

**DEGRADASI KADAR PENCEMAR PADA LIMBAH CAIR
PABRIK TEMPE DENGAN MENGGUNAKAN EKO-ENZIM**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh

MUHAMMAD ILHAM AKBAR

NIM. 170702015

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**DEGRADASI KADAR PENCEMAR PADA LIMBAH CAIR
PABRIK TEMPE DENGAN MENGGUNAKAN EKO-ENZIM**

TUGAS AKHIR

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

Diajukan oleh:

MUHAMMAD ILHAM AKBAR

NIM. 170702015

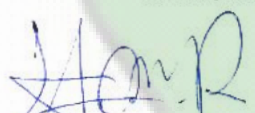
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Banda Aceh, 21 Juli 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Muhammad Nizar, S.T., M.T.
NIDN. 0122057502


Muhammad Ridwan Harahap, M.Si.
NIDN. 2027118603

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


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

DEGRADASI KADAR PENCEMAR PADA LIMBAH CAIR PABRIK TEMPE DENGAN MENGGUNAKAN EKO-ENZIM

TUGAS AKHIR

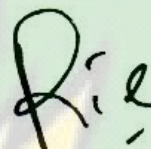
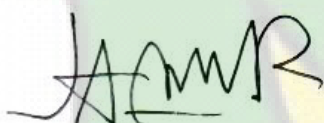
Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 21 Juli 2022
22 Zulhijah 1442 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

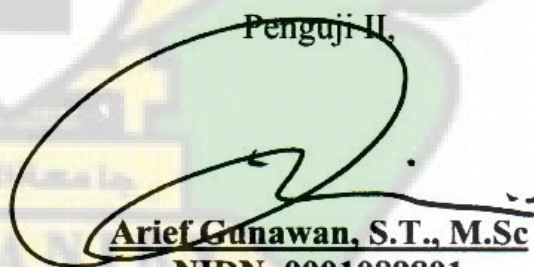


Dr. Muhammad Nizar, S.T., M.T
NIDN. 0122057502

Muhammad Ridwan Harahap M.Si.
NIDN. 2027118603

Penguji I,

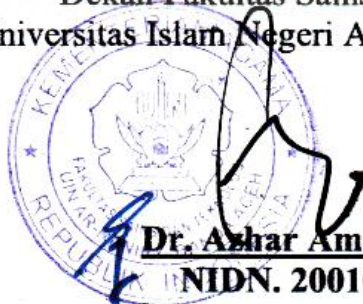
Penguji II,



Syafrina Sari Lubis, S.Si., M.Si
NIDN. 2025048003

Arief Gunawan, S.T., M.Sc
NIDN. 0001089801

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



Dr. Ashar Amsal, M.Pd
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ilham Akbar
NIM : 170702015
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Degradasi Kadar Pencemar pada Limbah Cair Pabrik Tempe dengan Menggunakan Eko-enzim

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 adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. 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 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.

Banda Aceh, 21 Juli 2022

Yang menyatakan,



Muhammad Ilham Akbar
NIM. 170702015

ABSTRAK

Nama : Muhammad Ilham Akbar
NIM : 170702015
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Degradasi Kadar Pencemar pada Limbah Cair Pabrik Tempe dengan Menggunakan Eko-enzim
Tanggal Sidang : 21 Juli 2022
Jumlah Halaman : 54
Pembimbing I : Dr. Muhammad Nizar, S.T., M.T.
Pembimbing II : Muhammad Ridwan Harahap, M.Si.
Kata Kunci : Limbah Cair Tempe, Degradasi, Eko-enzim, BOD₅, COD, TSS, dan pH

Limbah cair tempe yang dihasilkan dari industri tempe sebagian besar berasal dari proses pemasakan kedelai, pencucian kedelai, pembersihan peralatan proses serta pembersihan lantai. Limbah cair tempe memiliki kandungan berupa bahan organik padatan tersuspensi seperti kulit, selaput lendir dan bahan organik lain. Pembuangan limbah cair ke lingkungan tanpa adanya pengelolaan dengan baik dapat mengganggu lingkungan sekitar karena dapat merusak kualitas air tanah, menimbulkan bau yang tidak sedap, serta dapat memicu tumbuhnya berbagai bakteri patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan eko-enzim dalam mengolah limbah cair tempe agar aman untuk dialirkan ke badan air sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan dalam PERMENLH No. 5 Tahun 2014 tentang air limbah. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah ekperimental dengan menggunakan dua perlakuan yaitu T₁ dan T₂. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh nilai masing-masing pH, TSS, BOD₅, dan COD pada T₁ adalah sebesar 3,6, 107 mg/L, 110 mg/L, dan 4507 mg/L. Pada perlakuan T₂ diperoleh hasil untuk masing-masing nilai pH, TSS, BOD₅, dan COD adalah sebesar 3,6, 67 mg/L, 100 mg/L, dan 552 mg/L.

ABSTRACT

Name : Muhammad Ilham Akbar
NIM : 170702015
Department : Environmental Engineering
Title : Degradation of Pollutants in Tempe Factory Liquid Waste
by Using Eko-enzim
Date of Session : July 21th 2022
Number of Pages : 54
Thesis Advisor 1 : Dr. Muhammad Nizar, S.T., M.T.
Thesis Advisor 2 : Muhammad Ridwan Harahap, M.Si.
Keywords : Tempe Liquid Waste, Degradation, Eco-enzyme, BOD₅,
COD, TSS, and pH

The tempeh liquid waste generated by the tempeh industry is mainly from the process of cooking the soybeans, the soybean washing process, equipment cleaning, and factory floor cleaning. Tempeh liquid waste contains suspended solid organic matter like skin, mucous membranes, and other organic matter. Disposal of liquid waste into the environment without proper management can have a detrimental effect on the environment because it can affect groundwater quality, cause unpleasant odors, and trigger the growth of various pathogenic bacteria. This study aimed to determine the ability of eco-enzymes to treat tempeh liquid waste so that it can be safely discharged into water bodies in accordance with the standards set out in the Ministry of Environment's Regulation No. 5 of 2014 about waste water. In this study, the method used was experimental with two treatments: T1 and T2. Based on the measurements, the respective values of pH, TSS, BOD₅, and COD in T1 were 3.6, 107, 110, and 4507 mg/L. In the T2 treatment, the pH, TSS, BOD₅, and COD were 3.6, 67 mg/L, 100 mg/L, and 552 mg/L, respectively.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Penulis, sejak bertahun-tahun lamanya berupaya dalam perjuangan memperoleh ilmu dengan senantiasa berhati teguh berniat menduduki hak hidup, sebagai individu yang merdeka dan berdaulat.

Kini, dengan berkat dan rahmat Allah Swt, maka telah sampailah penulis pada satu tingkatan sejarah yang mulia dan luhur. Penulis dengan ini menyusun suatu tanda berbentuk tugas akhir dengan judul **“Degradasi Kadar Pencemar pada Limbah Cair Pabrik Tempe dengan Menggunakan Eko-enzim”** yang disusun berdasarkan pada nilai pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat dalam upaya mewujudkan gelar sarjana teknik pertanda purna sebagai mahasiswa strata-1.

Dengan demikian, penulis menyampaikan terima kasih atas bimbingan dan kemurahan hati semua pihak sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Adapun ucapan terima kasih yang tidak terhingga ini penulis tujukan kepada:

1. Prof. Dr. Mujiburrahman, M.Ag. Selaku Rektor UIN Ar-Raniry.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.
3. Dr. Eng. Nur Aida, M. Si. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Husnawati Yahya, M. Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh serta koordinator tugas akhir.
5. Bapak Muhammad Faisi Ikhwali, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan arahan serta bimbingannya.

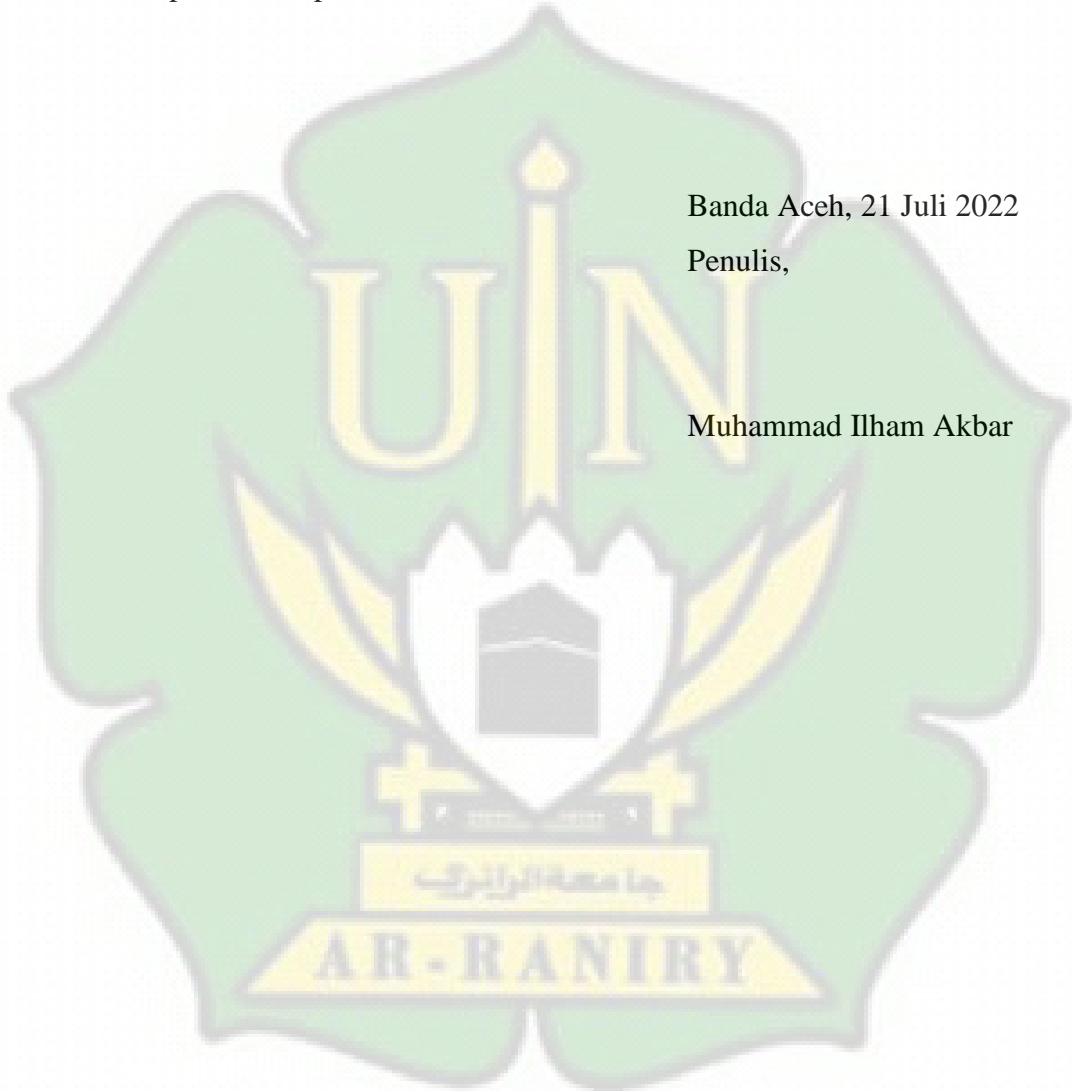
6. Bapak Dr. Muhammad Nizar, S.T., M.T.. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
7. Bapak Muhammad Ridwan Harahap, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Ibu Syafrina Sari Lubis, S.Si., M.Si. atas bantuan dan saran yang diberikan pada Sidang Munaqasyah Tugas Akhir.
9. Bapak Arief Gunawan, S.T., M.Sc. Selaku penguji Sidang Munaqasyah Tugas Akhir .
10. Seluruh Dosen selingkungan Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan pengetahuan selama masa perkuliahan.
11. Bapak Zakaria AR dan Ibu Agustinawati selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
12. Keluarga besar baik dari pihak ayah maupun ibu khususnya, Ir. Mufazzil Yusra, S.T., M.T., Muhammad Reza Pahlevi, S.T., Teuku Muhammad Rian Adhary, S.H.,M.Kn, dr. Nurfarahin, dr. Ema Nanda Sari, Nabila Azzahra, S.H, M.Kn, Fitriah, SKM., Janu Sadaruddin, S.E., Selaku saudara, saudari serta om dan tante penulis yang telah memberikan dukungan moral, mental dan material.
13. Teman seperjuangan yang telah memberi dukungan semangat serta membantu setiap hal dalam pembuatan tugas akhir terkhususnya Saudari Zahratul Amal, Zahratul Maulida, Cut Tafazzani Fithrian Nazla, Annisa Raudhya Serta Saudara Muhammad Denny Septian, Muhammad Daudsyah , Rais Amsal Turhamun, Farhan Zaky, dan seluruh Leting 2017 teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry.
14. Seluruh saudara yang telah mendukung dari awal hingga akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap segala kebaikan semua pihak dibalas dengan kebaikan pula oleh Allah SWT dan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 21 Juli 2022

