

**DEGRADASI KADAR POLUTAN PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN *GARBAGE*
*ENZYME***

TUGAS AKHIR

**Diajukan oleh:
SYARIFAH 'ALIYA YASMIN
NIM 160702046
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**DEGRADASI KADAR POLUTAN PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN *GARBAGE*
*ENZYME***

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:
SYARIFAH 'ALIYA YASMIN
160702046

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

Disetujui untuk Dimunakaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM.
NIDN. 0102107101

Ir. Yeggi Darnas, S.T., M.T.
NIDN. 2020067905

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahva, M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**DEGRADASI KADAR POLUTAN PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN *GARBAGE*
*ENZYME***

TUGAS AKHIR

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan
Dinyatakan Lulus Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program
Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/ Tanggal: Jum'at, 4 Agustus 2023
17 Muharram 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:
Ketua, Sekretaris,

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM.
NIDN. 0102107101

Ir. Yeggi Darnas, S.T., M.T.
NIDN. 2020067905

Penguji I,

Penguji II,

Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

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

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 TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syarifah 'Aliya Yasmin
NIM : 160702046
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Degradasi Kadar Polutan pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan *Garbage Enzyme*

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

Banda Aceh, 10 Agustus 2023

Yang Menyatakan,



Syarifah 'Aliya Yasmin
Syarifah 'Aliya Yasmin

ABSTRAK

Nama : Syarifah 'Aliya Yasmin
NIM : 160702046
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Degradasi Kadar Polutan Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan *Garbage Enzyme*

Tanggal Sidang : 4 Agustus 2023
Jumlah Halaman : 78 Halaman
Pembimbing I : Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM.
Pembimbing II : Yeggi Darnas, M.T.
Kata Kunci : Limbah Tahu, *Garbage Enzyme*, Pengolahan Limbah Cair

Produksi tahu di Indonesia masih menggunakan metode konvensional dimana limbah yang dihasilkan tidak diolah secara optimal. Limbah tahu mengandung senyawa organik tinggi dan pH yang rendah. Limbah tahu yang dibuang langsung tanpa dilakukan pengolahan menjadi penyumbang polutan yang dapat mempengaruhi kualitas sumber daya air yang ada di sekitarnya. Pengolahan limbah cair industri ini dilakukan dengan memanfaatkan *Garbage Enzyme*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *garbage enzyme* variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20% dan waktu tinggal 3 hari sampai 5 hari dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS, pH, dan Amonia Total (NH₃-N) pada limbah tahu dari Pabrik Tahu Abi Makmur. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry. *Garbage enzyme* diencerkan menjadi konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% dilarutkan dengan aquadest lalu dicampurkan dengan limbah tahu kemudian dilakukan pengamatan pada variasi waktu tinggal 3 hari dan 5 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *garbage enzyme* dengan konsentrasi 20% dan waktu tinggal 5 hari memiliki efisiensi terbaik yaitu 90%, sehingga dapat menurunkan kadar TSS sebesar 1.086 mg/L menjadi 80 mg/L dan Amonia Total (NH₃-N) sebesar 10.645 mg/L menjadi 4,65 mg/L. Hal ini telah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga *garbage enzyme* dapat digunakan sebagai alternatif dalam mengolah limbah tahu.

ABSTRACT

Name : Syarifah ‘Aliya Yasmin
NIM : 160702046
Departement : *Environmental Engineering*
Title : *Degradation of Pollutant Levels in Tofu Industrial Wastewater Using Garbage Enzymes*

Date of Session : *4th August 2023*
Number of Pages : *78 Pages*
Advisor I : *Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM.*
Advisor II : *Yeggi Darnas, M.T.*
Keywords : *Tofu Wastewater, Garbage Enzyme, Wastewater Treatment*

Tofu production in Indonesia still uses conventional methods, where the waste produced is not optimally processed. Tofu waste contains high organic compounds and low pH. Tofu waste that is disposed of directly without processing becomes a pollutant contributor that can affect the quality of the water resources in the vicinity. Processing of industrial liquid waste is carried out by utilizing garbage enzymes. This study aims to determine the effect of adding garbage enzyme various concentrations of 5%, 10%, 15%, 20% and residence time of 3 days to 5 days in reducing the parameters BOD, COD, TSS, pH, and Total Ammonia (NH₃-N) in tofu waste from the Abi Makmur Tofu Factory. This research was conducted at the UIN Ar-Raniry Environmental Engineering Laboratory. Garbage enzyme was diluted to a concentration of 5%, 10%, 15% and 20% dissolved in distilled water and then mixed with tofu waste and then observed variations in residence times of 3 days and 5 days. The results showed that the effect of adding garbage enzyme with a concentration of 20% and a residence time of 5 days had the best efficiency of 90%, so it could reduce TSS levels by 1,086 mg/L to 80 mg/L and Total Ammonia (NH₃-N) by 10,645 mg/L to 4.65 mg/L. In accordance with the quality standards, garbage enzyme can be used as an alternative to processing tofu wastewater.

KATA PENGANTAR



Segala puji hanya milik Allah, Dia-lah yang telah menganugerahkan Al-Quran sebagai *hudan lin naas* (petunjuk bagi seluruh manusia) dan *rahmatan lil 'alamin* (rahmat bagi segenap alam) serta karunia-Nya. *Shalawat* dan salam senantiasa tercurah kepada manusia terbaik, penutup Nabi dan Rasul, Muhammad saw., dialah penyampai, pengamal dan penafsir Al-Quran. Dengan pertolongan dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian dengan judul **“Degradasi Kadar Polutan Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan *Garbage Enzyme*”**. Tugas Akhir ini disusun guna memperoleh gelar Sarjana di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada orang tua, Abah Sayid Mirza dan Ummi Syarifah Rahmah yang telah banyak berkorban, serta yang senantiasa selalu mendoakan penulis. Penulis menyadari bahwa selama berlangsungnya pembuatan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Ibu Dr. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Dekan Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh.
4. Ibu Ir. Yeggi Darnas, M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Bapak T. Muhammad Ashari, M.Sc., selaku Penasehat Akademik
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

7. Staf Tata Usaha Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Sri Mutia Mayliansa, Nur Azizah, Maulidianur, Raihan Rani dan Muhammad Iswandi serta seluruh rekan-rekan program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memberikan semangat dan kebersamaan.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah Swt. berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak khususnya perkembangan ilmu pengetahuan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan oleh karena itu kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini.



Banda Aceh. 4 Agustus 2023

Penulis

Syarifah 'Aliya Yasmin

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Industri Tahu	4
2.2 Sumber Limbah Industri Tahu.....	7
2.3 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	8
2.4 Parameter Limbah Cair Industri Tahu	10
2.5 Dampak Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu	11
2.6 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu	12
2.7 <i>Garbage Enzyme</i>	14
2.7.1 Definisi <i>Garbage Enzyme</i>	14
2.7.2 Karakteristik <i>Garbage Enzyme</i>	14
2.7.3 Kegunaan <i>Garbage Enzyme</i>	15
2.8 Pengolahan Limbah dengan <i>Garbage Enzyme</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Jenis Penelitian	19

3.2 Lokasi Penelitian	19
3.3 Pengambilan Sampel	19
3.4 Tahapan Penelitian	20
3.5 Analisis Laboratorium	26
3.6 Analisa Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil Penelitian	31
4.1.1. Hasil Uji Parameter Limbah Tahu	31
4.1.2. Hasil Pengolahan Limbah Tahu Menggunakan <i>Garbage Enzyme</i>	32
4.2. Pembahasan.....	32
4.2.1. Pengaruh <i>Garbage Enzyme</i> Terhadap Penurunan Parameter BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	32
4.2.2. Pengaruh <i>Garbage Enzyme</i> Terhadap Penurunan Parameter COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	36
4.2.3. Pengaruh <i>Garbage Enzyme</i> Terhadap Penurunan Parameter TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	39
4.2.4. Pengaruh <i>Garbage Enzyme</i> Terhadap Parameter pH.....	43
4.2.5. Pengaruh <i>Garbage Enzyme</i> Terhadap Penurunan Parameter Amonia Total (NH ₃ -N).....	45
BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Alir Proses Produksi Tahu.....	6
Gambar 2.2	Pembuatan <i>Garbage Enzyme</i>	14
Gambar 3.1	Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	20
Gambar 3.2	Titik Pengambilan Sampel.....	20
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter BOD.....	34
Gambar 4.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter BOD.....	35
Gambar 4.3	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter COD.....	37
Gambar 4.4	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter COD.....	38
Gambar 4.5	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter TSS.....	40
Gambar 4.6	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter TSS.....	42
Gambar 4.7	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter pH.....	44
Gambar 4.8	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter pH.....	45
Gambar 4.9	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter Amonia Total (NH ₃ -N).....	47
Gambar 4.10	Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter Amonia Total (NH ₃ -N).....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Air Limbah Industri Tahu.....	11
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Mengenai <i>Garbage Enzyme</i>	17
Tabel 3.1 Bahan Pembuatan <i>Garbage Enzyme</i>	22
Tabel 3.2 Bahan Pengenceran <i>Garbage Enzyme</i>	23
Tabel 3.3 Bahan Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan <i>Garbage Enzyme</i>	25
Tabel 4.1 Hasil Uji Parameter Limbah Tahu sebelum Pengolahan.....	31
Tabel 4.2 Hasil Uji Parameter Limbah Tahu setelah Pengolahan <i>Garbage Enzyme</i>	32
Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter BOD.....	33
Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter BOD.....	34
Tabel 4.5 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter COD.....	36
Tabel 4.6 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter COD.....	37
Tabel 4.7 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter TSS.....	39
Tabel 4.8 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter TSS.....	41
Tabel 4.9 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter pH.....	43
Tabel 4.10 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter pH.....	44
Tabel 4.11 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter Amonia Total (NH ₃ -N).....	46
Tabel 4.12 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i> Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter Amonia Total (NH ₃ -N).....	47

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Kepanjangan	Halaman
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>	2
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	2
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>	17
TSS	<i>Total Suspended Solids</i>	2
pH	<i>Potential/Power Of Hydrogen</i>	2
NH ₃ -N	Amonia Total	2
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>	8
K ₂ Cr ₂ O ₇	Kalium Dikromat	9
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>	13
H ₂ SO ₄	Asam sulfat	27
Na ₂ S ₂ O ₃	Natrium tiosulfat	27
MnSO ₄	Mangan sulfat	27



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan Pengenceran <i>Garbage Enzyme</i>	61
Lampiran 2.	Perhitungan Persentase	63
Lampiran 3.	Data Hasil Penelitian	66
Lampiran 4.	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.....	75
Lampiran 5.	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.....	76
Lampiran 6.	Dokumentasi Pengambilan Sampel Limbah Tahu	77
Lampiran 7.	Dokumentasi Proses Pengenceran <i>Garbage Enzyme</i> dan Pengolahan Limbah Tahu dengan <i>Garbage Enzyme</i>	77
Lampiran 8.	Dokumentasi Pengujian Parameter Pada Limbah Tahu Setelah Pengolahan	78



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan industri kecil di suatu daerah memiliki potensi sebagai penopang perekonomian daerah. Sektor industri pengolahan berperan sebagai salah satu penggerak penting bagi pertumbuhan ekonomi di suatu daerah. Industri usaha kecil menengah dikelompokkan sebagai industri dengan tingkat efisiensi energi rendah dan tingkat pencemaran tinggi karena pengolahan limbah cair industri yang tidak tersedia (Indah, dkk., 2014). Terdapat berbagai jenis industri pengolahan di Banda Aceh, baik industri makanan maupun industri minuman. Salah satu industri yang berkembang di Kota Banda Aceh yaitu industri pengolahan tahu.

Salah satu makanan tradisional yang kaya akan sumber protein dan populer di kalangan masyarakat ialah tahu. Bahan baku pembuatan tahu ialah kedelai. Proses pembuatan tahu yang dilakukan industri masyarakat tergolong sangat sederhana, dari proses pembuatan tahu diperoleh hasil samping berupa limbah padat (ampas tahu) dan limbah cair (*whey* tahu). Air limbah tahu ialah air sisa dari penggumpalan tahu (*whey tofu*) yang dihasilkan selama proses pembuatan tahu (Bomantoro, 2015). Saat ini, kegiatan industri tahu didominasi usaha-usaha kecil dengan modal terbatas, sehingga industri tahu tidak memiliki unit pengolahan limbahnya sendiri, dimana limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang bebas ke selokan, sungai atau badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu (Indah, dkk., 2014).

Pabrik Tahu Abi Makmur Sentosa merupakan salah satu dari banyaknya pabrik tahu yang terdapat di Kota Banda Aceh. Pabrik tahu yang beralamat di Jalan Krueng Neng Utama, Kecamatan Jaya Baru. Pabrik tahu Abi Makmur memiliki 8 orang pekerja secara keseluruhan. Dalam sehari pabrik tahu ini dapat mengolah bahan baku 450 Kg kedelai menjadi tahu. Tahu yang dihasilkan oleh Pabrik Tahu Abi Makmur Sentosa ini dalam sehari bisa mencapai 143 papan per harinya. Upaya yang telah dilakukan oleh pabrik tahu Abi Makmur Sentosa dalam mengolah limbah yang dihasilkan dari pembuatan tahu ialah dengan mengolah

limbah padat berupa ampas tahu dimanfaatkan sebagai pakan ternak pemilik pabrik tahu, akan tetapi untuk limbah cair proses pembuatan tahu langsung dialirkan ke badan sungai yang berada di dekat pabrik tahu tersebut.

Limbah industri tahu yang dibuang ke perairan berupa polutan organik yang berbau busuk, polutan anorganik (berupa limbah cair yang berbuih serta keruh dan berwarna putih). Dampak pencemaran limbah industri tahu terhadap lingkungan hidup dapat merusak kualitas lingkungan terutama perairan sebagai salah satu kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya (Adack, 2013).

Garbage Enzyme ialah produk yang berwujud cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi sisa buah dan sayur, gula molase serta air. Cairan *garbage enzyme* ini berwarna coklat gelap dengan aroma asam manis segar yang kuat (Rusdianasari, 2021). Beberapa peneliti telah memanfaatkan *Garbage Enzyme* dalam mengolah beberapa jenis air limbah seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Tang (2011) yang memanfaatkan *garbage enzyme* dalam mengolah air limbah domestic. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Kumar, dkk (2019) yaitu memanfaatkan *garbage enzyme* dalam meningkatkan kualitas air sungai yang ada di India.

Banyak upaya-upaya yang telah dilakukan dalam pengolahan limbah cair pabrik tahu seperti biofilter, bioremediasi, fitoremediasi, elektrokoagulasi dan upaya lainnya, namun pemanfaatan *garbage enzyme* dalam pengolahan limbah cair pabrik tahu belum pernah dilakukan sebelumnya, maka dari itu berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik untuk mencari tahu kemampuan *garbage enzyme* dalam mengolah limbah cair industri tahu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis merumuskan bagaimana kemampuan *garbage enzyme* dalam menurunkan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) pH (*Potential Of Hydrogen*) dan Amonia Total (NH₃-N) pada limbah cair pabrik tahu.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan penelitian dari rumusan masalah di atas ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan *garbage enzyme* dengan variasi rasio pengenceran 5%, 10%, 15% dan 20% serta variasi waktu tinggal 3 hari dan 5 hari dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS, pH dan Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) setelah dilakukan pengolahan pada limbah cair industri tahu.
2. Mengetahui efektivitas *garbage enzyme* dengan variasi rasio pengenceran 5%, 10%, 15% dan 20% serta variasi waktu tinggal 3 hari dan 5 hari terhadap penurunan parameter BOD, COD, TSS, pH dan Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) pengolahan limbah tahu.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai efisiensi kemampuan *garbage enzyme* dalam mengolah limbah cair industri tahu.
2. Memberikan alternatif hemat biaya dan ramah lingkungan dalam upaya pengolahan limbah cair industri tahu.
3. Sebagai sumbangan pengembangan yang berguna bagi penelitian-penelitian di bidang terkait kedepannya.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini menunjukkan nilai penurunan parameter karakteristik limbah cair industri tahu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu BOD, COD, TSS, pH.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

Perkembangan industri saat ini telah memberikan sumbangan besar terhadap perekonomian Indonesia, salah satunya ialah industri tahu. Tahu merupakan salah satu makanan tradisional bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia, yang disukai oleh hampir seluruh lapisan masyarakat (Ilma, 2020). Tahu yang termasuk ke dalam empat sehat lima sempurna. Selain mengandung gizi yang baik, proses pembuatan tahu tergolong relatif murah dan sederhana. Bahan dasar untuk membuat tahu membutuhkan kacang kedelai. Tahu juga menjadi bahan makanan yang tinggi kadar airnya, bila dibandingkan dengan kandungan airnya, jumlah protein tahu tidaklah terlalu tinggi. Hal ini disebabkan oleh kadar airnya yang sangat tinggi (Elygio, 2017) . Selain air, protein juga menjadi media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganismes pembusuk yang menyebabkan bahan mempunyai daya awet yang rendah (Waryat, 2019). Berdasarkan Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup Tahun 2014, usaha pembuatan tahu termasuk ke dalam kategori Industri Kecil Rumah Tangga (IKRT) dikarenakan memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

- Memiliki jumlah tenaga kerja/karyawan terbatas pada lingkungan rumah tangga atau tetangga dengan jumlah di bawah 20 orang dan pimpinannya melaksanakan segala urusan kegiatan
- Kapasitas produksi tidak lebih dari 15 kwintal kedelai per hari
- Masih menggabungkan antara modal usaha dengan kekayaan pribadi/keluarga dan jumlahnya sangat terbatas dan belum sepenuhnya mampu memanfaatkan sistem perkreditan modern
- Tidak terpisahkan dengan rumah tangga pengusaha atau tempat usaha berada dalam bangunan rumah tangga.

