

**PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI
TAHU DENGAN BIOFILTER ANAEROB DAN AEROB**

S K R I P S I



KARENINA JUNISKA

M1D120026

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA, DAN LINGKUNGAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2024

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam lembar pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, Mei 2024

Yang menyatakan,

Karenina Juniska

M1D120026

RINGKASAN

Sungai seringkali menjadi tempat pembuangan limbah cair bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya. Industri tahu X merupakan satu diantara industri tahu yang berada di Kota Jambi dan belum memiliki IPAL untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair industri tahu mengandung zat organik yang tergolong tinggi sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Berdasarkan hasil sampel limbah cair sebelum diolah didapatkan hasil laboratorium untuk kandungan BOD sebesar 3.075,92 mg/l, COD sebesar 10.766,01 mg/l, dan TSS sebesar 680 mg/l. Perancangan IPAL melibatkan perhitungan panjang dan lebar untuk tiap bak-bak pengolahan yang terdiri dari bak ekualisasi, biofilter *anaerob*, dan *aerob*. Setelah dilakukan pengolahan didapatkan hasil uji laboratorium kandungan BOD sebesar 2.198 mg/l, COD sebesar 6.998 mg/l, dan TSS sebesar 217 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan efisiensi pengolahan terhadap penurunan zat pencemar sebesar 30,79% untuk kandungan BOD, 35% kandungan COD, dan 68,08% untuk kandungan TSS. Hasil tersebut masih belum memenuhi baku mutu menurut peraturan menteri lingkungan hidup nomor 5 tahun 2014. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, bahwa terdapat beberapa penyebab pengolahan belum efektif, diantaranya bisa terjadi dikarenakan jumlah udara yang dibutuhkan, suhu, serta waktu tinggal yang harus disesuaikan untuk mendapatkan hasil pengolahan yang diinginkan sesuai baku mutu terkait.

Kata Kunci : pengolahan limbah, limbah cair, biofilter

SUMMARY

Liquid waste often becomes a dumping ground for people living nearby. The tofu industri The liquid waste from the tofu industri contains relatively high levels of organik substances so it has the potential to pollute the environment. Based on the results of liquid waste samples before processing, laboratory results were obtained for BOD content of 3.075.92 mg/l, COD of 10,766.01 mg/l, and TSS of 680 mg/l. WWTP design involves calculating the length and width for each treatment tank consisting of an equalization tank, anaerobic and aerobic biofilters. After processing, laboratory test results showed that the BOD content was 2,198 mg/l, COD was 6,998 mg/l, and TSS was 217 mg/l. Based on these results, it was found that the processing efficiency in reducing pollutants was 30.79% for BOD content, 35% for COD content, and 68.08% for TSS content. These results still do not meet the quality standards according to the Minister of Environment Regulation number 5 of 2014. Based on the results of research that has been carried out, there are several reasons why processing is not effective, including the amount of air needed, temperature and residence time that must be adjusted to suit the quality standards. obtain the desired processing results in accordance with the relevant quality standards.

Keyword : waste processing, liquid waste, biofilter

**PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI
TAHU DENGAN BIOFILTER ANAEROB DAN AEROB**

S K R I P S I

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Lingkungan



KARENINA JUNISKA

M1D120026

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL, KIMIA, DAN LINGKUNGAN**

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JAMBI

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DENGAN BIOFILTER ANAEROB DAN AEROB** yang disusun oleh **KARENINA JUNISKA, NIM: MID120026** telah dipertahankan didepan tim penguji pada tanggal 14 Mei 2024 dan dinyatakan lulus.

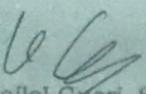
Susunan Tim Penguji:

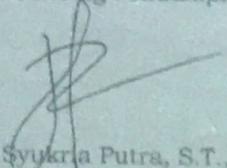
Ketua : Ir. Lailal Gusri, S.T., M.Sc.
Sekretaris : Tri Syukria Putra, S.T., M.Si.
Anggota : 1. Ir. Freddy Ilfan, S.T., M.T.
2. Ir. Winny Laura C.H, S.T, MT, CHQA
3. Fernando Mersa Putra, S.T., M.Sc

Disetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Ir. Lailal Gusri, S.T., M.Sc.
NIP. 197308172009031001

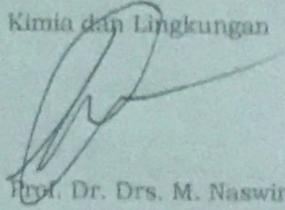

Tri Syukria Putra, S.T., M.Si.
NIP. 202109071001

Diketahui

Dekan Fakultas Sains dan
Teknologi

Ketua Jurusan Teknik Sipil,
Kimia dan Lingkungan


Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T.
NIP. 196806021993031004


Prof. Dr. Drs. M. Naswir, M.Si.
NIP. 196605031991021001

RIWAYAT HIDUP



Karenina Juniska dilahirkan pada 12 Juni 2002 di Kota Jambi. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara pasangan Bapak Heriyanto dan Ibu Marlinda. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 64 Kota Jambi pada tahun 2013, tamat Sekolah Menengah Pertama di SMP Islam Al-Falah pada tahun 2017 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Islam Al-Falah Kota Jambi pada tahun 2020. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi Program Studi Teknik Lingkungan. Penulis Melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Perusahaan Minyak dan Gas PetroChina International Jabung Ltd, Kabupaten Tanjung Jabung Timur pada 1 Juli s/d 1 Agustus 2023 dengan mengambil judul "Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di *North Geragai Basecamp* PetroChina International Jabung Ltd". Kemudian pada bulan Desember 2023 hingga Maret 2024, penulis melakukan penelitian sebagai bahan penyusunan Tugas Akhir (TA). Hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada bulan 2024 dengan skripsi yang berjudul "Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Biofilter *Anaerob* dan *Aerob*".

PRAKATA

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha kuasa lagi Maha Penyayang, kita haturkan puji syukur atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Biofilter Anaerob dan Aerob”. Harapan penulis proposal ini dapat memberikan manfaat bagi sumbangsih yang baik dan membangun dalam rangka menunjang materi perkuliahan maupun literatur bacaan untuk memperluas wawasan pembaca.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan ini ditujukan kepada yang terhormat:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan rahmat-Nya dalam menyelesaikan tugas akhir.
2. Orang tua tercinta, Ayahanda Heriyanto dan Ibunda Marlinda, atas segala upaya untuk tidak pernah lelah memberikan kasih sayang, pengorbanan, dorongan, semangat, perhatian, serta bantuan spiritual dan materi kepada penulis.
3. Bapak Ir. Lailal Gusri, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi I dan Bapak Tri Syukria Putra, S.T., M.SI., selaku dosen pembimbing skripsi II yang telah meluangkan waktu dengan sabar memberikan bimbingan, informasi, arahan, dan masukan selama pelaksanaan bimbingan skripsi.
4. Bapak Dr. Ir Jalius M.S., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga selama penulis menempuh perkuliahan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Jambi.
6. Bapak dan Ibu Staf Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu penulis dalam bidang administrasi selama menempuh perkuliahan.
7. Melsa Srikandi, Serenina Juniska, dan Keyla Wafi Amirah yang telah membantu dan memotivasi, dan menemani baik suka maupun duka.
8. Seluruh teman seperjuangan Teknik Lingkungan angkatan 2020, yang menemani dan memberikan warna-warni semasa perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari ini, penulis menerima kerendahan hati pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang membangun sebagai bentuk perbaikan terhadap skripsi ini agar dapat memberikan manfaat yang lebih efektif.

Jambi, Mei 2024

Karenina Juniska

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Industri Tahu	4
2.2 Limbah Industri Tahu	5
2.3 Karakteristik Limbah Cair Tahu	6
2.4 Pengolahan Limbah Cair	13
2.5 Pengolahan Limbah Cair Tahu	14
2.6 Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu	15
2.7 Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolahan	20
2.8 Proses Biofilter	21
2.9 Media Biofilter	22
2.10 Baku Mutu Limbah Cair Tahu	22
2.11 Kerangka Berpikir	23
III. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Objek Penelitian	24
3.3 Lokasi Penelitian	24
3.4 Sketsa Penelitian	25
3.5 Waktu Penelitian	27
3.6 Alat	27

3.7 Bahan	27
3.8 Data Penelitian.....	28
3.8.1 Data Primer	28
3.8.2 Data Sekunder	28
3.9 Analisis Data.....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Kuantitas Limbah Cair Industri Tahu X.....	31
4.2 Kualitas Limbah Cair Industri Tahu X.....	33
4.3 Eksperimen Penelitian.....	35
4.4 Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	38
4.4.1 Perhitungan Pompa Pengolahan Limbah Cair	39
4.4.2 Perhitungan Bak Ekualisasi	41
4.4.2 Perhitungan Bak Anaerob	43
4.4.3 Perhitungan Bak Aerob	45
4.4.4 Efisiensi Pengolahan	48
4.5 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengolahan Limbah Cair Berdasarkan Penelitian Terdahulu.....	9
2. Kriteria Desain Bak Ekualisasi	16
3. Kriteria Desain Anaerob Biofilter	17
4. Kriteria Desain Biofilter Aerob	18
5. Baku Mutu Limbah cair Industri Tahu	22
6. Kebutuhan Air Pada Proses Produksi Tahu Industri Tahu X.....	33
7. Hasil Analisis Parameter Pengolahan Limbah Cair Tahu	35
8. Kondisi Fisik Media dan Limbah cair Selama Proses Pengolahan	37
9. Hasil Perhitungan Jenis Debit Limbah Cair	38
10. Kriteria Desain Pompa Limbah cair	40
11. Perhitungan Efisiensi Penelitian	49
12. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian.....	25
2. Bagan Alir Penelitian	26
3. Kondisi Industri Tahu X	31
4. Outlet Limbah Cair Industri Tahu X.....	31
5. Bagan Alir Proses Pembuatan Tahu.....	32
6. Bagan Alir Eksperimen Penelitian.....	36
7. Bagan Alir Pengolahan	39
8. Sketsa Bak Ekualisasi.....	43
9. Sketsa Bak Anaerob	45
10. Sketsa Bak Aerob	47
11. Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah	50
12. Detail Desain Potongan bak Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dengan Biofilter Anaerob dan Aerob	51
13. Detail Desain Potongan bak anaerob dan aerob	52
14. Detail Desain Potongan Bak Anaerob dan Aerob	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Penelitian.....	60
2. Baku Mutu Limbah cair Industri Tahu PERMENLH No.5 Tahun 2014	64
3. Hasil Uji Laboratorium Sebelum Dilakukan Pengolahan	66
4. Hasil Uji Laboratorium Setelah Dilakukan Pengolahan	67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Instalasi pengolahan limbah diartikan wadah pengumpulan, pengolahan dan fasilitas pembuangan untuk pengolahan limbah cair yang berasal dari rumah tangga, industri rumahan, pabrik dan kegiatan yang menghasilkan limbah cair. Sumber kegiatan yang menghasilkan limbah cair tidak terlepas dari bangunan IPAL untuk menampung dan mengolah limbah cair agar saat dibuang dapat meminimalisir dampak buruk pada lingkungan baik tanah, air dan udara. Hal ini berlaku pada industri tahu rumahan seperti industri tahu yang membutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sebelum sistem IPAL dibangun perlu dilakukan perancangan seperti tinggi, lebar, kedalaman dan saluran limbah cair agar limbah cair yang dibuang mampu ditampung dan diolah pada sistem IPAL sebelum di lepas ke media lingkungan.

Industri tahu merupakan salah satu industri yang memiliki dampak positif dalam perekonomian di beberapa daerah. Namun, lokasi industri tahu yang berdekatan dengan aliran sungai dapat menimbulkan perubahan pada kualitas air permukaan dan lingkungan sekitar (Fadli *et al.*, 2021). Limbah cair industri tahu yang memiliki nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 4.856 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 9.730 mg/l, *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 64 mg/l, dan pH sebesar 2,65 dapat menimbulkan pencemaran. Kontaminan organik akan menimbulkan bau yang tidak sedap jika tidak ditangani. Bau busuk yang berasal dari proses pembusukan protein dan molekul organik lainnya. Dalam penelitian yang dilakukan dengan menggunakan biofilter *up flow* dengan penambahan mikroorganisme 4 (*EM 4*) dan dalam hari ke-6 didapatkan efisiensi BOD sebesar 62%, dan COD 29% (Ridwan *et al.*, 2018).

Peningkatan BOD menandakan tingginya kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme dalam air untuk menguraikan bahan organik. Sementara tingginya nilai COD menandakan keberadaan senyawa kimia yang sulit terurai oleh mikroorganisme.

Limbah cair tahu menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia karena mengandung bahan pencemar, termasuk bakteri yang dapat menyebabkan penyakit dan menyebabkan iritasi serta berbagai penyakit kulit. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini, diperlukan metode pengolahan yang sesuai. Penggunaan kedelai sebagai bahan baku tahu pada seluruh proses produksi mengakibatkan peningkatan kandungan polutan pada limbah pabrik tahu yang terdiri dari 40-60% protein, 25-60% karbohidrat, 10% lemak, dan asam

amino. Karena pengaruh bahan organik terhadap tingginya kadar fosfor, nitrogen, dan sulfur air, limbah cair menjadi mengental (Riyanto, 2023).

Pentingnya untuk IPAL yang efisien dan efektif di industri tahu yang berdekatan dengan aliran sungai. IPAL berperan sebagai salah satu cara mengolah limbah industri tahu sehingga limbah cairnya mencapai standar baku mutu sebelum dibuang ke sungai. Penerapan pengolahan khusus melalui penggunaan IPAL, kandungan pencemar yang berasal dari produksi industri tahu dapat dikurangi.

Pabrik tahu X di daerah Kelurahan Pematang Sulur Kota Jambi tersebut belum memiliki system pengolahan limbah cair. Pabrik tahu menghasilkan limbah cair yang mengandung zat pencemar. Air limbah yang dibuang secara langsung ke media lingkungan tanpa melalui system IPAL akan mencemari lingkungan dan merugikan kesehatan masyarakat. Kandungan zat pencemar dalam air limbah yang terbuang dapat mengancam keberlanjutan ekosistem air dan merugikan kesehatan serta kehidupan penduduk sekitar aliran sungai. Manusia tidak boleh mencemari dan mengeksploitasi sumber daya secara berlebihan, karena masih ada hak generasi penerus untuk mendapatkan warisan terbaik (Gusri *et al.*, 2022)

Perancangan IPAL dapat diterapkan untuk industri tahu menggunakan beberapa metode, diantaranya menggunakan bak ekualisasi, *anaerob*, dan *aerob*. Keuntungan sistem biofilter adalah limbah cair yang masih mengandung zat organisme yang belum teruraikan, apabila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara limbah cair dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontakannya, maka efisiensi penurunan zat organiknya (BOD) semakin besar sekitar 81,85%. Selain menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, cara ini juga dapat mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi, *ammonium*, dan *phospor* (Mulyadi & Ajid, 2020).

Penerapan IPAL menggunakan metode biofilter memiliki keuntungan dalam proses pengolahan limbah cair yang berlangsung. Keuntungan inilah yang menjadi pilihan dalam penerapan perancangan IPAL untuk industri tahu tersebut. Dengan menyadari dampak negatif yang dapat timbul, perancangan IPAL menjadi suatu keharusan untuk memastikan industri tahu X di Kecamatan Telanaipura dapat beroperasi secara bertanggung jawab. IPAL yang dirancang diharapkan dapat menyaring dan mengolah limbah cair industri sebelum dibuang ke sungai, sehingga memenuhi standar lingkungan yang

berdasarkan peraturan menteri lingkungan hidup nomor 5 tahun 2014 dan mencegah potensi pencemaran air.

Perencanaan rancangan IPAL menjadi langkah proaktif dalam menciptakan keseimbangan antara aktivitas industri dengan pelestarian. Oleh karena itu, dalam penelitian ini memperhitungkan perhitungan dimensi yang meliputi tinggi, lebar, dan kedalaman, agar limbah cair yang dibuang mampu ditampung dan diolah pada sistem IPAL dan hasil yang dikeluarkan sebelum dibuang ke media lingkungan sesuai dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kuantitas limbah cair pada industri tahu X di Kecamatan Telanaipura Kota Jambi?
2. Bagaimana kualitas limbah cair pada industri tahu X di Kecamatan Telanaipura Kota Jambi?
3. Bagaimana perencanaan IPAL pada industri tahu X?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kuantitas limbah cair industri tahu di Kelurahan Pematang Sujur, Kecamatan Telanaipura Kota Jambi.
2. Menganalisa kualitas limbah cair pada industri tahu di Kelurahan Pematang Sujur, Kecamatan Telanaipura Kota Jambi.
3. Membuat rancangan limbah cair industri tahu di Kelurahan Pematang Sujur, Kecamatan Telanaipura Kota Jambi.