Penulis,

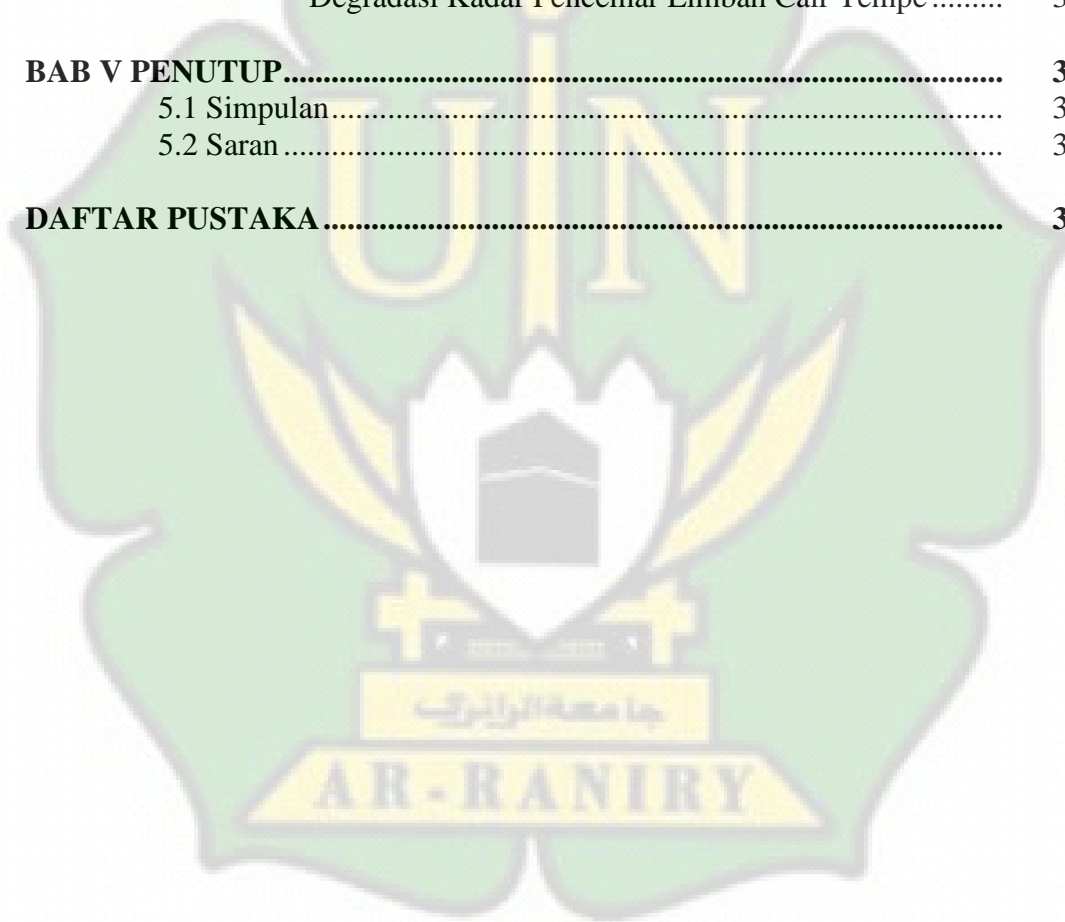
Muhammad Ilham Akbar



DAFTAR ISI

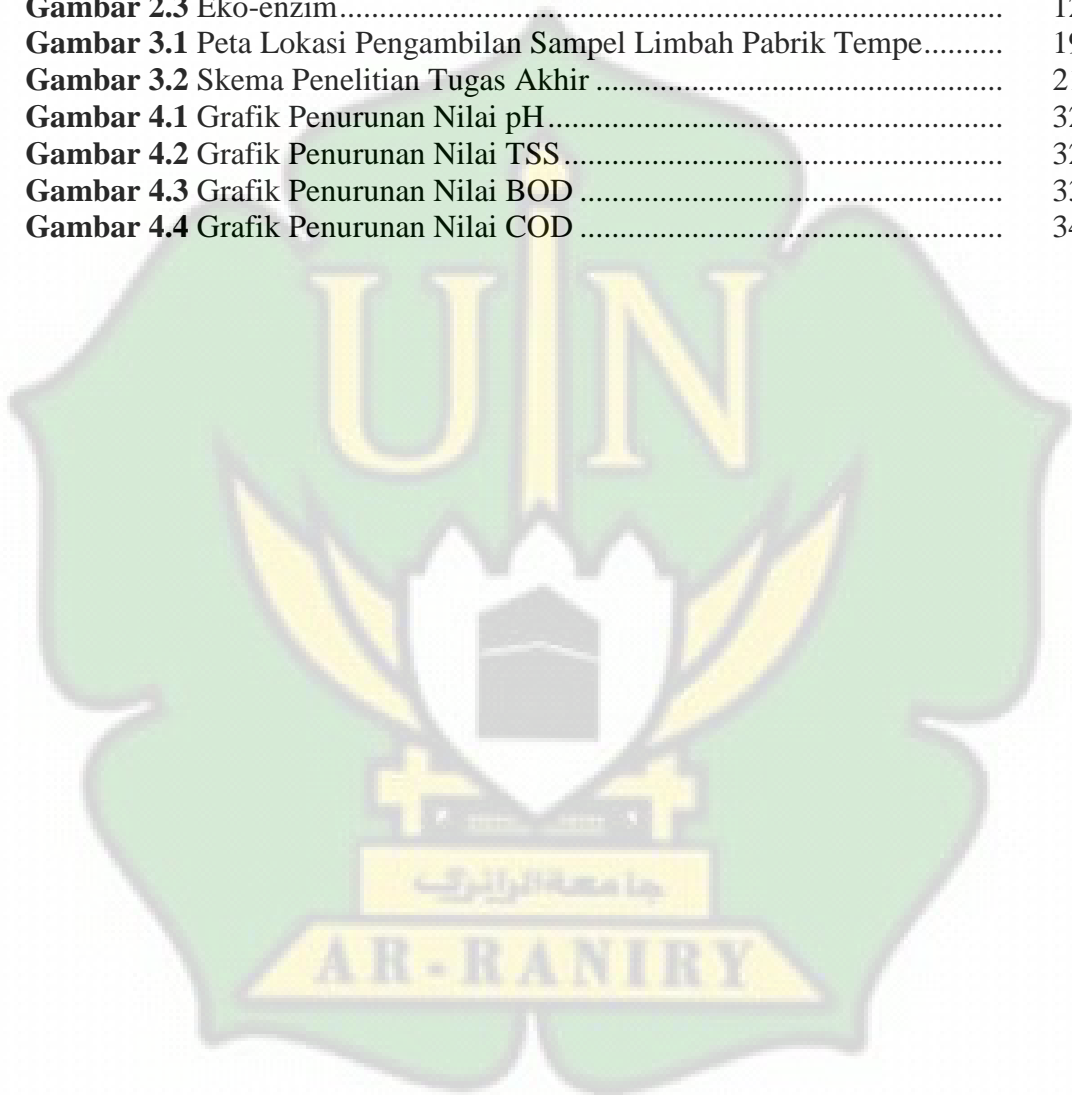
| | Halaman |
|--|-----------|
| Lembaran Persetujuan Tugas Akhir..... | i |
| Lembar Pernyataan Keaslian Tugas Akhir | iii |
| Abstrak | iv |
| <i>Abstract</i> | v |
| Kata Pengantar | vi |
| Daftar Isi..... | ix |
| Daftar Gambar..... | xi |
| Daftar Tabel | xii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Batasan Masalah | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Pabrik Tempe..... | 6 |
| 2.1.1 Limbah Cair Pabrik Tempe | 7 |
| 2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Pembuatan Tempe | 9 |
| 2.1.3 Baku Mutu Limbah Cair Pembuatan Tempe..... | 10 |
| 2.2 Eko-enzim..... | 11 |
| 2.2.1 Karakteristik Eko-enzim..... | 12 |
| 2.2.2 Reaksi Kimia pada Eko-enzim | 14 |
| 2.3 Pengolahan Limbah Cair menggunakan Eko-enzim | 15 |
| 2.4 Penelitian terdahulu mengenai Eko-enzim | 16 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 21 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 21 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 22 |
| 3.2.1 Alat | 22 |
| 3.2.2 Bahan..... | 22 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 22 |
| 3.4 Pendegradasi Menggunakan Eko-enzim | 23 |
| 3.5 Pengukuran Parameter | 24 |
| 3.5.1 Pengukuran Nilai pH | 24 |
| 3.5.2 Pengukuran Nilai TSS | 25 |
| 3.5.3 Pengukuran Nilai COD..... | 25 |
| 3.5.4 Pengukuran Nilai BOD..... | 26 |
| 3.6 Analisis Data | 27 |

| | |
|---|-----------|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| 4.1 Hasil Penelitian..... | 28 |
| 4.1.1 Kemampuan Eko-enzim dalam mendegradasi limbah cair pabrik tempe | 28 |
| 4.1.2 Pengaruh Variasi Penambahan Eko-enzim Terhadap Degradasi Kadar Pencemar Limbah Cair Tempe | 29 |
| 4.2 Pembahasan | 29 |
| 4.2.1 Kemampuan eko-enzim dalam mendegradasi limbah cair pabrik tempe | 29 |
| 4.2.2 Pengaruh Variasi Penambahan Eko-enzim Terhadap Degradasi Kadar Pencemar Limbah Cair Tempe | 32 |
| BAB V PENUTUP..... | 36 |
| 5.1 Simpulan..... | 36 |
| 5.2 Saran | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 37 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Produksi Tempe | 9 |
| Gambar 2.2 Ilustrasi Pembuatan Eko-enzim | 12 |
| Gambar 2.3 Eko-enzim..... | 12 |
| Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Pabrik Tempe..... | 19 |
| Gambar 3.2 Skema Penelitian Tugas Akhir | 21 |
| Gambar 4.1 Grafik Penurunan Nilai pH..... | 32 |
| Gambar 4.2 Grafik Penurunan Nilai TSS..... | 32 |
| Gambar 4.3 Grafik Penurunan Nilai BOD | 33 |
| Gambar 4.4 Grafik Penurunan Nilai COD | 34 |



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Tempe..... | 11 |
| Tabel 2.2 Karakteristik Eko-enzim | 13 |
| Tabel 2.3 Estimasi Kadar Alkohol Pada Eko-enzim..... | 13 |
| Tabel 2.4 Kadar Nitrat (NO ₃) dalam Larutan Eko-enzim | 14 |
| Tabel 2.5 Perbandingan antara Eko-enzim dan Bahan Kimia..... | 15 |
| Tabel 2.6 Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Eko-enzim | 16 |
| Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe sebelum Penambahan Eko-enzim | 27 |
| Tabel 4.2 Karakteristik Limbah Cair Tempe Sesudah Penambahan Eko-enzim | 27 |
| Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Penambahan Eko-Enzim Terhadap Degradasi Kadar Pencemar Limbah Cair Tempe..... | 28 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan produsen tempe terbesar dunia dengan 50% konsumsi kedelai nasional untuk memproduksi tempe dan konsumsi tempe rata-rata orang diperkirakan mencapai sekitar 6,45 kg per tahun (BSN, 2012). Tempe menurut Sekarmurti dkk (2018) merupakan makanan yang disukai semua kalangan dari berbagai strata masyarakat maupun usia karena memiliki rasa yang enak, harga yang relatif murah serta mudah didapat.

Tempe pada umumnya diproduksi oleh industri kecil dengan proses pembuatan secara tradisional dan banyak memakai tenaga manusia (Herlambang, 2001). Pabrik pembuatan tempe yang beroperasi di Kota Banda Aceh diketahui tersebar di 9 kecamatan. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh (2020) pabrik tempe di Kota Banda Aceh terdapat di Kecamatan Meuraxa sejumlah 3 pabrik, Kecamatan Jaya Baru sejumlah 7 pabrik, Kecamatan Banda Raya sejumlah 2 pabrik, Kecamatan Baiturrahman sejumlah 3 pabrik, Kecamatan Lueng Bata sejumlah 4 pabrik, Kecamatan Kuta Alam sejumlah 2 pabrik, Kecamatan Kuta Raja sejumlah 2 pabrik, Kecamatan Syiah Kuala sejumlah 2 pabrik dan Ulee Kareng sejumlah 1 pabrik.