Masa sekarang ini kegiatan industri tahu di negara Indonesia telah didominasi oleh usaha-usaha kecil dengan modal yang terbatas, sehingga sebagian besar industri tahu tidak mempunyai unit pengolahan limbah. Biasanya tahu dibuat oleh para pengrajin atau industri rumah tangga dengan peralatan dan

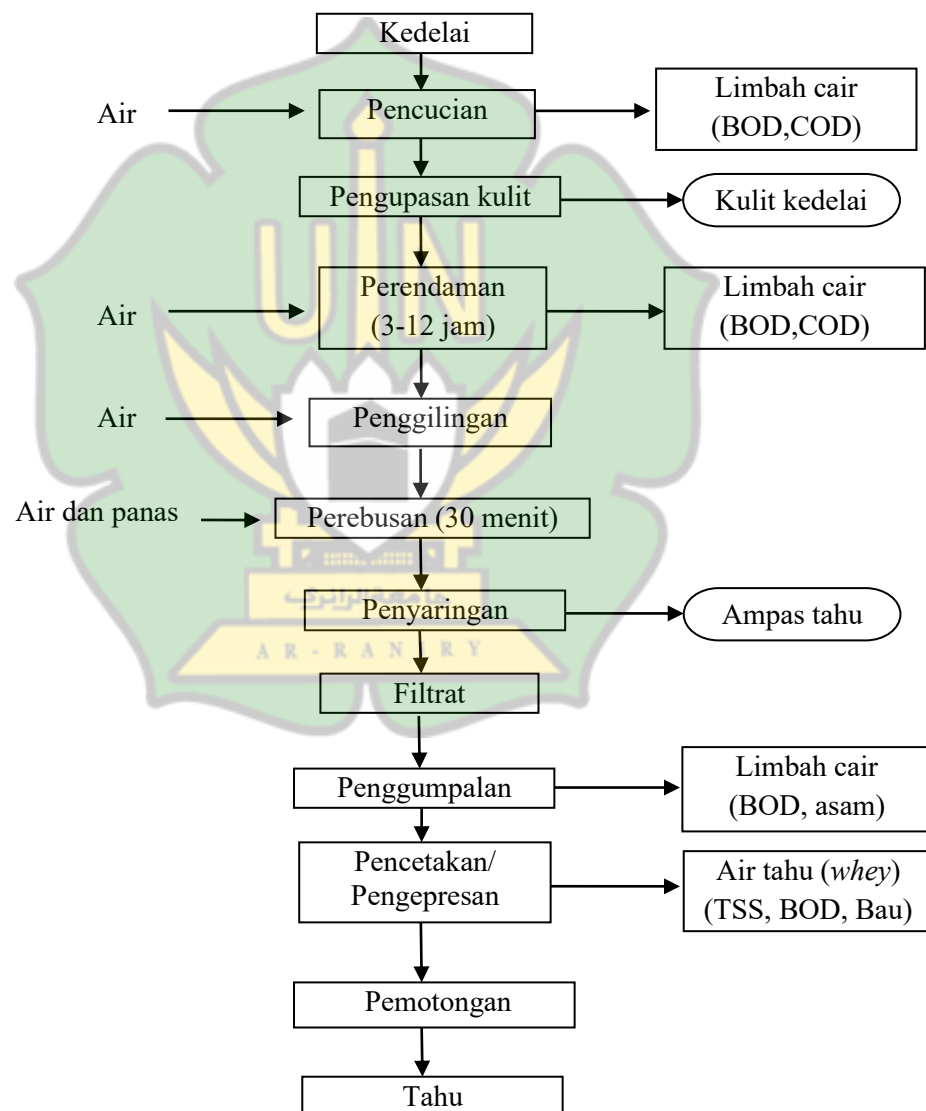
teknologi yang tergolong sederhana. Sayangnya ditinjau dari segi lingkungan, berkembangnya industri kecil pada tingkat rumah tangga cukup membahayakan kehidupan masyarakat, dikarenakan setiap industri rumah tangga ternyata tidak memperhatikan tata letak pabrik maupun sistem pembuangan serta pengolahan limbahnya (Pongtuluran, 2015).

Urutan proses atau cara pembuatan tahu pada semua industri kecil produksi tahu hampir sama dan jika ada perbedaan hanya pada urutan pekerjaan yang dilakukan dan zat penggumpal protein yang digunakan. Pembuatan tahu dibuat dengan mengekstraksi protein lalu menggumpalkannya, sehingga terbentuk padatan protein. Cara penggumpalan susu kedelai pada umumnya dilakukan dengan cara penambahan asam. Bahan penggumpal yang biasa digunakan ialah asam cuka, selain itu ada batu tahu serta larutan bibit tahu (larutan perasan tahu yang telah diendapkan satu malam). Berikut uraian cara yang umum untuk membuat tahu:

- a. Kedelai yang telah dipilih dibersihkan serta disortasi. Pembersihan kedelai dilakukan dengan cara menampi atau menggunakan alat pembersih.
- b. Pencucian dengan bersih. Jumlah air yang digunakan tergantung pada jumlah kedelai yang digunakan.
- c. Kedelai lalu direndam dalam air bersih agar kedelai dapat mengembang dan lunak ketika proses penggilingan. Lama waktu perendaman berkisar antara 4-10 jam, kemudian dilakukan pengupasan kulit kedelai agar bersih dari kotoran maupun airnya.
- d. Penggilingan kedelai menjadi bubur kedelai menggunakan mesin giling, untuk memperlancar proses penggilingan perlu ditambahkan air dengan jumlah yang sama dengan jumlah kedelai.
- e. Pemasakan kedelai dilakukan di atas tungku dan dididihkan selama 5 menit. Selama proses pemasakan ini perlu dijaga agar tidak berbuih, dengan cara menambahkan air dan diaduk.
- f. Penyaringan bubur kedelai dilakukan dengan kain penyaring. Ampas yang dihasilkan diperas dan dibilas dengan air hangat. Jumlah ampas basah kurang lebih 70% sampai 90% dari bobot kering kedelai.

- g. Setelah itu dilakukan penggumpalan dengan menambahkan air asam pada suhu 50°C lalu didiamkan sampai gumpalan besar terbentuk. Tahap selanjutnya air di atas endapan dibuang dan sebagian dari air tersebut digunakan untuk penggumpalan kembali.
- h. Proses akhir dari pembuatan tahu ini ialah pengepresan dan pencetakan tahu yang dilapisi kain penyaring sampai padat. Setelah air tinggal sedikit, maka cetakan dibuka kemudian diangin-anginkan.

Berikut proses produksi tahu secara rinci dapat dilihat pada Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Produksi Tahu.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Produksi Tahu
(Sumber: Puspasari, 2014)

Ada beberapa perbedaan proses yang digunakan dalam pembuatan tahu di daerah satu dengan daerah lainnya, pada proses pembuatannya relatif sama, akan tetapi selain produk tahu juga dihasilkan produk sampingan yang tidak diinginkan yaitu limbah. Limbah yang dihasilkan dari industri tahu terdiri dari limbah cair, padat dan gas, dengan kandungan bahan-bahan organik yang tinggi, rendahnya kandungan oksigen terlarut, dan bau busuk serta pH yang rendah di dalam limbah tahu dapat menyebabkan terjadinya pencemaran, baik di air, tanah maupun udara serta menimbulkan berbagai masalah sanitasi serta kesehatan di masyarakat (Rini, 2012).

2.2 Sumber Limbah Industri Tahu

Limbah cair industri tahu merupakan hasil akhir dari pengolahan kedelai menjadi tahu, biasanya dihasilkan dari proses pencucian rendaman kedelai dan air rebusan kedelai atau disebut juga dengan *whey tofu* (Setyaningrum, 2018). Limbah cair industri tahu ini akan kandungan protein dan senyawa organik lainnya, yang apabila dibiarkan begitu saja di badan air tanpa adanya pengolahan maka akan mengganggu estetika lingkungan serta akan menimbulkan bau yang tidak menyenangkan di badan air tersebut, karena limbah cair industri tahu mengandung banyak senyawa organik dimana, senyawa organik ketika proses dekomposisi akan menghasilkan gas, hal inilah yang menimbulkan bau tidak sedap di lingkungan sekitar (Silviani, 2020).

Limbah industri tahu umumnya terbagi menjadi dua bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat industri tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai atau disebut ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan biasanya limbah padat yang dihasilkan tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu merupakan hasil dari proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25–35% dari produk tahu yang dihasilkan (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan produksi tahu, penyaringan dan pengepresan serta pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu berupa cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (*whey tofu*) (Sayow, 2020). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah yang sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan (Kaswanarni, 2007).

2.3 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Dalam industri tahu, untuk memproduksi 100 kg tahu dihasilkan limbah sebanyak 750 liter. Sumber limbah cair industri tahu berasal dari proses perendaman kacang kedelai sampai proses pemisahan sisa-sisa tahu. Karakteristik dari limbah cair industri tahu meliputi karakteristik fisika dan dan karakteristik kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik dan anorganik serta gas. Suhu limbah cair industri tahu berkisar 37-45°C, kekeruhan 535–585 NTU, Amonia 23,3-23,5 mg/L dan BOD₅ 6000-8000 mg/L serta COD 7500–4000 mg/L (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik tinggi terutama protein dan asam-asam amino, dengan adanya senyawa-senyawa tersebut menjadi penyebab limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD dan TSS yang tinggi (Anwar, 2020). Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam limbah cair industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa organik tersebut dapat berupa protein dan karbohidrat serta lemak. Jumlah senyawa protein yang terkandung berkisar 40%–60%, karbohidrat 25%-50% dan lemak 10% (Lestari, 2021). Komponen terbesar dari limbah cair industri tahu ialah protein (N-total) sebesar 226,06 434,78 mg/L, sehingga masuknya limbah cair tahu ke dalam perairan akan menjadi penyebab meningkatnya total nitrogen di perairan tersebut (Maharso, 2017).

Menurut Rini (2012) bertambah lama bahan-bahan organik berada dalam limbah cair tahu, maka volumenya akan semakin meningkat. Gas-gas yang biasa ditemukan di limbah cair industri tahu ialah oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S),

amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan gas metana (CH_4). Gas-gas tersebut merupakan hasil dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair industri tahu.

Berikut uraian mengenai BOD, COD, TSS, pH dan Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$):

a. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD atau kebutuhan oksigen biokimiawi ialah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob untuk menguraikan sebagian besar zat organik yang terlarut maupun zat organik tersuspensi di dalam air (Sulistia, 2020). Nilai BOD dinyatakan dalam miligram oksigen yang dikonsumsi per liter selama 5 hari (BOD_5) dengan inkubasi di suhu 20°C dan digunakan sebagai indikator untuk menentukan tingkat polusi organik di dalam air (Pitalokasari, 2021).

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi ialah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi hampir sebagian besar zat organik yang ada di dalam air (Sulistia, 2020). Bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimiawi menggunakan oksidator kuat dengan menggunakan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam keadaan asam dan panas menggunakan katalisator perak sulfat (Karmila, 2019). Menurut Atima (2015) prinsip kerja pengukuran COD ialah dengan menambahkan jumlah tertentu kalium dikromat sebagai oksidator pada sampel (dengan volume tertentu) yang ditambahkan perak sulfat sebagai katalisator lalu dipanaskan selama beberapa waktu tertentu. Kelebihan kalium dikromat dititrasi sehingga bisa diketahui banyaknya kalium dikromat yang dipakai untuk mengoksidasi bahan organik di dalam sampel sehingga nilai COD dapat ditentukan (Nuraini, 2019).

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS atau disebut juga dengan Padatan Tersuspensi Total ialah bahan padat yang dapat dihilangkan pada proses penyaringan melalui media standar halus dengan diameter 1 mikron (Asadiya, 2018). Padatan tersuspensi terdiri komponen terendapkan, bahan melayang, dan komponen tersuspensi koloid yang mengandung bahan organik dan anorganik (Yudiyansyah, 2015).

d. pH (*Potential of Hydrogen*)

pH ialah derajat keasaman dalam menunjukkan tingkat kebasaaan atau keasaman yang ada pada suatu zat cair. pH memiliki pengaruh besar bagi hewan

dan tumbuhan di lingkungan perairan (Indriyasari, 2021). Pada umumnya pH bagi lingkungan perairan yang ideal adalah 7 – 8,5. Jika kondisi derajat keasaman pada perairan terindikasi sangat basa atau sangat asam maka dapat terjadi gangguan pada respirasi dan metabolisme organisme akuatik (Pamungkas, 2016).

e. Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Amonia (NH_3) merupakan senyawa alkali berwujud gas tidak berwarna dan dapat larut di dalam air, pada kadar di bawah 1 ppm dapat terdeteksi bau yang sangat menyengat. Kadar amonia yang tinggi di dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Amonia bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik (Agustiani, 2021). Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik dapat meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air, pH dan suhu (Effendi, 2015).

2.4 Parameter Limbah Cair Industri Tahu

Parameter limbah cair industri tahu yang biasanya diukur ialah BOD, COD, TSS (Total Padatan Tersuspensi) dan pH serta temperatur. Pengukuran temperatur biasanya dilakukan dengan termometer air raksa dengan skala Celcius. Nilai pH pada lingkungan perairan untuk menunjukkan kondisi keasaman pada air limbah. skala pH berkisar antara 1 – 14, kisaran dari 1 – 7 tergolong dalam kondisi asam dan 7 – 14 tergolong basa, untuk nilai pH 7 bersifat netral (Indriyasari, 2021). Pengukuran padatan-padatan tersuspensi (TSS) bertujuan untuk menentukan kepekatan air limbah, efisiensi proses dan beban unit proses. Pengukuran yang bermacam-macam terhadap konsentrasi residu diperlukan untuk menjamin kemantapan proses kontrol (Kaswinarni, 2007).

Kebutuhan oksigen di dalam air limbah ditunjukkan dengan nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). BOD ialah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia, dan ini bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami proses biodegradasi atau tidak dengan cara membandingkan nilai BOD dan COD (Syukma, 2019). Pengukuran nilai COD memerlukan waktu yang jauh lebih singkat, yaitu dapat dilakukan dalam jangka waktu 3 jam, sedangkan waktu untuk mengukur BOD memerlukan waktu 5 hari (Sitorus,

2021). Air limbah yang menjadi produk akhir industri tahu dapat dialirkan ke badan air atau badan sungai apabila telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 yang mengatur Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu. Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Parameter Air Limbah Industri Tahu

Parameter	Tahu	
	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
Ph	6-9	
Kuantitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton)	20	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

2.5 Dampak Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu

Saat ini kegiatan-kegiatan industri tahu di Negara Indonesia didominasi oleh usaha-usaha skala kecil dengan modal yang terbatas. Sehingga masih sebagian besar industri tahu tidak memiliki unit pengolahan limbah, dimana limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke selokan, sungai atau badan air tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut dapat menyebabkan kadar oksigen di dalam air menurun tajam. Limbah cair industri tahu juga mengandung zat-zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh.

Menurut Ashar (2020) dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran yang disebabkan oleh bahan organik pada limbah cair industri tahu ialah terganggunya kehidupan biotik di perairan. Selama proses metabolisme oksigen banyak dikonsumsi dan keberadaan bahan organik di dalam air sedikit, maka oksigen di air yang hilang segera terganti oleh oksigen hasil fotosintesis dan proses reaerasi dari udara. Jika konsentrasi beban organik di dalam air terlalu tinggi, maka menyebabkan terciptanya kondisi anaerobik yang akan menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, karbon dioksida, asam asetat, hidrogen sulfida dan

metana (Arifin, 2012). Senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar organisme yang hidup di lingkungan perairan serta menimbulkan gangguan keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau tidak sedap yang mengganggu penciuman.

Menurut Amsah (2014) selain memiliki kandungan TSS yang tinggi, limbah cair industri tahu pun memiliki kandungan amonia yang tinggi yang dihasilkan dari proses penguraian protein dan lemak dalam kacang kedelai oleh mikroorganisme (bakteri). Amonia ialah produk akhir dari metabolisme nitrogen yang bersifat beracun. Limbah cair yang memiliki kandungan amonia yang tinggi, terutama amonia bebas sangat toksik bagi biota perairan (Evy, 2020). Konsentrasi amonia yang mampu mematikan ikan ialah >1 mg/L, oleh karena itu juga diperlukan pengolahan limbah cair untuk menurunkan kandungan amonia pada limbah cair industri tahu (Amsah, 2014).

2.6 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Upaya dalam mengolah limbah cair telah dicoba dan dikembangkan. Secara umum, metode pengolahan yang dikembangkan tergolong ke dalam 3 jenis metode pengolahan, yaitu secara fisika, kimia maupun biologis (Widjajanti, 2009). Metode pengolahan secara fisika yaitu dengan metode pemisahan sebagian dari beban pencemaran khususnya padatan tersuspensi atau koloid dari limbah cair dengan memanfaatkan gaya-gaya fisika (Arifin, 2012).

Dalam pengolahan industri tahu secara fisika, proses yang dapat diterapkan yaitu filtrasi dan pengendapan (sedimentasi). Filtrasi disebut juga penyaringan dengan memanfaatkan media penyaring khususnya untuk menjernihkan atau memisahkan partikel-partikel kasar dan padatan tersuspensi dari limbah cair. Sementara dalam sedimentasi, flok-flok padatan dapat dipisahkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (MetCalf dan Eddy, 2003).