1.4 Batasan Masalah

1. Lokasi penelitian hanya dilakukan pada satu industri tahu yang terletak di Kelurahan Pematang Sujur, Kecamatan Telanaipura Kota Jambi.
2. Parameter yang digunakan pada penelitian yaitu BOD, COD, TSS, dan pH.
3. Perencanaan IPAL yang akan dilakukan meliputi perhitungan dimensi pada masing-masing unit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia dan hak asasi manusia di setiap komunitas. Pangan harus cukup tersedia, aman, bergizi, dan harganya terjangkau sehingga masyarakat umum mampu membelinya. Industri yang dianggap “rumahan” adalah industri yang seluruh bahan mentahnya diproduksi di dalam negeri, dipasarkan di dalam negeri, dan dikonsumsi oleh masyarakat umum untuk mendukung perekonomian kota-kota kecil dan menengah. Berkaitan dengan hal tersebut, sektor pengolahan tahu yang merupakan usaha kecil dan menengah dalam negeri menghasilkan banyak limbah, baik cair maupun padat. Hal ini akan berdampak terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Ayumi *et al.*, 2021).

Pabrik tahu adalah fasilitas industri atau tempat produksi yang khusus didesain untuk mengolah kedelai menjadi tahu secara massal. Proses produksi tahu di pabrik melibatkan beberapa tahap, termasuk perendaman kedelai, penggilingan, pemanasan, penambahan agen penggumpal (seperti garam atau cuka), pembentukan, dan pemotongan menjadi potongan-potongan tahu yang siap dikemas dan didistribusikan ke pasar untuk dijual kepada konsumen. Pabrik tahu umumnya menggunakan mesin-mesin dan peralatan khusus untuk memfasilitasi produksi dalam jumlah besar, memastikan kebersihan, keamanan, dan kualitas produk tahu yang dihasilkan.

Pengolahan tahu merupakan proses yang melibatkan beberapa tahapan untuk mengubah kedelai menjadi produk tahu yang siap konsumsi. Tahapan utama dalam pengolahan tahu adalah perendaman biji kedelai selama beberapa jam lalu dibersihkan. Setelah kedelai dibersihkan, lanjut ke tahap penggilingan agar menjadi bubur kedelai. Selanjutnya, bubur kedelai tersebut direbus hingga mendidih. Ketika cairan dan ampas telah disaring menggunakan kain, tahu tersebut kemudian dibentuk atau dicetak.

Kebutuhan air dalam pengolahan tahu digunakan dalam hampir setiap tahapan proses. Tahapan dimulai dari perendaman, pencucian kedelai, hingga penggilingan. Air yang digunakan dalam produksi tahu biasanya menggunakan air sumur bor. Penggunaan air sumur bor ini dikarenakan, dalam produksi tahu sangat banyak membutuhkan air. Ketersediaan air harus selalu terpenuhi demi kelancaran selama produksi berlangsung.

Makanan seperti tempe dan tahu sangat disukai oleh masyarakat dari semua lapisan masyarakat. Kehadirannya telah lama dikenal sebagai makanan

yang murah, sehat, dan bermanfaat. Di Indonesia, industri tahu dan tempe hampir terdapat di setiap kota. Secara umum sektor tahu dan tempe merupakan sektor kecil yang dijalankan oleh perorangan (Sayow *et al.*, 2020). Pembuatan tahu merupakan usaha rumah tangga yang umum dilakukan di kota-kota besar dan kecil di Indonesia, dan sebagian besar operasinya masih dilakukan dengan cara tradisional (Bomantoro, 2016).

2.2 Limbah Industri Tahu

Sektor tahu telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, menjadi terkenal baik di komunitas besar maupun kecil. Dalam proses produksinya, usaha tahu menghasilkan limbah baik cair maupun padat. Ampas tahu merupakan sampah padat yang dihasilkan selama proses pembuatan tahu. Prosedur pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Limbah cair tahu mengandung polutan organik yang cukup tinggi serta padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi (Kurniawansyah *et al.*, 2022).

Limbah industri tempe dan tahu dapat berbentuk cair maupun padat. Proses penyaringan dan penggumpalan menghasilkan limbah padat. Mayoritas limbah ini diolah dan dipasarkan sebagai pakan ternak dan tempe gembus. Sedangkan proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pembentukan tahu menghasilkan limbah cair. Akibatnya, produksi tahu dan tempe menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Oleh karena itu, pengolahan limbah sangat diperlukan untuk mencegah pencemaran lingkungan sekitar industri tersebut (Agung & Hanry, 2013).

Limbah cair dari pabrik tahu akan mengganggu ekologi sungai jika tidak dikelola dengan baik. Banyak ikan yang mati, air menjadi keruh, mengeluarkan bau yang tidak sedap, mendorong perkembangbiakan nyamuk, pemandangan terganggu, dan mengurangi daya tarik estetika lingkungan. Oleh karena itu, untuk mencapai persyaratan baku mutu memerlukan pengolahan lebih lanjut. Pencemaran limbah tahu merupakan salah satu hal yang merugikan lingkungan dan dapat membuat dampak ke masyarakat. Polusi yang dihasilkan akan meningkat sebagai akibat dari peningkatan produksi pabrik tahu. Untuk menjamin lingkungan sekitar pabrik tahu terhindar dari dampak pencemaran limbah pabrik tahu, maka diperlukan evaluasi terhadap penggunaan pabrik tahu dalam rangka melakukan perubahan terhadap pengolahan limbah pabrik (Kurniawansyah *et al.*, 2022).

Limbah cair dari industri tahu dapat mencemari lingkungan, khususnya di perairan. Karena banyak proses pembuatan tahu yang masih mengandalkan cara tradisional, sehingga sistem pengolahan limbah yang mengontrol pembuangan limbah saat ini belum berfungsi dengan baik. Keterbatasan biaya dan ketidaktahuan dalam pengolahan limbah, usaha kecil belum mampu menyelesaikan masalah limbah yang dihasilkan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas sungai, merembes ke dalam tanah dan mencemari sumur-sumur penduduk, serta mengakibatkan penyakit kulit, gangguan pencernaan, dan masalah kesehatan lainnya yang terkait dengan penggunaan air yang terkontaminasi (Rahmasari *et al.*, 2021).

Semakin banyak bahan organik di dalam air, semakin aktif pula mikroba dalam menguraikan bahan tersebut. Sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen terlarut. Kandungan oksigen terlarut dalam air menurun sebagai akibat dari peningkatan kebutuhan oksigen bakteri, sehingga mengurangi pasokan oksigen bagi organisme lain. Selain itu, bau busuk yang menyengat akan dihasilkan oleh produk metabolisme yang dikeluarkan mikroba tersebut selama beraktivitas. Selain nilai TSS yang tinggi, keberadaan bahan anorganik dan organik yang tidak larut dalam air berkorelasi dengan tingkat kekeruhannya. Tingginya jumlah padatan tersuspensi dalam air menyebabkan kekeruhan, yang mengurangi jumlah sinar matahari yang mencapai permukaan air. Padatan tersuspensi tersebut dapat berupa kulit kedelai, tanah atau kotoran yang menempel pada kedelai (Sirait *et al.*, 2023).

2.3 Karakteristik Limbah Cair Tahu

Secara umum karakteristik limbah cair menurut (Maulana & Marsono, 2021) dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Pada limbah cair tahu sendiri parameter yang menunjukkan karakteristik limbah cair adalah sebagai berikut :

A. Padatan Tersuspensi

Ketika bahan hasil perendaman, pencucian, dan pencetakan terbawa air bersih, hal ini akan menyebabkan terjadinya partikel tersuspensi dalam proses pembuatan tahu. Limbah cair tahu memiliki kadar TSS berkisar antara 380 hingga 700 mg/L.

B. Derajat Keasaman

Tingkat pH memiliki dampak yang signifikan terhadap proses pengolahan limbah cair secara keseluruhan, khususnya pada proses biologis. Karena proses ini banyak menggunakan cairan asam sebagai

bahan penggumpal. Limbah cair tahu umumnya memiliki pH 3,9-5,53 yang berarti bersifat asam.

C. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Salah satu parameter yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair adalah BOD. Jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam limbah cair untuk oksidasi semua senyawa organik dikenal sebagai BOD. Tingginya nilai BOD yang terdapat pada limbah cair tahu disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik yang digunakan dalam proses pembuatan tahu. Limbah tahu memiliki nilai BOD berkisar antara 5,643-6,870 mg/L.

D. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam pengolahan limbah cair. COD menunjukkan berapa banyak oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi setiap komponen organik dalam limbah cair. Perbandingan hasil BOD dan COD mempunyai pengaruh penting terhadap pemilihan teknik pengolahan limbah cair yang dipilih. Kadar COD yang terdapat pada limbah ini berkisar antara 6.870 hingga 10.500 mg/L.

Berdasarkan penelitian terdahulu, telah terungkap bahwa limbah cair dari industri tahu mengandung jumlah senyawa organik yang tinggi. Temuan ini menunjukkan adanya potensi pencemaran yang signifikan dalam limbah industri tersebut. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya, para ilmuwan telah mengidentifikasi berbagai jenis senyawa organik yang hadir dalam kandungan limbah cair industri tahu, termasuk senyawa-senyawa kompleks yang berasal dari proses produksi tahu itu sendiri. Tingginya konsentrasi senyawa organik ini bisa menjadi perhatian serius dalam konteks keberlanjutan lingkungan dan kesehatan manusia. Pemahaman mendalam mengenai komposisi dan dampak senyawa-senyawa organik dalam limbah cair industri tahu sangat penting untuk merumuskan strategi pengolahan limbah yang efektif dan berkelanjutan.

Data kandungan bahan pencemar penelitian ini didapatkan dari hasil sejumlah penelitian terdahulu yang secara konsisten menunjukkan bahwa kandungan zat organik dalam limbah ini masih belum berada di bawah kriteria kualitas yang dapat diterima. Data yang diperoleh dari referensi penelitian terdahulu menggaris bawahi ketidaksesuaian ini dengan jelas memberikan gambaran mengenai tantangan signifikan yang dihadapi industri tahu dalam hal pengelolaan limbah cairnya. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun

sistem IPAL khususnya untuk industri tahu. Dengan memahami dan menganalisis data tersebut, penelitian ini akan menggali solusi inovatif guna memperbaiki kualitas limbah cair industri tahu, mencapai kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku, serta mendukung industri dalam mencapai praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan industri tahu, tetapi juga akan memberikan kontribusi penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan sekitar.

Ciri-ciri limbah cair tahu dan tempe yaitu mengandung bahan organik dalam jumlah besar serta kadar BOD dan COD yang agak tinggi. Hal ini akan menurunkan daya dukung lingkungan badan air jika dibuang langsung ke badan air (Agung & Hanry, 2013). Berikut merupakan beberapa karakteristik limbah cair industri tahu berdasarkan pengujian sampel pada penelitian terdahulu.

Tabel 1. Pengolahan Limbah Cair Berdasarkan Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Karakteristik Limbah (mg/l)	Hasil Penelitian
1.	(Pambudi <i>et al.</i> , 2016).	Analisis Karakteristik Limbah cair Industri Tahu Dan alternatif Proses Pengolahannya Berdasarkan Prinsip-Prinsip Teknologi Tepat Guna	BOD : 2.290 COD : 7.904 TSS : 64 pH : 2,65	<p>Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sisa produksi dari 204 kg kedelai menghasilkan ± 3.840 liter air limbah dengan debit air limbah harian dalam sekali produksi diperkirakan sebesar 18,8 m³/ton. Berdasarkan pengujian laboratorium air limbah didapatkan bahwa parameter TSS, temperatur/suhu, dan debit telah memenuhi baku mutu, namun parameter BOD₅, COD, dan pH belum memenuhi baku mutu sehingga perlu diolah agar tidak mencemari lingkungan.</p> <p>Melalui prinsip teknologi tepat guna sebagai proses alternatif dalam pengolahan limbah cair tahu dengan melakukan kombinasi proses pengolahan <i>anaerob</i> dan <i>aerob</i>, dapat diwujudkan proses pengolahan air limbah tahu yang pemakaian listriknya sedikit, mudah dalam pengoperasiannya, serta kualitas <i>effluennya</i> bagus sehingga dapat</p>

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Karakteristik Limbah (mg/l)	Hasil Penelitian
2.	(Ridwan <i>et al.</i> , 2018).	Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4	BOD : 4.856 COD : 9.730	<p>diterima oleh masyarakat khususnya pemilik usaha industri tahu Dele Emas maupun pelaku usaha industri tahu lainnya yang ada di sentra industri tahu kampung Krajan, Mojosoongo, Surakarta.</p> <p>Jenis penelitian ini menggunakan eksperimen semu (quasi experimental designs) rancangan pretest (Sampel pretest diambil sebelum limbah cair masuk ke dalam reaktor <i>anaerob-aerob</i>) posttest (sampel posttest diambil setelah limbah cair melewati reaktor) dengan mengkombinasikan antara limbah cair industri tahu dengan bakteri EM4 ke dalam reaktor melalui proses <i>anaerob-aerob</i>. Hasil pemeriksaan terhadap sampel limbah cair industri tahu dengan kapasitas aliran 20 ml/15 detik dan WTH 12 jam, dengan metode upflow (sistem aliran dari bawah ke atas) yang dipilih karena pengoperasiannya yang sederhana serta memiliki umur operasi yang lebih lama. Hasil yang didapatkan diketahui untuk penurunan kadar BOD</p>

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Karakteristik Limbah (mg/l)	Hasil Penelitian
				limbah cair industri tahu tertinggi terdapat pada perlakuan VI (hari ke-6) yaitu 510 mg/l dengan persentase penurunan nilai BOD sebesar 62%. Sedangkan penurunan tertinggi kadar COD limbah cair industri tahu terdapat pada perlakuan I (hari ke-1) yaitu 2.799 mg/l dengan persentase penurunan nilai COD sebesar 29%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, pengolahan dengan biofilter <i>anaerob-aerob</i> media tutup galon bekas belum mampu menurunkan kadar BOD dan COD sampai memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.
3.	(Rahmawati & Puspitaningrum, 2022)	Analisis Pengolahan Limbah cair Industri Tahu dan Efektivitasnya Terhadap Masyarakat dan Lingkungan di	BOD : 3.521 TSS : 678 COD : 6.033 pH : 5,41	Hasil analisis pada penelitian ini yaitu proses pengolahan air limbah di Industri Tahu Tandang menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) <i>anaerob-aerob</i> telah memenuhi aturan teknik pengolahan limbah cair. Metode <i>anaerob-aerob</i> ini telah menurunkan BOD hingga 98,12% dan COD hingga 96,34%. Sehingga dapat menjadi alternatif untuk pengolahan lebih lanjut air limbah yang

No.	Peneliti dan Tahun	Judul	Karakteristik Limbah (mg/l)	Hasil Penelitian
		Bandar Lampung		menggunakan konsumsi energi rendah dan menghasilkan biogas sebagai terbarukan untuk proses operasi tahu dan bentuk padat yang dapat digunakan sebagai kompos.
4.	(Mulyadi & Ajid, 2020)	Efektivitas Bonggol Jagung sebagai Media Biofiltrasi dalam Menurunkan Beban Pencemar Limbah Domestik	TSS : 444 pH : 8	Sampel dalam penelitian ini adalah 10 liter hasil dari pengambilan dari setiap titik yang ada pada Kelurahan Makassar Timur, pemilihan Kelurahan Makassar Timur sebagai tempat pengambilan sampel dikarenakan area tersebut merupakan area dengan pencemaran limbah cair tergolong tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biofiltrasi menggunakan bonggol jagung mampu menurunkan kadar BOD sebesar 81,85% (2,8 mg/l), TDS 49,09% (781 mg/l), TSS 33,79% (781), dan menetralkan PH menjadi 7. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa biofiltrasi dengan menggunakan bonggol jagung mampu menurunkan beban pencemar fisik dan kimia pada limbah cair.

Data diatas merupakan beberapa data yang diperoleh dari penelitian terdahulu. Dengan merinci parameter-parameter baku mutu tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan strategi perancangan yang berkelanjutan dalam mengelola limbah cair industri tahu. Melalui analisis mendalam terhadap data tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang berharga dalam merancang sistem pengelolaan limbah yang efisien, ramah lingkungan, dan sesuai dengan standar regulasi yang berlaku.