Pabrik tempe selama proses produksi menghasilkan 2 jenis limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah cair yang berasal dari pabrik tempe banyak dibuang secara langsung ke badan air seperti sungai tanpa terlebih dahulu dilakukan proses pengolahan terhadap limbah cair yang dihasilkan (Winda dan Soeharto, 2015). Limbah cair industri jika merujuk pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-51/MENLH/10/1995 disebutkan sebagai limbah yang berwujud cair dari suatu kegiatan industri yang dibuang langsung ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Tidak adanya unit pengolahan limbah cair, kurangnya pengawasan oleh dinas terkait seperti Dinas Lingkungan Hidup (DLH) perihal izin lingkungan, serta limbah cair yang

mengalir secara langsung ke badan air dikhawatirkan akan berdampak pada ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat sekitar pabrik tempe (Nurhayati dkk., 2011).

Limbah cair tempe yang dihasilkan dalam proses pembuatan tempe diketahui dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Limbah cair tempe berpotensi menimbulkan polusi berupa bau dan membawa kuman penyebab hitamnya air sungai. Jika air limbah dan air sungai bercampur dan mengalami interupsi ke dalam tanah dekat sumur, maka sumur tersebut dipastikan tidak dapat digunakan karena berbahaya bagi kesehatan pengguna sumur (Puspawati, 2017).

Bahaya yang ditimbulkan oleh limbah cair pabrik tempe disebabkan oleh kandungan limbah cair tempe seperti bahan organik, padatan tersuspensi serta bahan koloid seperti lemak, protein, dan selulosa dengan konsentrasi tinggi (Amanda dkk., 2019). Sumber polutan pada limbah cair pembuatan tempe lainnya adalah kadar *Biological Oxygen demand* (BOD) dan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan nilai tanpa pengolahan mencapai sekitar 5000-10.000 mg/L untuk BOD dan untuk COD 7000–12.000 mg/L, atau melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah (Sayow dkk., 2020).

Pabrik yang tidak melakukan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan tentunya akan membuat kerusakan terhadap lingkungan sekitar juga dapat menyebabkan permasalahan kesehatan bagi masyarakat sekitar industri. Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh tangan manusia pada dasarnya telah diabadikan dalam Al-Qur'an, yaitu pada surah Ar-Rum ayat 41, Allah SWT berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ
يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya:

Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Melalui ayat di atas dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang dilakukan dengan tangan manusia akan kembali pada manusia itu sendiri agar menjadi suatu pembelajaran. Untuk mencegah dampak yang ditimbulkan sebagai sebab dari perbuatan manusia tersebut maka dilakukanlah suatu upaya untuk menjaga lingkungan. Salah satu upaya menjaga lingkungan hidup dalam konteks pabrik pembuatan tempe adalah dengan mengolah limbah yang dihasilkan secara baik dan sesuai peraturan yang berlaku.

Pengolahan limbah dengan menggunakan metode biodegradasi merupakan salah satu langkah yang dapat dipilih oleh usaha kecil dan menengah agar dapat mengolah limbah hingga mencapai nilai baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah dan tidak perlu mengeluarkan biaya pengolahan yang besar (Turista, 2017). Proses biodegradasi dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan eko-enzim.

Eko-enzim merupakan zat organik komposit terdiri dari asam organik, rantai protein (enzim), dan garam mineral yang dihasilkan oleh proses fermentasi kulit buah, sayuran, gula serta air yang dapat digunakan untuk menguraikan, mengubah dan mengkatalisasi (Selvakumar dan Sivashanmugam, 2017). Eko-enzim memiliki kelebihan yaitu dapat dibuat dengan mudah, tidak memerlukan banyak biaya dalam proses pembuatannya juga dapat diaplikasikan pada aktivitas seperti mencuci pakaian, digunakan untuk membersihkan rumah dan untuk memurnikan air yang terkontaminasi (Janarthanan dkk., 2020).

Eko-enzim 10% yang diaplikasikan pada limbah cair domestik selama 5 hari diketahui mampu mendegradasi kadar pencemar ditinjau melalui parameter uji seperti nilai pH yang pada awalnya berada pada angka 4,16 meningkat menjadi angka 6,82. Nilai padatan terlarut yang berhasil direduksi oleh eko-enzim mencapai angka 13,49%, reduksi terhadap Nilai BOD sebesar 65,40%, COD sebesar 48,66% serta menghilangkan bakteri *coliform* hingga mendekati 99.9% (Samiksha & Kerkar, 2020).

Menurut penelitian Chin dkk. (2018) eko-enzim dalam pengolahan limbah diketahui efektif dalam menurunkan kadar pencemar karena memiliki kadar toksisitas yang rendah dan bersifat biodegradabel sehingga limbah yang diolah

menggunakan eko-enzim sudah sesuai dengan persyaratan air buangan yang berlaku untuk dialirkan ke badan air. Eko-enzim berfungsi seperti enzim komersial dengan kemampuan degradasi yang tinggi dan waktu relatif singkat untuk pengolahan limbah cair. Penggunaan eko-enzim menjadi topik kajian yang menarik dan menjadi bahan eksplorasi oleh peneliti seperti di Malaysia sebagai solusi mengatasi pencemaran akibat limbah cair (Nazim & Meera, 2013).

Pengolahan limbah cair khususnya limbah cair buangan pabrik tempe menggunakan eko-enzim di Kota Banda Aceh menurut observasi penulis belum pernah dilakukan, sehingga dalam tugas akhir ini akan dilaksanakan pengujian menggunakan eko-enzim yang diaplikasikan pada air limbah bertujuan untuk mengetahui kemampuan eko-enzim menurunkan kadar pencemar dalam air limbah. Adapun penelitian ini diberi judul: “Degradasi Kadar Pencemar pada Limbah Cair Pabrik Tempe dengan Menggunakan Eko-enzim”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan eko-enzim dalam degradasi parameter kadar pencemar pada limbah cair pabrik tempe agar sesuai dengan baku mutu yang tertera pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Standar Baku Mutu Air Limbah?
2. Bagaimana pengaruh variasi kadar eko-enzim dalam mendegradasi limbah cair pabrik tempe?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilaksanakan adalah untuk mengetahui kemampuan eko-enzim dalam mengolah limbah cair pabrik tempe agar dapat dialirkan ke badan air dengan nilai parameter yang telah sesuai Baku Mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi penelitian tentang eko-enzim.
2. Menjadi referensi dan masukan untuk instansi terkait dalam menangani permasalahan limbah dari sumber.
3. Menjadi media edukasi masyarakat dan industri tentang inovasi dalam pengelolaan limbah yang dilakukan dengan sederhana dan mengurangi limbah menggunakan limbah lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi menjadi beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel dilakukan di Pabrik Tempe dan Tahu Cap Meuraxsa yang beroperasi di Jalan Punge Blang Cut, Desa Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh.
2. Parameter yang akan diamati pada limbah cair tempe adalah Parameter BOD₅, COD, TSS, dan pH .
3. Eko-enzim yang dicampurkan kedalam limbah tempe dibuat dalam varisi yang berbeda bertujuan untuk mengetahui penambahan eko-enzim yang paling tepat untuk menurunkan kadar pencemar pada limbah tempe agar sesuai dengan baku mutu yang ditentukan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Standar Baku Mutu Air Limbah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pabrik Tempe

Pabrik tempe merupakan suatu usaha yang mengolah kedelai dengan metode fermentasi untuk memperoleh bentuk padatan yang memiliki bau khas dan warna putih keabu-abuan. Pabrik tempe sebagian besar merupakan usaha kecil menengah (UKM), beroperasi secara sederhana namun membantu perekonomian masyarakat disebabkan oleh banyaknya permintaan konsumen terhadap penganan tempe (Sumarni & Akbari, 2021).

Pembuatan tempe menurut Badan Standar Nasional (BSN) (2012), terdiri dari langkah-langkah proses sebagai berikut:

1. Biji kedelai diletakkan pada tampah untuk ditampi agar biji kedelai tersortir dan diperoleh biji kedelai yang bagus.
2. Biji kedelai dicuci dengan air yang mengalir.
3. Biji kedelai yang sudah dibersihkan dimasukkan kedalam panci berisi air, kemudian direbus selama 30 menit atau sampai mendekati setengah matang.
4. Kedelai yang sudah direbus, direndam selama semalam hingga menghasilkan kondisi asam.
5. Keesokan harinya, kulit arinya dikupas. Biji kedelai dimasukkan kedalam air kemudian diremas-remas hingga terlepas kulit pada biji kedelai hingga tersisa hanya keping kedelai.
6. Keping kedelai dicuci sekali lagi, dengan cara yang sama seperti mencuci beras yang hendak ditanak.
7. Keping kedelai dimasukkan ke dalam dandang lalu ditanak seperti menanak nasi.
8. Setelah matang, kedelai diangkat lalu dihamparkan tipis-tipis di atas tampah, biarkan hingga dingin, airnya tiris dan keping kedelai mengering.

9. Proses selanjutnya adalah menambahkan ragi. Pemberian ragi pada kedelai dicampurkan sambil diaduk hingga merata.
10. Kedelai yang sudah bercampur rata dengan ragi dibungkus menggunakan daun pisang atau plastik.
11. Bungkus kedelai diperam pada rak-rak atau pemeraman pada keranjang bambu yang ditutup goni.
12. Sesudah diperam semalaman, dilakukan penusukan dengan lidi, bertujuan agar udara segar dapat masuk ke dalam bahan tempe.
13. Tempe setengah jadi, diperam lagi semalaman dan keesokan harinya tempe yang dibuat telah jadi dan siap dikonsumsi.

2.1.1 Limbah Cair Pabrik Tempe

Limbah menurut Daryanto (2017) adalah sesuatu benda yang mengandung berbagai zat yang berifat membahayakan kehidupan manusia atau hewan dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia termasuk dari industrialisasi. Terdapat tiga macam limbah, yakni limbah padat, pengotor udara dan limbah cair. Khususnya limbah cair, pengotoran terhadap air dapat disebabkan oleh beberapa hal tergantung sumber serta macam air limbah.

Limbah cair pabrik tempe menurut Peraturan Menteri Negara Nomor 15 Tahun 2008 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai disebutkan sebagai sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Pembuatan tempe menghasilkan limbah cair cukup banyak yang berasal dari sebagian besar tahapan pembuatan tempe dengan kandungan air limbah yaitu padatan tersuspensi dan padatan terlarut yang apabila dibiarkan saja tanpa pengolahan maka berpotensi menghasilkan zat beracun dan menjadi media pertumbuhan bakteri serta kuman penyebab penyakit (Puspawati, 2017).

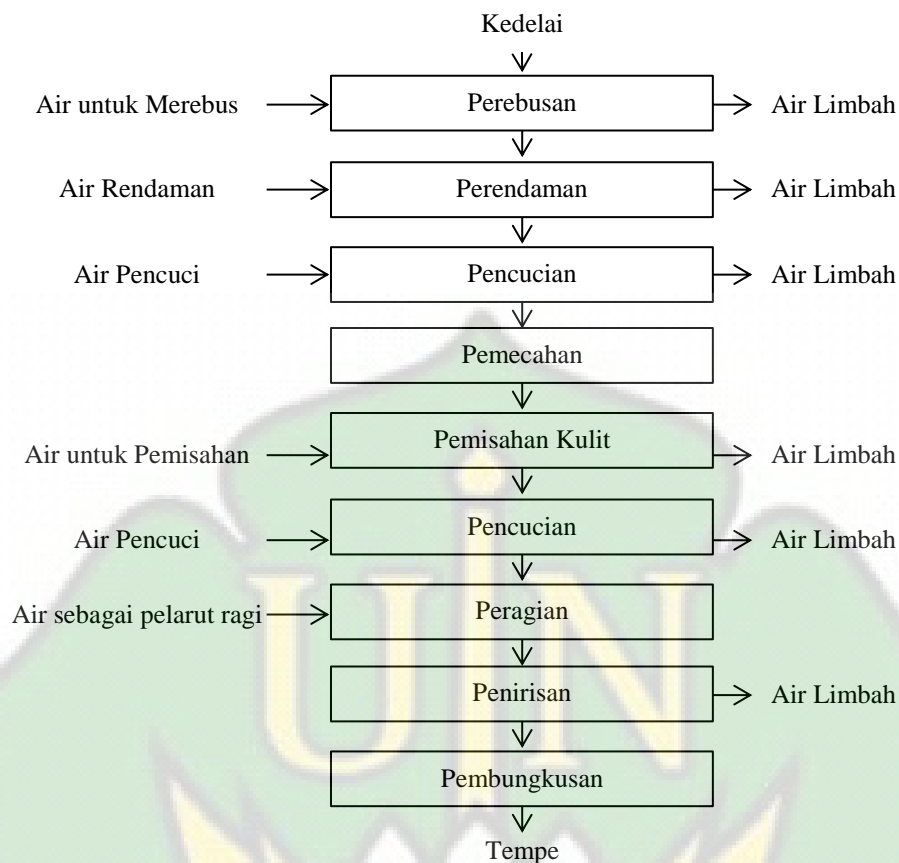
Limbah Cair dari proses pembuatan tempe pada saat pencucian bahan baku sampai pada proses penirisan, menggunakan air mendidih yang memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi serta padatan tersuspensi (TSS) dan Padatan terlarut (TDS) yang melebihi daya tampung lingkungan serta nilai baku

mutu yang disebutkan dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku (Suprayitno, I. A., 2013).