Pengolahan limbah cair secara kimia ialah dengan metode penghilangan atau konversi senyawa-senyawa polutan dalam limbah cair dengan penambahan bahan-bahan kimia atau reaksi kimia lainnya. Beberapa proses yang dapat diterapkan dalam pengolahan limbah cair industri tahu ialah koagulasi-flokulasi dan netralisasi (Kumalasari, 2016). Proses netralisasi biasanya diterapkan dengan

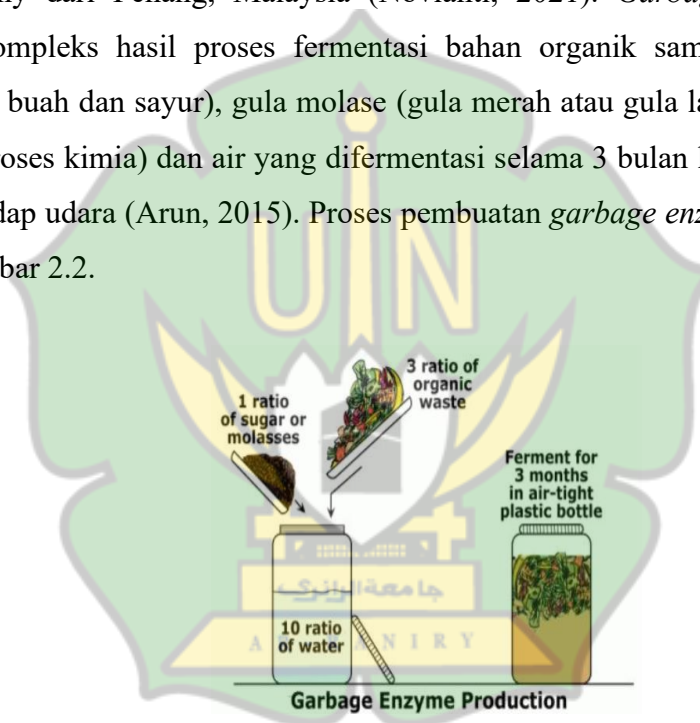
cara penambahan asam atau basa guna menetralsir ion-ion yang terlarut di dalam limbah cair sehingga memudahkan untuk tahap pengolahan selanjutnya (MetCalf dan Eddy, 2003). Proses koagulasi-flokulasi, partikel-partikel koloid yang bersifat hidrofobik cenderung menyerap ion-ion bermuatan negatif terlarut dalam limbah cair melalui sifat adsorpsi koloid tersebut, sehingga partikel tersebut bermuatan negatif (Rahmatullah, 2020). Koagulasi pada dasarnya ialah proses destabilisasi partikel koloid bermuatan dengan menambahkan ion-ion berlawanan muatan (koagulan) ke dalam koloid, maka partikel koloid menjadi netral dan dapat beraglomerasi antara satu sama lain membentuk mikroflok (Kresnadipayana, 2012). Selanjutnya mikroflok-mikroflok yang telah terbentuk dengan bantuan dari pengadukan lambat akan mengalami penggabungan menghasilkan makroflok (flokulasi), lalu dapat dipisahkan dari dalam larutan dengan cara pengendapan atau filtrasi (Arifin, 2012).

Pengolahan limbah cair secara biologi telah dilakukan dalam upaya menurunkan kadar zat organik terlarut dengan memanfaatkan peran mikroorganisme ataupun tumbuhan air. Proses pengolahan limbah cair secara biologis akan sangat rentan terhadap suhu, pH, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) dan zat-zat penghalang terutama zat-zat beracun (Apu, 2017). Mikroorganisme yang digunakan untuk pengolahan limbah adalah bakteri, algae, atau protozoa. Sedangkan untuk tumbuhan yang dapat digunakan dalam mengolah limbah ialah gulma air (*aquatic weeds*). Metode pengolahan biologis lainnya dalam pengolahan limbah cair industri tahu ialah dengan menggunakan proses lumpur aktif (*activated sludge*) untuk mengurangi kandungan organik dalam limbah cair industri tahu dan susu kedelai (Arifin, 2012). Menilik tingkat pengetahuan pengrajin tahu khususnya di Indonesia yang relatif minim dalam mekanisme penanganan limbah dan faktor-faktor teknik lainnya, seperti biaya investasi dan operasional yang cukup tinggi, luas lahan yang diperlukan cukup besar, serta pengendalian proses yang relatif kompleks. Sehingga penerapan metode ini, khususnya di Indonesia kurang berdaya guna.

2.7 *Garbage Enzyme*

2.7.1 Definisi *Garbage Enzyme*

Garbage Enzyme merupakan cairan kompleks berwarna kecoklatan. *Garbage Enzyme* ditemukan oleh Dr. Rosukon Poompanvong, yang merupakan pendiri Asosiasi Petani Organik Thailand yang telah melakukan penelitian mengenai *garbage enzyme* ini lebih dari 30 tahun. Ia menciptakan *garbage enzyme* agar dipergunakan sebagai pengganti pestisida kimia yang dapat membahayakan hasil panen para petani (Muliarta, 2021). Lalu *garbage enzyme* diperkenalkan secara lebih luas oleh Dr. Joean Oon yang merupakan seorang Naturopathy dari Penang, Malaysia (Novianti, 2021). *Garbage Enzyme* ialah larutan kompleks hasil proses fermentasi bahan organik sampah dapur segar (potongan buah dan sayur), gula molase (gula merah atau gula lainnya yang tidak melalui proses kimia) dan air yang difermentasi selama 3 bulan lamanya di dalam wadah kedap udara (Arun, 2015). Proses pembuatan *garbage enzyme* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pembuatan *Garbage Enzyme*

(Sambaraju, 2020)

2.7.2 Karakteristik *Garbage Enzyme*

Garbage Enzyme memiliki karakteristik yang sangat sederhana, yaitu *Garbage Enzyme* yang baik dapat dikenali melalui warna, aroma serta pH. *Garbage Enzyme* yang bagus dan sempurna menunjukkan cairan yang berwarna kuning kecoklatan dan coklat dan beraroma khas asam segar buah yang kuat (Hemalatha, 2020). Jika larutan *garbage enzyme* yang dipanen berwarna hitam

gelap serta beraroma busuk dan tidak sedap maka *garbage enzyme* tersebut tidaklah sempurna dan mengalami masalah pada rasio penakaran bahan dan bahan yang digunakan tidak sesuai dengan anjuran (Joseph, 2020).

Selain warna dan aroma yang menjadi karakteristik dari *Garbage Enzyme*, pH juga menjadi karakteristik dari *garbage enzyme* yang sempurna. *Garbage Enzyme* yang sempurna akan memiliki pH yang cenderung asam direntang antara 3–6 (Neupane, 2019).

2.7.3 Kegunaan *Garbage Enzyme*

Garbage Enzyme merupakan *versatile liquid* atau cairan multiguna, adapun *garbage enzyme* ini dapat digunakan untuk bermacam-macam tujuan sebagai berikut:

a. Desinfektan dan Cairan Pembersih

Garbage Enzyme mampu membunuh bakteri dan jamur sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti cairan pembersih yang terbuat dari bahan kimia. *Garbage Enzyme* sendiri merupakan cairan pembersih yang sangat ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan rumah tangga sehari-hari seperti membersihkan permukaan kaca. *Garbage Enzyme* juga dapat digunakan sebagai cairan pembersih kamar mandi serta kegiatan lainnya yang memerlukan desinfektan atau cairan pembersih (Tong, 2020).

b. Pupuk Tanaman

Setelah proses fermentasi selesai, *garbage enzyme* dapat digunakan sebagai pupuk tanaman alami. Namun, tidak langsung menuangkan *garbage enzyme* ke tanaman, karena *garbage enzyme* bersifat asam dan ini dapat merusak media tanam tanaman. Jika ingin menggunakan *garbage enzyme* untuk dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman dapat dicampurkan air dengan rasio tertentu (Samriti, 2019).

c. Pengusir Hama

Garbage Enzyme sendiri memiliki aroma asam segar buah yang kuat, karenanya serangga seperti kecoa, semut, lalat dan nyamuk tidak suka dengan cairan ini. Cukup dengan melarutkan *garbage enzyme* yang telah dipanen dengan air lalu disemprotkan ke tempat-tempat yang diinginkan untuk bebas hama (Verma, 2019).

d. Pelestarian Lingkungan

Garbage Enzyme mampu mengubah amonia (NH_3) menjadi nitrat (NO_3) yang merupakan hormon alami serta nutrisi untuk tanaman. Pada saat proses fermentasi *garbage enzyme* berlangsung, akan dihasilkan gas ozone (O_3) yang dapat mengurangi efek rumah kaca pada Bumi. *Garbage Enzyme* juga dipercaya dapat mengolah beberapa jenis limbah seperti limbah domestik dan telah dibuktikan dengan penelitian (Vama, 2020).

2.8 Pengolahan Limbah dengan *Garbage Enzyme*

Penggunaan *garbage enzyme* telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, beberapa penelitian terdahulu mengenai penggunaan *garbage enzyme* dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Mengenai *Garbage Enzyme*

No	Judul, Nama dan Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Hasil dan Kesimpulan Penelitian
1	<i>Application of Eco Enzyme for Domestic Wastewater Treatment</i> (Kerker & Salvi, 2020).	Pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan <i>eco enzyme</i> dalam menurunkan parameter TDS, BOD, COD, MPN (populasi bakteri dan mikroorganisme) dan meningkatkan pH dengan pengenceran <i>eco enzyme</i> 5% dan 10% dan waktu tinggal 1 hari, 3 hari dan 5 hari.	Hasil dari penelitian pengolahan air limbah domestik dengan <i>eco enzyme</i> menunjukkan pengenceran <i>eco enzyme</i> 10% dengan waktu tinggal 5 hari dapat menurunkan parameter BOD dari 198 mg/L menjadi 68,5 mg/L, penurunan parameter TDS dari 495 mg/L menjadi 426 mg/L, penurunan parameter COD dari 413 mg/L menjadi 212 mg/L dan peningkatan pH dari 5,41 menjadi 6,82.
2	<i>Eco-friendly Treatment of Dairy Wastewater using Garbage Enzyme</i> (Sambaraju & Lakshmi, 2020)	Pengolahan limbah susu menggunakan <i>garbage enzyme</i> (hasil fermentasi 1 bulan) dengan 2 kadar pH yang berbeda yaitu 4 dan 6,5 serta 5 variasi waktu tinggal 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam dan 60 jam dalam menurunkan parameter TSS.	Hasil dari penelitian pengolahan limbah susu menggunakan <i>garbage enzyme</i> menunjukkan penurunan nilai parameter TSS pada <i>garbage enzyme</i> pH 6,5 dan waktu tinggal 60 jam dengan kadar TSS awal 1148 mg/L di waktu tinggal 12 jam lalu menurun menjadi 976 mg/L di waktu tinggal 60 jam dengan persentase penurunan sebesar 26%.

3	<i>Effect of Bio-Enzyme in the Treatment of Fresh Water Bodies</i> (Penmatsa, dkk., 2019)	Penelitian ini diawali dengan pembuatan <i>bio-enzyme</i> selama 3 bulan. 1 Liter <i>bio-enzyme</i> disemprotkan ke permukaan kolam air tawar dengan volume 10.000 Liter secara berkala selama 3 bulan (1 bulan 1 kali penyemprotan), lalu dilakukan pengujian DO, BOD, dan COD sebelum dan sesudah pengolahan dengan <i>bio-enzyme</i> .	1 Liter <i>bio-enzyme</i> yang disemprotkan ke permukaan kolam air tawar dengan volume 10.000 Liter dapat menurunkan parameter BOD, COD, dan meningkatkan kadar oksigen terlarut pada air kolam. Parameter BOD menurun hingga 9 mg/L, parameter COD juga menurun hingga 24 mg/L dan parameter DO mengalami peningkatan hingga 3,7 mg/L setelah pengolahan dengan <i>bio-enzyme</i> .
4	<i>Application of Bio-Enzyme in Wastewater (Greywater) Treatment</i> (Kumar, dkk., 2020)	Penelitian ini diawali pembuatan <i>bio-enzyme</i> dengan memanfaatkan sampah bunga. Pengolahan limbah <i>greywater</i> dengan variasi pengenceran <i>bio-enzyme</i> 5%, 10%, 15% dan waktu tinggal 5 hari, 15 hari dan 25 hari.	Pengolahan limbah <i>greywater</i> dengan <i>bio-enzyme</i> , khususnya pengenceran 10% <i>bio-enzyme</i> dapat menurunkan parameter-parameter yang menjadi karakteristik limbah <i>greywater</i> di India yaitu Amonia nitrogen, fosfat, TDS, BOD dan COD. Efektivitas penurunan setiap parameter setelah waktu tinggal 25 hari ialah 70% (Amonia nitrogen), 95% (Fosfat), 20% (COD), 50% (BOD) dan 50% (TDS).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk menunjukkan variasi pengenceran *garbage enzyme* dan efisiensi kemampuannya dalam mengolah limbah cair pabrik tahu dengan memfokuskan pada parameter yang menjadi karakteristik limbah cair pabrik tahu yaitu BOD, COD, TSS dan pH. Pengerjaan pendekatan *True Experiment* menggunakan skala laboratorium untuk menguji variabel serta mengamati pengaruh antara dua variabel dengan menggunakan contoh kontrol. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu pembuatan *Garbage Enzyme*, pengenceran *garbage enzyme* konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% serta penyisihan polutan BOD, COD, TSS dan pH pada limbah cair industri tahu dengan menggunakan *garbage enzyme* konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% dengan waktu tinggal 3 hari dan 5 hari masing-masing konsentrasi dari *Garbage Enzyme*.

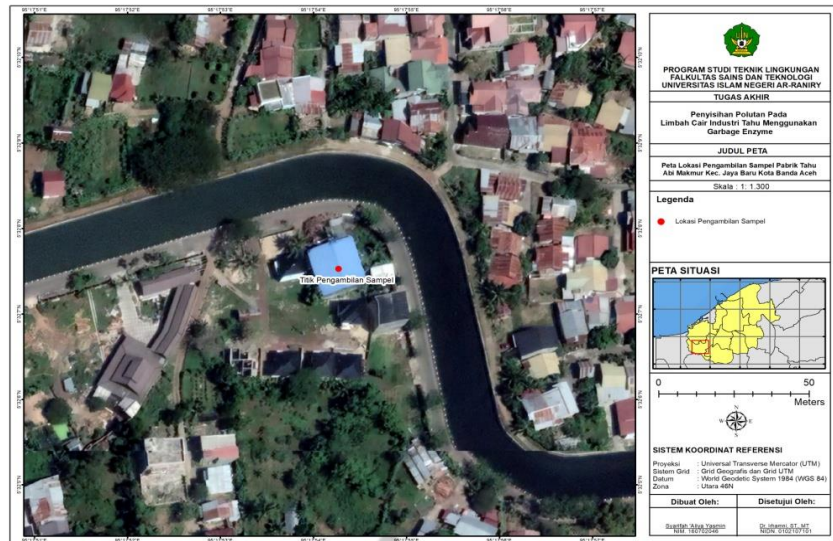
3.2 Lokasi Penelitian

Kegiatan pengujian parameter air limbah sebelum pengolahan dan setelah pengolahan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

3.3 Pengambilan Sampel

3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair industri tahu diambil di salah satu pabrik produksi tahu yaitu Pabrik Tahu “Abi Makmur” yang beralamat di Jalan Krueng Neng Utama, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh. Sampel diambil pada saluran *outlet* dari Pabrik Tahu Abi Makmur. Titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 3.2 Titik Pengambilan Sampel (saluran outlet)

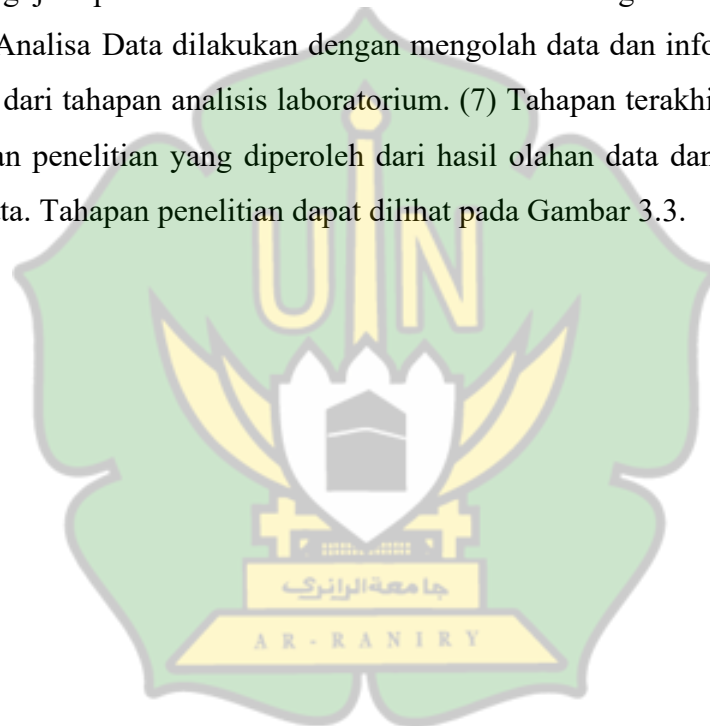
3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