2.4 Pengolahan Limbah Cair

Menurut pernyataan Adrian (2021), bahwa proses pengolahan limbah cair memerlukan sejumlah tindakan penting yang dimaksudkan untuk memurnikan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Beberapa tahapan yang dimaksud yaitu sebagai berikut :

1. Prosesnya, pengolahan limbah cair bisa dipisahkan dalam beberapa tahap. Pertama, pengolahan awal (*pretreatment*). Di pengolahan ini, limbah cair melibatkan proses fisik digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan minyak dari aliran limbah cair. Tahapan ini dapat menggunakan *screen and grit removal, equalization, dan oil separation*.
2. Pengolahan tahap awal (*primary treatment*), pengolahan limbah cair pada tahap ini sebenarnya masih mempunyai tujuan yang sama dengan pengolahan sebelumnya. Tahapan ini dapat menggunakan tangki sedimentasi dan filter untuk membagi material menjadi beberapa bagian komponennya. Langkah pemrosesan awal meliputi prosedur antara lain seperti *neutralization, penambahan bahan kimia dan koagulan, flotation, sedimentation, dan filtration*. Pada pengolahan limbah cair ini, biasanya digunakan beberapa alat seperti saringan pasir cepat, saringan pasir lambat, *percoal-filter*, saringan multimedia, dan juga *vacuum filter*.
3. Pengolahan tahap kedua (*secondary treatment*). Tujuan dari langkah ini adalah untuk menghilangkan bahan terlarut dari limbah cair yang tidak dapat dihilangkan dengan proses fisik biasa. Metode yang dilakukan dapat menggunakan mikroorganisme yang menerapkan oksigen (*aerobic*) dan tanpa oksigen (*anaerobic*). *Activated sludge, anaerobic lagoon, tricking filter, aerated lagoon, stabilization basin, rotating biological contactor, dan anaerobic contactor and filter* merupakan beberapa pemrosesan yang sering digunakan pada tahap ini.

4. Pengolahan tahap lanjutan juga dikenal sebagai pengolahan tersier, berupaya menghilangkan sisa nutrisi dalam limbah cair. Pada tahap ini, klorin juga akan digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme yang berpotensi membahayakan termasuk virus, dan kuman.

2.5 Pengolahan Limbah Cair Tahu

Kontaminan utama dalam limbah cair pembuatan tahu adalah senyawa organik seperti protein, lipid, karbohidrat, dan vitamin. Metode pengolahan biologis atau kimia dapat digunakan untuk menangani limbah tersebut. Seringkali, kontaminan ini terlarut atau tersuspensi. Untuk menjamin keselamatan masyarakat dan kemurnian lingkungan, limbah cair dari usaha tahu harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Tujuan utama pengolahan limbah cair adalah menghilangkan sebagian besar partikel terlarut dan tersuspensi serta nutrisi seperti fosfor dan nitrogen (Marhadi, 2016).

Sistem *anaerob*, *aerob*, gabungan *anaerob-aerob*, dan IPAL merupakan beberapa proses biologis yang dapat digunakan dalam teknologi pengolahan limbah tahu. Menurut undang-undang nomor 5 tahun 2014 yang mengatur standar kualitas limbah cair industri, para produsen industri tahu diharapkan mempunyai desainnya sendiri berupaya untuk mengolah cairan biologis dan kimia dari sisa operasi produksi sehingga aman dan layak untuk dibuang ke sungai. Karena sistem *anaerob* memiliki biaya pengoperasian yang lebih rendah, sebagian besar teknologi pengolahan limbah tahu yang ada saat ini menggunakan sistem tersebut. Air tersebut masih mengandung sejumlah besar polutan organik karena efisiensi pengolahan proses biologis *anaerob*, yang hanya antara 70% dan 80%. Selain itu, masih menimbulkan bau, sehingga menimbulkan masalah tambahan. Untuk mengatasi hal ini, sistem pengolahan limbah gabungan *anaerob-aerob* dapat diterapkan. Sistem ini diharapkan dapat membantu menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu (Mardika & Rahajoeningroem, 2021).

Penggunaan kombinasi proses *anaerob* dan *aerob*, tidak hanya mampu mengurangi kadar zat organik (BOD dan COD), ammonia, padatan tersuspensi (SS), fosfat, dan komponen lainnya. Dengan menggunakan kombinasi ini dapat menurunkan zat pencemar secara signifikan. Efisiensi pengolahan dengan menggunakan kombinasi *anaerob* dan *aerob* mampu menurunkan BOD hingga 89,4%, COD 88,2%, dan SS (zat padat terendap) hingga 94% (Sinurat *et al.*, 2017).

2.6 Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu

Sebelum limbah cair dialirkan ke bak pengolahan, suatu langkah penting yang dilakukan adalah menyediakan bak ekualisasi. Bak ekualisasi berperan sebagai wadah penampung bagi limbah cair sebelum masuk ke unit pengolahan. Fungsinya sangat krusial karena mampu menciptakan kondisi di mana limbah cair memiliki karakteristik yang seragam dan debit yang stabil. Dengan adanya bak ekualisasi, aliran limbah cair dapat diratakan secara efisien. Proses ini sangat penting dalam pengelolaan limbah, karena ketika limbah cair memiliki karakteristik dan debit yang seragam, proses pengolahan di unit selanjutnya dapat berjalan lebih efektif dan efisien. Bak ekualisasi memainkan peran utama dalam memastikan bahwa limbah cair yang masuk ke sistem pengolahan memiliki kualitas yang konsisten, memudahkan proses pengolahan, serta mengoptimalkan hasil akhir dari proses pengelolaan limbah tersebut. Dengan demikian, bak ekualisasi merupakan tahap awal yang sangat penting dalam mengelola limbah cair, yang tidak hanya membantu menjaga lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional dari sistem pengolahan limbah secara keseluruhan.

Debit harian maksimum adalah debit air limbah pada keadaan pemakaian air maksimum. *Factor peak* (f_p) berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU 1996 untuk kategori perkotaan sebesar 1,75 – 2,0, guna untuk memproyeksikan penambahan limbah cair. Berdasarkan hal tersebut, maka debit harian dikalikan dengan 2. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk mencari debit maksimum limbah cair.

$$Q_{\text{maks}} \text{ (L/hari)} = Q_{\text{al}} \text{ (L/hari)} \times 2 \quad (2.1)$$

Menurut Reynolds (1996) menyatakan bahwa limbah cair yang dihasilkan diasumsikan sebesar 80% dari total pemakaian air bersih yang akan digunakan. Dengan hal ini untuk penentuan debit rata-rata yang akan digunakan mengasumsi secara langsung sebesar 80% dari penggunaan air bersih per harinya.

$$Q_{\text{rata-rata}} = Q_{\text{maks}} \times 80\% \quad (2.2)$$

Menurut (Sari & Yuniarto, 2017), tangki ekualisasi memiliki fungsi sebagai tangki penampung limbah cair sebelum dipindahkan ke unit pengolahan, serta memastikan bahwa limbah cair memiliki kualitas yang konsisten dan pelepasan yang stabil. Sedangkan menurut (Khaq & Slamet, 2017), bak ekualisasi adalah bak penampungan yang berfungsi untuk meminimumkan

dan mengendalikan fluktuasi aliran limbah cair baik kuantitas maupun kualitas yang berbeda dan menghomogenkan konsentrasi limbah cair. Penentuan waktu tinggal (*retention time*) yang efektif untuk bak ekualisasi, *aerob* dan *anaerob* berkisaran antara 4-8 jam. Adapun kriteria desain dan penentuan volume bak yang diperlukan dapat diamati dengan perhitungan dibawah ini :

Tabel 2. Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Waktu detensi (Td)	4-8	Jam
Perbandingan P : L	1-2 hingga 1-4	M
Ketebalan dinding	20-30	Cm
Kedalaman efektif (h_{air})	1,5-2	M
Ambang batas	1	M
Efisiensi removal BOD	30-40	%
Laju pemompaan udara	0,01-0,015	m ³ /m ³ -menit
Ketinggian maksimum bak (H_{maks})	< 4	Meter

Sumber : Nusa Idaman Said, 2008.

$$\text{Volume bak yang diperlukan} = \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times Q \quad (2.3)$$

Dimana ;

rt = *retention time* (waktu tinggal)

Q = debit limbah cair

Berdasarkan kriteria desain tersebut, maka untuk menentukan panjang, dan lebar bak pengolahan menggunakan rasio P : L dan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = P \times L \times H \quad (2.4)$$

Pengecekan *retention time* (waktu tinggal) dengan menggunakan persamaan :

$$rt = \frac{\text{volume bak (m}^3\text{)}}{\text{debit } (\frac{\text{m}^3}{\text{hari}})} \times 24 \text{ jam/hari} \quad (2.5)$$

Penentuan volume efektif bak dan volume media yang diperlukan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$V_{cek} = \frac{v_{ef}}{Q} \quad (2.6)$$

$$\text{Volume media yang diperlukan} = \frac{\text{Jumlah BOD yang dihilangkan } (\frac{\text{kg}}{\text{hari}})}{\text{Standar BOD yang ditetapkan}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Proses *anaerob* pada hakikatnya adalah aktivitas mikroorganisme tidak membutuhkan oksigen bebas untuk memecahkan bahan buangan organik. Pada proses ini menghasilkan gas *methane* (biogas). Keberadaan IPAL biogas ini memiliki peluang cukup besar dalam pengembangannya, karena dalam pengolahan ini memiliki peran aktif pelaku industri, nilai tambah, dan pengurangan resiko pencemaran terhadap lingkungan (Prihatiningsih & Haryono, 2019). Sehingga proses pengolahan limbah cair sangat penting untuk diterapkan bagi industri ataupun pabrik yang memiliki limbah cair cukup besar perharinya.

Melihat kondisi industri tahu sebagai industri skala rumahan, maka membutuhkan peralatan IPAL yang mudah digunakan, biaya operasional murah, serta memiliki nilai ekonomi yang bersahabat untuk lingkungan. Selain menghasilkan biogas, hasil dari air olahan dapat digunakan sebagai *fertilizer* cair atau ditambahkan ke dalam biomassa lainnya seperti sampah sayuran, sekam, dan bahan lainnya dapat menghasilkan kompos (Faisal *et al.*, 2015). Berikut merupakan kriteria desain *anaerob* biofilter menurut Mara (2003).

Tabel 3. Kriteria Desain *Anaerob* Biofilter

Kriteria Desain	Keterangan
Kedalaman Air	2-5 m
Rasio Panjang : Lebar	2-3 : 1 m
Waktu Tinggal	0,8-6 hari
Efisiensi	74-80%
Waktu Pengurasan Lumpur	1-3 tahun

Sumber : Mara, 2003.

Kolam *anaerob* pada umumnya memiliki bentuk *rectangular* (persegi panjang), walaupun dapat pula disesuaikan dengan kondisi area perencanaan setempat. Bentuk *rectangular* (persegi panjang) direncanakan dengan memiliki rasio panjang dan lebar seperti pada kriteria desain pada Tabel 3. Kebutuhan volume kolam *anaerob* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Beban BOD} = \text{Debit (Q)} \times \text{BOD}_{\text{in}} \quad (2.8)$$

$$V_{\text{anaerob}} = \frac{\text{Konsentrasi BOD Influen } (\frac{\text{mg}}{\text{L}})}{\text{Beban BOD}} \quad (2.9)$$

Berdasarkan kriteria desain tersebut, maka untuk menentukan panjang, dan lebar bak pengolahan menggunakan rasio P : L dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = P \times L \times H \quad (2.10)$$

Tangki kontaktor *aerob* menerima air limpasan dari tangki kontaktor *anaerob*. Media pada tangki kontaktor *aerob* terdiri dari bahan kerikil, batu apung, plastik (*polyethylene*), atau fiber. Media tersebut diangin-anginkan, atau dihembuskan udara, agar mikroorganisme yang ada dapat menguraikan bahan organik dalam limbah cair dan berkembang biak serta menempel pada permukaan media. Limbah cair akan bersentuhan dengan mikroorganisme tersuspensi dalam air atau menempel pada permukaan media. Hal ini dapat mempercepat proses nitrifikasi, meningkatkan efisiensi penguraian bahan organik, dan meningkatkan penghilangan amonia. Berikut merupakan kriteria desain biofilter *aerob* yang digunakan.

Tabel 4. Kriteria Desain Biofilter *Aerob*

Kriteria Desain	Keterangan	Satuan
Waktu detensi total rata-rata	6-8	Jam
Kedalaman Air	2-5	m
Rasio Panjang : Lebar	2-3 : 1	m
Standar beban BOD per volume media (High rate)	0,4-4,7	Kg BOD/m ³ . hari
Volume media	50% V reaktor	
Tinggi ruang lumpur	0,3-0,5	M
Tinggi bed media perbiakan mikroba	1,2-1,5	M
Tinggi air diatas bed media	0,2-0,3	M
Beban BOD	0,5-4	Kg BOD per m ³ .hari
Efisiensi <i>difusser</i>	2,5 – 5%	g BOD per m ³

Sumber : Nusa Idaman Said (2008) dan BPPT (2002)

Kebutuhan volume kolam *anaerob* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut ini:

$$V_{aerob} = \frac{\text{Konsentrasi BOD Influen } (\frac{mg}{L})}{\text{Beban BOD}} \quad (2.11)$$

Berdasarkan kriteria desain tersebut, maka untuk menentukan panjang, dan lebar bak pengolahan menggunakan rasio P : L menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = P \times L \times H \quad (2.12)$$

Debit per pipa limbah cair, luas penampang pipa, diameter pipa yang digunakan, kecepatan aliran, dan jumlah kebutuhan udara menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{\text{pipa}} = \frac{Q}{\text{Jumlah Pompa Operasi}} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} Q \text{ per pipa} &= \text{luas} \times V.\text{asumsi} \\ \text{Luas penampang} &= \frac{Q}{V.\text{asumsi}} \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa yang digunakan} &= \text{Luas penampang} \\ &= \frac{1}{4} \times \mu \times D^2 \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} &\text{Jumlah kebutuhan udara teoritis} \\ &= \frac{\text{kebutuhan oksigen teoritis}}{\text{berat udara pada } 28C \times \text{asumsi jumlah oksigen didalam udara } 23,2\%} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Istilah umum prosedur ini adalah aerasi kontak. Air berpindah dari tangki aerasi ke tangki pengendapan terakhir. Pompa sirkulasi lumpur digunakan untuk menyimpan lumpur aktif yang kaya akan mikroorganisme ke dalam tangki ini dan kemudian mengembalikannya ke saluran masuk tangki aerasi (Defriyansa *et al.*, 2022). Setelah melalui tahap survei, penulis menemukan bahwa kondisi lahan yang memungkinkan untuk penempatan IPAL sangat terbatas. Keterbatasan lahan ini mempengaruhi desain pengolahan yang akan dirancang.

Luas lahan kosong didapatkan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pemilik industri tahu X. Berdasarkan Kondisi keterbatasannya lahan kosong ini menjadi faktor utama yang memengaruhi perancangan pengolahan limbah yang akan diimplementasikan. Strategi dalam pengolahan limbah harus disesuaikan dengan kondisi dilapangan dan batasan lahan yang ada untuk memastikan implementasi IPAL yang efektif dan berkelanjutan.

2.7 Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolahan

Dalam memilih antara bak lagoon *anaerob-aerob* dan bak digester *anaerob-aerob*, beberapa faktor perlu dipertimbangkan antara lain:

- a. Kebutuhan produk akhir: Jika produk akhir yang relatif stabil dan tidak berbau menjadi prioritas, maka digester *anaerob-aerob* lebih cocok. Namun, jika produk akhir tidak stabil dan mungkin berbau cukup untuk pengolahan limbah cair dan sampah organik, maka lagoon *anaerob-aerob* dapat dipertimbangkan
- b. Efisiensi pengolahan: Jika efisiensi pengolahan menjadi faktor penting, maka digester *anaerob-aerob* lebih unggul daripada lagoon *anaerob-aerob*
- c. Biaya konstruksi: Jika biaya konstruksi menjadi faktor penting, maka lagoon *anaerob-aerob* lebih murah dibandingkan dengan digester *anaerob-aerob*
- d. Waktu pengolahan menjadi faktor penting, maka digester *anaerob-aerob* lebih cepat dari lagoon *anaerob-aerob*

Pemilihan antara kedua jenis bak tersebut, perlu dilakukan evaluasi terhadap kebutuhan dan sumber daya yang tersedia. Jika efisiensi pengolahan menjadi faktor penting, maka digester *anaerob-aerob* lebih unggul daripada lagoon *anaerob-aerob*. Sehingga, perbedaan utama terletak pada cara dan tempat terjadinya proses *anaerob* dan *aerob*. Digester *anaerob-aerob* dapat menggunakan tangki tertutup, sementara lagoon *anaerob-aerob* menggunakan kolam terbuka. Pilihan antara keduanya dapat tergantung pada skala operasional, jenis limbah yang dihasilkan, dan kondisi lingkungan setempat.

Proses pengolahan dengan sistem biofilter *anaerob-aerob* ini mempunyai beberapa keuntungan yakni :

- a. Adanya air buangan yang melewati media yang terdapat pada biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti media atau yang disebut juga *biological film (biofilm)*. Limbah cair yang masih mengandung zat organik yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara limbah cair dengan mikro-organisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontakannya maka efisiensi penurunan konsentrasi zat organiknya BOD makin besar. Selain menghilangkan atau mengurangi konsentrasi BOD dan COD, cara ini dapat juga

mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi atau SS, deterjen, *ammonium* dan *posphor*.