Total Suspended Solid (TSS) dengan nilai cukup tinggi pada limbah tempe akan menghalangi masuknya cahaya matahari kedalam perairan yang akan menghambat proses fotosintesis sehingga berkurangnya kadar oksigen didalam air. Berkurangnya oksigen menyebabkan pertumbuhan bakteri anaerob dengan sangat cepat dan mematikan bakteri aerobik sehingga memunculkan bau busuk yang dapat menjadi salah satu sumber polusi udara. Selain itu kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang merupakan salah satu parameter dalam mengukur kadar pencemaran air oleh zat organik sehingga dapat dioksidasi secara alami melalui proses mikrobiologi apabila terlalu tinggi nilainya dapat menyebabkan kurangnya oksigen terlarut dalam air beserta dengan parameter lainnya seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang juga melewati baku mutu dapat menyebabkan matinya organisme dan biota yang ada di perairan (Puspawati & Soesilo, 2018).

Nilai TSS, BOD, dan COD yang diketahui cukup besar pada limbah cair tempe juga disertai dengan suhu limbah yang juga cukup tinggi. Menurut Wardhana (2012) suhu limbah cair yang berasal dari rebusan kedelai mencapai 75°C. Badan air yang memperoleh pasokan limbah cair dengan suhu yang tinggi maka akan membahayakan kehidupan organisme air. Suhu Optimum untuk kehidupan dalam air adalah 25-30°C. Air sungai yang suhunya naik akan mengganggu kehidupan hewan maupun tanaman air karena kadar oksigen terlarut akan turun seiring dengan kenaikan suhu.

Berikut diagram alir proses pembuatan tempe yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Produksi Tempe
(Sumber: Said & Wahjono, 1999)

Diagram pada gambar 2.1 menunjukkan proses terbentuknya air limbah pada proses produksi tempe. Air limbah terbentuk dari proses perebusan, perendaman, pencucian, pemisahan kulit, pencucian kembali, serta penirisan. Pada saat direbus, ditiriskan dan disaring, kulit ari yang mengandung karbohidrat, protein dan lemak yang mudah terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga dapat menyebabkan cemaran apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Suprayitno, A.I, 2013).

2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Pembuatan Tempe

Limbah cair tempe memiliki beberapa karakteristik yaitu sebagai berikut:

1. Derajat Keasaman (pH)

pH (*puissance negative de H*) adalah parameter untuk menyatakan derajat keasaman di dalam air. Perubahan yang terjadi pada nilai pH yang terjadi di dalam air diketahui berpengaruh terhadap aktivitas biota dan mikroorganisme yang ada

di dalam air (Kordi & Tancung, 2007). Umumnya derajat keasaman limbah cair dari air rebusan kedelai tidak sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan (Wardhana, 2004). Pada limbah cair tempe menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurhayati dkk. (2011) disebutkan memiliki karakteristik yaitu bersifat asam.

2. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS merupakan suatu padatan yang menyebabkan kekeruhan pada air, tidak larut dalam air, dan pengendapan berlangsung secara lambat. Nilai TSS dapat diukur berdasarkan berat kering partikel yang terperangkap pada filter (Kristanto, 2002). TSS pada limbah cair tempe diketahui dihasilkan dari pembuangan air rendaman dan pengelupasan kulit kedelai yang masih banyak mengandung pati (Amanda dkk., 2019).

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD menurut Daryanto (2017) ialah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air secara sempurna. Bahan organik pada umumnya tidak mengalami proses penguraian biologis secara cepat seperti pada pengujian BOD lima hari, tetapi turut menurunkan kualitas badan air yang menerima limbah (Kristanto, 2002). Limbah cair tempe diketahui memiliki nilai COD yang tinggi (Nurhayati, dkk., 2011).

4. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air secara sempurna dengan memakai ukuran proses biokimia yang terjadi di dalam larutan air limbah (Daryanto, 2017). Nilai BOD pada limbah cair tempe diketahui melebihi baku mutu yang ditetapkan (Amanda dkk., 2019).

2.1.3 **Baku Mutu Limbah Cair Pembuatan Tempe**

Baku mutu limbah cair adalah batas kadar yang diperbolehkan terhadap zat atau bahan pencemar yang dihasilkan dari sumber pencemar untuk dibuang ke badan air sehingga tidak mengakibatkan dilampauinya baku mutu air (Atima, 2015). Baku mutu terhadap limbah cair tempe telah diatur dalam Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Standar Baku Mutu Air Limbah yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Limbah Tempe

| Parameter | Pengolahan Kedelai Tempe | |
|---|-----------------------------|-------------------|
| | Kadar (mg/L) | Beban (kg/ton) |
| BOD | 150 | 1,5 |
| COD | 300 | 3 |
| TSS | 100 | 1 |
| pH | 6-9 | |
| Kuantitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton) | 10 | |

(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2014)

2.2 Eko-enzim

Eko-enzim merupakan suatu penemuan di bidang lingkungan hidup yang merupakan hasil inovasi dari seorang peneliti dan pemerhati lingkungan asal Thailand yaitu Dr. Rosukon Poompanvong. Eko-enzim adalah larutan zat organik kompleks yang terbuat dari campuran sisa sampah organik, gula, dan air yang melalui proses fermentasi selama 3 (tiga) bulan (Visantini & Hemalatha, 2020).

Eko-enzim dibuat dengan komposisi yaitu terdiri dari kulit buah-buahan atau sayuran sisa yang dicampurkan dengan gula atau molase serta tambahan air, dengan perbandingan ketiga bahan tersebut adalah 1:3:10 dalam sekali pembuatan eko-enzim. Diperlukan 1 kg gula atau molase, 3 kg sisa sampah dapur (terutama kulit buah dan sayuran) dan yang terakhir adalah air sejumlah 10 L (Janarthanan dkk., 2020). Berikut adalah Gambar 2.2 yang merupakan ilustrasi dari pembuatan eko-enzim.



Gambar 2.2. Ilustrasi Pembuatan Eko-enzim
(Sumber: EEN, 2021)

2.2.1 Karakteristik Eko-enzim

Eko-enzim memiliki karakteristik fisik berwarna coklat pekat, dan memiliki aroma asam kuat (Rochyani dkk., 2016). Secara kimia, merujuk pada Supriyani dkk. (2020) eko-enzim bersifat asam diakibatkan oleh proses fermentasi (biokonversi) terhadap glukosa menjadi asam piruvat yang selanjutnya melalui proses penguraian oleh piruvat dekarboksilase dalam kondisi anaerob akan diubah menjadi asetaldehid. Asetaldehid kemudian berubah menjadi etanol dan karbondioksida yang pada akhirnya oleh bakteri *acetobacter* diubah menjadi asam asetat.



Gambar 2.3. Eko-enzim.
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021)

Nilai pH eko-enzim pada umumnya berada di bawah angka 4,0 (Win, 2011). Sifat asam yang ada pada eko-enzim bersifat asam alami yang mana jika di campurkan kedalam limbah cair akan mencapai nilai pH netral (Samiksha & Kerkar, 2020). Selain nilai pH yang rendah, eko-enzim memiliki karakteristik lainnya, yaitu eko-enzim terdiri dari beberapa enzim seperti amilase, lipase, dan tripsin yang mampu mencegah bakteri patogen berkembang (Rahman dkk., 2020). Eko-enzim juga dapat ditinjau melalui beberapa parameter seperti TDS, *Total Coliform* (MPN), BOD dan COD yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Karakteristik Eko-enzim

| Parameter | Perbandingan Nilai | | Unit/ Satuan |
|-----------------------|--------------------|-------|-------------------------------|
| | Nilai | Nilai | |
| pH | 3,59 | 3,8 | - |
| TDS | 1107 | 1120 | mg/L |
| BOD | 88,6 | 92,6 | mg/L |
| COD | 178 | 186 | mg/L |
| <i>Total Coliform</i> | < 3 | < 3 | <i>NO: of coliform/100 mL</i> |

(Sumber: Samiksha & Kerkar, 2020).

(Sumber: Nazim & Meera, 2013).

Eko-enzim juga memiliki kandungan alkohol yang dibedakan dalam dua jenis larutan, yaitu larutan eko-enzim kulit buah dan eko-enzim sayuran (Samriti. dkk, 2019). Adapun perbedaan kadar alkohol dari kedua bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut.

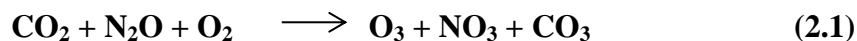
Tabel 2.3. Estimasi Kadar Alkohol Pada Eko-enzim

| Sampel | Konsentrasi (mg/ml) |
|----------------------|---------------------|
| Eko-enzim kulit buah | 0,18 |
| Eko-enzim sayuran | 0,13 |
| Cuka | 0,09 |

(Sumber: Samriti dkk., 2019)

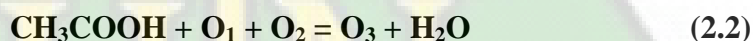
2.2.2 Reaksi Kimia pada Eko-enzim

Proses fermentasi eko-enzim digambarkan dalam reaksi kimia yaitu:



(Muliarta & Darmawan, 2021).

Reaksi kimia yang berlangsung pada proses biokonversi eko-enzim diketahui menghasilkan kandungan asam digambarkan sebagai CH_3COOH yang jika larut dalam air akan dipecah menjadi karbohidrat, lemak, protein dan Asetil-CO-A. Reaksi kimia yang berlangsung adalah



Ozon (O_3) yang dihasilkan dari proses kimia tersebut mampu membunuh bakteri, mereduksi polusi udara dan meningkatkan kadar oksigen di udara (Win, 2011). Perubahan asam piruvat dalam proses fermentasi juga menghasilkan asam asetat dan Karbon dioksida (CO_2) (Hadiyanto & Azim, 2016). CO_2 pada eko-enzim melalui reaksi kimia akan berubah menjadi Karbonat (CO_3) yang mampu memberikan nutrisi pada tumbuhan, ikan dan kehidupan lainnya di laut (Win, 2011).

Eko-enzim selain menghasilkan gas Ozon (O_3) dan Karbonat (CO_3) turut pula menghasilkan Nitrat (NO_3) yang merupakan hasil perubahan dari amonia melalui siklus nutrifikasi mikroba yang berada pada limbah sayuran atau kulit buah yang difermentasi (Low dkk., 2021). Perbandingan antara nitrat yang diproduksi dari eko-enzim berbahan dasar kulit buah dan eko-enzim berbahan dasar sayur dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kadar Nitrat (NO_3) dalam Larutan Eko-enzim

| Larutan | Komposisi | Rerata | σ |
|---------------------------|---------------|--------|----------|
| Eko-enzim dari sayuran | NO_3 | 3422,2 | 898,3 |
| Eko-enzim dari kulit buah | NO_3 | 135 | 13,8 |

(Sumber: Low dkk., 2021).

2.3 Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Eko-enzim

Penggunaan eko-enzim untuk mengolah limbah cair telah banyak digunakan dalam penelitian. Penelitian menggunakan eko-enzim dalam pengolahan limbah cair domestik salah satunya didapatkan hasil bahwa dengan penggunaan eko-enzim pengenceran 10% yang dicampurkan dengan air limbah terjadi penurunan kadar pencemar sebesar 75% untuk BOD, 90 % untuk COD, 94% untuk TSS, dan angka 6,5 – 8 untuk pH pada air limbah (Joseph dkk., 2021).