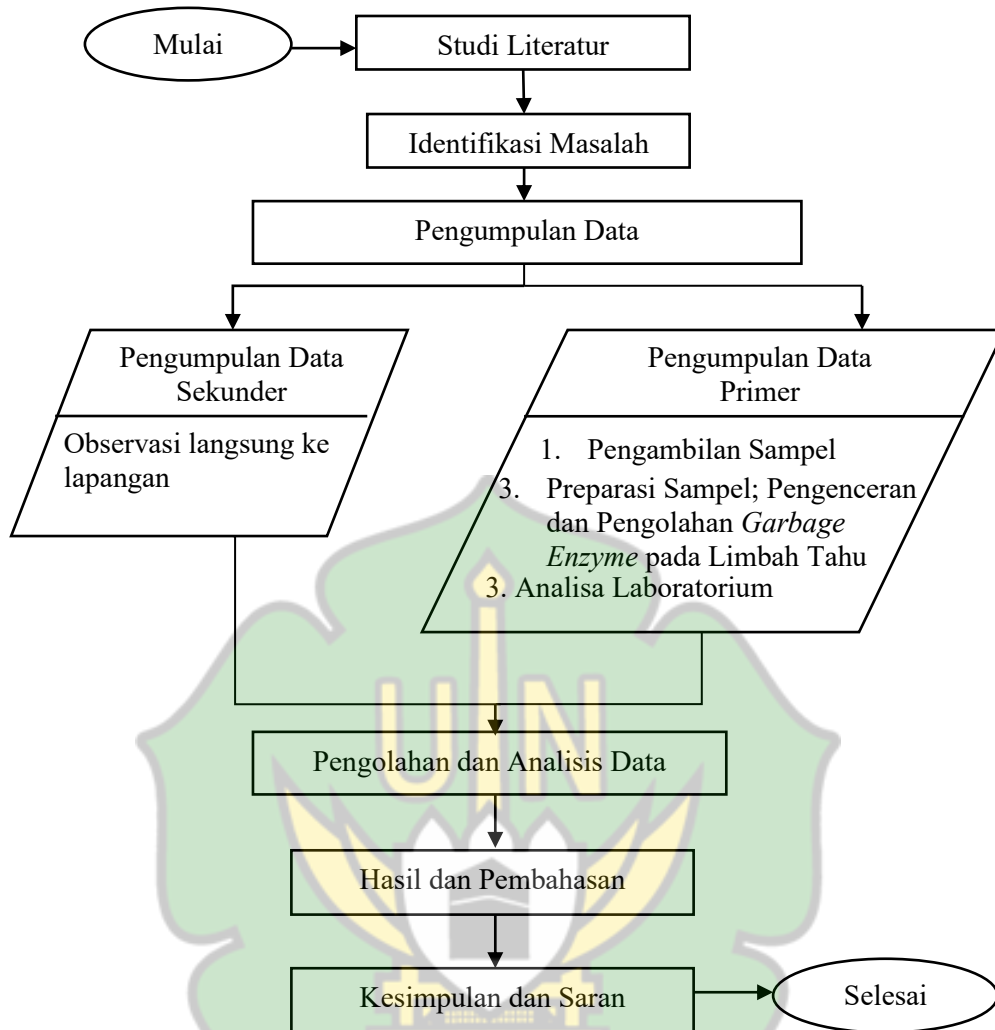
Pengambilan sampel limbah cair industri tahu mengacu kepada SNI 6989.58 Tahun 2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah, pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan cara sesaat atau *grab-sampling*.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan umum pada penelitian ini digambarkan pada Gambar 3.4 dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) Tahap hipotesa awal pada penelitian ini melakukan studi literatur dari jurnal, skripsi, tesis dan buku. (2) Tahapan identifikasi masalah berdasarkan pada studi literatur. (3) Tahap persiapan dimulai

dengan merencanakan kerangka kegiatan penelitian, menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian, dan melakukan observasi langsung ke pabrik produksi tahu. (4) Tahapan selanjutnya ialah mengumpulkan data primer dimulai dengan pengambilan sampel limbah cair industri tahu, lalu menyiapkan preparasi sampel yakni pembuatan dan pengenceran *garbage enzyme* kemudian melakukan pengolahan limbah cair industri tahu dengan *garbage enzyme* dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% serta variasi retensi 3 hari dan 5 hari. (5) Tahapan berikutnya ialah Analisa laboratorium yaitu dengan melakukan pengujian terhadap hasil perlakuan sampel limbah cair tahu dan *garbage enzyme* untuk pengujian parameter berdasarkan SNI untuk masing-masing parameter. (6) Tahapan Analisa Data dilakukan dengan mengolah data dan informasi yang telah diperoleh dari tahapan analisis laboratorium. (7) Tahapan terakhir ialah penarikan kesimpulan penelitian yang diperoleh dari hasil olahan data dan informasi tahap analisa data. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3.





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Pembuatan *Garbage Enzyme*

3.4.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada pembuatan *Garbage Enzyme* dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Bahan yang digunakan dalam Pembuatan *Garbage Enzyme*

No	Nama Bahan	Nilai	Satuan
1.	Gula Molase	60	Gr
2.	Sisa buah (kulit Jeruk dan Nanas)	180	Gr
3.	Air	600	mL

3.4.1.2 Prosedur Kerja

Prosedur kerja untuk pembuatan *garbage enzyme* ialah sebagai berikut:

1. Dicacah/dipotong sisa buah (kulit Jeruk) menjadi ukuran kecil dengan pisau.
2. Ditimbang berat sisa buah yang telah dicacah, gula molase dan air masing-masing sesuai rasio 3 : 1 : 10 (Muliarta, 2021), yaitu sisa buah sebanyak 180 Gram, gula molase 60 Gram dan air sebanyak 600 mL.
3. Dibersihkan wadah dari sisa sabun atau bahan kimia lainnya sebelum digunakan, lalu direkatkan stiker label informasi tanggal pembuatan dan tanggal panen *Garbage Enzyme*.
4. Dilarutkan 60 Gram gula molase dengan 600 mL air di dalam wadah kedap udara kapasitas 1000 mL.
5. Dicampurkan 180 Gram sisa buah dengan larutan gula molase di dalam wadah lalu diaduk rata dengan pengaduk kemudian wadah ditutup.
6. Larutan gula molase dan sisa buah difermentasi selama 3 bulan.
7. Selama 1 minggu pertama, dibuka-tutup wadah untuk membuang gas hasil proses fermentasi.
8. Diaduk *garbage enzyme* di hari ke-7.
9. Diaduk *garbage enzyme* di hari ke-30 (kecuali jika ada *Mama Enzyme*).
10. Setelah pengadukan di hari ke-30 (setelah 1 bulan) dilanjutkan proses fermentasi sampai selesai. Setelah selesai proses fermentasi selama 3 bulan, maka *garbage enzyme* siap untuk dipanen (Rasit, dkk., 2019).

3.4.2 Pengenceran *Garbage Enzyme*

3.4.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada Pengenceran *Garbage Enzyme* dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam Pengenceran *Garbage Enzyme*

No	Nama Bahan	Besar	Satuan
1.	<i>Garbage Enzyme</i> (Konsentrasi 90%)	278	mL
2.	Aquadest	1722	mL

3.4.2.2 Prosedur Kerja

Prosedur kerja untuk pengenceran *garbage enzyme* ialah sebagai berikut:

1. Dihitung volume larutan *garbage enzyme* (V_1) yang diperlukan untuk dibuat n volume larutan pengenceran *garbage enzyme* konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% (V_2) dengan rumus:

$$V_1 \times K_1 = V_2 \times K_2 \rightarrow V_1 = \frac{V_2 \times K_2}{K_1}$$

2. Diambil mL V_1 sesuai dengan hasil perhitungan dari larutan *garbage enzyme* dengan pipet ukur atau pipet volum, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL.
3. Ditambahkan aquadest (air) sampai batas volume labu ukur kemudian digoyang-goyangkan agar tercampur sampai homogen.
4. Ditutup labu ukur yang telah terisi larutan pengenceran *garbage enzyme* dengan tutupannya atau dengan aluminium foil, lalu dihomogenkan kembali larutan tersebut hingga merata.
5. Dipindahkan larutan *garbage enzyme* yang telah diencerkan ke wadah lain.
6. Diberi stiker label yang dituliskan informasi (nama larutan, konsentrasi larutan dan tanggal pembuatan larutan) pada wadah.
7. Lakukan langkah 1 sampai 5 untuk pengenceran *garbage enzyme* dengan konsentrasi yang berbeda.

3.4.3 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan *Garbage Enzyme* 5%, 10%, 15% dan 20%

3.4.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan *garbage enzyme* dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel 3.3 Bahan yang digunakan pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan *Garbage Enzyme*

No.	Nama Bahan	Besar	Satuan
1	Limbah Cair Industri Tahu	1600	mL
2	<i>Garbage Enzyme</i> 5%	500	mL
3	<i>Garbage Enzyme</i> 10%	500	mL
4	<i>Garbage Enzyme</i> 15%	500	mL
5	<i>Garbage Enzyme</i> 20%	500	mL
6	Aluminium <i>foil</i>	8	Lembar
7	Stiker label	8	Buah

3.4.3.2 Prosedur Kerja

Prosedur kerja untuk pengolahan limbah cair industri tahu dengan *garbage enzyme* ialah sebagai berikut:

1. Diambil 1 buah gelas kimia dengan volume 500 mL.
2. Dipipet limbah cair tahu dengan pipet volume sebanyak 200 mL lalu dituangkan ke dalam gelas kimia.
3. Dipipet larutan pengenceran *garbage enzyme* 5% dengan pipet volume sebanyak 50 mL lalu dituangkan ke dalam gelas kimia yang telah terisi dengan cairan limbah tahu.
4. Diambil gelas yang telah terisi campuran larutan limbah cair tahu dan *garbage enzyme* 5% lalu diletakkan di atas pengaduk magnetik untuk dihomogenkan.
5. Diletakkan gelas kimia di atas *hot plate* pada pengaduk magnetik kemudian diatur kecepatan dan waktu pengadukannya pada kecepatan 1000 rpm selama 30 menit.

6. Setelah pengadukan pada 1000 rpm selama 30 menit lalu larutan campuran limbah cair tahu dan *garbage enzyme* 5% telah homogen sempurna.
7. Ditungup gelas kimia dengan aluminium *foil* agar menghindari kontaminasi udara.
8. Setelah ditutup dengan aluminium *foil* lalu diberi stiker label pada gelas kimia mengenai informasi nama larutan, tanggal pembuatan dan waktu tinggal larutan (Contoh: Sampel Limbah Cair Tahu dan *garbage enzyme* 5%, 8 Agustus 2021, 3 hari).
9. Diulangi langkah 1 sampai 8 untuk perlakuan pengolahan limbah cair tahu dengan *garbage enzyme* 5% waktu tinggal 5 hari.
10. Diulangi langkah 1 sampai 8 untuk perlakuan pengolahan limbah cair tahu dengan *garbage enzyme* 5%, 10%, 15% dan 20% dan waktu tinggal 3 hari dan 5 hari.
11. Setelah itu sampel didiamkan selama waktu yang ditentukan selama 3 hari dan 5 hari.
12. Tahap terakhir setelah sampel didiamkan lalu selanjutnya diambil masing-masing sampel untuk dilakukan analisa laboratorium.

3.5 Analisis Laboratorium

3.5.1 Pengujian Parameter BOD

1. Persiapan contoh uji sebagai berikut:
 - a. Dikondisikan contoh uji pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
 - b. Diencerkan contoh uji dengan larutan pengencer sebanyak 1 L.
2. Proses pengujian BOD sesuai SNI 06-6989.72 Tahun 2009 sebagai berikut:
 - a. Disiapkan botol DO, diberi masing-masing botol dengan A₁ dan A₂.
 - b. Diencerkan larutan contoh uji, dimasukkan ke dalam botol DO, ditutup botol DO untuk dihindari terbentuknya gelembung udara.
 - c. Dilakukan pengocokan, ditambahkan air bebas mineral pada sekitar tutup botol DO yang telah ditutup.
 - d. Disimpan botol A₂ dalam lemari inkubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari.
 - e. Dititrasi pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan botol A₁ secara iodometri (metode azida).

- f. Dimasukkan sampel dalam erlenmeyer 500 ml untuk dianalisis BOD secara iodometri.
- g. Ditambahkan cairan 2 ml larutan *mangan sulfat*
- h. Ditambahkan 2 ml larutan *alkali iodida*, ditutup botol dan dikocok botol beberapa kali, didiamkan selama 10 menit, larutan yang jernih diambil sebanyak 100 ml, dan dipindahkan dalam erlenmeyer 500 ml.
- i. Ditambahkan 2 ml H₂SO₄
- j. Dihomogenkan hingga endapan larut, dituangkan isi botol ke dalam erlenmeyer 500 ml yang diisi larutan jernih.
- k. Dititrasi larutan Na₂S₂O₃ hingga larutan berwarna coklat muda.
- l. Ditambahkan amilum 1% 2 ml, dititrasi kembali sampai larutan tidak berwarna.
- m. Dilakukan pengulangan pengerjaan tahapan e untuk botol A₂, diinkubasi 5 hari selama ± 6 jam.
- n. Dilakukan pengulangan untuk penetapan blanko pengerjaan a sampai e dengan digunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Diperoleh hasil pengukuran yang merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B₁) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B₂).

$$DO \text{ (mgO}_2\text{/L)} = \frac{(V \text{ titrasi} \times N \text{ Tiosulfat} \times 8000 \times F)}{V \text{ sampel } 50 \text{ mL}}$$

Keterangan:

DO : *Dissolved Oxygen* / Oksigen terlarut

V : Volume Natrium Tiosulfat

N : Normalitas Natrium Tiosulfat

F : Faktor (volume botol 250 mL dibagi volume 250 mL dikurangi volume pereaksi MnSO₄ 1 mL dan alkali iodida azida 1 mL)

- o. Setelah diperoleh nilai DO 0 hari dan 5 hari, lalu dilakukan penentuan nilai BOD dengan rumus:

$$BOD^{-5} \text{ (mgO}_2\text{/L)} = \frac{DO \text{ 0 Hari} - DO \text{ 5 Hari}}{P}$$

Keterangan:

DO₀ : Kadar Oksigen terlarut pada 0 hari (mgO₂/L)

DO₅ : Kadar Oksigen terlarut pada 5 hari (mgO₂/L)

P : Derajat Pengenceran (sesuai SNI 06-6989.14-2004)

3.5.2 Pengujian Parameter COD

1. Pembuatan larutan kerja sebagai berikut:
 - a. Dibuat deret larutan kerja dari larutan induk KHP dengan 1 (satu) blanko, minimal 3 kadar yang berbeda secara proporsional yang berada pada rentang pengukuran.
2. Prosedur pengujian COD sesuai SNI 06-6989.2 Tahun 2019 sebagai berikut:
 - a. Dipipet contoh uji sebanyak 2,5 ml dan ditambahkan 1,5 ml *digestion solution* dan ditambahkan 3,5 ml larutan pereaksi asam sulfat ke dalam ampul.
 - b. Ditutup ampul dan dikocok perlahan hingga homogen.
 - c. Diletakkan ampul di pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, dilakukan refluks selama 2 jam.
 - d. Didinginkan ampul kemudian dianalisis COD pada contoh uji dengan COD meter.
 - e. Dipastikan alat COD meter terhubung dengan arus listrik.
 - f. Dihidupkan alat COD meter dan ditekan ON pada alat.
 - g. Dimasukkan ampul ke wadah pembacaan sampel.
 - h. Ditekan tombol “Mode”, diklik start untuk membaca hasil COD pada contoh uji.
 - i. Dicatat hasil pada alat COD meter.

3.5.3 Pengujian Parameter TSS

1. Persiapan pengujian sebagai berikut:
 - a. Dikeringkan kertas saring dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C hingga 105°C, didinginkan dalam desikator untuk diseimbangkan suhu dan ditimbang (dicatat sebagai berat awal kertas saring).
2. Prosedur pengujian TSS (*Total Suspended Solid*) sesuai dengan SNI 06-6989.3 Tahun 2019 sebagai berikut:
 - a. Dibasahi kertas saring dengan sedikit air suling (air bebas mineral).
 - b. Diaduk contoh uji dengan batang pengaduk untuk diperoleh contoh uji yang lebih homogen.
 - c. Dipipet contoh uji dengan volume tertentu, dilakukan pengadukan secara manual.

- d. Dicuci kertas saring 3x10 ml dengan air suling, dikeringkan lalu dilanjutkan penyaringan selama 3 menit.
- e. Dipindahkan kertas saring ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga secara hati-hati, dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, lalu didinginkan di dalam desikator untuk diseimbangkan suhu dan ditimbang.

Dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}}$$

Keterangan:

A : Berat kertas saring + residu kering (mg).

B : Berat kertas saring (mg).

3.5.4 Pengujian Parameter pH

1. Persiapan pengujian sebagai berikut:
 - a. Dikalibrasi pH meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat.
2. Prosedur pengujian pH sesuai SNI 06-6989.11 Tahun 2019 sebagai berikut:
 - a. Dikeringkan elektroda dengan kertas tissue, lalu dibilas elektroda dengan air suling.
 - b. Dibilas elektroda dengan contoh uji.
 - c. Dicelupkan elektroda ke dalam contoh uji hingga ditunjukkan pembacaan yang tetap.
 - d. Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan pH meter.

3.5.5 Pengujian Kadar Amonia (NH₃-N)

- a. Dipipet 25 ml contoh uji (sampel) dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml.
- b. Ditambahkan 1 ml larutan fenol lalu dihomogenkan.
- c. Ditambahkan 1 ml Natrium nitroprusida lalu dihomogenkan.
- d. Ditambahkan 2,5 ml larutan pengoksidasi kemudian dihomogenkan.
- e. Ditutup erlenmeyer tersebut dengan plastik atau parafin film.
- f. Larutan kemudian dibiarkan selama 1 jam untuk proses pembentukan warna.
- g. Setelah itu dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer.

- h. Ditunggu hasil pembacaan lalu dicatat serapannya pada panjang gelombang 640 nm.

Kadar Amonia dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Amonia (mg N/L)} = C \times fp$$

Keterangan:

C : kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp : faktor pengenceran.

3.6 Analisa Data

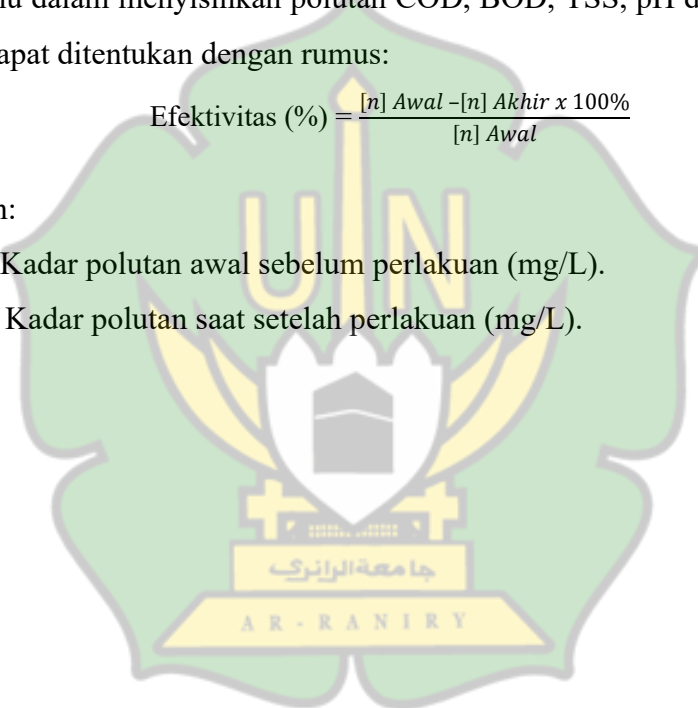
Penemuan efektivitas kinerja *garbage enzyme* pada pengolahan limbah cair industri tahu dalam menyisihkan polutan COD, BOD, TSS, pH dan Amonia Total (NH₃-N) dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{[n] \text{ Awal} - [n] \text{ Akhir} \times 100\%}{[n] \text{ Awal}}$$

Keterangan:

[n] Awal : Kadar polutan awal sebelum perlakuan (mg/L).