- b. Biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring limbah cair yang melalui media ini, akibatnya, limbah cair yang mengandung *suspended solids* setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya biofilter *up flow* yakni penyaringan dengan sistem aliran dari bawah keatas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran keatas akan mengendapkan di dasar bak filter. Sistem biofilter *anaerob-aerob* ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi.
- c. Selama berada pada kondisi *aerob*, senyawa *phosphor* terlarut akan diserap oleh bakteri/mikroorganisme dan akan sintesa menjadi *polyphospat* dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa organik BOD. Dengan demikian kombinasi proses *anaerob-aerob* dapat menghilangkan BOD maupun *phosphor* dengan baik. Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair dengan beban organik yang cukup besar (Defriyansa *et al.*, 2022).

2.8 Proses Biofilter

Didalam proses pengolahan limbah cair dengan proses biakan melekat, prinsip dasarnya adalah mengalirkan limbah cair ke dalam suatu biakan mikroorganisme yang melekat di permukaan media. Habitat yang terbangun melalui media kontak akan membuat bakteri pengurai tumbuh dan berkembang. Mekanisme ini biasanya ditandai dengan munculnya lapisan mirip lendir atau biasa dikenal dengan istilah *biofilm*. Untuk memastikan aliran limbah cair yang kemudian diolah menjadi air bersih berjalan dengan baik, media kontak didesain berongga. Dari celah rongga media kontak, air akan mengalir, sekaligus proses filtrasi dilakukan oleh bakteri pengurai (Wulandari, 2014).

Proses pengolahan limbah cair dengan proses *biofilm* atau *biofilter* tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan limbah cair ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan aerasi atau tanpa aerasi. Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air (Ariani *et al.*, 2016).

Di dalam aplikasinya, efektifitas proses biofilter sangat dipengaruhi oleh jenis serta bentuk media yang digunakan. Penting untuk diketahui bahwa

media biofilter berfungsi untuk menyediakan area permukaan tempat bakteri atau mikroorganisme berkoloni. Dalam hal ini bakteri mempunyai peranan yang penting di dalam sistem biofilter. Agar bakteri bekerja secara efektif, desain biofilter serta media penyangga selain harus mampu menyediakan distribusi nutrient dan oksigen, tetapi harus mampu juga menghilangkan produksi buangan baik yang terlarut maupun yang tersuspensi. Umumnya biofilter menggunakan bakteri *aerob* namun dapat pula didesain dan dioperasikan untuk bakteri *anaerob* (Susilawati *et al.*, 2016).

2.9 Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan organik atau anorganik. Contoh media organik melibatkan berbagai bentuk seperti tali, jaring, media yang dimasukkan secara acak atau tak beratur (*random packing*), papan, sarang tawon, dan lainnya. Di sisi lain, media anorganik dapat berupa batu pecah, kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas), dan sejenisnya (Wulandari, 2014).

2.10 Baku Mutu Limbah Cair Tahu

Tingginya tingkat pencemaran lingkungan di Indonesia, baik yang berasal dari udara, tanah, dan air, merupakan permasalahan yang sering terjadi. Salah satu makanan yang paling populer di kalangan masyarakat Indonesia adalah tahu. Produsen tahu dan operasi industri dalam negeri lainnya merupakan salah satu sumber polusi saat ini. Limbah yang dihasilkan selama pengolahan kedelai berdampak buruk terhadap lingkungan karena aktivitas pabrik tahu. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah cair untuk Usaha dan Kegiatan Pengolahan Kedelai mengatur mengenai penanganan limbah cair dari tahu (Masitho *et al.*, 2021). Menurut regulasi tersebut, indikator pencemar bahan organik ditandai oleh parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada tabel 5 dibawah berikut.

Tabel 5. Baku Mutu Limbah cair Industri Tahu

Parameter	Baku Mutu (mg/l)
BOD	150
COD	300
TSS	100
Ph	6 – 9

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

2.11 Kerangka Berpikir

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan ekosistem. Sungai-sungai adalah salah satu sumber air utama yang memberikan manfaat kepada masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari, pertanian, dan industri. Namun, permasalahan yang semakin meningkat adalah pencemaran air sungai oleh limbah industri, termasuk limbah dari industri tahu.

Pengolahan tahu sebagai proses industri tidak hanya menghasilkan produk akhir berupa tahu, tetapi juga menghasilkan limbah atau sisa yang perlu dikelola dengan baik. Dalam konteks ini, industri tahu seringkali menjadi penyebab utama pencemaran lingkungan, terutama karena belum adanya pengolahan khusus yang diterapkan sebelum limbahnya dibuang langsung ke sungai. Keberadaan limbah tahu yang terbuang begitu saja ke sungai tidak hanya menjadi ancaman terhadap lingkungan, tetapi juga menjadi potensi serius yang dapat merusak kualitas air tanah.

Limbah ini terdiri dari berbagai zat kimia dan bahan organik yang dapat mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan benar. Jika limbah ini tidak diproses atau dibuang secara tidak benar, menyebabkan pencemaran kualitas air tanah. Kualitas air tanah yang tercemar dapat mengakibatkan berbagai masalah serius, seperti menurunnya tingkat keberlanjutan ekosistem perairan, kerusakan pada sumber daya air yang berkelanjutan, serta risiko terhadap kesehatan manusia dan hewan yang bergantung pada air tanah sebagai sumber air minum dan kebutuhan lainnya. Diharapkan dapat menerapkan sistem IPAL untuk dapat mendegradasi zat pencemar sebelum dibuang ke aliran sungai.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

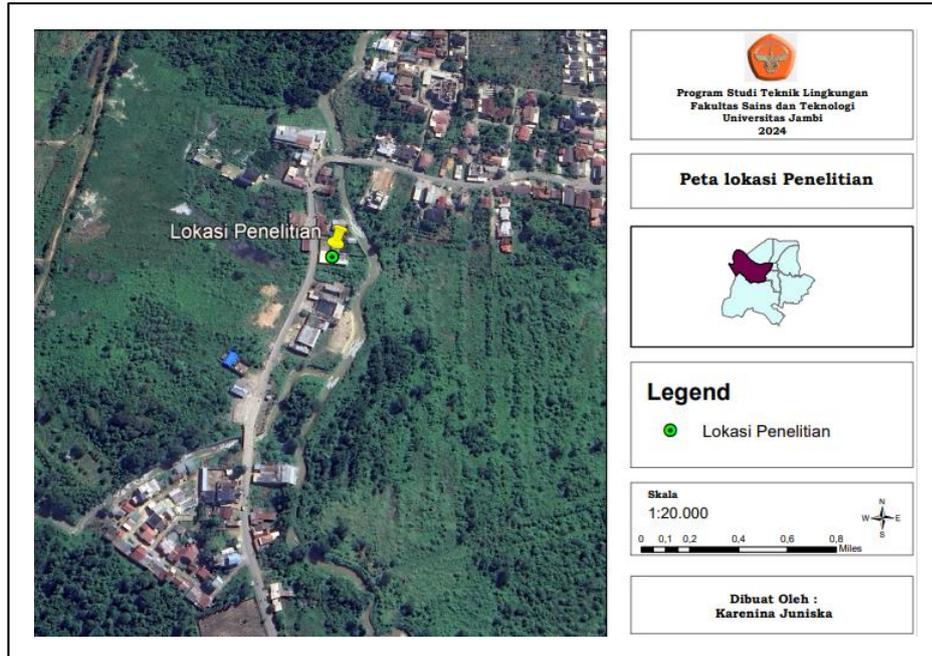
Penelitian dilakukan fokus pada bidang perencanaan rancangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merencanakan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Limbah cair pada penelitian ini menggunakan limbah cair industri tahu X yang berada di Kelurahan Pematang Sulur Kota Jambi.

3.2 Objek Penelitian

Objek yang menjadi topik penelitian ini merupakan perencanaan sistem IPAL dengan skala industri tahu. Limbah cair yang digunakan merupakan limbah cair hasil produksi di industri tahu X Kelurahan Pematang Sulur Kota Jambi. Dengan dilakukan penelitian perencanaan ini, diharapkan limbah cair yang dihasilkan setelah melewati proses pengolahan berada di bawah Nilai Ambang Batas (NAB).

3.3 Lokasi Penelitian

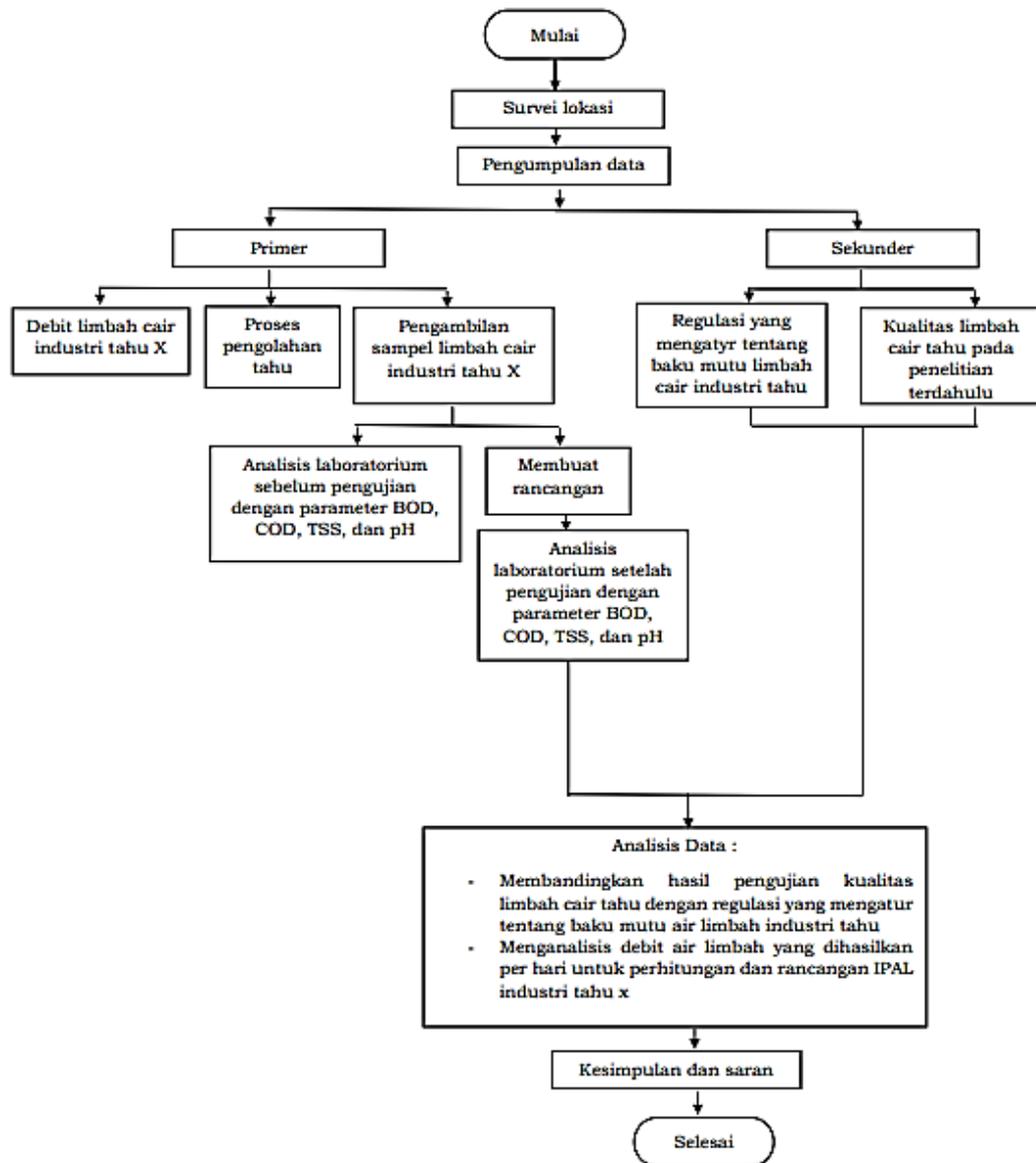
Kecamatan Telanaipura di Kota Jambi, menjadi lokasi perencanaan sistem pengolahan limbah cair tahu skala rumahan yang terletak $10^{\circ}36'7.840''S$ dan $103^{\circ}33'19.310''E$. Lokasi penelitian merupakan industri tahu yang berdekatan dengan aliran sungai. Sungai tersebut menjadi tempat pembuangan limbah cair tahu dan tentu hal ini dapat mengubah kualitas air tanah dikarenakan limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Industri tahu ini masih belum memiliki sistem pengolahan khusus. Oleh karena itu, sebagai tindakan antisipatif, diperlukan perancangan IPAL, agar limbah yang dibuang ke sungai tidak mencemari sungai di sekitar industri tahu X tersebut. Industri ini memproduksi tahu sekitar 700 kg/hari dan menghasilkan limbah cair sebanyak 5.000 l/hari dengan jam operasional yaitu 03.00-12.00 WIB. Lokasi perencanaan IPAL dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth, 2023

3.4 Sketsa Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode studi kasus pada salah satu industri tahu di Kota Jambi, yakni pabrik tahu X yang terletak di Kelurahan Pematang Sulur, Kecamatan Telanaipura. Pabrik tahu ini belum menggunakan IPAL untuk pengolahan limbah cair tersebut. Diharapkan pabrik tahu ini memiliki pengolahan limbah cair yang khusus agar memiliki hasil baku mutu yang sesuai regulasi saat ini. Berikut merupakan bagan alir penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian
Sumber : Pengolahan Penulis, 2024

Tahapan dan alur penelitian yang akan dilaksanakan dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Tahap awal melakukan persiapan yang dilakukan dengan mencari dan memahami literatur yang berkaitan dengan tema penelitian.
- Tahap penentuan lokasi yaitu menentukan lokasi penelitian yang akan dilaksanakan sebagai tempat penelitian.
- Tahap pengumpulan data, tahap pengumpulan data adalah salah satu tahapan penting dalam proses penelitian atau analisis data. Pada tahap ini, peneliti mengumpulkan informasi atau data yang diperlukan untuk mencapai tujuan analisis. Pengumpulan data dalam penelitian ini

berupa data primer dan sekunder. Adapun data primer yang diperoleh berdasarkan wawancara secara langsung dengan pemilik industri tahu tersebut dan data hasil pengujian kualitas limbah cair industri tahu akan diteliti. Sedangkan data sekunder dibutuhkan berupa regulasi yang mengatur tentang baku mutu kualitas limbah cair industri tahu dan data kualitas limbah cair tahu pada penelitian terdahulu.

- d. Tahap analisis data, data yang telah diperoleh akan dianalisis untuk mendapatkan informasi. Sehingga data telah diteliti dapat dipahami dan digunakan dalam perhitungan dimensi IPAL yang diperlukan.
- e. Tahapan kesimpulan merupakan tahapan yang akan menjawab semua permasalahan akan diteliti berdasarkan hasil penelitian telah didapatkan.

3.5 Waktu Penelitian

Penelitian perancangan IPAL industri dilaksanakan dalam rentang waktu kurang lebih selama 3 bulan terhitung dari Januari 2024 – Maret 2024. Dalam kurun waktu kurang lebih 3 bulan tersebut, Peneliti telah melakukan observasi lapangan, pembuatan rancangan pengolahan, pengambilan sampel penelitian, pengujian laboratorium, hingga pengolahan dan analisis data.

Hasil dari upaya tersebut diharapkan akan menghasilkan perancangan IPAL industri tahu yang efisien, berkelanjutan, dan mematuhi standar lingkungan yang berlaku Permenlh No. 5 Tahun 2014, serta menjadi kontribusi positif dalam mendukung keberlanjutan industri tahu dan pelestarian lingkungan di masa akan datang.

3.6 Alat

- a. Aerator
- b. Botol sampel
- c. Galon
- d. Keran air
- e. Pipa $\frac{1}{4}$ in
- f. Meteran
- g. Alat tulis
- h. Kamera
- i. Laptop

3.7 Bahan

- a. Limbah cair tahu

b. Larutan efektif mikroorganisme 4 (EM-4)

3.8 Data Penelitian

Proses perencanaan, data-data yang diperlukan untuk perencanaan tidak hanya bersifat sekunder tetapi juga data primer atau data yang dikumpulkan secara langsung dari sumbernya. Kedua jenis data ini memiliki peranannya masing-masing dalam menyusun rencana yang akurat, efektif, dan berbasis sesuai kondisi di lapangan.