Penggunaan eko-enzim untuk mengelola limbah cair tidak hanya terfokus pada limbah cair domestik saja namun pemanfaatan eko-enzim diketahui juga efektif digunakan pada limbah jenis lainnya seperti limbah industri yang tentunya perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas eko-enzim dalam mendegradasi kadar pencemar yang lebih tinggi nilainya (Patel dkk., 2021).

Eko-enzim efektif digunakan dalam mengelola limbah diakibatkan oleh sifat dari eko-enzim yaitu sama seperti enzim hidrolitik komersial karena mampu mencapai tingkat degradasi yang tinggi dalam waktu singkat dan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif berbiaya rendah untuk meningkatkan proses pengolahan air limbah serta mendorong daur ulang limbah sesuai dengan daya dukung lingkungan (Selvakumar & Sivashanmugam, 2017).

Perbandingan antara eko-enzim dan bahan kimia dalam pengelolaan limbah cair dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5. Perbandingan antara *Eko-enzim* dan Bahan Kimia

| No | Segi | Eko-enzim | Agen Kimia |
|----|------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Produksi | Dari bahan alami | Dibuat dengan bahan kimia |
| 2 | Biaya | Murah | Banyak biaya yang dibutuhkan |
| 3 | Proses degradasi | Tidak membutuhkan waktu lama untuk terdegradasi | Butuh waktu lama untuk terdegradasi |

| No | Segi | Eko-enzim | Agen Kimia |
|----|---------------------------------|---|---|
| 4 | Sifat dasar | Asam menjadi basa | Kebanyakan bersifat asam |
| 5 | Sifat dasar terhadap lingkungan | Ramah lingkungan | Tidak ramah lingkungan |
| 6 | Biologi tanah | Tidak membunuh mikroorganisme dan mengaktifkan peran mikroorganisme tanah | Kebanyakan mematikan organisme pada tanah |
| 7 | Asap (<i>fumes</i>) | Tidak memproduksi asap beracun | Memproduksi asap beracun yang berbahaya |
| 8 | Toxistasitas | Tidak beracun pada manusia | Asap dan komponen kimia dapat mengakibatkan bahaya bagi manusia |

(Sumber: Vama & Cherekar, 2020)

2.4 Penelitian terdahulu mengenai Eko-enzim

Penelitian terdahulu tentang pengolahan limbah cair dengan menggunakan Eko-enzim dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6. Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Eko-enzim

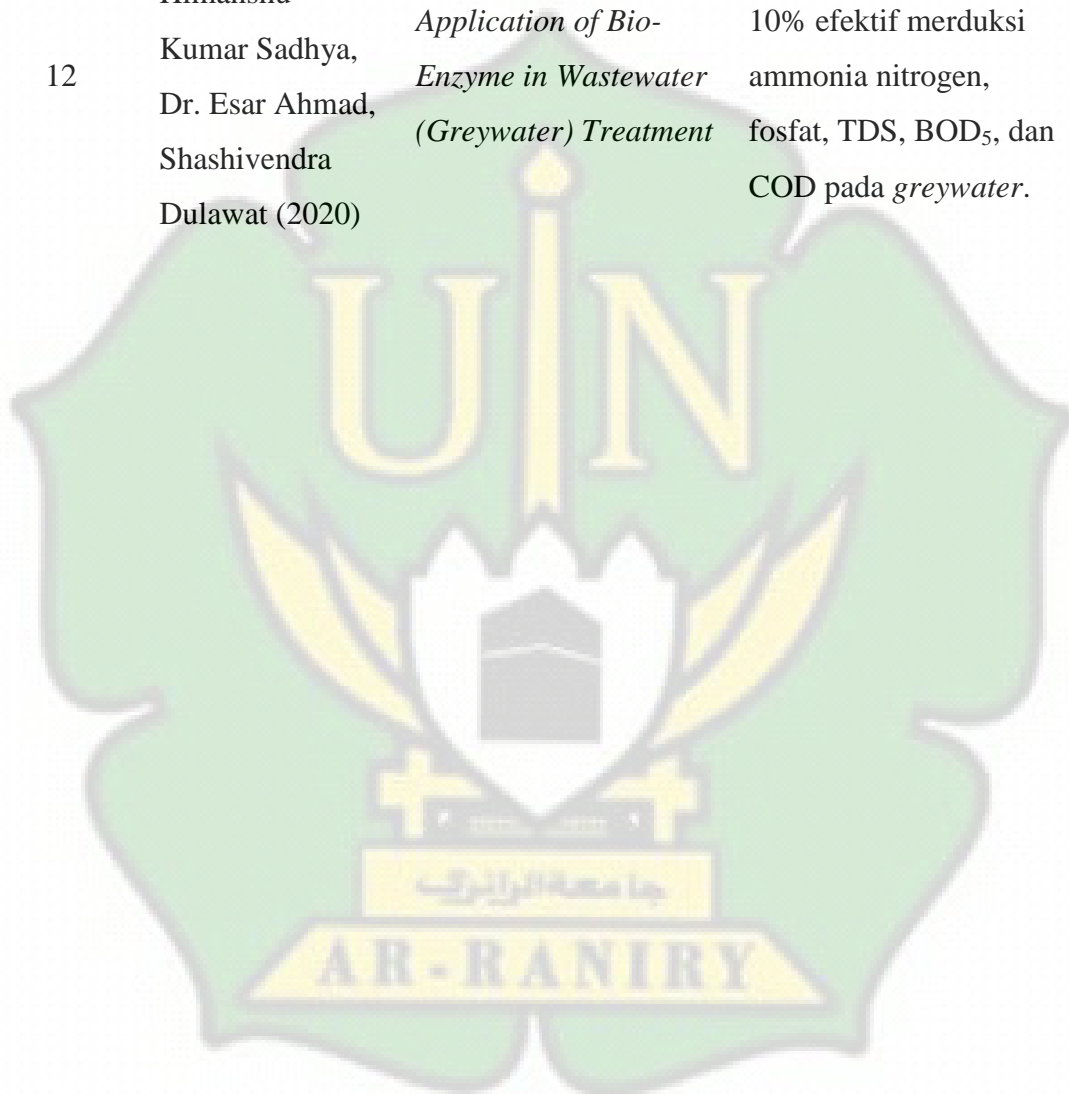
| No | Nama peneliti dan Tahun Penelitian | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|--|--|--|
| 1 | Srimathi. N, Subiksha. M, Abarna. J, Niranjana, T (2020) | <i>Biological Treatment of Dairy Wastewater using Bio Enzyme from Citrus Fruit Peels</i> | Bioenzim dengan konsentrasi 2% dan 4% berhasil mengurangi kadar cemaran pada limbah cair pabrik susu . |

| Nama peneliti | | | |
|----------------------|---|--|---|
| No | dan Tahun Penelitian | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
| 2 | Madhumitha Janarthanan, Kalaiyarasi Mani, dan Sakthiya Ramshankar Raja (2020) | <i>Purification of Contaminated Water Using Eco-enzyme</i> | Eko-enzim berhasil menurunkan nilai pH pada sampel yang terlalu basa menjadi pH normal. |
| 3 | Ashish Josep, Joan Grace Joji, Niksy Maria Prince, Renisha Rajendran, Dr. Mohanraj Nainamalai, Dr. Vishnu M. (2021) | <i>Domestic Waste Water Treatment Using Garbage Enzyme.</i> | <i>Garbage Enzyme</i> 10% berhasil mereduksi pencemar pada limbah cair domestik dengan hasil reduksi yaitu pada Parameter BOD sebesar 75,974% , pada nilai COD sebesar 90,804% , TSS 94,351% dan nilai pH pada Angka 7. |
| 4 | Low Chin Wen, Regina Leong, Zhi Ling, dan Swee-Sen Teo (2021) | <i>Effective Microorganism in Producing Eco-enzyme from Food Waste for Wastewater Treatment.</i> | Eko-enzim yang ditambahkan dalam limbah cair diketahui berhasil meningkatkan kualitas air dalam waktu 5 hari. |
| 5 | Fazna Nazim dan V. Meera (2013) | <i>Treatment of Synthetic Greywater Using 5% and 10 % Garbage Enzyme Solution</i> | Larutan Eko-enzim konsentrasi 10% efektif digunakan untuk mengolah <i>greywater</i> . |

| No | Nama peneliti dan Tahun Penelitian | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|---|--|--|
| 6 | Samiksha Shridhar Kerkar dan Sahil Sanjeev Salvi (2020) | <i>Application of Eco- Enzyme for Domestic Water Treatment</i> | Pengolahan limbah cair domestik dengan Eko-enzim sebanyak 5 % selama 5 hari mereduksi nilai TSS sebesar 12,32% , BOD sebesar 62,51%, COD sebesar 44,76% dan pH berada pada angka 6,72 dari sebelumnya pada angka 3,98. Variasi 10% penambahan Eko-enzim berhasil mereduksi pencemar yaitu untuk nilai TDS sebesar 13,94%, BOD sebesar 65,40% dan nilai COD sebesar 98,66%. |
| 7 | Nazaitulshila Rasit dan Ooi Chee Kuan (2015) | <i>Investigation on the Influence of Bio- catalytic Enzyme Produced from Fruit and Vegetable Waste on Palm Oil Mill Effluent</i> | Eko-enzim dengan konsentrasi 5% ,10% dan 15% ditambahkan pada limbah <i>POME</i> dengan konsentrasi 10% paling efektif untuk mereduksi kadar cemaran pada parameter TSS. |

| No | Nama peneliti dan Tahun Penelitian | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|---|--|--|
| 8 | Efli Pratamadina dan Temmy Wikaningrum (2022) | <i>Potensi Penggunaan Eko-enzim pada Degradasi Deterjen dalam Limbah Air Limbah Domestik</i> | Eko-enzim berhasil membantu proses degradasi deterjen pada air limbah domestik. |
| 9 | Bharvi S. Patel , Bhanu R. Solanki, dan Archana U. Mankad. (2021) | <i>Effect Of Eco-enzyme Prepared From Selected Organic Waste On Domestic Waste Water Treatment</i> | Eko-enzim yang dibuat berbahan dasar kulit jeruk, tumbuhan kenikir (<i>marigold</i>), dan tumbuhan mimba (<i>neem</i>) berhasil menurunkan kadar pencemar. |
| 10 | Javalkar Sayali D, Shinde Shruti Savalkar Shweta S, Pawar Sudarshan E, Dhamdhare Akash H, Patil Shrikant T (2019) | <i>Use of Eco-enzyme in Domestic Waste Water Treatment</i> | Eko-enzim konsentrasi 10% efektif digunakan untuk menghilangkan cemaran pada limbah cair domestik ditinjau dari parameter BOD , COD dan MPN. |
| 11 | Fu E. Tang dan Chung W. Tong | <i>A Study of the Garbage Enzyme's Effects in domestic wastewaters.</i> | Eko-enzim konsentrasi 9% berhasil menghilangkan ammonia Nitrogen dan fosfor pada limbah cair dan menetralkan limbah. |

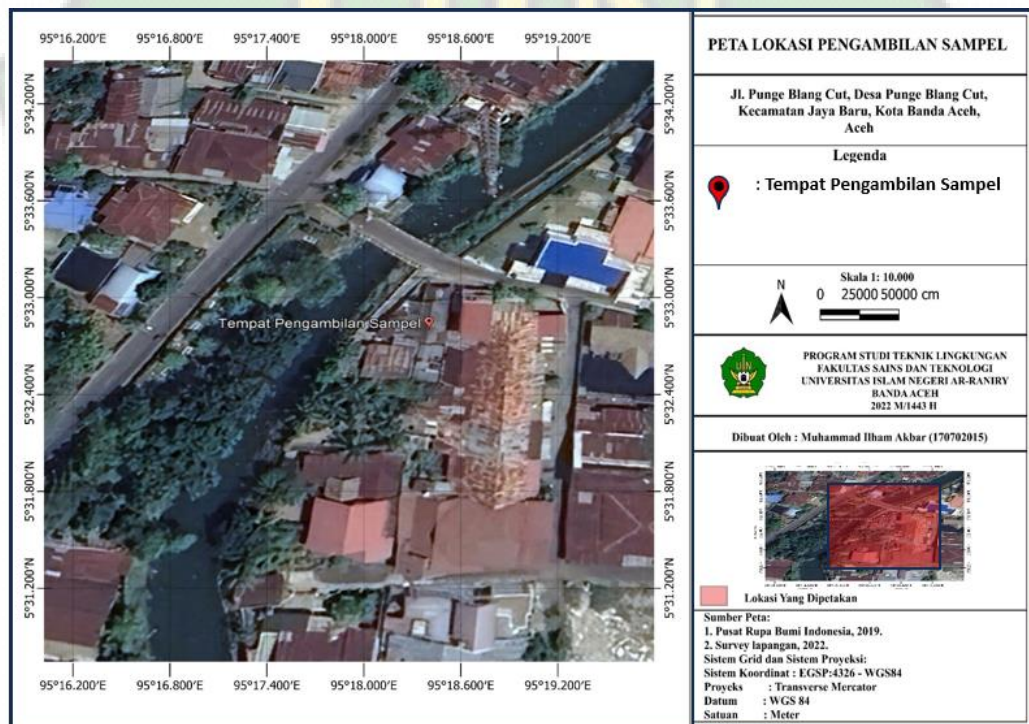
| No | Nama peneliti dan Tahun Penelitian | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|---|---|--|
| 12 | Anshal Kumar, Himanshu Kumar Sadhya, Dr. Esar Ahmad, Shashivendra Dulawat (2020) | <i>Application of Bio- Enzyme in Wastewater (Greywater) Treatment</i> | Bioenzim konsentrasi 10% efektif mereduksi ammonia nitrogen, fosfat, TDS, BOD ₅ , dan COD pada <i>greywater</i> . |



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian di mulai pelaksanaannya pada bulan September s.d. November 2021 bertempat di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry dan pengujian parameter dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Kimia MIPA USK Banda Aceh dengan lokasi pengambilan limbah yaitu pada industri Tempe Meuraxa yang dapat dilihat pada peta lokasi berikut:



Gambar 3.1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Pabrik Tempe.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi.