[n] Akhir : Kadar polutan saat setelah perlakuan (mg/L).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Uji Parameter Limbah Tahu

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penurunan pada BOD, COD, TSS, Amonia Total (NH₃-N) dan pH yang ada pada limbah tahu dengan menggunakan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* serta waktu tinggal 3 hari dan 5 hari. Limbah Tahu diambil di Pabrik Tahu Abi Makmur yang beralamat di Jalan Krueng Neng Utama, Kecamatan Jaya Baru. Limbah tahu dianalisis terlebih dahulu parameter lingkungannya sebelum dilakukan pengolahan dengan *Garbage Enzyme*. Berdasarkan hasil uji limbah tahu yang dilakukan di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, parameter lingkungan yang diuji meliputi BOD, COD, TSS, Amonia Total (NH₃-N) dan pH. Hasil pengujian parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Parameter Limbah Tahu sebelum pengolahan

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil
COD	mg/L	300*	11.255
BOD	mg/L	150*	1.074
TSS	mg/L	200*	1.086
Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	-	10.645
pH		6-9*	4,6

Keterangan: *PERMENLH No. 5 Tahun 2014

Hasil uji limbah tahu yang tercantum pada Tabel 4.1, diketahui limbah tahu tersebut terindikasi mengandung kadar BOD, COD, TSS dan Amonia Total (NH₃-N) yang melebihi standar baku mutu, serta pH yang lebih rendah dari baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yang tercantum pada bagian Baku Mutu Air Limbah Bagi Pelaku Usaha Pengolahan Kedelai terlampir pada Lampiran 4.

4.1.2. Hasil Pengolahan Limbah Tahu Menggunakan *Garbage Enzyme*

Pengolahan limbah tahu menggunakan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20 % dari *garbage enzyme* dengan bantuan pengadukan di kecepatan 1000 rpm dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit lalu ditunggu waktu tinggal selama 3 hari dan 5 hari. Adapun hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Uji Parameter Limbah Tahu setelah Pengolahan *Garbage Enzyme*.

Variasi Konsentrasi dan Waktu Tinggal	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Amonia Total (NH ₃ -N) (mg/L)	pH
Pengujian Awal	1.074	11.255	1.086	10.645	4,6
Baku Mutu	150	300	200	-	6-9
5% 3 hari	2.360	1.500	260	18,43	5,9
5% 5 hari	1.632	1.447	203,3	31,51	6,08
10% 3 hari	2.486	1.500	126,7	4,36	5,4
10% 5 hari	2.664	1.500	100	17,73	5,11
15% 3 hari	728	1.500	223,3	1,46	5,2
15% 5 hari	468	1.500	80	4,65	4,8
20% 3 hari	3.248	1.500	500	5	4,6
20% 5 hari	468	1.500	80	4,65	4,6

Berdasarkan Tabel 4.2 mengenai hasil analisa parameter BOD, COD, TSS, pH dan Amonia Total (NH₃-N) pada limbah tahu dengan pengolahan menggunakan variasi konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* serta waktu tinggal 3 hari dan 5 hari menunjukkan peningkatan dan penurunan nilai baik itu melebihi baku mutu maupun memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pengaruh *Garbage Enzyme* Terhadap Penurunan Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

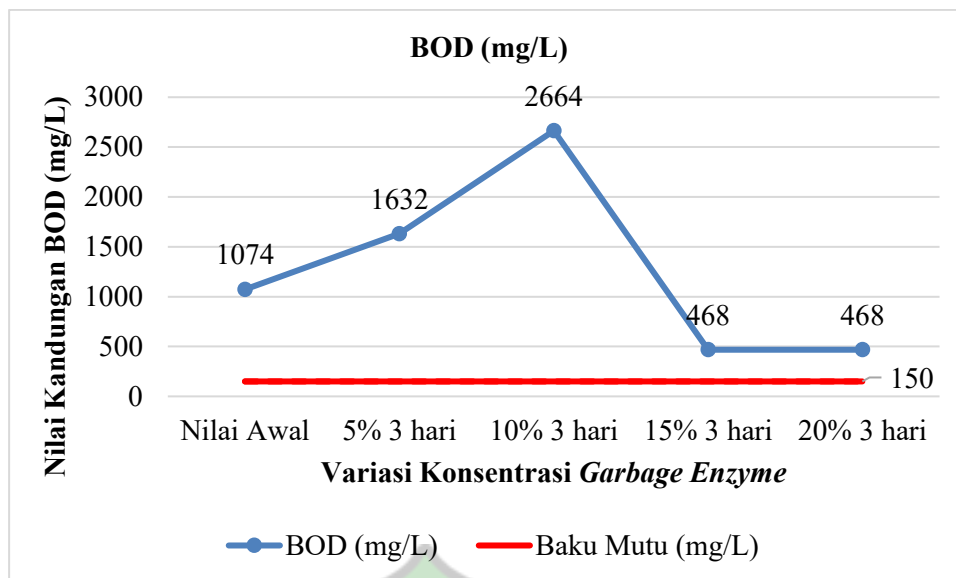
BOD menjadi salah satu parameter penting dalam penentuan kualitas lingkungan suatu perairan. BOD didefinisikan dengan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (seperti bakteri) untuk mengurai senyawa organik yang ada di dalam air (Sitorus, 2021). Berdasarkan analisis yang telah

dilakukan pada limbah tahu, diperoleh hasil analisis untuk parameter BOD sebelum pengolahan sebesar 1.074 mg/L. Kadar BOD dengan nilai 1.074 mg/L, nilai tersebut melebihi kadar baku mutu dengan nilai 150 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah untuk Usaha Pengolahan Kedelai. Kadar BOD pada limbah tahu yang diperoleh setelah dilakukan pengolahan dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% dari *garbage enzyme* serta waktu tinggal 3 hari dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter BOD

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	BOD (mg/L)			Persentase (%)
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5 % 3 hari	150	1.074	2.360	-
10% 3 hari			2.486	-
15% 3 hari			728	32,21
20% 3 hari			3.284	-

Pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 3 hari. Berdasarkan hasil pengolahan tersebut kadar BOD mengalami penurunan dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 1.074 mg/L lalu kadar BOD tersebut turun menjadi 728 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 32,21% pada penambahan *garbage enzyme* di konsentrasi pengenceran 15%.



Gambar 4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter BOD

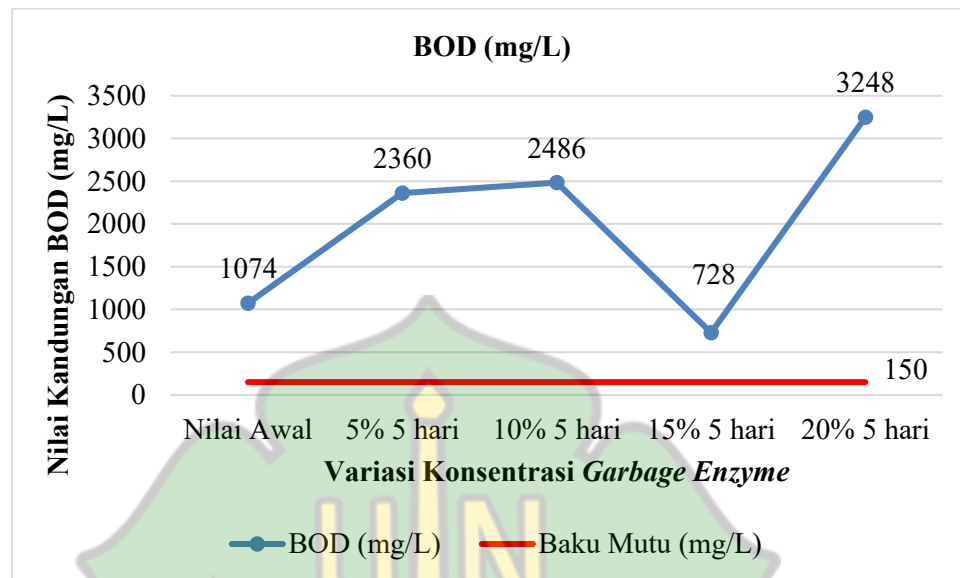
Berdasarkan Gambar 4.1 kadar BOD mengalami peningkatan nilai pada penambahan *garbage enzyme* di konsentrasi 5%, 10% dan 20%, dimana awalnya 1.074 mg/L lalu meningkat jauh menjadi 3.284 mg/L setelah mengalami penurunan di penambahan *garbage enzyme* di konsentrasi 15% menjadi 728 mg/L. Pengaruh penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 3 hari terhadap Kadar BOD limbah tahu diperoleh hasil pengolahan yang dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter BOD

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	BOD (mg/L)			Persentase (%)
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5 % 5 hari	150	1.074	1.632	-
10% 5 hari			2.664	-
15% 5 hari			468	56,42
20% 5 hari			468	56,42

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 5 hari, hasil pengolahan tersebut kadar BOD mengalami penurunan dimana nilai

awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 1.074 mg/L lalu kadar BOD tersebut turun menjadi 468 mg/L dengan persentase penurunan 56,42% pada penambahan *garbage enzyme* di konsentrasi 15% dan 20% dengan waktu tinggal 5 hari.



Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter BOD

Berdasarkan Gambar 4.2 kadar BOD mengalami peningkatan nilai pada penambahan *garbage enzyme* di konsentrasi 5% dan 10% dimana awalnya 1.074 mg/L lalu meningkat menjadi 2.664 mg/L, lalu kadar BOD mengalami penurunan menjadi 468 mg/L pada konsentrasi *garbage enzyme* 15% dan 20% dengan waktu tinggal selama 5 hari.

Penurunan parameter BOD terjadi secara dramatis, mengalami penurunan namun setelahnya langsung mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Kandungan *garbage enzyme* murni yang memiliki sifat asam dan tidak mengandung ammonia, fosfat, nitrat ataupun klorin, peningkatan BOD yang terjadi diindikasikan oleh kandungan tinggi senyawa organik yang dihasilkan sejak proses pembuatan *garbage enzyme* yang melarutkan material organik menjadi larut di dalam air. Limbah tahu yang tinggi kandungan senyawa organik lalu ditambahkan dengan larutan *garbage enzyme* yang juga tinggi senyawa organik, maka terjadi peningkatan pesat pada kadar BOD setelah dilakukan pengolahan,

seperti yang terjadi pada penelitian Joseph (2021). Faktor lain yang menyebabkan peningkatan kadar BOD yang terjadi setelah pengolahan disebabkan oleh keberadaan bakteri nitrifikasi yang mengurai ammonia menjadi nitrogen organik hasil dari proses nitrifikasi, semakin tinggi proses penguraian ammonia maka semakin banyak senyawa organik yang dihasilkan dari proses penguraian ammonia tersebut, hal ini yang menyebabkan peningkatan kadar BOD dan efisiensi penurunannya rendah, hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Nazim (2013).

4.2.2. Pengaruh *Garbage Enzyme* Terhadap Penurunan Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*)

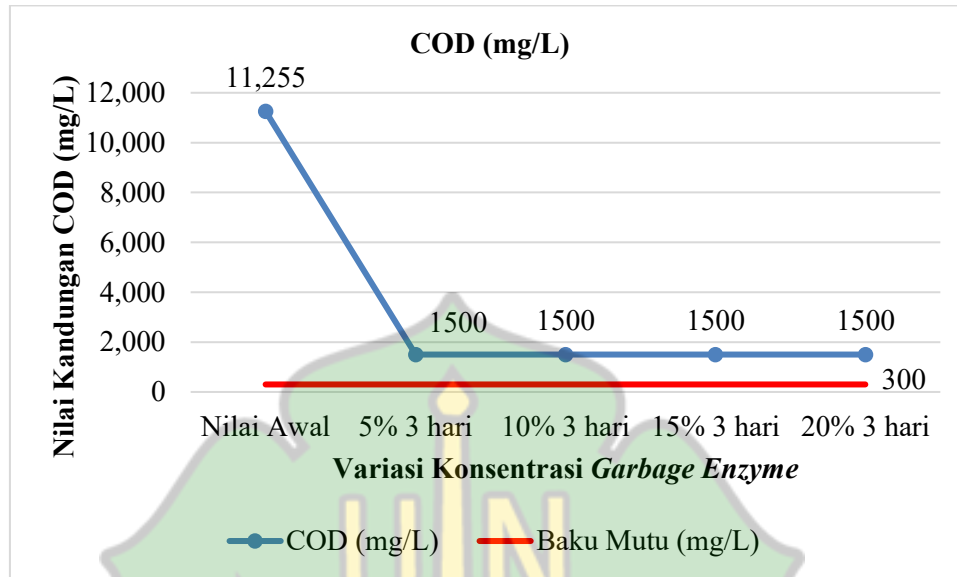
COD didefinisikan dengan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengurai senyawa kimia (dengan reaksi kimia seperti oksidasi) yang ada di dalam air (Syukma, 2019). Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada limbah tahu, diperoleh hasil analisis untuk parameter COD sebelum pengolahan sebesar 11.255 mg/L. Limbah tahu yang dianalisis terindikasi kadar COD yang melebihi baku mutu yang ditetapkan dengan nilai 300 mg/L dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah untuk Usaha Pengolahan Kedelai. Hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi *garbage enzyme* dengan waktu tinggal selama 3 hari tercantum pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter COD

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	COD (mg/L)			Persentase (%)
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5 % 3 hari	300	11.255	1.500	86,67
10% 3 hari			1.500	86,67
15% 3 hari			1.500	86,67
20% 3 hari			1.500	86,67

Pada Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 3

hari. Berdasarkan hasil pengolahan tersebut kadar COD mengalami penurunan dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 11.255 mg/L lalu kadar COD turun menjadi 1.500 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 86,67%.



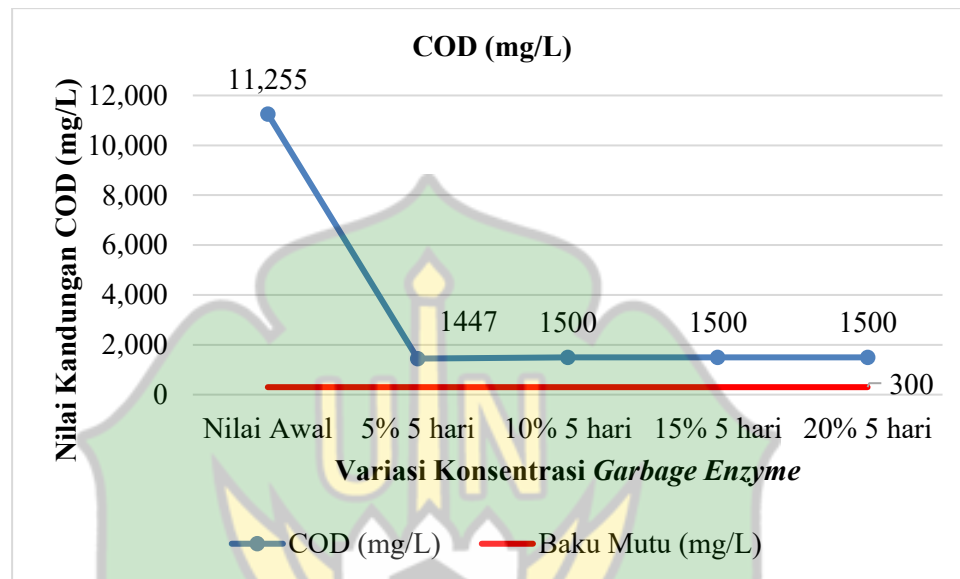
Gambar 4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter COD

Berdasarkan Gambar 4.3 kadar COD mengalami penurunan yang cukup signifikan dimana nilai awal kadar COD limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 11.255 mg/L lalu turun menjadi 1.500 mg/L pada seluruh variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* 15% dan 20% dengan waktu tinggal selama 3 hari. Pengaruh penambahan variasi pengenceran *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 5 hari pada pengolahan limbah tahu dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter COD

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	COD (mg/L)			Persentase (%)
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5 % 5 hari	300	11.255	1.447	87,14
10% 5 hari			1.500	86,67
15% 5 hari			1.500	86,67
20% 5 hari			1.500	86,67

Pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *Garbage Enzyme* dan waktu tinggal selama 5 hari, kadar COD mengalami penurunan dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 11.255 mg/L lalu kadar COD turun menjadi 1.447 mg/L, lalu kembali meningkat menjadi 1.500 mg/L.



Gambar 4.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter COD

Berdasarkan Gambar 4.4 kadar COD mengalami penurunan yang cukup signifikan dimana nilai awal kadar COD limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 11.255 mg/L lalu turun menjadi 1.447 mg/L pada variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* 5% dengan waktu tinggal 5 hari dengan persentase penurunan sebesar 87,14%.