3.8.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui survei, wawancara, atau pengamatan langsung dapat memberikan informasi mengenai kondisi yang diteliti. Adapun data primer diperoleh berdasarkan wawancara secara langsung dengan pemilik industri tahu tersebut dan data hasil pengujian kualitas limbah cair industri tahu X yang akan diteliti. Wawancara ini diperoleh hasil berupa informasi mengenai pengolahan tahu pada industri tahu X, penggunaan air perharinya, dan serta luas lahan kosong yang akan digunakan untuk perencanaan bangunan IPAL industri tahu X. Data primer lainnya yaitu data kualitas limbah cair industri tahu X didapatkan dari hasil akhir air produksi tahu yang dikumpulkan dengan menggunakan wadah penampung berupa ember dan selanjutnya dimasukkan ke dalam botol sampel dengan ukuran 2000 ml. Limbah cair tahu yang telah dikumpulkan tersebut, kemudian dibawa ke laboratorium terakreditasi untuk diuji kualitasnya dengan menggunakan beberapa parameter seperti BOD, COD, TSS, dan pH.

3.8.2 Data Sekunder

Data sekunder berasal dari sumber-sumber yang sudah ada seperti buku, laporan penelitian ataupun jurnal-jurnal yang memberikan gambaran umum tentang situasi yang relevan dengan perencanaan. Data sekunder membantu perencana dalam memahami kebijakan yang sudah ada, dan pengalaman dari proyek atau inisiatif serupa yang telah dilakukan oleh orang lain atau instansi terkait. Memahami kerangka kerja yang telah ada dan hasil penelitian sebelumnya, perencana dapat merancang strategi agar lebih terarah dan terinformasi. Data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini berupa regulasi yang mengatur tentang baku mutu kualitas limbah cair industri tahu dan data kualitas limbah cair tahu pada penelitian terdahulu. Data kualitas limbah cair tahu pada beberapa penelitian terdahulu digunakan untuk membuktikan bahwa limbah cair industri tahu memiliki kandungan yang berbahaya sehingga harus diolah sebelum dibuang ke sungai terdekat.

Data primer dan data sekunder, perencana memiliki dasar untuk mengambil keputusan yang tepat dalam merancang IPAL. Penggunaan data yang mendukung ini bukan hanya meningkatkan akurasi perencanaan, tetapi juga memastikan bahwa langkah-langkah yang diambil memiliki dasar ilmiah. Oleh karena itu, pengumpulan data yang komprehensif dan berimbang antara data primer dan sekunder menjadi landasan yang kuat dalam merencanakan perancangan.

3.9 Analisis Data

1. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Proses pengkajian kali ini dilakukan evaluasi terhadap data analisis kualitas limbah cair dari industri tahu di Kelurahan Pematang Sulur, Kecamatan Telanaipura Kota Jambi. Analisis kualitas tersebut melibatkan beberapa standar penting seperti BOD, COD, TSS, dan pH. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh limbah yang dihasilkan memenuhi kriteria mutu dalam peraturan menteri lingkungan hidup nomor 5 tahun 2014. Analisis ini tidak hanya mempertimbangkan kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga mengidentifikasi potensi besar limbah cair industri tahu dalam mencemari Sungai didaerah sekitar tersebut.

Hasil analisis ini sangat penting karena menjadi dasar untuk merancang IPAL yang efektif untuk industri tahu tersebut. Memahami kualitas limbah cair dan dampaknya terhadap lingkungan sungai, langkah-langkah perbaikan dan pengolahan limbah yang lebih efisien dapat dirancang. Tujuan akhirnya adalah untuk menciptakan IPAL industri tahu yang ramah lingkungan, sesuai dengan regulasi lingkungan, dan mampu menjaga keberlanjutan ekosistem sungai.

2. Detail Perancangan

Analisis sangat penting dalam menentukan pilihan terbaik, karena mempertimbangkan efisiensi lahan yang diperlukan oleh masing-masing alternatif. Pemilihan alternatif dengan kebutuhan lahan yang lebih sedikit tidak hanya menghemat ruang, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih bijaksana. Bak pengolahan yang dapat digunakan yaitu, bak ekualisasi, *anaerob*, dan *aerob*.

Perancangan IPAL industri tahu memerlukan ketelitian dan analisis dalam pembuatan gambar detail seperti dalam perhitungan panjang, dan lebar. Gambar secara detail bukan hanya sekadar gambaran visual, melainkan merupakan panduan terinci yang melibatkan perhitungan, serta

analisis efisiensi lahan. Menggunakan gambar secara detail sebagai acuan, perancangan IPAL industri tahu dapat dilakukan dengan tepat dan efisien, sehingga memastikan keberlanjutan operasional dan dampak lingkungan yang minimal dari industri tersebut. Penentuan perhitungan debit yang akan digunakan untuk perencanaan ini menggunakan persamaan 2.1 dan untuk mengetahui volume bak yang diperlukan menggunakan persamaan 2.3.

Bangunan pengolahan limbah cair dapat direalisasikan melalui dua metode utama, yaitu menggunakan toren atau menggunakan konstruksi. Pendekatan menggunakan toren melibatkan pemanfaatan komponen yang sudah diproduksi sebelumnya, memungkinkan proses konstruksi yang lebih cepat dan biaya awal yang lebih rendah. Meskipun toren memiliki kelebihan dalam aspek efisiensi dan kecepatan pembangunan, namun mereka sering kali memiliki kapasitas yang lebih terbatas dan keterbatasan dalam desain. Sebaliknya, pendekatan konstruksi konvensional memberikan fleksibilitas desain yang lebih besar dan kapasitas yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan proyek. Meskipun memerlukan investasi awal yang lebih tinggi dan waktu konstruksi yang lebih lama, konstruksi konvensional menyediakan kemungkinan adaptasi yang lebih besar terhadap perubahan kebutuhan atau perkembangan teknologi. Pemilihan antara toren dan konstruksi harus memperhitungkan prioritas proyek, ketersediaan lahan, dan kebutuhan kapasitas pengolahan limbah cair yang diinginkan. Perancangan pada penelitian ini menggunakan *software* autocad untuk memberikan gambaran dimensi bangunan IPAL untuk industri tahu X Kelurahan Pematang Sujur Kota Jambi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuantitas Limbah Cair Industri Tahu X

Penelitian telah dilaksanakan pada limbah cair industri tahu X di Kelurahan Pematang Sulur Kota Jambi, diketahui bahwa limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke air sungai yang berada di dekat lokasi produksi tahu tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu sehingga dapat mengakibatkan penurunan kualitas air di sekitar pabrik tahu.



Gambar 3. Kondisi Industri Tahu X
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2024

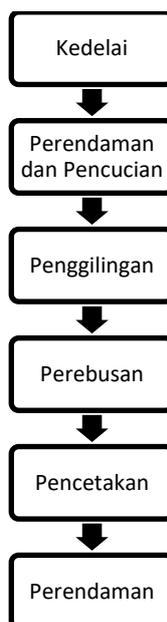


Gambar 4. Outlet Limbah Cair Industri Tahu X
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2024

Pada Gambar 3 merupakan kondisi industri tahu X yang digunakan selama produksi tahu sehari-harinya. Dan sedangkan pada Gambar 4

merupakan kondisi sungai yang digunakan sebagai *outlet* atau tempat pembuangan akhir limbah cair industri tahu X.

Produksi industri tahu menghasilkan beberapa jenis limbah seperti ampas tahu dan limbah cair. Dalam proses produksi tahu menggunakan jumlah air yang banyak di setiap proses produksinya seperti pada proses perendaman, pencucian kedelai dan hingga pencetakan tahu tersebut. Industri tahu X beroperasi sejak sekitar tahun 2008 sampai sekarang, April 2024. Produksi industri tahu X yaitu sekitar 700 kg per hari. Kegiatan produksi industri tahu X dilakukan setiap hari kecuali hari perayaan.



Gambar 5. Bagan Alir Proses Pembuatan Tahu

Proses pembuatan tahu melibatkan penggunaan bahan baku utama, yakni berupa kacang kedelai. Jumlah kedelai yang dibutuhkan setiap hari untuk produksi mencapai 500 kg. Pembuatan tahu di industri tahu X melibatkan beberapa proses yang dimulai dengan perendaman dan pencucian kedelai. kedelai tersebut dicuci dengan air dan direndam dalam bak selama 3 jam, kemudian kacang kedelai langsung dibersihkan. Kedelai yang telah dibersihkan digiling dengan menggunakan air untuk memudahkan pembentukan bubur kedelai. Proses penggilingan memerlukan satu buah penampung air berkapasitas 20 liter untuk setiap 5 kg kedelai. Setelah penggilingan selesai, bubur kedelai atau hasil gilingan kedelai diuapkan menggunakan kuali atau dimasak dengan suhu normal. Proses ini berlangsung sekitar 30 menit atau sampai bubur kedelai mendidih. Sari kedelai yang telah direbus kemudian disaring dengan menggunakan kain untuk memisahkan ampas kedelai. Selanjutnya, dilakukan pencetakan tahu

dan setelah tahu dicetak, dilakukan perendaman agar tahu dapat mengembang.

Proses produksi di atas untuk satu kali produksi pengrajin membutuhkan air bersih sekitar \pm 4.800 liter. Secara detail penggunaan air bersih dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Kebutuhan Air Pada Proses Produksi Tahu Industri Tahu X

Proses Pembuatan Tahu	Kebutuhan Air Bersih (Liter)
Perendaman dan Pencucian	2.000
Penggilingan	2.000
Perendaman	800
Jumlah	4.800

Sumber : Hasil Observasi Penulis, 2024

Pada Tabel 6, dapat diketahui jumlah kebutuhan air bersih di industri tahu X per satu hari produksi adalah \pm 4.800 liter dengan bahan kedelai 500 kg.

4.2 Kualitas Limbah Cair Industri Tahu X

Salah satu cara yang digunakan untuk mempercepat proses pengolahan limbah cair adalah penggunaan EM-4. Berdasarkan pengamatan sebelumnya, dalam kondisi normal biofilm yang dibentuk mikroorganisme alami limbah cair, mulai terlihat pada hari ke 11 namun belum begitu jelas, biofilm akan terlihat lebih jelas pada hari ke 17. Sedangkan dengan penambahan EM4 5% biofilm mulai terlihat pada hari kelima dan semakin jelas pada hari kedelapan (Ridwan *et al.*, 2018).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Rizky, 2014) dengan menggunakan EM-4 dan kadar penurunan parameter BOD bervariasi. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan hasil akhir dari berbagai dosis EM-4 yang telah ditentukan sebelumnya. Kadar BOD setelah penambahan dosis EM-4 1 ml/l, 2 ml/l, 3 ml/l mengalami penurunan yakni 1 ml/l kadar BOD rata-rata sebesar 112,75 mg/l, 2 ml/l kadar BOD rata-rata sebesar 98,82 mg/l dan 3 ml/l kadar BOD rata-rata sebesar 82,44 mg/l dengan keefektifan masing-masing dosis 55,43% untuk dosis 1 ml/l, 60,93% untuk dosis 2 ml/l dan 67,41% untuk dosis 3 ml/l. Hal ini menunjukkan cukup efektifnya penggunaan EM-4 dalam pengolahan limbah cair tahu. Semakin banyak penambahan EM-4 semakin cepat pula mikroorganisme mendegradasi bahan organik sehingga oksigen yang dibutuhkan semakin meningkat dan kadar BOD juga semakin turun.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Rizky, 2014), membuat penulis tertarik menggunakan EM-4 untuk mempercepat pertumbuhan mikroorganisme didalam limbah cair. Penelitian ini, menggunakan dosis 4 ml/l. Setelah dilakukan proses pengolahan limbah cair tahu, diperoleh hasil yang menunjukkan efektivitas dan keberhasilan proses dalam mengurangi kandungan zat pencemar. Analisis ini memberikan gambaran mengenai perubahan kandungan limbah cair setelah menjalani berbagai tahapan pengolahan, mencakup penurunan kadar pencemar. Proses pengolahan limbah cair ini bertujuan untuk menjaga kualitas air.

Hasil menggunakan biofilter *anaerob aerob* media bata Styrofoam sistem aliran ke atas menunjukkan bahwa sistem ini dapat menurunkan BOD 85,25% - 93,65%, COD 87,79% - 94,19%, dan *coliform* 85% - 96,87% (Diadon *et al.*, 2019). Penelitian lainnya menggunakan media bonggol jagung sebagai media biofiltrasi dalam menurunkan beban pencemar limbah domestik, yang menunjukkan penurunan COD sebesar 86,89% dan BOD sebesar 75,18% (Mulyadi & Ajid, 2020). Hasil penelitian lainnya dengan menggunakan jenis media biofilter bioball dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan pH pada limbah cair *laundry* dengan waktu tinggal selama 12 jam menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal, maka semakin besar waktu degradasi oleh mikroba. Efisiensi penurunan konsentrasi tertinggi pada waktu tinggal 12 jam dengan persentase penyisihan BOD sebesar 88,72%, COD sebesar 86%, TSS sebesar 78,95%, Total Fosfat sebesar 69,43%, dan pH sebesar 16,30% (Apema *et al.*, 2023).

Mikroorganisme memiliki ketentuan pH dalam pertumbuhan selama proses pengolahan limbah cair dilakukan. Nilai pH minimum dan maksimum untuk pertumbuhan mikroorganisme pada umumnya yaitu 4-9, namun pH yang paling optimal berkisar antara 6,5-7,5. Nilai pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri karena berkaitan dengan aktivitas enzim yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan mikroorganisme. Apabila pH dalam suatu lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri (Fajar *et al.*, 2022).

Tabel 7. Hasil Analisis Parameter Pengolahan Limbah Cair Tahu

Parameter	Sebelum diolah (mg/l)	Setelah Diolah (mg/l)	Baku Mutu PERMENLH No. 5 Tahun 2014
BOD	3.075,92	2.198	150
COD	10.766,01	6.998	300
TSS	680	217	100
Ph	4,2	4,4	6-9

Sumber : Data Penelitian, 2024

Berdasarkan hasil uji parameter yang telah diteliti, nilai parameter limbah cair dapat dilihat pada Tabel 7 tersebut. Pada tabel tersebut masih terdapat terdapat parameter yang belum memenuhi baku mutu, akan tetapi dari data yang dihasilkan terdapat penurunan kandungan pencemar setelah dilakukan pengolahan. Efisiensi IPAL dianalisis dengan memperhatikan penurunan parameter pencemar pada air buangan.

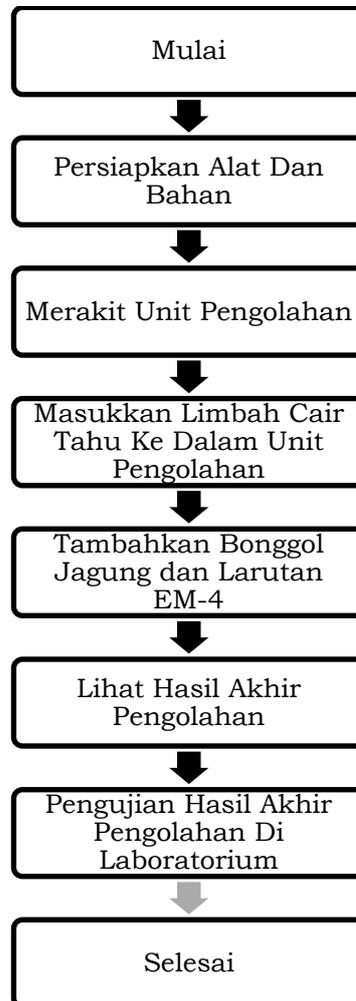
Data kualitas limbah cair industri tahu juga diperlukan sebagai dasar dalam pemilihan teknologi tepat dalam merencanakan perancangan IPAL. Data kualitas limbah cair industri tahu berdasarkan parameter pH, BOD, COD, dan, TSS diperoleh dari hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh PT. Jambi Lestari International (JLI). Analisa parameter pencemar limbah cair tersebut diambil dari ember yang digunakan sebagai bak penampungan limbah cair industri tahu X Kota Jambi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu.

Berdasarkan data kualitas limbah cair industri tahu yang diperoleh dari hasil analisa uji laboratorium dapat dilihat bahwa parameter pH, BOD, COD, dan TSS memiliki nilai diatas baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai. Setelah mendapatkan informasi terkait hasil parameter limbah cair dari industri tahu, langkah selanjutnya akan dilakukan proses pengolahan limbah. Pemahaman akan karakteristik limbah tersebut menjadi dasar utama dalam merancang solusi yang efektif untuk meminimalisir dampak pencemaran. Proses pengolahan limbah cair ini bertujuan menjaga kualitas air.