1. Jeriken 10 L
2. Gelas Beaker 1000 mL
3. Pengaduk Magnetis
4. Penghitung Waktu
5. Alumunium Foil
6. Neraca Analitik

3.2.2 Bahan

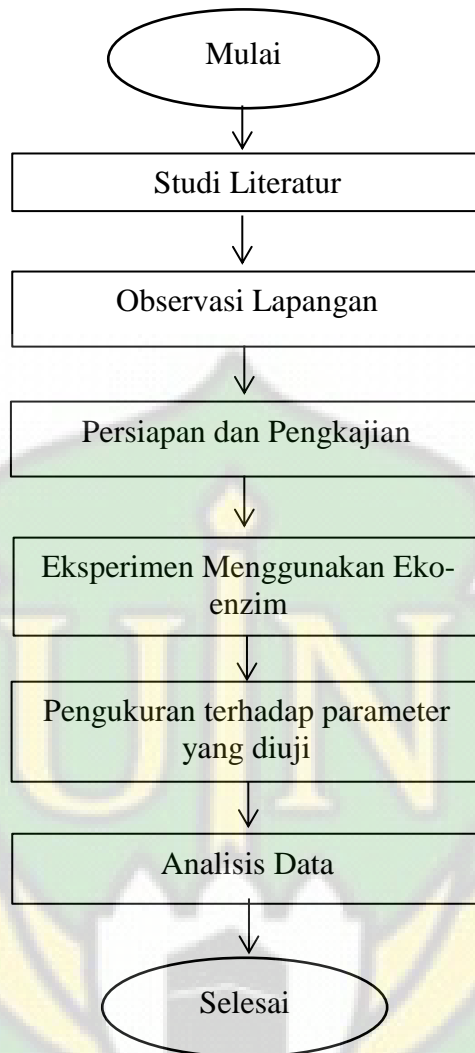
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah.

1. Eko-enzim (Kulit Mangga, Kulit Jeruk, Kulit Nanas, Kulit Sawo, dan Kulit Naga)
2. Limbah Cair Pabrik Tempe

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian tugas akhir ini bersifat kuantitatif dengan metode eksperimental deskriptif yaitu dilakukan pengujian terhadap parameter yang terdapat pada limbah cair industri tempe seperti TSS, BOD, COD dan pH dengan kadar yang melebihi ambang batas atau baku mutu yang diperbolehkan. Parameter yang kadar pencemarnya melebihi ambang batas tersebut akan dilakukan proses pendegradasian menggunakan bahan eko-enzim.

Data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini terdiri dari 2 (dua) jenis data yaitu data primer yang terdiri dari data hasil uji laboratorium serta data sekunder yang merupakan hasil observasi lapangan dan studi literatur terhadap penelitian yang serupa. Skema penelitian tugas akhir ini di tampilkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2. Skema Penelitian Tugas Akhir

3.4 Pendegradasian Menggunakan Eko-enzim

Degradasi terhadap parameter pencemar pada limbah cair tempe dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan pembubuhan eko-enzim kedalam limbah cair pembuatan tempe. Eko-enzim yang digunakan terbuat dari bahan campuran kulit mangga, jeruk, nanas, sawo serta buah naga yang telah dicacah menjadi bagian kecil dan air bercampur molase. Proses pembuatan eko-enzim dimulai dengan memasukkan air kedalam wadah jeriken dengan kapasitas 20 L sebanyak 60% dari kapasitas wadah. Tahapan selanjutnya adalah dengan menambahkan molase sebanyak 10% dari berat air dan dihomogenkan hingga tercampur rata. Proses terakhir adalah dengan menambahkan potongan kulit buah yang telah dipersiapkan sebanyak 30% dari campuran air dan molase kemudian

didiamkan untuk proses fermentasi selama 3 bulan. Setelah 3 bulan dan didapatkan cairan berwarna kuning kecokelatan maka eko-enzim telah siap dipanen dan digunakan untuk proses degradasi. Penelitian ini menggunakan eko-enzim yang melalui proses fermentasi eko-enzim yang dimulai pada 4 Juli 2022- 4 Oktober 2022.

Sampel di bagi kedalam dua kadar penambahan eko-enzim yang berbeda yaitu campuran T_1 dan T_2 . Campuran T_1 dibuat dengan menambahkan eko-enzim sebanyak 25 ml kedalam limbah cair tempe yang telah dipersiapkan sebanyak 475 ml. Sampel Kedua yaitu Campuran T_2 dibuat dengan pencampuran antara 450 ml limbah cair pembuatan tempe dengan 50 ml eko-enzim (Patel dkk., 2021). Sampel yang telah dibuat kemudian dilakukan proses pengadukan selama 180 menit agar kedua bahan tercampur secara sempurna (Joseph dkk., 2021). Sampel yang telah dihomogenkan didiamkan selama 7 (tujuh) hari dan diamati perubahan fisik pada sampel serta dilakukan pengukuran terhadap parameter yang ingin diamati dari sampel dengan waktu kontak 1, 3, 5 dan 7 hari setelah dilakukan proses pencampuran antara eko-enzim dan limbah.

3.5 Pengukuran Parameter

Fokus dalam penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi 4 parameter yang terdiri dari TSS, BOD5, COD dan pH. Terdapat perbedaan metode untuk mendapatkan hasil pengukuran dari masing-masing parameter. Parameter yang akan diuji dalam proses pengukurannya akan mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

3.5.1 Pengukuran Nilai pH

Pengukuran nilai pH sampel limbah cair industri tempe dilaksanakan dengan berpedoman pada SNI 6989.11:2019. Alat yang digunakan dalam pengukuran pH pada penelitian adalah pH meter. Alat pH meter dibilas terlebih dahulu pada bagian elektroda kemudian dikeringkan dengan tisu. Elektroda selanjutnya dimasukkan ke dalam sampel untuk didapatkan hasil pembacaan yang stabil dan dicatat hasil yang diperoleh.

3.5.2 Pengukuran Nilai TSS

Pengukuran nilai TSS pada sampel limbah cair industri tempe dalam penelitian tugas akhir ini berpedoman pada SNI 6989.3:2019. Pengujian dilaksanakan secara gravimetri. Pengukuran diawali dengan menyiapkan media penyaring yang terlebih dahulu dibasahi dengan sedikit air bebas mineral. Contoh uji yang telah dihomogenkan secara kuantitatif dengan volume tertentu di masukan ke dalam media penyaring. Sistem vakum dinyalakan dan dibiarkan contoh uji tersaring. Kertas saring dipindahkan ke wadah timbangan alumunium sebagai penyangga. Kertas saring selanjutnya dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 103°C sampai 105°C. Kertas saring kemudian didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Tahapan pengeringan, pendinginan, dan penimbangan diulang hingga mencapai berat konstan.

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \quad (3.1)$$

Keterangan:

- W0 : Berat media penyaring awal (mg)
- W1 : Berat media penyaring dan residu kering (mg)
- V : Volume contoh uji (mL)
- 1000 : Konversi

3.5.3 Pengukuran Nilai COD

Nilai COD pada sampel akan didapatkan dengan mengikuti prosedur kerja berpedoman pada SNI 6989. 2: 2009. Adapun prosedur kerja yang dimaksud adalah, dipipet contoh uji sebanyak 2,5 ml ke dalam *digestion vessel* dan ditambahkan berturut-turut *digestion solution* sebanyak 1,5 ml serta larutan pereaksi asam sulfat sebanyak 3,5 ml. Tabung yang telah berisikan campuran larutan yang dibuat pada langkah 1 kemudian dikocok perlahan sampai homogen. Tabung diletakkan pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, kemudian dilakukan refluks selam 2 jam. Contoh uji didinginkan sampai suhu ruang. Alat COD meter Disambungkan dengan arus listrik kemudian dihidupkan

dengan menekan tombol "ON". *Digestion vessel* dimasukan ke wadah pembacaan sampel. Hasil pembacaan dicatat dan dilaporkan sebagai hasil penelitian.

3.5.4 Pengukuran Nilai BOD₅

Pengukuran Nilai BOD₅ terhadap sampel limbah industri tempe dilaksanakan dengan berpedoman pada SNI 6989.72: 2009. Adapun cara mendapatkan nilai BOD dalam SNI yang disebutkan adalah sebagai berikut.

Botol DO disiapkan sebanyak 2 (dua) buah dan masing-masing diberi penanda dengan A₁ dan A₂. Dilakukan pengenceran pada larutan contoh uji, dimasukkan dalam botol DO, ditutup botol DO untuk dihindari terbentuknya gelembung udara. Sampel dikocok kemudian ditambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup. Botol A₂ disimpan dalam lemari inkubator 20°C ± 1°C selama 5 hari. Dilakukan pengukuran pada oksigen terlarut pada larutan dalam botol A₁ dengan alat DO meter yang sudah dikalibrasi sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005; Membrane Electrode Method (4500-O G)* atau dengan metoda titrasi secara iodometri (modifikasi Azida). Hasil yang diperoleh dijadikan sebagai nilai oksigen terlarut nol hari (A₁), dengan waktu pengukuran oksigen terlarut dilakukan setelah pengenceran dan paling lama 30 menit. Langkah yang sama dengan butir 5 dilakukan terhadap botol A₂ yang telah diinkubasi 5 hari ± 6 jam. Hasil yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (A₂). Diulangi perlakuan 3.5.4 langkah 1 sampai 6 untuk di dapatkan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B₁) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B₂). Dilakukan pengerjaan dari langkah 1 sampai 6 untuk penetapan kontrol standar menggunakan larutan glukosa-asam glutamat. Dilakukan beberapa pengenceran lainnya terhadap contoh uji. Untuk mendapatkan hasil akhir pada BOD₅ maka digunakan persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right) V_c}{P} \quad (3.3)$$

Keterangan:

BOD_5 : Nilai BOD_5 contoh uji (mg/L)

A_1 : Kadar DO contoh uji sebelum inkubasi (0 hari)(mg/L)

A_2 : Kadar DO contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L)

B_1 : Kadar DO blanko sebelum inkubasi (0 hari)(mg/L)

B_2 : Kadar DO blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L)

V_B : Volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko

V_c : Volume suspensi mikroba dalam contoh uji (mL)

P : Perbandingan volume contoh uji (V_1) per volume total (V_2)

3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengubah data menjadi analisis berbentuk deskriptif yaitu dalam grafik dan tabel disertai dengan narasi sebagai penjelasan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Kemampuan Eko-enzim Dalam Mendegradasi Limbah Cair

Penelitian berlangsung dengan sampel uji berasal dari Pabrik Tempe Cap Meuraxsa yang berada di Desa Punge Blang Cut Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh. Pengujian tahap awal dilakukan dengan menguji karakteristik limbah cair tempe sebelum ditambahkan eko-enzim yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Karakteristik Limbah Cair Tempe Sebelum Penambahan Eko-Enzim

| No | Parameter Uji | Satuan | Hasil Uji |
|----|------------------|--------|-----------|
| 1 | BOD ₅ | mg/L | 140 |
| 2 | COD | mg/L | 15.000 |
| 3 | TSS | mg/L | 447 |
| 4 | pH | - | 3,8 |