Pada proses pembuatan *garbage enzyme* terjadi proses perubahan senyawa yang tidak dapat larut menjadi senyawa yang larut, dalam hal ini asam sitrat yang berada pada kulit jeruk pada akhirnya larut menjadi larutan *garbage enzyme* yang terdapat kandungan asam sitrat di dalamnya. Kandungan asam sitrat dan enzim lainnya seperti protease, amilase serta lipase ini yang mempercepat reaksi penguraian senyawa-senyawa kimia yang ada pada limbah tahu sehingga kadar COD mengalami penurunan merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Tong

(2011). Pada penurunan nilai COD pada penelitian ini juga didukung oleh faktor pengenceran *garbage enzyme* dengan penambahan air suling (bebas mineral) yang menekan aktivitas enzim hidrolitik dalam menguraikan senyawa kimia ketika pengenceran *garbage enzyme* konsentrasi tertentu ditambahkan ke limbah tahu. Pada penelitiannya Nurmansyah (2020) menjelaskan bahwa enzim hidrolitik ialah enzim yang memecah ikatan dari senyawa kimia kompleks menjadi senyawa dengan ikatan kimia yang lebih sederhana dengan bantuan dari molekul air. *Garbage enzyme* yang tinggi kandungan asam sitrat juga menjadi faktor pendukung dalam proses pemecahan senyawa kimia oleh enzim hidrolitik yang ada pada *garbage enzyme* dalam pengolahan limbah tahu hal ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Rasit, dkk (2019).

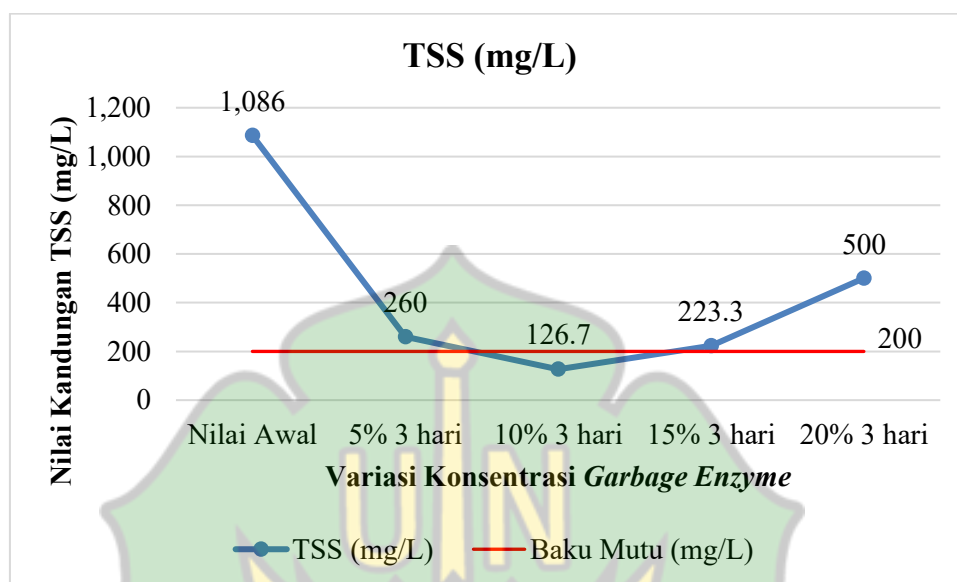
4.2.3. Pengaruh *Garbage Enzyme* Terhadap Penurunan Parameter TSS (*Total Suspended Solid*)

Salah satu karakteristik dari limbah tahu ialah kandungan bahan organik yang ditandai dengan tingginya nilai TSS. Analisa parameter TSS yang telah dilakukan pada limbah tahu sebelum pengolahan dengan *garbage enzyme* terindikasi nilai TSS sebesar 1.086 mg/L, nilai tersebut melampaui baku mutu limbah tahu yang ditetapkan 200 mg/L pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Hasil Analisa limbah tahu setelah dilakukan pengolahan dengan *garbage enzyme* serta waktu tinggal 3 hari dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter TSS

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	TSS (mg/L)			Persentase (%)
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5 % 3 hari	200	1.086	260	76,05
10% 3 hari			126,7	88,22
15% 3 hari			223,3	79,43
20% 3 hari			500	53,95

Pada Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 3 hari, kadar TSS mengalami penurunan dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 1.086 mg/L lalu kadar TSS turun menjadi menjadi 126,7 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 88,33%.



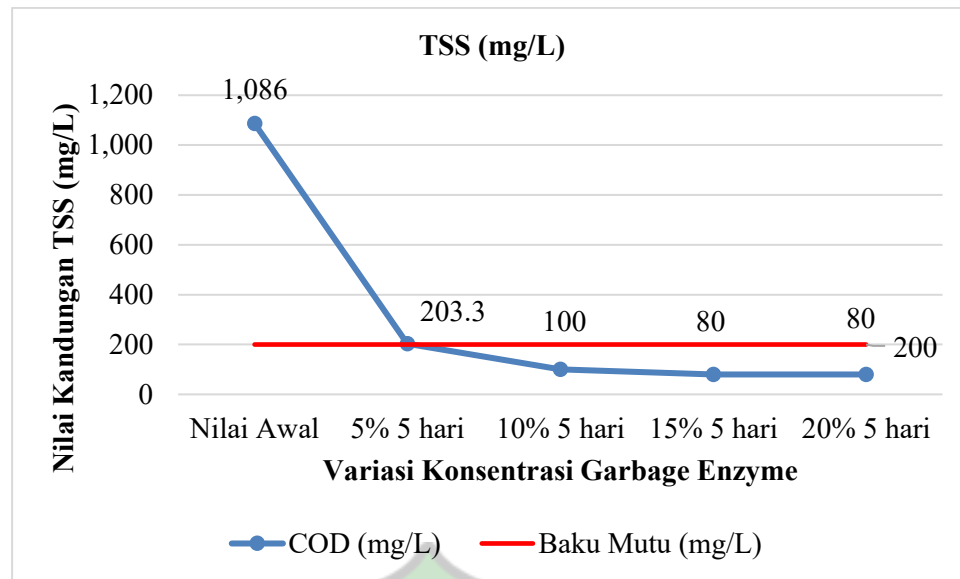
Gambar 4.5 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter TSS

Berdasarkan Gambar 4.5 kadar TSS mengalami penurunan yang cukup signifikan dimana nilai awal kadar TSS limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 1.086 mg/L lalu turun menjadi 126,7 mg/L, kadar TSS turun menjadi dibawah nilai baku mutu air limbah untuk kegiatan pengolahan kedelai yaitu 200 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Kadar TSS mengalami penurunan hingga 126,7 mg/L pada konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* 10% waktu tinggal 3 hari, lalu mengalami peningkatan kembali menjadi 500 mg/L pada konsentrasi pengenceran 15% dan 20% dari *garbage enzyme* dengan waktu tinggal selama 3 hari. Pengaruh penambahan variasi konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 5 hari pada pengolahan limbah tahu dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter TSS

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	TSS (mg/L)			Persentase (%)
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5 % 5 hari	200	1.086	203,3	81,27
10% 5 hari			100	90,79
15% 5 hari			80	92,63
20% 5 hari			80	92,63

Pada Tabel 4.8 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 5 hari, kadar TSS terus mengalami penurunan pada setiap konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 1.086 mg/L lalu kadar TSS turun menjadi menjadi 203,3 mg/L pada pengenceran *garbage enzyme* 5%, 100 mg/L pada pengenceran 10% *Garbage Enzyme*, dan terus turun menjadi 80 mg/L pada pengenceran 15% dan 20% *garbage enzyme* dengan persentase penurunan paling tinggi sebesar 92,63%. Penurunan kadar TSS sebesar 80 mg/L setelah pengolahan dengan *garbage enzyme* berhasil menurunkan kadar TSS hingga dibawah 200 mg/L sesuai dengan baku mutu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.



Gambar 4.6 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter TSS

Berdasarkan Gambar 4.6, kadar TSS mengalami penurunan terus-menerus pada tiap-tiap konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dimana nilai awal kadar TSS limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 1.086 mg/L lalu turun hingga 80 mg/L, kadar TSS turun menjadi dibawah nilai baku mutu air limbah untuk kegiatan pengolahan kedelai yaitu 200 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Kadar TSS mengalami penurunan hingga 80 mg/L pada konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* 15 dan 20% waktu tinggal 5 hari.

Penurunan pada parameter TSS terjadi akibat keberadaan enzim hidrolitik yang ada pada *garbage enzyme*. Dalam penelitiannya, Nurmansyah (2020) menjelaskan enzim hidrolitik ialah enzim yang memecah senyawa kimia kompleks menjadi senyawa kimia sederhana dengan bantuan dari molekul air, maka dari itu penambahan air suling (bebas mineral) pada pengenceran konsentrasi *garbage enzyme* berperan dalam meningkatkan aktifitas enzim hidrolitik pada pengolahan limbah tahu dengan menggunakan *garbage enzyme* sebagaimana merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Nazim, dkk, (2013). *Garbage enzyme* juga tinggi akan asam sitrat, asam sitrat ini berperan dalam membantu proses penguraian polutan yang dilakukan oleh enzim hidrolitik pada pengolahan limbah tahu

dengan menggunakan *garbage enzyme*, sehingga kadar TSS menurun setelah dilakukan pengolahan dengan waktu tinggal optimal selama 5 hari sebagaimana yang terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Rasit, dkk, (2019).

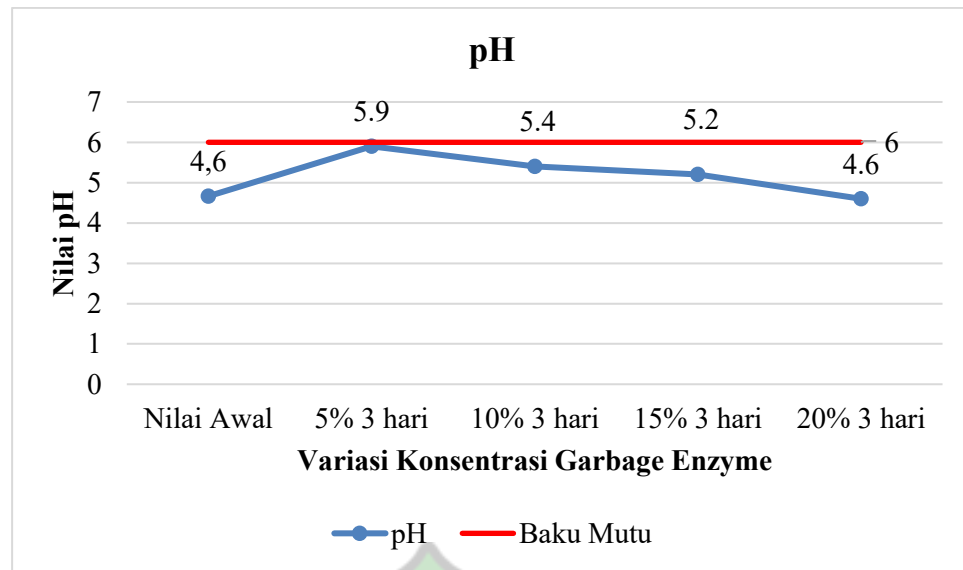
4.2.4. Pengaruh *Garbage Enzyme* Terhadap Parameter pH

Limbah tahu memiliki sifat cenderung asam yaitu di rentang 4,3 - 5,4. Baku mutu yang ditetapkan untuk parameter pH pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 ialah pH 6–9. Pada limbah tahu pabrik Abi Makmur memiliki pH 4,6 sebelum dilakukan pengolahan dengan *Garbage Enzyme*. Pengaruh penambahan variasi konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 3 hari pada pengolahan limbah tahu terhadap parameter pH dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter pH

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	pH		
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir
5 % 3 hari	6-9	4,6	5,9
10% 3 hari			5,4
15% 3 hari			5,2
20% 3 hari			4,6

Pada Tabel 4.9 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 3 hari, pH mengalami peningkatan pada konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 4,6 meningkat menjadi 5,9 pada konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* 5%.



Gambar 4.7 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter pH

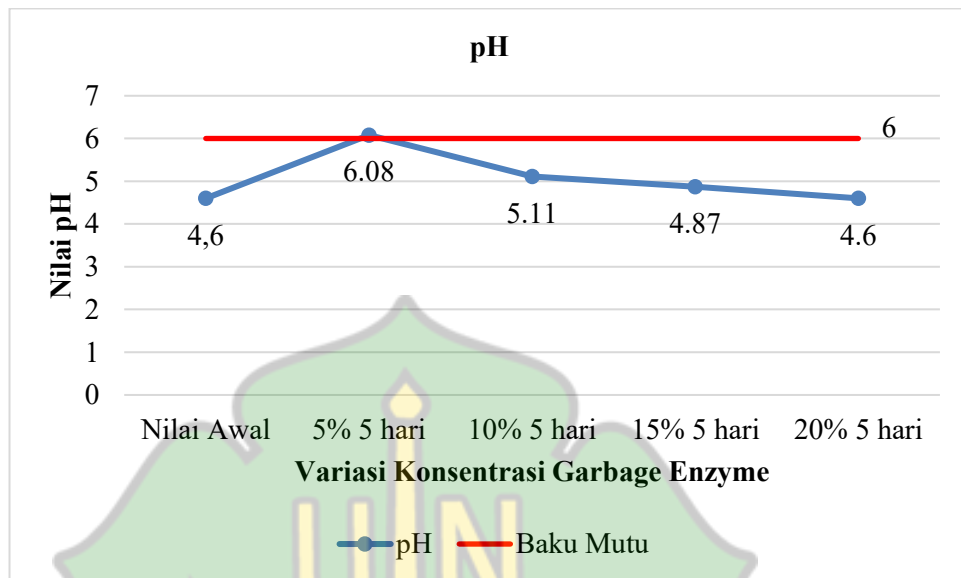
Berdasarkan Gambar 4.7 nilai awal pH limbah tahu saat sebelum dilakukan pengolahan berada pada 4,6, dapat dilihat pada grafik diatas nilai pH mengalami peningkatan menjadi 5,9, nilai tersebut mendekati nilai pH yang ditetapkan pada baku mutu yaitu 6–9. Nilai pH kembali menurun pada konsentrasi pengenceran 10%, 15% dan 20% dengan waktu tinggal 3 hari. Pengaruh penambahan variasi konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 5 hari pada pengolahan limbah tahu terhadap parameter pH dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter pH

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	pH		
	Baku Mutu	Nilai Awal	Nilai Akhir
5 % 5 hari	6-9	4,6	6,08
10% 5 hari			5,11
15% 5 hari			4,87
20% 5 hari			4,6

Pada Tabel 4.10 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 5 hari, pH mengalami peningkatan pada konsentrasi pengenceran *garbage enzyme*

dimana nilai awal dari limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 4,6 meningkat menjadi 6,08 pada konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* 5%. Nilai pH tersebut memenuhi baku mutu parameter pH 6–9 yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.



Gambar 4.8 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter pH

Berdasarkan Gambar 4.8 nilai awal pH limbah tahu saat sebelum dilakukan pengolahan berada pada 4,6, dapat dilihat pada grafik diatas nilai pH mengalami peningkatan menjadi 6,08, nilai tersebut memenuhi nilai pH yang ditetapkan pada baku mutu yaitu 6–9, namun nilai pH kembali menurun. Peningkatan nilai pH yang terjadi secara dramatis disebabkan oleh pH yang cukup rendah pada limbah tahu, sehingga ketika ditambahkan dengan *garbage enzyme* yang juga bersifat asam akan menyebabkan nilai pH tetap rendah bahkan kembali pada nilai pH sebelum dilakukan pengolahan, hal ini dijelaskan pada penelitian yang dilakukan oleh Joseph, dkk, (2021).

4.2.5. Pengaruh *Garbage Enzyme* Terhadap Penurunan Parameter Amonia Total (NH₃-N)

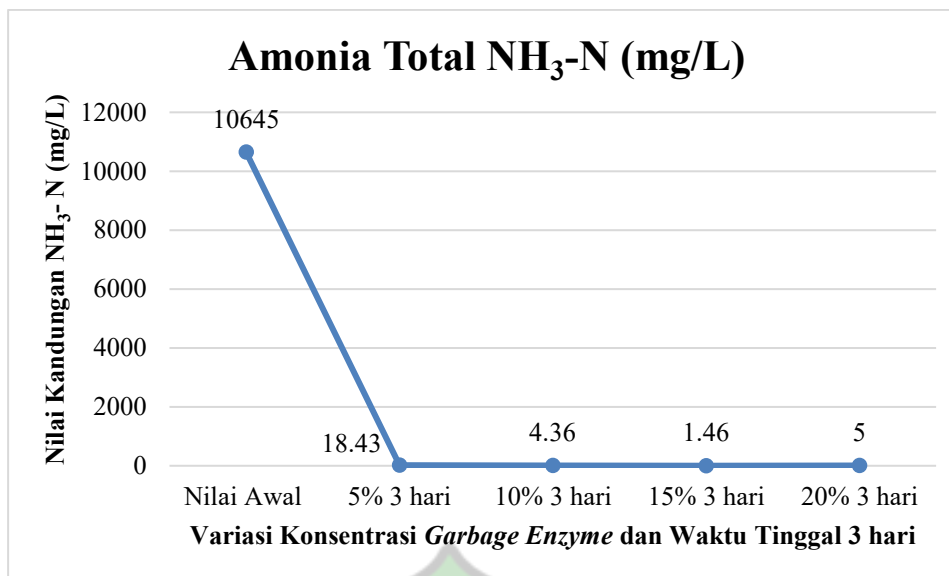
Kadar amonia yang tinggi menjadi indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri dan limpasan pupuk

pertanian. Konsentrasi ammonia yang tinggi pada permukaan air dapat menyebabkan kematian makhluk hidup akuatik yang ada pada perairan. Toksisitas amonia dipengaruhi oleh pH yang ditunjukkan dengan kondisi pH rendah akan bersifat racun. Hasil analisa parameter Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada pengolahan limbah tahu menggunakan variasi konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 3 hari dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 3 hari Terhadap Parameter Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Variasi Konsentrasi <i>Garbage Enzyme</i>	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)		Persentase (%)
	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5% 3 hari	10.645	18.43	99.82
10% 3 hari		4.36	99.95
15% 3 hari		1.46	99.98
20% 3 hari		5	99.90

Pada Tabel 4.11 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 3 hari, kadar Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 10.645 mg/L. Setelah pengolahan, kadar Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada limbah tahu menurun sangat signifikan yaitu 1,46 mg/L pada perlakuan pengenceran 15% *garbage enzyme* waktu tinggal selama 3 hari dengan persentase penurunan hingga 99,98%.