4.3 Eksperimen Penelitian

Eksperimen yang telah dilakukan menggunakan 3 galon berkapasitas 10 liter per galon. Eksperimen ini menggunakan galon yang berfungsi sebagai unit

pengolahan limbah cair tahu dan dilakukan pengamatan pada hasil akhir pengolahan. Adapun langkah-langkah yang digunakan pada eksperimen dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan di bawah berikut :



Gambar 6. Bagan Alir Eksperimen Penelitian

Eksperimen yang dilakukan untuk melihat efektif pengolahan limbah cair tahu. Langkah awal dalam percobaan ini yaitu dengan mempersiapkan alat dan bahan. Alat yang digunakan berupa galon air kapasitas 10 liter, keran air, aerator, dan pipa. Bahan yang diperlukan berupa limbah cair tahu, bonggol jagung, dan larutan EM-4. Setelah alat dan bahan yang diperlukan telah disiapkan, selanjutnya merakit unit pengolahan dengan menggunakan alat yang telah disiapkan. Setelah dirakit, tambahkan bonggol jagung dan larutan EM-4 sebanyak 4 ml/l atau setara dengan 240 ml larutan EM-4 ke masing-masing bak *aerob* dan *anaerob*. Setelah ditambahkan bahan-bahan tersebut, dilakukan pengamatan hingga terlihat *biofilm* pada media yang digunakan. Dalam pengamatan tersebut, pada hari ke-4 mulai terlihat *biofilm*. Pada hari

ke-5, limbah cair tahu yang telah diolah langsung dibawa ke laboratorium terakreditasi.

Kondisi fisik media dan limbah cair pada saat dilakukan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah berikut :

Tabel 8. Kondisi Fisik Media dan Limbah cair Selama Proses Pengolahan

Hari Ke-	Kondisi Media	Kondisi Limbah cair
1	Belum menimbulkan biofilm	Air berwarna keruh, berbau menyengat, terdapat banyak buih
2	Terdapat bercak putih pada media	sedikit Air berwarna kecoklatan, berbau asam, terdapan endapan di dasar reaktor
3	Media mengalami perubahan sedikit	Buih yang terkandung terlihat berkurang dari hari pertama
4	Media mengalami perubahan sedikit	kecoklatan
5	Bercak putih pada media semakin terlihat dan media terasa licin	Tidak menghasilkan buih. Air berbau asam
5	Bercak putih pada beberapa bagian media sedikit menebal, media terasa licin	Tidak terlihat buih, air berwarna coklat dan memiliki bau asam.

Sumber : Data Penelitian, 2024

Pada hari pertama saat ingin dilakukan pertumbuhan mikroorganisme, tidak teramati lapisan biofilm dipermukaan media yang digunakan. Hal ini mengidentifikasi belum adanya pertumbuhan mikroorganisme pada tahap awal percobaan. Meskipun demikian, limbah cair yang digunakan masih memiliki buih yang cukup banyak. Hal ini memberi petunjuk bahwa proses penguraian senyawa organik belum berlangsung optimal karena mikroorganisme masih dalam tahap beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Didi hari pertama ini langsung ditambahkan larutan EM-4 guna untuk mempercepat pertumbuhan mikroorganisme didalam reaktor.

Pada hari kedua, setelah EM-4 ditambahkan ke dalam bak *anaerob* dan *aerob*, tampak timbul bercak putih yang muncul pada media. Pada hari ketiga, endapan di dasar reaktor semakin terlihat, dan warna media mengalami perubahan menjadi kecoklatan. Buih yang dihasilkan juga berkurang

dibandingkan dengan hari sebelumnya. Pertumbuhan biofilm terlihat pada hari keempat, dengan peningkatan bercak putih pada media dan permukaan media yang terasa licin.

4.4 Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Data kuantitas limbah cair industri tahu berdasarkan hasil observasi lapangan yang telah dilakukan, bahwa industri tahu ini menggunakan bahan baku kacang kedelai sebanyak 500 kg setiap harinya. Industri ini memproduksi tahu mulai pukul 03.00 WIB hingga pukul 12.00 WIB. Sehingga diketahui bahwa jam operasional industri tahu yaitu selama 9 jam. Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa debit yang berada di lingkungan industri tahu X Kota Jambi adalah 4.800 l/hari. Untuk mengantisipasi peningkatan dalam penggunaan air perharinya, sehingga dibulatkan menjadi 5.000 l/hari atau 5 m³/hari atau setara dengan 0,21 m³/jam. Diketahui volume limbah cair yang digunakan yaitu untuk menghitung debit limbah cair. Perhitungan debit limbah cair industri tahu secara rinci sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Debit jam puncak (Q}_{Fp}) &= Q \text{ limbah cair} \times f \text{ peak} \\ &= 0,21 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \\ &= 0,42 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

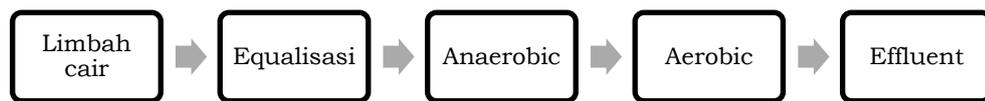
$$\begin{aligned} \text{Debit rata-rata (Q}_{ab_r}) &= Q_{Fp} \times f \text{ abr} \\ &= 0,42 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,335 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Tabel 9. Hasil Perhitungan Jenis Debit Limbah Cair

Jenis Debit	Satuan (m ³ /hari)	Satuan (m ³ /jam)	Satuan (m ³ /detik)
Debit limbah cair	5	0,21	0,0005
Debit jam puncak	10	0,42	0,00012
Debit rata-rata	8,04	0,335	0,00009

Sumber : Analisis Perhitungan, 2024

Data tabel diatas merupakan perhitungan debit yang digunakan untuk perhitungan dalam perancangan IPAL. Dalam proses pengolahan air limbah, setiap tahapan memiliki peran penting dalam mengolah limbah menjadi air yang aman untuk dibuang kembali ke lingkungan. Garis besar pengolahan limbah ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Bagan Alir Pengolahan

Sumber : Data Penelitian, 2023

Tahapan pertama adalah di mana limbah masuk dari sumbernya ke dalam instalasi pengolahan. Selanjutnya, limbah dialirkan ke bak ekualisasi yang merupakan bak penampungan yang berfungsi untuk menghomogenkan konsentrasi limbah cair. Setelah melalui bak ekualisasi, limbah kemudian akan dialirkan ke bak *anaerob* dan *aerob*. Pada tahap *anaerob*, limbah diuraikan oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan gas metana. Kemudian, air akan dialirkan ke bak *aerob*, dimana oksigen ataupun udara ditambahkan ke dalam sistem untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme *aerob*. Mikroorganisme ini memecah bahan organik yang tersisa dalam limbah menjadi senyawa yang lebih sederhana dan lebih aman. Pada akhir proses, limbah telah diolah dapat dibuang kembali ke lingkungan dengan aman tanpa membahayakan ekosistem air. Dengan rangkaian tahapan pengolahan yang terkoordinasi dengan baik, instalasi pengolahan air limbah dapat memainkan peran penting dalam menjaga kualitas air dan melindungi lingkungan sekitar.

4.4.1 Perhitungan Pompa Pengolahan Limbah Cair

Perhitungan pompa saat merencanakan sistem pengolahan limbah cair sangat dibutuhkan untuk memahami karakteristik pompa serta aksesori yang dibutuhkan dalam mengelola limbah cair secara konsisten dari bak ekualisasi menuju ke unit IPAL berikutnya. Dengan memperhatikan kriteria desain ini, perhitungan pompa dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik IPAL, sehingga memastikan kinerja system secara optimal.

Submersible pump (pompa celup) disebut juga dengan *electric submersible pump (ESP)* atau biasa disebut dengan pompa yang dioperasikan di dalam air dan akan mengalami kerusakan jika dioperasikan dalam keadaan tidak terdapat air terus menerus. *Submersible pump* memiliki beberapa kelebihan seperti, tidak menimbulkan kebisingan karena letaknya di dalam air, biaya perawatannya rendah, memiliki pendingin alami karena pompa terendam dalam air, sistem pompa tidak menggunakan *bearing* dan *shaft* penggerak yang panjang, karena itu penyebab *bearing* dan *shaft* mudah aus yang umumnya terjadi pada *jet pump*, tidak terjadi dalam pemakaian pompa celup air (Utama & Wibowo, 2018).

Tabel 10. Kriteria Desain Pompa Limbah cair

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Kecepatan aliran dalam pipa	1-2	m ³ /detik
Sudut kemiringan pompa	30 ⁰ -90 ⁰	

Sumber : Said, 2008.

Perhitungan desain pompa limbah cair pada proses pengolahan berdasarkan kriteria desain yang telah ditentukan adalah sebagai berikut:

Debit yang digunakan = debit pada saat jam puncak

Kapasitas pengolahan = 10 m³/hari
 = 0,42 m³/jam
 = 0,000116 m³/detik
 = 6,96 l/menit

Kecepatan asumsi pipa = 1m/detik

Jenis pipa = submersible pump

Sudut kemiringan pipa = tegak lurus 90⁰

Kedalaman efektif = 2 m

Berikut merupakan perhitungan pompa limbah cair sesuai dengan kriteria desain:

1. Perhitungan debit per pipa limbah cair dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pipa}} &= \frac{Q}{\text{Jumlah Pompa Operasi}} \dots\dots\dots (2.13) \\
 &= \frac{0,000116 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \cdot \text{pipa}}{1 \text{ buah}} \\
 &= 0,116 \text{ l/detik}
 \end{aligned}$$

Jadi, debit limbah cair yang mengalir pada pipa sebesar 0,0875 l/detik

2. Luas penampang pipa menggunakan persamaan 2.14.

Q per pipa = luas x V.asumsi

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang} &= \frac{Q}{v.\text{asumsi}} \\
 &= \frac{0,116 \text{ l/detik}}{1 \text{ m/detik}} \\
 &= 0,116 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan diameter pipa dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.15) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang} &= \frac{1}{4} \times \mu \times D^2 \dots\dots\dots(2.15) \\
 0,116 \text{ m}^2 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\
 D^2 &= \frac{0,116 \text{ m}^2 \times 4}{3,14} \\
 D &= 0,0369 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 36,9 \text{ mm}$$

Pipa dipasaran = 42,2 mm (1 1/4 inchi)

D = 0,0422 m

4. Maka, luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,0137)^2$$

$$= 0,0014 \text{ m}^2$$

5. Perhitungan kecepatan cek dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.16) sebagai berikut.

$$V_{cek} = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$= \frac{0,000116 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{0,0014 \text{ m}^2}$$

$$= 0,082 \text{ m/detik}$$

6. Power pompa (*Head pump*)

Pompa umumnya digunakan pada bak pengolahan limbah untuk memindahkan atau mengalirkan limbah dari sumbernya ke bak pengolahan. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapatkan, jenis pompa yang direkomendasikan dari bak ekualisasi menuju unit pengolahan selanjutnya dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- Tipe pompa = *submersible pump*
- Tipe kapasitas = max.250 l/menit
- Total head = max.15 m
- Power = 1,5 kW
- Merek dan tipe = Kyodo NS-15 atau merek yang setara

4.4.2 Perhitungan Bak Ekualisasi

Perhitungan dimensi bak ekualisasi yang digunakan sesuai kriteria desain Said (2008), dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut ::

a. Volume Bak Ekualisasi

$$V_{bak} = Q \times t \dots\dots\dots (2.3)$$

$$= 0,42 \text{ m}^3/\text{jam} \times 5 \text{ jam}$$

$$= 2,1 \text{ m}^3$$

Jadi, volume bak yang direncanakan adalah 2,1 m³

b. Rasio Panjang, Lebar dan Kedalaman

Perhitungan dimensi bak ekualisasi yang digunakan dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.4) sebagai berikut ::

Jika rasio P : L dengan kedalaman efektif (H) = 2 m maka :

$$V = P \times L \times H \dots\dots\dots (2.4)$$

$$2,1 \text{ m}^3 = P \times 2P \times 2 \text{ m}$$

$$2,1 \text{ m}^3 = 4P^2$$

$$P^2 = \frac{2,1 \text{ m}^3}{4}$$

$$P = \sqrt{0,525 \text{ m}^2}$$

$$P = 0,724 \text{ m}$$

Maka, Panjang (P) = 0,724 m

$$\text{Lebar (L)} = 2P$$

$$L = 2 \times 0,724 \text{ m}$$

$$L = 1,44 \text{ m}$$

Sehingga rasio perbandingan dimensi adalah sebagai berikut :

$$\text{Panjang (P)} = 0,72 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 1,44 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman (H)} = 2 \text{ m}$$

Berdasarkan rasio perbandingan dimensi maka, dapat diketahui volume efektif sebagai berikut :

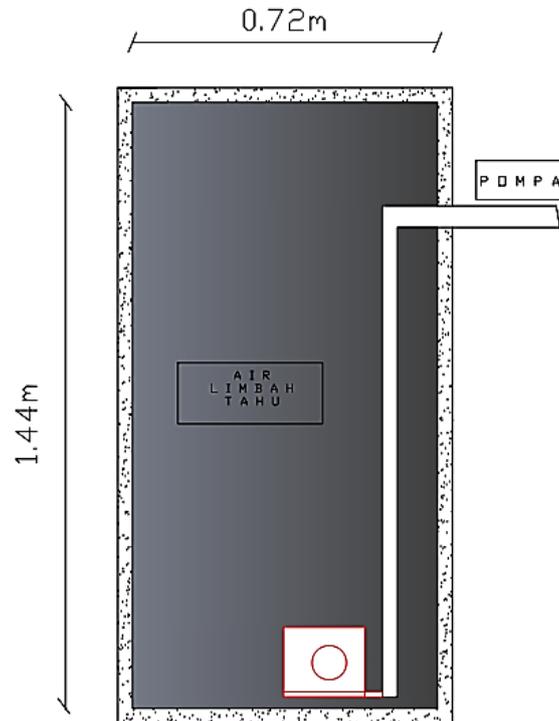
$$\begin{aligned} V_{ef} &= P \times L \times H \\ &= 0,72 \text{ m} \times 1,44 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 2,0736 \text{ m}^3 \approx 2,074 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume efektif bak yang direncanakan adalah sebesar = 2,074 m³

c. Perhitungan volume cek (Vcek) dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_{cek} &= \frac{V_{ef}}{q} \dots\dots\dots (2.6) \\ &= \frac{2,074 \text{ m}^3}{0,42 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 4,93 \text{ jam} \approx 5 \text{ jam (sesuai kriteria desain berdasarkan tabel} \end{aligned}$$

2)



Gambar 8. Sketsa Bak Ekualisasi

Sumber : Rancangan Penulis, 2024

4.4.3 Perhitungan Bak Anaerob

$$\begin{aligned}
 \text{a. Beban BOD didalam limbah cair} &= Q(\text{m}^3/\text{hari}) \times \text{BOD}_{\text{in}} \\
 &= 10 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3.175,92 \text{ mg/l} \\
 &= 31.759,2 \text{ g/hari} \\
 &= 31,75 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Menurut Said (2002), untuk pengolahan air dengan proses biofilter, beban BOD per volume media adalah 0,5-4 kg BOD per m³.hari. Ditetapkan beban BOD yang digunakan = 4 kg/m³.hari. Maka, perhitungan volume media yang diperlukan dapat dijabarkan dengan menggunakan persamaan (2.7) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{b. Volume media yang diperlukan} &= \frac{\text{Beban BOD } (\frac{\text{kg}}{\text{hari}})}{\text{Standar BOD yang ditetapkan}} \dots\dots\dots (2.7) \\
 &= \frac{31,75 (\frac{\text{kg}}{\text{hari}})}{4 (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{hari}})} \\
 &= 7,93 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Volume media} &= 60\% \text{ dari total volume reaktor, sehingga} \\
 \text{Volume reaktor yang diperlukan} &= \frac{100}{60} \times 7,93 \text{ m}^3 \\
 &= 13,21 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- d. Perhitungan waktu tinggal di dalam reaktor *anaerob* dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.5) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume reaktor (m}^3\text{)}}{\text{Debit } (\frac{\text{m}^3}{\text{hari}})} \times 24 \text{ jam/hari} \dots\dots\dots (2.5) \\
 &= \frac{13,21 \text{ m}^3}{10 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= 31,7 \text{ jam} \sim 1 \text{ hari } 7 \text{ jam (sesuai kriteria desain berdasarkan tabel} \\
 &3)
 \end{aligned}$$

- e. Perhitungan volume bak *anaerob* dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.9) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{anerobik}} &= \frac{\text{Konsentrasi BOD Influen } (\frac{\text{mg}}{\text{L}})}{\text{Beban BOD g/hari}} \dots\dots\dots (2.9) \\
 V_{\text{anaerob}} &= \frac{3.175,92 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}}{31.759,2 \text{ g/hari}} \\
 &= 1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi, volume bak yang direncanakan adalah 0,132 m³

- f. Perhitungan rasio panjang, lebar dan kedalaman dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut.