Data pada Tabel 4.1 menunjukkan nilai asli dari setiap parameter yang terdapat dalam limbah cair tempe. Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.1 selanjutnya dibandingkan dengan hasil terhadap karakteristik sampel uji setelah dilakukan penambahan eko-enzim. Sampel yang telah ditambahkan eko-enzim memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2. Karakteristik Limbah Cair Tempe Sesudah Penambahan Eko-Enzim

| No | Parameter Uji | Satuan | Hasil Uji |
|----|------------------|--------|-----------|
| 1 | BOD ₅ | mg/L | 100 |
| 2 | COD | mg/L | 552 |
| 3 | TSS | mg/L | 67 |
| 4 | pH | - | 3,6 |

4.1.2 Pengaruh Variasi Penambahan Eko-Enzim Terhadap Degradasi Kadar Pencemar Limbah Cair Tempe

Hasil pengujian terhadap karakteristik sampel uji dengan variasi penambahan eko-enzim dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3. Pengaruh Variasi Penambahan Eko-Enzim Terhadap Degradasi kadar pencemar Limbah Cair Tempe.

| Parameter Uji | Variasi | Hari Ke-1 | Hari Ke-3 | Hari ke-5 | Hari ke-7 |
|------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | T ₁ | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,6 |
| | T ₂ | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,6 |
| TSS | T ₁ | 196 | 166 | 130 | 107 |
| | T ₂ | 181 | 140 | 94 | 67 |
| BOD ₅ | T ₁ | - | - | 110 | - |
| | T ₂ | - | - | 100 | - |
| COD | T ₁ | 13.572 | 13.321 | 9020 | 4507 |
| | T ₂ | 13.322 | 10.475 | 3.007 | 552 |

4.2 Pembahasan

4.2.1 Kemampuan Eko-enzim Dalam Mendegradasi Limbah Cair

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan eko-enzim dalam mendegradasi pencemar dalam limbah cair pabrik tempe dimulai dengan melakukan penelitian terlebih dahulu terhadap sampel uji yaitu limbah cair pabrik tempe sebelum dilakukan penambahan eko-enzim. Pengujian terhadap limbah cair

tempe ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi karakteristik limbah sebagai dasar perbandingan dengan peraturan yang berlaku dan hasil pengujian limbah cair tempe setelah dilakukan penambahan eko enzim.

Karakteristik pada sampel uji telah didapatkan dengan hasil diketahui bahwa pada setiap parameter yang ada seperti pH, TSS, dan COD melebihi baku mutu untuk limbah cair tempe yang disebutkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 sedangkan parameter uji BOD₅ mendekati nilai baku mutu . Mengacu pada tabel 4.1, parameter pH sampel uji berada pada angka 3,8 atau jauh dari angka batas wajar untuk limbah cair yang seharusnya bersifat netral pada angka antara 6-9. Parameter TSS yang secara aturan memiliki nilai ambang batas sebesar 100 mg/L, pada sampel mencapai 447 mg/L. COD pada sampel uji berada pada nilai 15.000 mg/L dengan baku mutu yang diperbolehkan adalah 300 mg/L serta nilai BOD₅ yang masih berada di bawah nilai baku mutu yaitu sebesar 140 mg/L.

Pengolahan dengan menggunakan eko-enzim dalam penelitian ini bertujuan untuk mendegradasi nilai pencemar sampel uji. Parameter pH pada sampel limbah cair sebelum dilakukan pengolahan menunjukkan nilai pH 3,8 yang artinya limbah cair tempe tersebut bersifat asam. Tahapan selanjutnya sampai hari ke-7 pengujian pH mengalami peningkatan terhadap nilai keasaman yaitu seperti yang ditunjukkan pada hari ke-5 dan ke-7 dengan nilai pH kedua sampel tersebut 3,7 dan 3,6.

Penurunan nilai pH pada hasil yang telah diperoleh tersebut merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Patel dkk. (2021) dengan sampel uji limbah cair domestik yang ditambahkan eko-enzim diperoleh hasil uji, limbah cair domestik yang pada awalnya bersifat netral dengan pH 7 berubah menjadi asam dengan nilai pH berada pada angka 3,9-4,7. Perubahan nilai pH pada sampel uji dipengaruhi oleh derajat keasaman eko-enzim yang bersifat asam. Hasil yang diperoleh ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Imelda dkk. (2021) yaitu menunjukkan bahwa nilai pH yang diperoleh pada sampel uji cenderung menurun. pH pada penelitian tersebut yang pada awalnya berada pada nilai 10,5 kemudian turun menjadi 6,1. Penurunan nilai pH disebabkan oleh

tingginya kandungan asam pada kulit buah yang kaya akan asam fenolat dan asam alfa hidroksi atau *Alpha Hidroxy Acid* (AHA). Selama proses fermentasi berlangsung, terjadi proses konversi karbohidrat menjadi asam folat dan asam organik yang berasal dari kulit buah terekstraksi kedalam larutan enzim (Joseph dkk., 2021).

Data pengukuran parameter TSS pada Limbah Cair Pabrik Tempe Cap Meuraxsa yang telah ditampilkan pada tabel 4.2 menunjukkan penurunan nilai TSS pada sampel uji. Sampel dengan penambahan eko-enzim berhasil menurunkan nilai TSS pada limbah cair tempe hingga berada di bawah baku mutu yang berlaku dalam PERMENLH No.5 Tahun 2014. Penurunan nilai TSS pada penelitian limbah cair tempe ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Rasit & Kuan (2015) terhadap limbah cair sawit yang mana dengan penambahan eko-enzim, berhasil menurunkan nilai TSS sebesar 30%-50% dari nilai awal. Penelitian lainnya menggunakan eko-enzim menampilkan hasil serupa berupa penurunan nilai TSS dengan persentase penurunan nilai TSS sebesar 68,43% (Arun & Sivashanmugam, 2015).

Hasil pengukuran nilai BOD₅ pada pengujian terhadap limbah cair diketahui berada dibawah baku mutu limbah cair tempe yang ditetapkan. Hasil pengujian ini mengindikasikan bahwa pada parameter BOD sampel limbah yang dihasilkan berada pada batas aman namun mendekati nilai baku mutu yang ditetapkan untuk limbah cair hasil olahan kedelai. Penambahan eko-enzim pada limbah cair tempe jika ditinjau dari hasil yang ada pada tabel 4.2 terjadi penurunan nilai BOD₅ yang sebelumnya berada pada 140 mg/L menjadi 100 mg/L. Menurut Santoso (2018) Nilai BOD dapat diturunkan dengan adanya kemampuan dekomposisi terhadap bahan organik oleh bakteri serta Populasi mikroorganisme yang tinggi dapat meningkatkan kinerja dekomposisi sehingga berjalan optimal. Eko-enzim diketahui memiliki kemampuan mendekomposisi bahan organik dengan baik sehingga dapat diindikasikan sebagai salah satu faktor penyebab menurunnya nilai BOD₅ pada limbah cair dalam penelitian ini. Keberhasilan eko-enzim dalam menurunkan nilai BOD₅ dapat dilihat pada penelitian serupa yaitu seperti pada penelitian yang dilaksanakan oleh Hemalatha

& Visantini (2020) dengan limbah berhasil diturunkan nilai pencemarnya hingga mengalami perubahan yang pada awalnya berada pada 80 mg/L menjadi 22.3 mg/L atau jika di persentasekan maka pencemar turun sebesar 70 %.

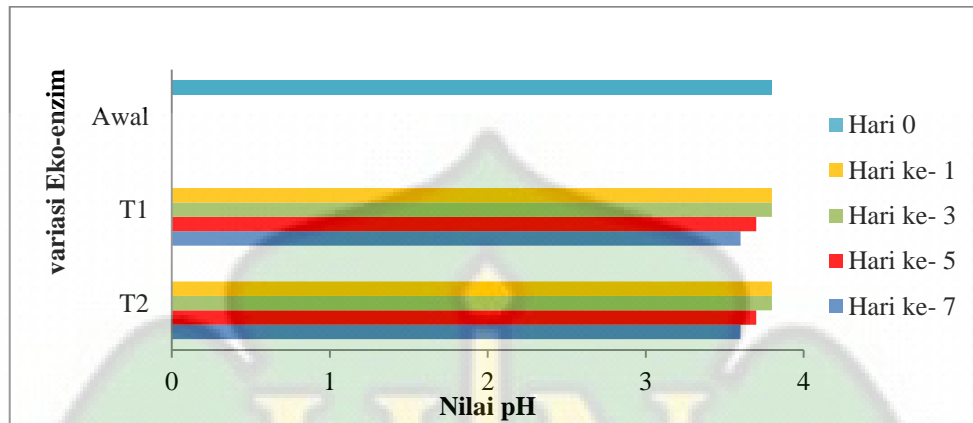
Pengukuran COD terhadap sampel jika melihat pada Tabel 4.2 mengindikasikan jika kadar COD pada limbah cair tempe pada umumnya melewati baku mutu yang ditentukan oleh pemerintah melalui PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang Limbah Cair. Nilai COD pada sampel uji mencapai nilai 15.000 mg/L sehingga dilakukan proses pendegradasian kadar pencemar menggunakan eko-enzim dan didapatkan penurunan nilai pencemar dengan hasil akhir sebesar 552 mg/L. Penurunan nilai COD dalam penelitian ini sejalan dengan yang disampaikan oleh Kerkar & Salvi (2020) yang membuktikan pengolahan limbah cair dengan menggunakan eko-enzim mampu mendegradasi nilai kadar pencemar pada parameter COD hingga mencapai 48,66% .

4.2.2 Pengaruh Variasi Penambahan Eko-Enzim Terhadap Degradasi Kadar Pencemar Limbah Cair Tempe

Penelitian ini menggunakan 2 variasi sampel uji, yaitu variasi T₁ dan Variasi T₂. Pengambilan 2 jenis variasi didasari oleh penelitian yang sebelumnya telah dilakukan. Menurut Tang dan Tong (2011) eko-enzim berfungsi secara berbeda pada konsentrasi yang berbeda. Sehingga dapat mengindikasikan bahwa pengaruh eko-enzim terhadap proses degradasi juga dipengaruhi salah satunya oleh faktor konsentrasi. Pernyataan tentang pengaruh variasi eko-enzim dalam membantu proses degradasi juga disebutkan oleh Patel dkk (2021) semakin banyak kuantitas dari eko-enzim yang digunakan dalam pengolahan limbah cair, maka potensi untuk terjadinya penurunan nilai pencemar pun akan semakin meningkat.

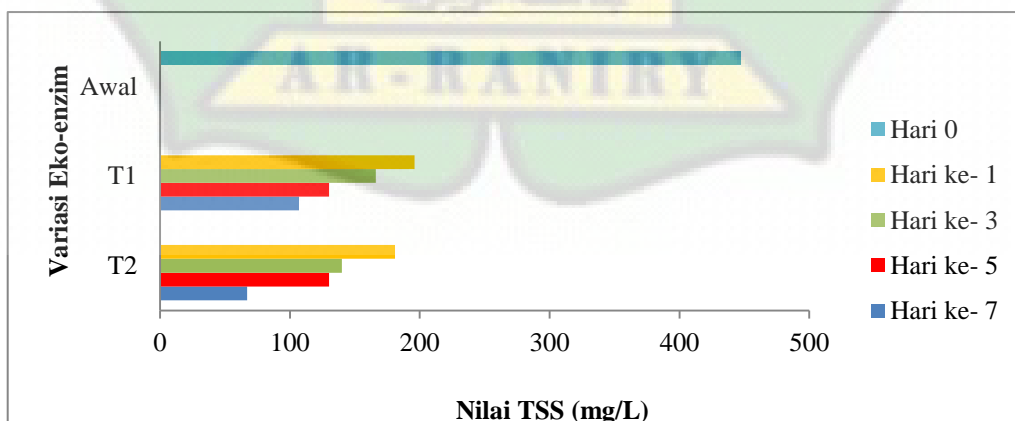
Tabel 4.3 Menunjukkan karakteristik limbah cair yang telah dilakukan penambahan eko-enzim dengan 2 variasi berbeda. Nilai pH sampel T₁ pada hari ke-7 berada pada angka 3,6. Nilai serupa juga ditemukan pada sampel T₂. Tingkat keasaman pada sampel T₁ dan T₂ menampilkan tentang tidak adanya pengaruh

variasi penambahan eko-enzim pada nilai pH sampel uji penelitian ini. Seperti yang terlihat pada grafik 4.1 berikut:



Gambar 4.1. Grafik Penurunan Nilai pH

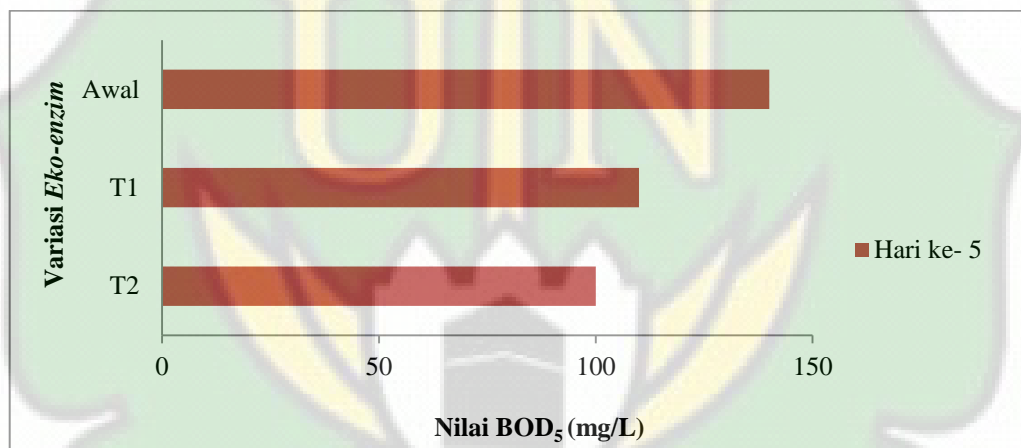
Parameter TSS pada kedua variasi sampel uji menunjukkan perbedaan hasil akhir dengan Sampel T₁ berada pada 107 mg/L dan sampel T₂ menunjukkan angka 67 mg/L. Variasi penambahan eko-enzim pada pengujian parameter TSS ini berpengaruh pada hasil yang diperoleh yang mana sampel T₁ berhasil menurunkan nilai TSS dari yang awalnya tanpa pengolahan berada pada angka 447 mg/L menjadi 107 mg/L namun masih berada di atas nilai baku mutu, sedangkan sampel T₂ mempunyai nilai yang berada di bawah nilai baku mutu. Perbandingan nilai TSS pada kedua variasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4.2. Grafik Penurunan Nilai TSS

Hasil yang hampir serupa ditunjukkan oleh hasil penelitian Rasit dkk (2019) yang mana sampel uji dengan penambahan eko-enzim dengan persentase 10% lebih baik menurunkan nilai TSS dibandingkan eko-enzim dengan konsentrasi 5%.

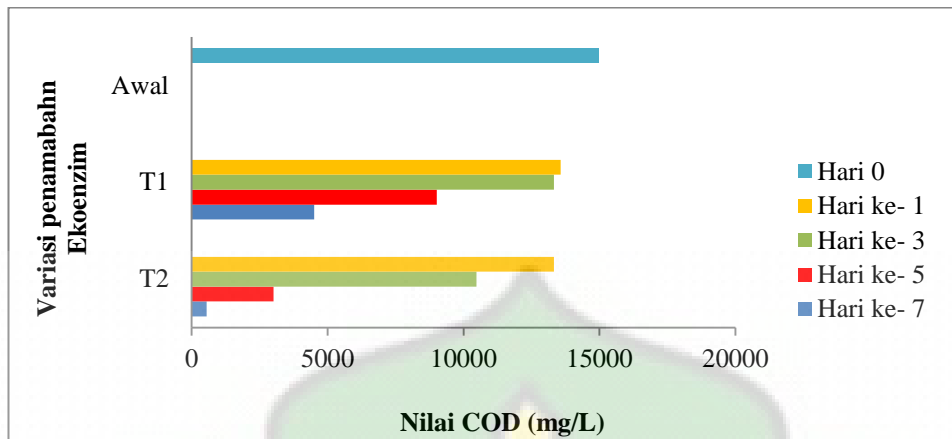
Variasi T_1 dan T_2 juga berpengaruh pada penurunan nilai BOD_5 . Pada sampel T_1 , nilai BOD berada pada nilai 110 mg/L sedangkan nilai pada sampel T_2 lebih baik dengan nilai 100 mg/L. Terlihat pada parameter uji variasi T_2 lebih baik dalam proses degradasi pencemar pada limbah cair tempe dalam penelitian ini seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3. Grafik Penurunan Nilai BOD

Penelitian lainnya yaitu penelitian yang dilaksanakan oleh Nazim dan Meera (2017) juga menyebutkan bahwa sampel dengan konsentrasi eko-enzim lebih tinggi lebih efektif dalam mendegradasi kadar pencemar terkhususnya pada nilai COD. Pada penelitian tersebut eko-enzim dengan konsentrasi 10% memiliki nilai efektivitas degradasi limbah mencapai 63,28%.

Parameter COD pada penelitian ini juga menunjukkan nilai degradasi pencemar dengan sampel uji T_1 berada pada nilai 4.507 mg/L dan sampel T_2 berada pada 552 mg/L. Hasil degradasi pencemar oleh kedua variasi sampel dengan nilai awal dapat dilihat perbandingannya pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4. Grafik Penurunan Nilai COD

Hasil yang ditampilkan pada gambar 4.4. menunjukkan adanya penurunan nilai pada parameter COD dengan proses degradasi yang paling baik terlihat pada sampel T₂. Kondisi penurunan nilai COD juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Nazim dan Meera (2013) dengan simpulan penelitian yang menyatakan bahwa eko-enzim 10% lebih baik dalam mendegradasi pencemar dibandingkan dengan eko-enzim 5%.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Eko-enzim yang ditambahkan ke limbah cair pabrik tempe mampu untuk mendegradasi kadar pencemar sehingga kadar pencemar pada limbah mengalami penurunan, namun pada parameter pH dan COD nilai pencemar belum dapat disesuaikan dengan baku mutu yang ditetapkan dalam PERMENLH No.5 Tahun 2014.
2. Variasi pada 2 sampel uji menunjukkan pengaruh pada degradasi kadar pencemar pada limbah cair tempe dengan simpulan bahwa kemampuan sampel uji T₂ lebih baik dibandingkan sampel uji T₁ terhadap parameter uji COD, BOD, dan TSS.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah mencari bahan yang tepat dan campuran yang tepat dalam proses pembuatan eko-enzim sehingga proses degradasi pada parameter dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsanunnisa, R. (2018). Perbandingan Mutu Tempe Dari Kacang Kedelai Dengan Kacang Tanah. *Alkimia: Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 2(1), 43-46.
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, D.(2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samane Saman*) Sebagai Koagulan Alami untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, dan Kekeruhan pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah PERTANIAN*,2(3),92-96.
- Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur. *EDUSAINTEK*, 4.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science & Education 2015*, 4(1), 83-93.
- Badan Standar Nasional. (2019). *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid/TSS) Secara gravimetri*, BSN.
- Badan Standar Nasional. (2019). *Cara Uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH Meter*, BSN.
- Badan Standar Nasional. (2009). *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (biochemical oxygen demand/ BOD)*.
- Badan Standar Nasional. (2019). *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimia (chemical oxygen demand/COD) dengan Refluks Tertutup secara Titimetri*, BSN.
- Bharvi S. Patel, Bhanu R. Solanki, & Archana U. Mankad. (2021). *effect of eco-enzymes prepared from selected organic waste on domestic waste water treatment. World Journal of Advanced Research and Reviews*, 10(1), 323–333. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.10.1.0159>
- Chin, Y. Y., Goeting, R., bin Alas, Y., & Shivanand, P. (2018). *from fruit waste to enzymes. Scientia Bruneiana*, 17(2).
- Daryanto. (2017). *Masalah Pencemaran*. Tarsito : Bandung.
- Dinas Koperasi dan Usaha Kecil Menengah Provinsi Aceh. (2021).
- Eko-enzim Nusantara. (2021). *Modul Belajar Pembuatan Eko-enzim*. <https://www.coursehero.com/file/96079348/Modul-Eco-Enzyme-2pdf/>.

- Hadiyanto, H., & Azim, M. (2016). *Dasar-Dasar Bioproses*. Press Digimedia: Semarang.
- 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.
- Herlambang, A. (2001). Pengaruh pemakaian biofilter struktur sarang tawon pada pengolah limbah organik sistem kombinasi anaerob-aerob (studi kasus: limbah tahu dan tempe). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1).
- Imelda, D., Satriawan, B. D., & Alif, A.B.(2021). Pembuatan Produk *multi purpose cleaner* dengan Pemanfaatan Eko-enzim dari Limbah Kulit Buah Sebagai Bahan Aktif Natural Anti Mikroba. *Laporan Akhir Penelitian*. Universitas Jaya Baya.
- Janarthanan, M., Mani, K., & Raja, S. R. S. (2020). *purification of contaminated water using eco enzyme*. *IOP Conference Series: materials science and engineering*, 955(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/955/1/012098>.
- 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.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (1995). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2008). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*.
- Kordi, M., G., H & Tancung, A., B. (2007). *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta: Jakarta.

- Kristanto, P. (2002). *Ekologi Industri*. Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Low Chin Wen, Regina Leong, Zhi Ling, & Swee-Sen Teo. (2021). *Effective Microorganisms in Producing Eco-Enzyme from Food Waste for Wastewater Treatment*. *Applied Microbiology: Theory & Technology*, 28–36. <https://doi.org/10.37256/amtt.212021726>
- Muliarta, I. N., & Darmawan, I. K. (2021). *Processing Household Organic Waste into Eco-Enzyme as an Effort to Realize Zero Waste*. *Agriwar Journal*, 1(1), 6-11.
- Nazim, F., & Meera, V. (2013). *Treatment of Synthetic Greywater Using 5 % and 10 % Garbage Enzyme Solution*. 3(4), 111–117.
- Nurhayati, I., Asmoro, P., & Sugito, S. (2011). Pengolahan Air Limbah Pabrik Tempe Dengan Biofilter. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 9(2), 1–5. <https://doi.org/10.36456/waktu.v9i2.917>
- Novita, E., Hermawan, A. A. G., & Wahyuningsih, S. (2019). Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. *Jurnal Agroteknologi*, 13(01), 16-24.
- P.Visantini, & Hemalatha, M. (2020). *Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012016>
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe Dengan Kombinasi Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolaan Limbah*, 15(1), 129–136.
- Puspawati, S. W., & Soesilo, T. E. B. (2018). *Sustainable Approach To Tempeh Industrial Wastewater Management in Karawang*. *E3S Web of Conferences*, 74, 1–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187409003>
- Rahman, S., Haque, I., Dev, R. C., Prajjalendra, G., & Kaushal, B. (2020). *Characterization and FPLC Analysis of Garbage Enzyme : Biocatalytic and Antimicrobial Activity*. *Waste and Biomass Valorization*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00956-z>.
- Rochyani, N., Utpalasar, R. . L., & Dahliana, I. (2016). *ANALISIS HASIL KONVERSI EKO-ENZIM MENGGUNAKAN NENAS (Ananas comosus)*

DAN PEPAYA (*Carica papaya L.*). 5(2), 135–140.

- Said, N., I., & Wahjono, H., D. (1999). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Tahu-Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. BPPT : Jakarta.
- 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.
- Santoso, D.A. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batu Bara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur, *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1) . 89-96.
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis kandungan limbah industri tahu dan tempe rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245-252.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.04.020>
- Sumarni, L., & Akbari, T. (2021). AGROINTEK : Jurnal Teknologi Industri Pertanian. *Agrointek*, 15(2) <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.9314>
- Suprayitno, I.A. (2013). Dampak Limbah Cair Industri Tempe Terhadap Kualitas Air Sungai Cileungsi di Desa Citeureup, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor. *Sarjana Thesis*. Universitas Negeri Jakarta: Jakarta.
- 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.
- Vama, L. A. P. S. I. A., & Cherekar, M. N. (2020). *Production, Extraction and Uses of Eco-Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth From Waste*. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc*, 22(2), 346-351.

Wardhana, W.A. (2012). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi:Yogyakarta.

Win, Y. C. (2011). *Ecoenzyme Activating the Earth's Self-Healing Power*. Alih Bahasa: Gan Chiu Har. Malaysia: Summit Print SDN. BHD, 6(8), 9-14.

Winda & Suharto. (2015). Pengolahan Air Limbah Tempe dengan Metode Sequencing batch reactor skala laboratorium dan industri kecil tempe. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia: Yogyakarta*.



LAMPIRAN



Area Produksi Tempe



Sampel Limbah Cair Tempe



Preparasi Sampel



Homogenisasi sampel



Penimbangan berat padatan terlarut



Pengujian COD