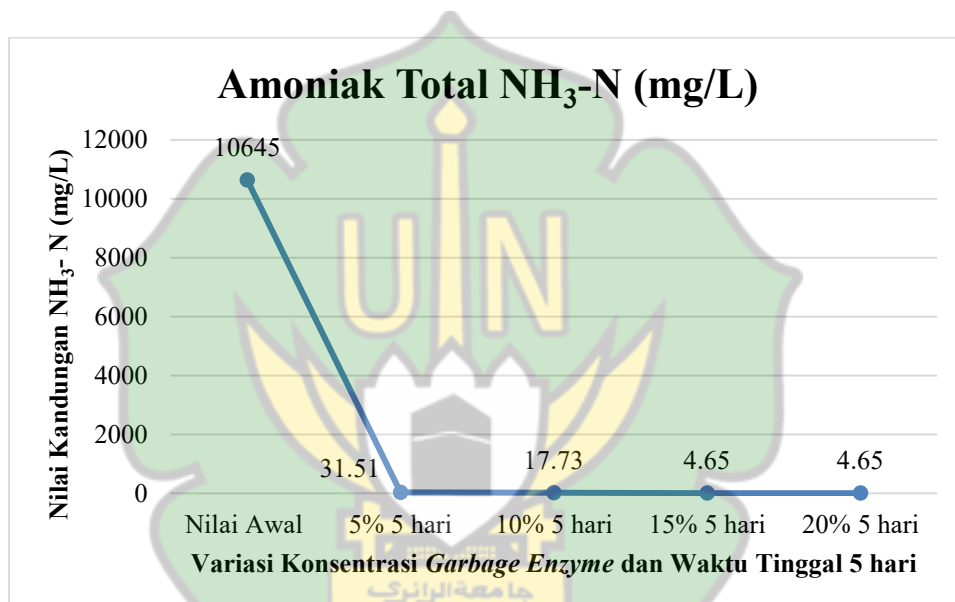
Gambar 4.9 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tenggat 3 hari Terhadap Parameter Amonia Total (NH₃-N)

Berdasarkan Gambar 4.9 kadar awal (NH₃-N) pada limbah tahu saat sebelum dilakukan pengolahan berada pada 10.645 mg/L dapat dilihat pada grafik diatas, lalu kadar Amonia Total (NH₃-N) terus menurun pada perlakuan setiap konsentrasi pengenceran dengan waktu tinggal selama 3 hari. Namun penurunan yang sangat signifikan terjadi pada pengenceran 15% *garbage enzyme* waktu tinggal 3 hari dengan nilai 1,46 mg/L. Pengaruh penambahan variasi konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 5 hari pada pengolahan limbah tahu terhadap parameter Amonia Total (NH₃-N) dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tenggat 5 hari Terhadap Parameter Amonia Total (NH₃-N)

Variasi Konsentrasi Garbage Enzyme	NH ₃ -N (mg/L)		Persentase (%)
	Nilai Awal	Nilai Akhir	
5% 5 hari	10.645	31,51	99,70
10% 5 hari		17,73	99,83
15% 5 hari		4,65	99,95
20% 5 hari		4,65	99,95

Pada Tabel 4.12 menunjukkan hasil pengolahan limbah tahu dengan penambahan variasi konsentrasi dari *garbage enzyme* dan waktu tinggal selama 5 hari, kadar Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan ialah 10.645 mg/L. Setelah pengolahan dengan waktu tinggal 5 hari, kadar Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada limbah tahu menurun hingga 4,65 mg/L pada perlakuan pengenceran 15% dan 20% *garbage enzyme* dengan persentase penurunan hingga 99,95%.



Gambar 4.10 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Garbage Enzyme* Waktu Tinggal 5 hari Terhadap Parameter Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Berdasarkan Gambar 4.10 kadar awal ($\text{NH}_3\text{-N}$) pada limbah tahu saat sebelum dilakukan pengolahan berada pada 10.645 mg/L dapat dilihat pada grafik diatas, lalu kadar Amonia Total ($\text{NH}_3\text{-N}$) terus menurun pada perlakuan setiap konsentrasi pengenceran dengan waktu tinggal selama 5 hari. Namun penurunan yang sangat signifikan terjadi pada pengenceran 15% dan 20% *garbage enzyme* waktu tinggal 5 hari dengan nilai 4,65 mg/L. Amonia ialah gas tidak berwarna dan tetapi berbau menyengat serta memiliki pH tinggi (bersifat basa) (Hamonangan, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tang (2011), *garbage enzyme* kaya akan kandungan asam asetat serta asam sitrat (mengingat dalam

pembuatannya menggunakan kulit jeruk) dan memiliki pH rendah, keadaan pH rendah pada *garbage enzyme* dapat menekan reaksi kimia yang terjadi dalam penguraian Amonia yang bersifat basa hingga kadar Amonia berkurang.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan mengenai degradasi kadar polutan pada limbah cair industri tahu menggunakan *garbage enzyme* variasi konsentrasi pengenceran 5%, 10%, 15% dan 20% dengan waktu tinggal 3 hari dan 5 hari dapat menurunkan parameter COD, TSS dan Amonia Total (NH₃-N) setelah dilakukan pengolahan. Penurunan parameter BOD terjadi pada konsentrasi pengenceran 15% dan 20% *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 5 hari. Peningkatan pada parameter pH terjadi pada konsentrasi pengenceran 5% *garbage enzyme* dengan waktu tinggal 3 hari dan 5 hari. Efektivitas dari konsentrasi pengenceran *garbage enzyme* terhadap parameter BOD ialah sebesar 56,42%, pada parameter COD ialah sebesar 87,14%, pada parameter TSS sebesar 92,63%, dan pada parameter Amonia Total (NH₃-N) sebesar 99,98% serta parameter pH yang nilai awal 4,6 mengalami peningkatan menjadi 6,08, namun penurunan COD masih melampaui baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

5.2 Saran

Penelitian ini memang belum sempurna, maka dari itu peneliti ingin memberi saran yang mungkin berguna untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran dari penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya yang penelitian lebih lanjut mengenai campuran senyawa lain yang dapat menurunkan kadar BOD, dikarenakan *garbage enzyme* bukanlah alternatif yang cocok dalam mendegradasi limbah tahu pada penelitian ini.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya dikombinasikan dengan metode pengolahan limbah dengan cara desinfeksi dikarenakan tingginya populasi mikroorganisme atau bakteri (tingginya kadar BOD) yang ada pada sampel setelah pengolahan dengan *garbage enzyme*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adack, J. (2013). Dampak pencemaran limbah pabrik tahu terhadap lingkungan hidup. *Lex Administratum*, 1(3).
- Agustiani, T., Saefumillah, A., & Ambarsari, H. (2021). *Studi Pemanfaatan Limbah Biomassa sebagai Raw Material Adsorben SiC dalam Penurunan Konsentrasi Amoniak sebagai Parameter Bau dalam Air Limbah*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 190-198.
- Amsah, A., Budijono, B., & Hasbi, M. (2014). *Reduction of TSS and ammonia in the tofu liquid waste by combined process biofilter mediated plastic and water plants for media of fish life* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Anwar, A. (2020). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Biofilter*. (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry Banda Aceh).
- Apu, K. (2017). *Efisiensi Penyisihan BOD Dan Phospat Pada Air Limbah Pencucian Pakaian (Laundry) Dengan Menggunakan Fitoremediasi Tanaman*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3).
- Aqmarina, N. (2013). *Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Moewardi*.
- Arifin, F. (2012). *Uji kemampuan chlorella sp. sebagai bioremediator limbah cair tahu* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Arifin, L. W., Syambarkah, A., Purbasari, H. S., Ria, R., & Puspita, V. A. (2009). *Introduction of Eco-Enzyme To Support Organic Farming in Indonesia*. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2 (Special Issue).
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015). *Investigation Of Biocatalytic Potential Of Garbage Enzyme And Its Influence On Stabilization Of Industrial Waste Activated Sludge*. *Process Safety and Environmental Protection*, 94, 471-478.

- Asadiya, A. (2018). *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh November).
- Ashar, Y. K., Susilawati, S., & Agustina, D. (2020). *Analisis Kualitas (BOD, COD, DO) Air Sungai Pesanggrahan Desa Rawadenok Kelurahan Rangkepan Jaya Baru Kecamatan Mas Kota Depok*.
- Atima, W. (2015). *BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*, 4(1), 83-93.
- Ayuningtyas, R. D. (2009). *Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD dr. Moewardi Surakarta*. UNS (Sebelas Maret University).
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 06-6989:58. Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 06-6989:72. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*). Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 06-6989:82. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 06-6989:11. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH Meter. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 06-6989:3. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid/TSS*) Secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Bomantoro, S. S. (2015). *Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Tahu di Kutai Kartanegara Kalimantan Timur* (Doctoral dissertation, UNS (Sebelas Maret University)).

- Cheremisinoff, P. N. (2019). *Handbook Of Water And Wastewater Treatment Technology*. Routledge.
- Effendi, H., Utomo, B. A., Darmawangsa, G. M., & Karo-Karo, R. E. (2015). *Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (Clarias Sp.) dengan Kangkung (Ipomoea aquatica) dan Pakcoy (Brassica rapa chinensis) dalam Sistem Resirkulasi*. *Ecolab*, 9(2), 80-92.
- Evy Rahmatya, E. R. (2020). *Analisis Daya Serap Kerang Hijau Perna Viridis Dan Bakteri Pengurai Terhadap Kadar Amoniak (Nh3) Dan Hidrogen Sulfida (H2S) Air Tercemar Dari Perairan Pantai Losari, Kota Makassar, Sulawesi Selatan* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Elygio, Y. D., Legowo, A. M., & Al-Baarri, A. N. (2017). *Karakteristik Curd Berbahan Dasar Ekstrak Kacang Hijau (Vigna radiata) dengan Whey Tahu Kedelai (Glycine max) sebagai Bahan Penggumpal*. *Curd Characteristic Based on Green Bean Extract (Vigna Radiata) With Soy Tofu's Whey (Glycine Max) as Clotting Material* (Doctoral dissertation, Fakultas Peternakan Dan Pertanian Undip).
- Halim, P. A., Selintung, M., & Patanduk, J. (2013). *Biosand Filter dengan Reaktor Karbon Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Laundry*. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Hamonangan, M. C., & Yuniarto, A. (2022). *Kajian Penyisihan Amonia dalam Pengolahan Air Minum Konvensional*. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2), F35-F42.
- 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.
- Ilma, A., Budianto, A., & Budiono, H. (2020). *Tahu Takwa Kediri Pada Masa Orde Baru (Perkembangan Tahu Takwa Sebagai Identitas Budaya Etnis Tionghoa Dan Kuliner Khas Di Kediri)* (Doctoral Dissertation, Universitas Nusantara Pgrri Kediri).

- Indah, L. S., Soedarsono, P., & Hendrarto, B. (2014). *Kemampuan Eceng Gondok (Eichhornia sp.), Kangkung Air (Ipomea sp.), dan Kayu Apu (Pistia sp.) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 3(1), 1-6.
- Indriyasari, E. (2021). *Identifikasi Bakteri Bacillus Sp. Sebagai Pengurai Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik Di Pulau Kodingareng Kota Makassar* (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Janarthanan, M., Mani, K., & Raja, S. R. S. (2020, November). *Purification of Contaminated Water Using Eco Enzyme*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 955, No. 1, p. 012098). IOP Publishing.
- Joseph, A., Joji, J. G., Prince, N. M., Rajendran, R., & Nainamalai, D. (2020). *Domestic Wastewater Treatment Using Garbage Enzyme*. *Vishnu, Domestic Wastewater Treatment Using Garbage Enzyme* (December 24, 2020).
- Karmila, R. (2019). *Analisis Kemampuan Bentonit Dalam Penurunan Parameter BOD dan COD Pada Limbah Pabrik Karet* (Doctoral Dissertation, Universitas Jambi)
- Kaswinarni, F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu*. Tesis Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro.
- Kerkar, S. S., & Salvi, S. S. (2020). *Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment*. *International Journal for Research in Engineering Application and Management*, 5(11), 114-116.
- Kresnadipayana, D. (2012). *Pemanfaatan Zeolit Alam Dan Limbah Kayu Aren (Arenga pinnata) Untuk Menurunkan Logam Cr (Vi) Pada Limbah Cair Batik* (Doctoral dissertation, UNS (Sebelas Maret University)).
- Kumalasari, F. G. (2016). *Pengaruh Penambahan Kosubstrat Asam Asetat Terhadap Konsentrasi COD Dan MLSS Limbah Cair Industri Batik*.

- Kumar, A., Sadhya, H. K., Ahmad, E., & Dulawat, S. (2020). Application of Bio-Enzyme in Wastewater (Greywater) Treatment. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(5), 2886-2890.
- Kusminah, I. L. (2018). *Penyuluhan 4r (Reduce, Reuse, Recycle, Replace) Dan Kegunaan Bank Sampah Sebagai Langkah Menciptakan Lingkungan Yang Bersih Dan Ekonomis Di Desa Mojowuku Kab. Gresik. JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(01).
- Lestari, D. P., Imaningsih, W., & Muhamat, M. (2021). *Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Sumber Nutrisi bagi Pertumbuhan Metarhizium anisopliae yang Diujikan pada Nyamuk Aedes aegypti. BIOSCIENTIAE*, 17(1), 52-62.
- Maharso, M., Darmiah, D., & As, Z. A. (2017). *Merubah Ancaman Bahaya Limbah Cair Industri Tahu Menjadi Peluang Ekonomi. JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 11(2), 201-208.
- Malati, F. (2016). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Karbon Aktif Berbasis Cangkang dan Lumpur Sawit (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya)*.
- Metcalf, E. E., & Eddy, H. (2003). *Wastewater engineering treatment disposal, reuse. New York: McGraw*, 191.
- 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), 7-12.
- Nazim, F., & Meera, V. (2013). Treatment of synthetic greywater using 5% and 10% garbage enzyme solution. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 3(4), 111.
- Neupane, K., & Khadka, R. (2019). *Production of Garbage Enzyme From Different Fruit And Vegetable Wastes And Evaluation Of Its Enzymatic And*

- Antimicrobial Efficacy*. Tribhuvan University Journal of Microbiology, 6, 113-118.
- Niati, A. (2014). *Pengaruh Lama Waktu Mordan Tawas Terhadap Ketahanan Luntur Warna, Kekuatan Tarik Kain Sutera Dalam Proses Pewarnaan Dengan Zat Warna Daun Mangga* (Doctoral Dissertation, Unimed).
- Novianti, A., & Muliarta, I. N. (2021). *Eco-Enzyme Based on Household Organic Waste as Multi-Purpose Liquid*. *Agriwar Journal*, 1(1), 13-18.
- 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.
- Nuraini, E., Fauziah, T., & Lestari, F. (2019). *Penentuan Nilai BOD Dan COD Limbah Cair Inlet Laboratorium Pengujian Fisis Politeknik ATK Yogyakarta*. *Integrated Lab Journal*, 7(2).
- Pamungkas, M. O. A. (2016). *Studi pencemaran limbah cair dengan parameter BOD5 dan pH di pasar ikan tradisional dan pasar modern di Kota Semarang*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 4(2), 166-175.
- Patel, B. S., Solanki, B. R., & Mankad, A. U. (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.
- Pitalokasari, O. D., Fiqri, S., & Ayudia, D. (2021). *Validasi Metode Pengujian Biochemical Oxygen Demand (BOD) Dalam Air Laut Secara Titrimetri Berdasarkan SNI 6989.72: 2009*. *Ecolab*, 15(1), 63-75.
- Penmatsa, B., Sekhar, D. C., Diwakar, B. S., & Nagalakshmi, T. V. (2019). *Effect of bio-enzyme in the treatment of fresh water bodies*. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1), 308-310
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

- Pongtuluran, Y. (2015). *Manajemen sumber daya alam dan lingkungan*. Penerbit Andi.
- Prasetyo, B. E., Komari, A., & Indrasari, L. D. (2020). *Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Gula PG. Pesantren Baru di Kediri Jawa Timur*. *JURMATIS: Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri*, 2(2), 64-74.
- Puger, I. G. N. (2018). *Sampah Organik, Kompos, Pemanasan Global, dan Penanaman Aglaonema di Pekarangan*. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 1(2), 127-136.
- Puspasari, F. (2014). *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Putri, C. I. (2021). *Pengolahan Air Sungai Menjadi Air Bersih Dengan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi Menggunakan Lidah Buaya (Aloe Vera) Dan Jagung (Zea Mays)*.
- Rahman, S., Haque, I., Goswami, R. C., Barooah, P., Sood, K., & Choudhury, B. (2021). *Characterization and FPLC analysis of garbage enzyme: biocatalytic and antimicrobial activity*. *Waste and Biomass Valorization*, 12(1), 293-302.
- Rahmatulah, G. (2020). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Metode Elektrokoagulasi* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Rasit, N., Hwe Fern, L., & Ab Karim Ghani, W. A. W. (2019). *Production and characterization of eco enzyme produced from tomato and orange wastes and its influence on the aquaculture sludge*. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3).