Jika rasio P : L (2:1) dengan kedalaman efektif (H) = 2 m maka :

$$V = P \times L \times H \dots\dots\dots (2.10)$$

$$1 \text{ m}^3 = 2L \times L \times 2 \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = L^2$$

$$L^2 = \frac{1 \text{ m}^3}{4}$$

$$L = \sqrt{0,25 \text{ m}^2}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

Maka, Lebar (L) = 0,5 m

Panjang (P) = 2 x L

$$P = 2 \times 0,5 \text{ m}$$

$$P = 1 \text{ m}$$

Sehingga rasio perbandingan dimensi adalah sebagai berikut :

Panjang (P) = 1 m

Lebar (L) = 0,5 m

Kedalaman (H) = 2 m

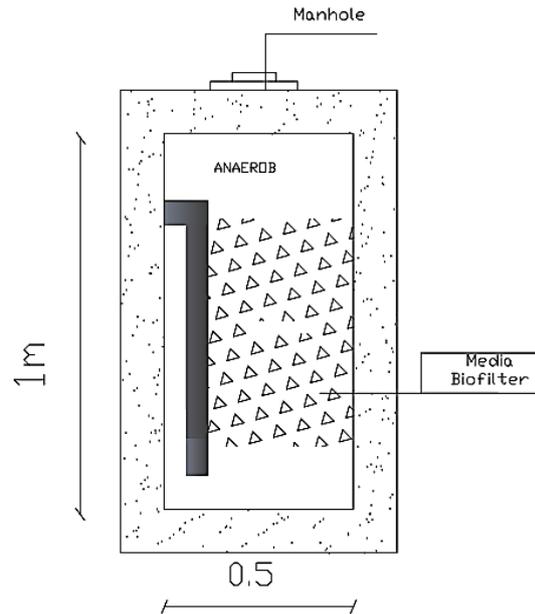
Berdasarkan rasio perbandingan dimensi maka, dapat diketahui volume efektif sebagai berikut :

$$V_{\text{ef}} = P \times L \times H$$

$$= 1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 1 \text{ m}^3$$

Jadi, volume efektif bak yang direncanakan adalah sebesar $= 1 \text{ m}^3$



Gambar 9. Sketsa Bak Anaerob

Sumber : Rancangan Penulis, 2024

4.4.4 Perhitungan Bak Aerob

- a. Beban BOD didalam limbah cair $= Q(\text{m}^3/\text{hari}) \times \text{BOD}_{\text{in}}$
 $= 10 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3.175,92 \text{ mg/l}$
 $= 31.759,2 \text{ g/hari}$
 $= 31,75 \text{ kg/hari}$
- b. Jumlah BOD yang dihilangkan $= 30,79\% \times 31,75$
 $= 9,77 \text{ kg/hari}$

Menurut Said (2002), beban BOD per volume media adalah $0,5 - 4 \text{ kg BOD per m}^3 \cdot \text{hari}$. ditetapkan beban BOD yang digunakan yaitu $2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$ (ditetapkan). Maka, perhitungan volume media yang diperlukan dapat dijabarkan dengan menggunakan persamaan (2.7) sebagai berikut.

c. Volume media yang diperlukan $= \frac{\text{Jumlah BOD yang dihilangkan } (\frac{\text{kg}}{\text{hari}})}{\text{Standar BOD yang ditetapkan}} \dots (2.7)$
 $= \frac{9,77 (\frac{\text{kg}}{\text{hari}})}{2 (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{hari}})}$
 $= 4,8 \text{ m}^3$

- d. Volume media = 50% dari total volume reaktor, sehingga

$$\text{Volume reaktor yang diperlukan} = \frac{100}{50} \times 4,8 \text{ m}^3$$

$$= 9,6 \text{ m}^3$$

e. Volume Bak Aerob

$$V_{aerob} = \frac{\text{Konsentrasi BOD Influen} \left(\frac{mg}{L}\right) \times Q \left(\frac{m^3}{hari}\right)}{\text{Beban BOD (g/hari)}} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$V_{aerob} = \frac{3.175,92 \frac{mg}{L} \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}}{31.759,2 \text{ g/hari}}$$

$$= 1 \text{ m}^3$$

Jadi, volume bak yang direncanakan adalah 1 m³

f. Perhitungan rasio panjang, lebar dan kedalaman dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.12) sebagai berikut.

Bak pengolahan *aerob* terdiri dari ruang aerasi dan ruang media biofilter. Berdasarkan perhitungan ini, digunakan pengukuran yang sama untuk tiap-tiap ruang pada bak *aerob*. Jika rasio P : L (3:1) dengan kedalaman efektif (H) = 2 m maka :

$$V = P \times L \times H \dots\dots\dots (2.12)$$

$$1 \text{ m}^3 = 3L \times L \times 2 \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = 6L^2$$

$$L^2 = \frac{1 \text{ m}^3}{6}$$

$$L = \sqrt{0,166 \text{ m}^2}$$

$$L = 0,407 \text{ m}$$

Maka, Lebar (L) = 0,407 m

$$\text{Panjang (P)} = 3 \times L$$

$$P = 3 \times 0,407 \text{ m}$$

$$P = 1,221 \text{ m}$$

Sehingga rasio perbandingan dimensi adalah sebagai berikut :

$$\text{Panjang (P)} = 1,221 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 0,407 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman (H)} = 2 \text{ m}$$

Berdasarkan rasio perbandingan dimensi maka, dapat diketahui volume efektif sebagai berikut :

$$\text{g. Volume efektif} = P \times L \times H$$

$$= 1,221 \text{ m} \times 0,407 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 0,993 \text{ m}^3$$

$$\text{h. Volume total} = \text{volume efektif media} + \text{volume efektif aerasi}$$

$$= 0,993 + 0,993$$

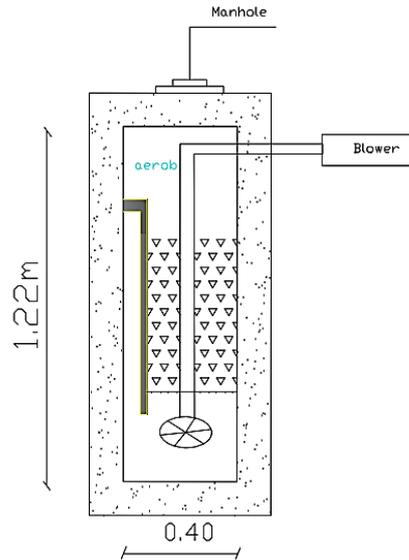
$$= 1,986 \text{ m}^3$$

Sehingga total volume efektif bak *aerob* 1,986 m³

i. Waktu tinggal yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$\frac{1,986}{10 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 4,766 \text{ jam}$$



Gambar 10. Sketsa Bak Aerob
 Sumber : Rancangan Penulis, 2024

Proses pengolahan pada bak aerob menggunakan udara yang berasal dari *blower*, suatu alat yang berfungsi untuk menyediakan udara di dalam sistem pengolahan aerob dan mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang menguraikan limbah organik. Dengan memastikan keberadaan blower yang sesuai, IPAL dapat beroperasi secara efektif dan efisien dalam mengolah air limbah. Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter *aerob* sebanding dengan jumlah oksigen yang dihilangkan. Sehingga kebutuhan teoritis = jumlah BOD yang dihilangkan

$$= 0,8 \times 31,75 \text{ kg/hari}$$

$$= 25,4 \text{ kg/hari}$$

a. Faktor keamanan ditetapkan $\pm 1,4$

b. Kebutuhan oksigen teoritis

$$= 1,4 \times 25,4 \text{ kg/hari}$$

$$= 35,56 \text{ kg/hari}$$

c. Perhitungan jumlah kebutuhan udara dapat dijabarkan menggunakan persamaan (2.17) sebagai berikut.

$$= \frac{\text{kebutuhan oksigen teoritis}}{\text{berat udara pada } 28^\circ\text{C} \times \text{asumsi jumlah oksigen didalam udara } 23,2\%} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$= \frac{35,56 \text{ kg/hari}}{1,1725 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,232 \frac{\text{O}_2}{\text{g}} \text{udara}}$$

$$= 130,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Efisiensi *diffuser* = 2,5%

e. Kebutuhan udara aktual

$$= \frac{\text{Jumlah Kebutuhan Udara}}{\text{Efisiensi diffuser}}$$

$$= \frac{130,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,025}$$

$$= 5.228,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3,63 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Blower udara yang diperlukan :

Spesifikasi blower :

Tipe : *Root Blower* GOLDENTECH

Kapasitas blower : 1,10 – 4,17 m³/menit

Head : 1000 – 8000 mmAq

Kebutuhan blower = $\frac{\text{Kebutuhan Udara m}^3/\text{menit}}{\text{Kapasitas blower}}$

$$= \frac{3,63}{4,17}$$

$$= 0,87$$

Jumlah = 1 unit

4.4.5 Efisiensi Pengolahan

Menurut Fadzy *et al.*, (2020), efisiensi penurunan parameter-parameter pencemar dapat dijabarkan menggunakan persamaan (4.1) sebagai berikut.

$$E = \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Dengan :

E = Efisiensi (%)

C₀ = Konsentrasi parameter pencemar sebelum diolah

C_i = Konsentrasi parameter pencemar setelah diolah

Merujuk pada persamaan efisiensi pengolahan seperti yang tercantum dalam persamaan 4.1, tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengevaluasi tingkat efektivitas dari proses pengolahan yang telah dilakukan. Efisiensi persentase setiap parameter yang digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tahu dapat dilihat pada hasil perhitungan di bawah berikut.

Tabel 11. Perhitungan Efisiensi Penelitian

Parameter	Hasil Uji		Baku Mutu PERMENLH No. 5 Tahun 2014	Efisiensi (%)
	Inlet (Co)	Outlet (Ci)		
BOD	3.175,92	2198	150	30,79%
COD	10.766,01	6.998,14	300	35%
TSS	680	217	100	68,08%

Sumber : Hasil Analisis Penelitian, 2024

1. Hasil Analisis terhadap Efisiensi BOD

Hasil analisis laboratorium didapatkan parameter BOD sebelum dilakukan pengolahan diketahui sebesar 3.175,92 mg/l. Konsentrasi BOD setelah dilakukan pengolahan didapatkan sebesar 2.198 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut, maka didapatkanlah efisiensi pengolahan yang telah dilakukan sebesar 30,79%. Hasil analisis yang didapatkan masih belum memenuhi standar baku mutu menurut Permenlh No. 5 Tahun 2014. Penyebab parameter BOD masih belum memenuhi baku mutu yaitu dikarenakan zat organik yang terkandung dalam limbah tahu tergolong cukup tinggi dan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganismenya untuk mendegradasi limbah tersebut sangat besar (Wardhani *et al.*, 2015).

2. Hasil Analisis terhadap Efisiensi COD

Hasil analisis laboratorium didapatkan parameter COD sebelum dilakukan pengolahan diketahui sebesar 10.766,01 mg/l. Konsentrasi COD setelah dilakukan pengolahan didapatkan sebesar 6.998,14 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut, maka didapatkanlah efisiensi pengolahan yang telah dilakukan sebesar 35%. Hasil analisis yang didapatkan masih belum memenuhi standar baku mutu menurut Permenlh No. 5 Tahun 2014. Penyebab parameter COD masih belum memenuhi baku mutu yaitu dikarenakan kandungan organik yang tergolong sangat besar, pH, lama kontak, dan ukuran media yang digunakan (Wicheisa *et al.*, 2018).

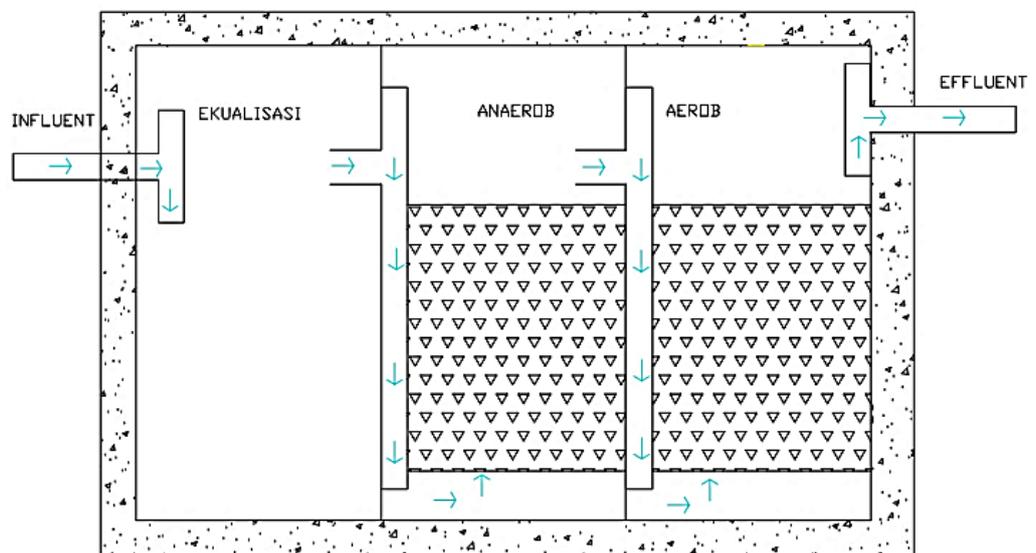
3. Hasil Analisis Terhadap Efisiensi TSS

Hasil analisis laboratorium didapatkan parameter TSS sebelum dilakukan pengolahan diketahui sebesar 680 mg/l. Konsentrasi TSS setelah dilakukan pengolahan didapatkan sebesar 217 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut, maka didapatkanlah efisiensi pengolahan yang telah dilakukan sebesar 68,08%. Hasil analisis yang didapatkan masih belum memenuhi standar baku mutu menurut Permenlh No. 5 Tahun 2014. Penyebab parameter TSS masih belum memenuhi baku mutu yaitu dikarenakan kandungan organik yang

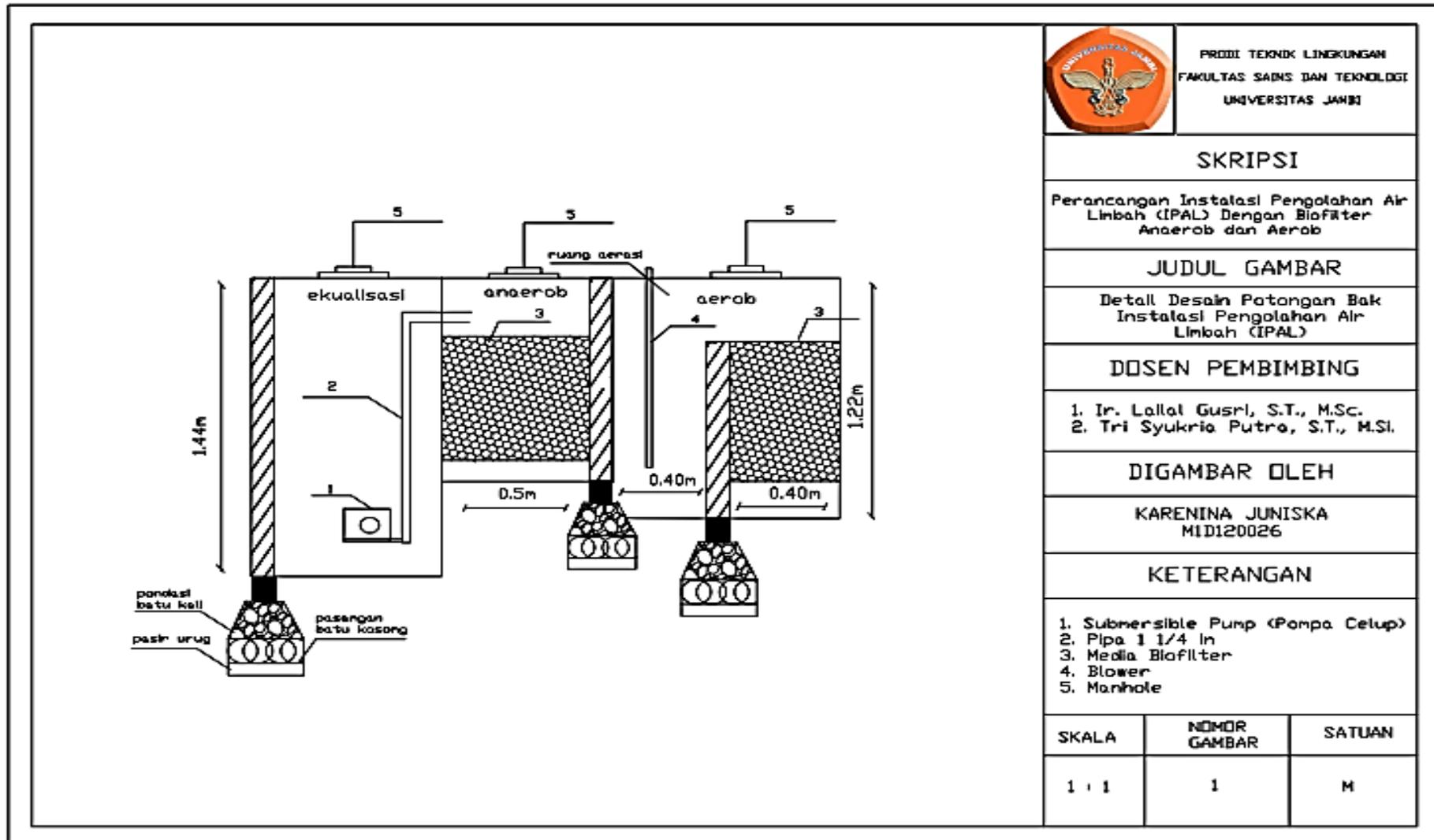
tergolong cukup besar, serta waktu tinggal yang singkat sehingga diperlukan penyesuaian dalam menentukan waktu tinggal untuk meningkatkan efisiensi pengolahan (Wardhani *et al.*, 2015).

