end{aligned}$$

## 9. Pengolahan Bioremediasi Anaerob Hari ke-8 dengan 10% EE

$$\begin{aligned}
 \% \text{ efektivitas} &= \frac{(\text{kadar awal} - \text{kadar akhir})}{\text{kadar awal}} \times 100 \\
 &= \frac{(481 - 59)}{481} \times 100 \\
 &= 87,73\%
 \end{aligned}$$