- Rini, I. S. (2012). *Pengaruh konsentrasi limbah cair tahu terhadap pertumbuhan dan kadar lipid Chlorella sp* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Rumi, S. (2021). *Penyisihan Polutan pada Limbah Binatu Menggunakan Adsorben Arang Bambu Aktif* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Rusdianasari, R., Syakdani, A., Zaman, M., Sari, F. F., Nasyta, N. P., & Amalia, R. (2021). *Utilization of Eco-Enzymes from Fruit Skin Waste as Hand Sanitizer. AJARCDE| Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*, 5(3), 23-27.
- Sambaraju, S., & Lakshmi, V. S. (2020). *Eco-friendly treatment of dairy wastewater using garbage enzyme. Materials Today: Proceedings*, 33, 650-653.
- Samriti, S. S., & Arya, A. (2019). *Garbage enzyme: A Study On Compositional Analysis Of Kitchen Waste Ferments*
- 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.
- Setyaningrum, N. E. (2018). *Studi adsorpsi limbah organik industri tahu tempe dengan karbon aktif kayu merbau [Intsia bijuga (Colebr) O. Kuntze]* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana UNIPA).
- Silviani, Y. S. (2020). *Efektivitas Arang Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Limbah Cair Pabrik Tahu Madiun* (Doctoral Dissertation, Poltekkes Kemenkes Surabaya).
- Sitorus, E., Sutrisno, E., Armus, R., Gurning, K., Fatma, F., Parinduri, L., ... & Priastomo, Y. (2021). *Proses Pengolahan Limbah*. Yayasan Kita Menulis.
- Sujarwadi, A. R. (2021). *Rancang Bangun Instalasi Air Limbah Industri Pengolahan Kedelai di Kaliwining Bedadung Kulon Kecamatan Rambipuji*

- Kabupaten Jember* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Jember).
- Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2020). *Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 12*(1).
- Syukma, B. R. (2019). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara komunal di sentra industri tahu Pekon Gading Rejo Induk Kecamatan Gading Rejo Kabupaten Pringsewu tahun 2019* (Doctoral dissertation, poltekkes tanjungkarang).
- Tang, F. E., & Tong, C. W. (2011). A study of the garbage enzyme's effects in domestic wastewater. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering, 5*(12), 887-892.
- Tarru, R. O. (2015). *Analisis Dampak Buangan Limbah Cair Pada Aliran Sungai Sa'dan* (Studi Kasus Pabrik Tahu dan Tempe Sumber Wangi Tallunglipu). *AgroSainT, 6*(1), 14-17.
- Tong, Y., & Liu, B. (2020, June). *Test research of different material made garbage enzyme's effect to soil total nitrogen and organic matter*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 510, No. 4, p. 042015). IOP Publishing.
- Ulfa, J. M. (2019). *Pengelolaan Daur Ulang Sampah Plastik Sebagai Peningkatan Pendapatan Masyarakat Di Kecamatan Kapas Kabupaten Bojonegoro* (Doctoral Dissertation, Universitas Bojonegoro).
- 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.
- Waryat, W., Sudolar, N. R., Miskiyah, M., & Juniawati, J. (2019). *Aplikasi Vinegar sebagai Pengawet Alami untuk Meningkatkan Umur Simpan Tahu*. *Jurnal Ilmiah Respati, 10*(1), 4148.

Verma, D., Singh, A. N., & Shukla, A. K. (2019). *Use of Garbage Enzyme for Treatment of Waste Water. Int. J. Sci. Res. Rev*, 7, 201-205.

Widjajanti, E. (2009). *Penanganan Limbah Laboratorium Kimia. Yogyakarta: FMIPA UNY.*



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pengenceran *Garbage Enzyme* ke dalam beberapa konsentrasi

Perhitungan pengenceran *Garbage Enzyme* dengan persamaan berikut:

$$V_1 = \frac{V_2 \times K_2}{K_1}$$

- Konsentrasi larutan asal (K_1) : 90%
- Konsentrasi larutan yang akan dibuat (K_2) : 5%, 10%, 15% dan 20%
- Volume larutan yang akan dibuat (V_2) : 500 mL
- Volume larutan asal yang akan diencerkan (V_1)

a. $V_1 = \frac{V_2 \times K_2}{K_1}$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 5\%}{90\%}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 0.05}{0.9} = 27.8 \text{ mL}$$

b. $V_1 = \frac{V_2 \times K_2}{K_1}$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 10\%}{90\%}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 0.1}{0.9} = 55.6 \text{ mL}$$

c. $V_1 = \frac{V_2 \times K_2}{K_1}$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 15\%}{90\%}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 0.15}{0.9} = 83.3 \text{ mL}$$

d. $V_1 = \frac{V_2 \times K_2}{K_1}$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 20\%}{90\%}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 0.2}{0.9} = 111.1 \text{ mL}$$

- Volume air yang diperlukan untuk pengenceran *Garbage Enzyme*
Volume air yang diperlukan untuk pengenceran dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$V(\text{aquadest}) = V_2 - V_1$$

a. $V(\text{aquadest}) = V_2 - V_1$

$$V(\text{aquadest}) = 500 \text{ mL} - 28 \text{ mL} = 472 \text{ mL Aquadest}$$

b. $V(\text{aquadest}) = V_2 - V_1$

$$V(\text{aquadest}) = 500 \text{ mL} - 56 \text{ mL} = 444 \text{ mL Aquadest}$$

c. $V(\text{aquadest}) = V_2 - V_1$

$$V(\text{aquadest}) = 500 \text{ mL} - 83 \text{ mL} = 417 \text{ mL Aquadest}$$

d. $V(\text{aquadest}) = V_2 - V_1$

$$V(\text{aquadest}) = 500 \text{ mL} - 111 \text{ mL} = 389 \text{ mL Aquadest}$$



Lampiran 2. Lampiran Perhitungan Persentase

Menghitung persentase penurunan parameter penelitian pada konsentrasi *Garbage Enzyme* serta waktu tinggal.

1. Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \%$$

Keterangan:

C_o = Konsentrasi awal.

C_e = Konsentrasi akhir.

- *Garbage Enzyme* 15% dengan waktu tinggal 3 hari

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(1074 \text{ mg/L} - 728 \text{ mg/L})}{1074 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 32,2\% \end{aligned}$$

- *Garbage Enzyme* 15% dengan waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(1074 \text{ mg/L} - 468 \text{ mg/L})}{1074 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 56,4\% \end{aligned}$$

- *Garbage Enzyme* 20% dengan waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(1074 \text{ mg/L} - 468 \text{ mg/L})}{1074 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 32,2\% \end{aligned}$$

2. Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*)

- *Garbage Enzyme* 5% dengan waktu tinggal 3 hari

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(11255 \text{ mg/L} - 1500 \text{ mg/L})}{11255 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 86,6\% \end{aligned}$$

- *Garbage Enzyme* 10%, 15%, 20% dengan waktu tinggal 3 hari dan 5 hari

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(11255 \text{ mg/L} - 1500 \text{ mg/L})}{11255 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 86,6\% \end{aligned}$$

- *Garbage Enzyme* 5% dengan waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(11255 \text{ mg/L} - 1447 \text{ mg/L})}{11255 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 87,1\% \end{aligned}$$

3. Parameter TSS

- Garbage Enzyme 5%* dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 260 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 76\%$$
- Garbage Enzyme 5%* dengan waktu tinggal 5 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 203.3 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 81,2\%$$
- Garbage Enzyme 10%* dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 126.7 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 88,3\%$$
- Garbage Enzyme 10%* dengan waktu tinggal 5 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 100 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 90,7\%$$
- Garbage Enzyme 15%* dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 223,3 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 79,4\%$$
- Garbage Enzyme 15%* dengan waktu tinggal 5 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 80 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 92,6\%$$
- Garbage Enzyme 20%* dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 500 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 53,9 \%$$
- Garbage Enzyme 20%* dengan waktu tinggal 5 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(1086 \text{ mg/L} - 80 \text{ mg/L})}{1086 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 92,6\%$$

4. Parameter Amonia Total (NH₃-N)

- Garbage Enzyme 5%* dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 18.43 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,8\%$$

- *Garbage Enzyme* 5% dengan waktu tinggal 5 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 31.51 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,7\%$$
- *Garbage Enzyme* 10% dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 4.36 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,95\%$$
- *Garbage Enzyme* 10% dengan waktu tinggal 5 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 17.73 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,83\%$$
- *Garbage Enzyme* 15% dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 1.46 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

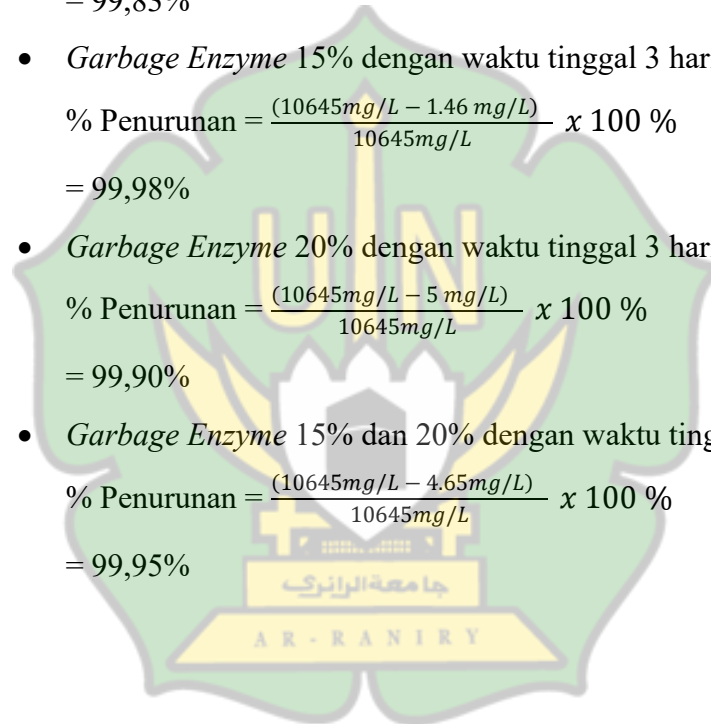
$$= 99,98\%$$
- *Garbage Enzyme* 20% dengan waktu tinggal 3 hari

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 5 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,90\%$$
- *Garbage Enzyme* 15% dan 20% dengan waktu tinggal 5 hari


$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(10645 \text{ mg/L} - 4.65 \text{ mg/L})}{10645 \text{ mg/L}} \times 100 \%$$

$$= 99,95\%$$



Lampiran 3. Data Hasil Penelitian

a. Data Hasil Pengujian Limbah Tahu Sebelum Pengolahan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

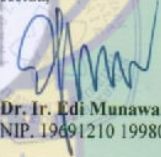
LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 329/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 21 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : Uji Pendahuluan
 Tanggal di Analisa : 22 Juni 2023 s/d 8 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah


No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	1.086	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	1.074	
3.	Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)	mg/l	300	11.255	
4.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	10,645	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 8 Juli 2023
Ketua,



Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022

Hal. 1 dari 1

- b. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 5% dan Waktu Tingga 3 Hari.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 333/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 24 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : GA 5%, Hari ke-3
 Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	260	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	2.360	
3.	pH	-	6-9	5,9	
4.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	18,43	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,



Dr. Ir. Edli Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001




جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022

Hal. 1 dari 1

c. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 10% dan Waktu Tingga 3 Hari



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: tpkl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 334/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 24 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : GA 10%, Hari ke-3
 Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia
 Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	126,7	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	2.468	
3.	pH	-	6-9	5,4	
4.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	4,36	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022 Hal. 1 dari 1

d. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 15% dan Waktu Tingga 3 Hari



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

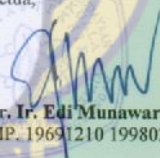
LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 335/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 24 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : GA 15%, Hari ke-3
 Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah


No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	223,3	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	728	
3.	pH	-	6-9	5,2	
4.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	1,46	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,




Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022

Hal. 1 dari 1

- e. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 20% dan Waktu Tingga 3 Hari



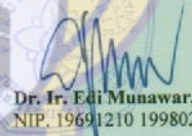
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: tpkl@che.unsyiah.ac.id


LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 336/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 24 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : GA 20%, Hari ke-3
 Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	500	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	3,284	
3.	pH	-	6-9	4,6	
4.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	5,0	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.


Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022 Hal. 1 dari 1

f. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 5% dan Waktu Tingga 5 Hari



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltplk@che.unsyiah.ac.id

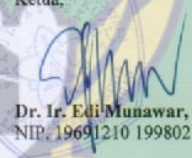
LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 337/JTK-USK/LTPKL/2023

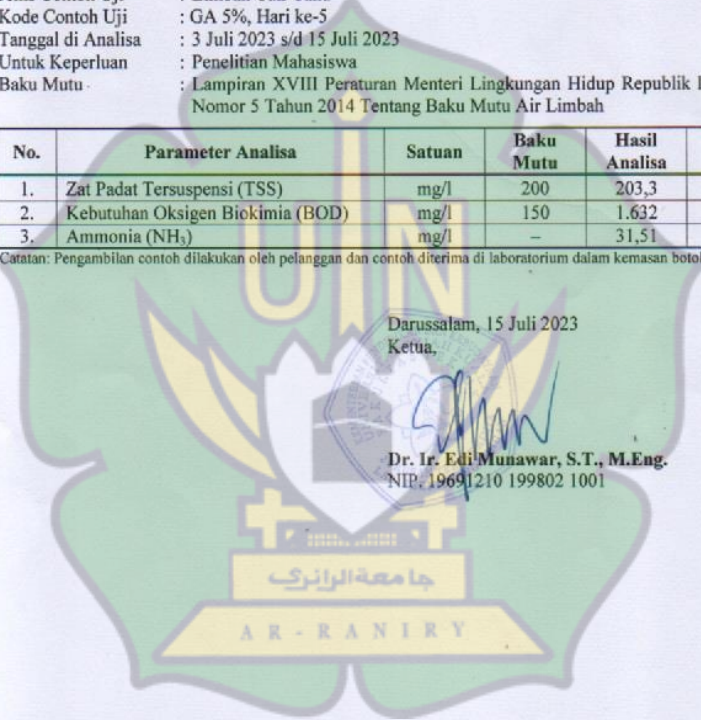
Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 27 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : GA 5%, Hari ke-5
 Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	203,3	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	1.632	
3.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	31,51	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,



Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022 Hal. 1 dari 1

g. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 10% dan Waktu Tingga 5 Hari



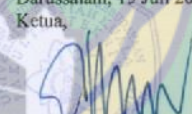
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syyeh Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpk@che.unsyiah.ac.id


LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 338/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
Alamat Pelanggan : Banda Aceh
Tanggal di Terima : 27 Juni 2023
Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
Kode Contoh Uji : GA 10%, Hari ke-5
Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	100	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	2.664	
3.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	17,73	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022 Hal. 1 dari 1

h. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 15% dan Waktu Tingga 5 Hari



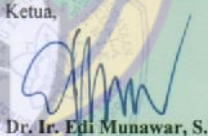
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpk1@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 339/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
 Alamat Pelanggan : Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 27 Juni 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
 Kode Contoh Uji : GA 15%, Hari ke-5
 Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	80	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	468	
3.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	4,65	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001




جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022

Hal. 1 dari 1

- i. Data Hasil Pengolahan Limbah Tahu Setelah Pengolahan *Garbage Enzyme* Konsentrasi 20% dan Waktu Tingga 5 Hari




KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpkl@che.unsyiah.ac.id


LEMBAR HASIL UJI
Nomor: 340/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Syarifah 'Aliya Yasmin
Alamat Pelanggan : Banda Aceh
Tanggal di Terima : 27 Juni 2023
Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
Kode Contoh Uji : GA 20%, Hari ke-5
Tanggal di Analisa : 3 Juli 2023 s/d 15 Juli 2023
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter Analisa	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	200	310	
2.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	150	3.824	
3.	Ammonia (NH ₃)	mg/l	-	5,1	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 15 Juli 2023
Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001



جامعة الرانيري
AR-RANIRY

03-FR-LTPKL ver. 4 Jan 2022 Hal. 1 dari 1

Lampiran 4. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

47

2014, No.1

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

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN
PENGOLAHAN KEDELAI

Parameter	Pengolahan Kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	1.5	150	3	150	1.5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
pH	6 – 9					
Kuantitas air limbah Paling tinggi (m ³ /ton)	10		20		10	

Keterangan :

- 1) *)kecuali untuk pH
- 2) Satuan kuantitas air limbah adalah m³ per ton bahan baku
- 3) Satuan beban adalah kg per ton bahan baku

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA,
AR-RANIRY

BALTHASAR KAMBUAYA

Lampiran 5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021
Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan
Lingkungan Hidup





**PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA**



- 2 -



No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	

Lampiran 6. Dokumentasi Pengambilan Sampel Limbah Tahu




Gambar	Keterangan
	<p>Proses saat pengambilan sampel limbah tahu di Pabrik Tahu Abi Makmur.</p>
	<p>Pengambilan limbah tahu menggunakan metode <i>grab-sampling</i> dengan bantuan alat berupa gayung.</p>

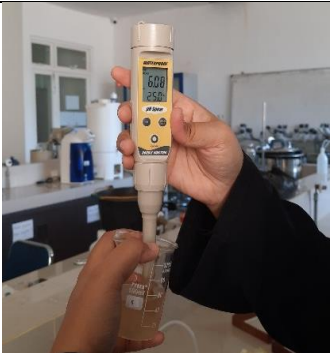
Lampiran 7. Dokumentasi Pengenceran *Garbage Enzyme* dan Pengolahan Limbah Tahu Menggunakan *Garbage Enzyme*

Gambar	Keterangan
	<p>Proses pengenceran <i>Garbage Enzyme</i> ke dalam 4 variasi konsentrasi (5%, 10%, 15% dan 20%) di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-raniry Banda Aceh.</p>
	<p>Proses pengolahan limbah tahu dengan <i>Garbage Enzyme</i>.</p>

	<p>Proses pengadukan campuran limbah tahu dan <i>Garbage Enzyme</i> dengan bantuan <i>magnetic stirrer</i>.</p>
	<p>Sampel campuran limbah tahu dan <i>Garbage Enzyme</i> ditunggu waktu tinggal selama 3 hari dan 5 hari.</p>

Lampiran 8. Dokumentasi Pengujian Parameter Pada Limbah Tahu

Gambar	Keterangan
	<p>Proses preparasi sampel untuk pengujian parameter COD.</p>
	<p>Sampel setelah dipanaskan pada COD Reactor.</p>
	<p>Pembacaan kadar COD pada sampel menggunakan COD Meter.</p>

	<p>Pengujian parameter pH pada sampel menggunakan pH Meter</p>
---	--