4.5 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

RAB untuk perancangan IPAL pada suatu industri tahu adalah suatu aspek penting dalam memastikan kelancaran dan efisiensi proyek yang akan dilakukan. IPAL tahu menjadi suatu tindakan penting dalam upaya industri tahu untuk meminimalkan dampak lingkungan dari limbah produksi. Berikut merupakan rancangan yang akan digunakan untuk IPAL Industri tahu X yang dapat dilihat pada Gambar 11.

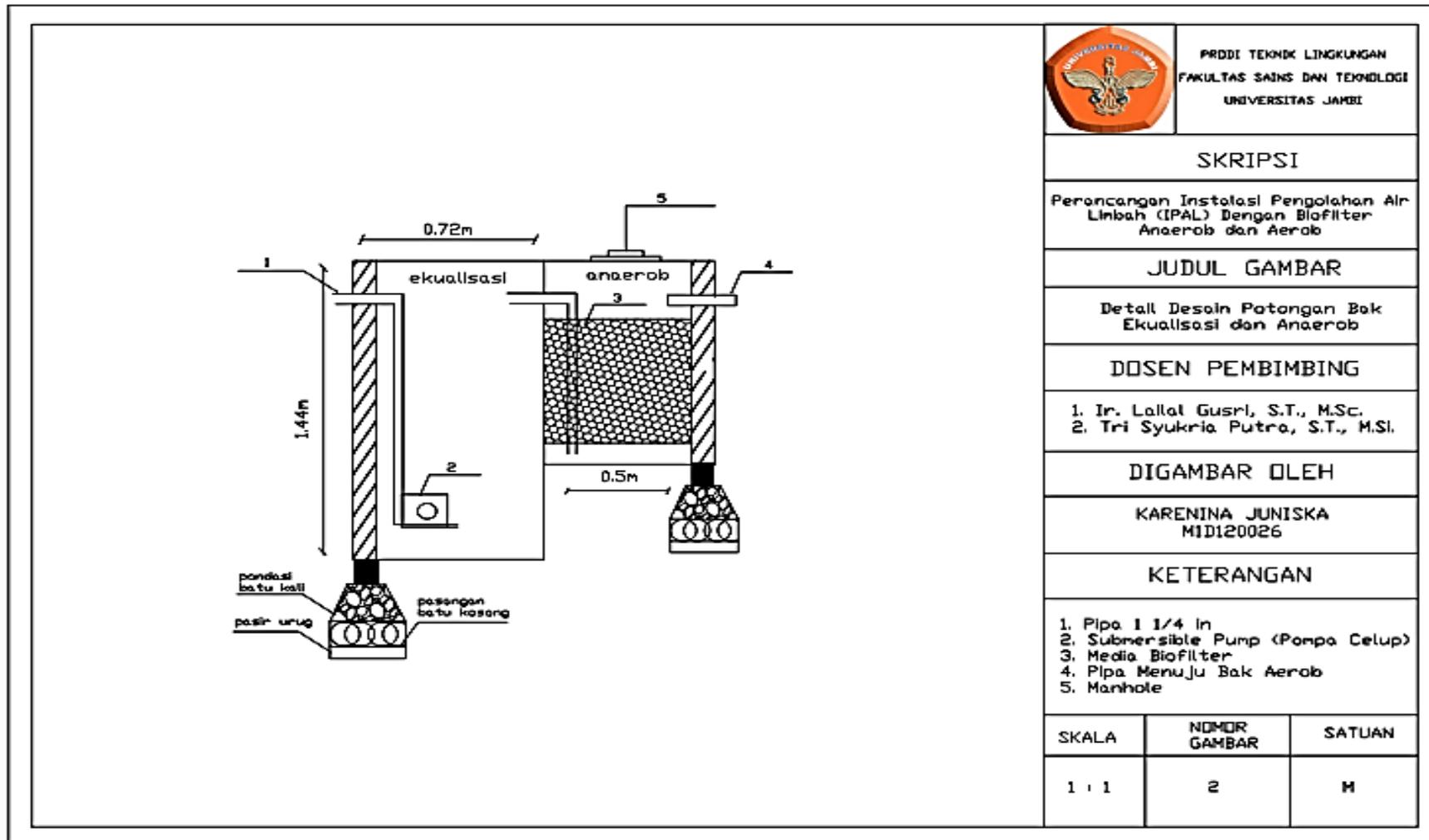


Gambar 11. Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah
Sumber : Rancangan Penulis, 2024

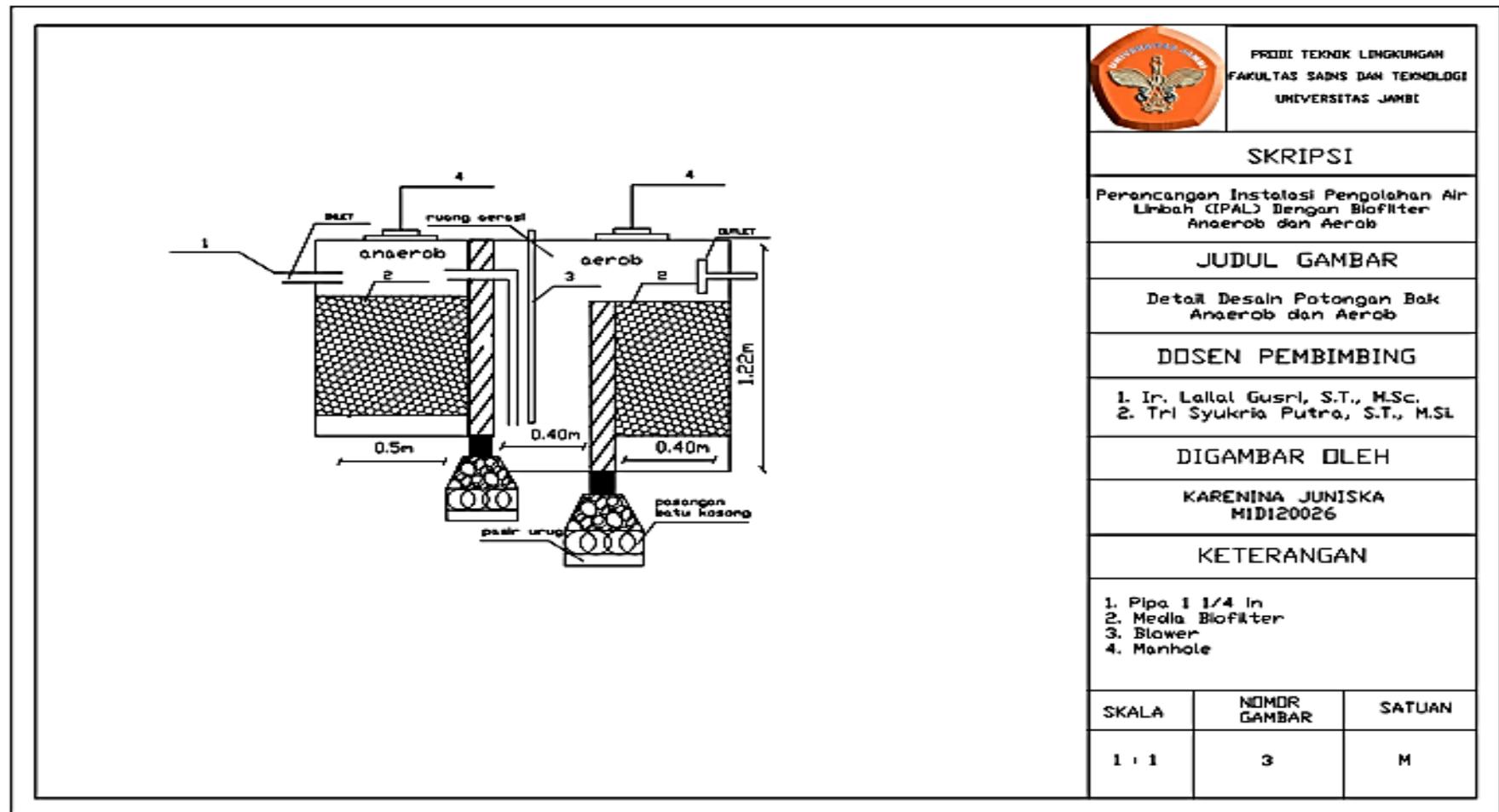


Gambar 12. Detail Desain Potongan Bak IPAL Dengan Biofilter Anaerob dan Aerob

Sumber : Rancangan Penulis, 2024



Gambar 13. Detail Desain Potongan bak anaerob dan aerob
 Sumber : Rancangan Penulis, 2024



Gambar 14. Detail Desain Potongan Bak Anaerob dan Aerob
Sumber : Rancangan Penulis, 2024

Rekapitulasi RAB adalah suatu perkiraan biaya yang akan dikeluarkan dalam suatu proyek konstruksi atau pembangunan. RAB mencakup estimasi biaya termasuk biaya material, biaya tenaga kerja, biaya peralatan, dan biaya lainnya yang terkait dengan pelaksanaan proyek. Pembuatan RAB dibuat berdasarkan analisis terhadap rencana desain atau rancangan suatu proyek, serta mempertimbangkan faktor-faktor seperti harga pasar saat ini, spesifikasi teknik yang dibutuhkan, dan faktor risiko yang mungkin timbul selama pelaksanaan proyek. RAB yang akan digunakan dalam perancangan IPAL industri tahu X dapat dilihat pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu

URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
PEKERJAAN PERSIAPAN				
Pembersihan Lahan	M ²	4,067	100.000	406.700
PEKERJAAN TANAH				
Pekerjaan Galian Tanah	M ³	4,067	90.000	367.000
PEKERJAAN BETON				
Bak Ekualisasi	M ³	2,074	2.500.000	5.185.000
Bak <i>Anaerob</i>	M ³	1	2.500.000	2.500.000
Bak <i>Aerob</i>	M ³	0,993	2.500.000	2.482.500
UPAH PEKERJA				
Bak Ekualisasi	M ³	2,074	5.000.000	10.370.000
Bak <i>Anaerob</i>	M ³	1	5.000.000	5.000.000
Bak <i>Aerob</i>	M ³	0,993	5.000.000	4.965.000
PEKERJAAN FINISHING				
Pemasangan Blower	Unit	1	37.637.000	37.637.000
Pemasangan Pompa	Set	1	4.710.000	4.710.000
Pemberian Bakteri Pengurai Limbah cair	Liter	4	25.000	100.000
Pemasangan Media Filter (Bioball)	Set	1	200.000	200.000
JUMLAH				73.923.200

Sumber : Perhitungan Penulis, 2024

Dari Tabel 12 diatas dapat dijelaskan, bahwa uraian pekerjaan unit IPAL meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan beton, dan hingga pekerjaan finishing. Dari tabel tersebut, didapatkan RAB perancangan IPAL industri tahu X sebesar Rp. 73.923.200,-

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuantitas limbah cair industri tahu berdasarkan observasi lapangan didapatkan sebesar 4.800 liter/hari. Dalam pengolahan data, kuantitas limbah cair yang dihasilkan dibulatkan menjadi 5.000 liter/hari
2. Limbah cair industri tahu X di Kota Jambi menghasilkan kandungan pencemar yang tinggi. Berdasarkan hasil uji di laboratorium terakreditasi, kandungan BOD sebesar 3.175,92 mg/l, COD sebesar 10.766,01 mg/l, TSS sebesar 680 mg/l, dan Ph 4,2. Hal ini membuktikan bahwa limbah cair industri tahu harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke aliran sungai, supaya dapat meminimalisir bahan pencemar yang berasal dari limbah cair industri tahu X di Kota Jambi.
3. Rancangan yang tepat untuk limbah cair industri tahu melibatkan beberapa bak pengolahan. Bak pengolahan yang dipilih terdiri dari bak ekualisasi, *anaerob*, dan *aerob*. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan dimensi panjang dan lebar dari tiap-tiap bak pengolahan yang akan digunakan. Bak ekualisasi dengan panjang 0,72 m dan lebar 1,44 m, sedangkan bak *anaerob* memiliki panjang 1,36 m dan lebar 0,5 m, dan bak *aerob* memiliki panjang 1,22 m dan lebar 0,40 m.

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan agar dapat meningkatkan durasi kontak waktu dan kebutuhan udara yang cukup selama proses pengolahan berlangsung guna untuk meningkatkan efektifitas pengolahan.
2. Diperlukan kolaborasi dengan pihak pemerintah dalam hal pembangunan IPAL untuk membantu mengurangi beban biaya yang harus ditanggung oleh pemilik industri.
3. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi potensi biogas dari desain tersebut sehingga biogas yang dihasilkan dapat efektif digunakan sebagai sumber energi selama proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, M. (2021). *Pedoman Sanitasi Lingkungan*. Penerbit : DIVA Press. Yogyakarta
- Agung, T. R., & Hanry S W. (2013). Pengolahan Limbah Industri Tahu Dengan Menggunakan Teknologi Plasma. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 02, 19-28.
- Apema, F. D., Rahayu, D. E., Adnan, F., & Waryati, W. (2023). Penggunaan Media Sarang Tawon Dan Bioball Pada Biofilter Aerob Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 7(1), 81.
- Ariani, W., Sumiyati, S., & Wardana, I. W. (2016). Studi Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random (Studi Kasus : Rumah Makan Bakso Krebo Banyumanik). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(2), 1-10.
- Ayumi, D. A., Aryana, I. K., & Hadi, M. C. (2021). Keadaan Hygiene Sanitasi Pada Pabrik Tahu Di Kelurahan Peguyangan Kecamatan Denpasar Utara Tahun 2021. *Jurnal Kesehatan Lingkungan (JKL)*, 11(1), 53-60.
- Bomantoro, S. S. (2016). *Penerapan produksi bersih pada industri tahu di Kutai Kartanegara Kalimantan Timur*. *Jurnal Ekosains*, 7(4).
- Defriyansa, T., Purba, A., & Despa, D. (2022). Implementasi IPAL Industri Tahu Dan Tempe Di Kelurahan Tanjung Indah Yang Berwawasan Lingkungan. *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, 2(2).
- Diadon, A., Timpua, T. K., & Kabuhung, A. (2019). EFEKTIVITAS BIOFILTER ANAEROB AEROB MEDIA BATA STYROFOAM SISTEM ALIRAN KE ATAS DALAM MENURUNKAN KADAR BOD, COD DAN COLIFORM PADA AIR LIMBAH RUMAH SAKIT PROF. Dr. V.L. RATUMBUYSANG MANADO. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 26-39.
- Fadli, dimas aulia, Utami, A., & Yudono, A. R. A. (2021). Pengaruh Karakteristik Limbah Cair Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Di Desa Siraman, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Gunungkidul, DIY. *Prosiding Seminar Nasional*, 3(1), 130-138.
- Fadzry, N., Hidayat, H., & Eniati, E. (2020). Analisis COD, BOD dan DO pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research* (, 5(2), 80-89. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol5.iss2.art5>
- Faisal, M., Mulana, F., Gani, A., & Daimon, H. (2015). Physical and chemical properties of wastewater discharged from Tofu industries in Banda Aceh

- city, Indonesia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6(4), 1053–1058.
- Fajar, I., Yudha Perwira, I., & Made Ernawati, N. (2022). Pengaruh Derajat Keasaman (pH) terhadap Pertumbuhan Bakteri Toleran Kromium Heksavalen dari Sedimen Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. *Current Trends in Aquatic Science V*, 6(1), 1–6.
- Gusri, L., Kalsum, S, U., & Juwita, R. (2022). Penilaian Kualitas Air Zona Tengah Sungai Batanghari Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 5(2), 52-56. <https://doi.org/10.33087/daurling.v5i2.142>
- Khaq, F. A., & Slamet, A. (2017). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24661>
- Kurniawansyah, E., Fauzan, A., & Mustari, M. (2022). Dampak Sosial dan Lingkungan Terhadap Pencemaran Limbah Pabrik. *CIVICUS: Pendidikan-Penelitian-Pengabdian Pendidikan Pancasila Dan Kewarganegaraan*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.31764/civicus.v10i1.9658>
- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment In Developing Countries*, Earthson, London.
- Mardika, A. S., & Rahajoeningroem, T. (2021). Sistem Kendali dan Monitoring Parameter Limbah Cair Tahu sebagai Larutan Nutrisi Tanaman Hidroponik Bebas Internet Of Things. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 9(1), 48–59. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v9i1.5622>
- Marhadi, M. (2016). Analisis Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Dengan Off Site System. *Jurnal Civronlit Unbari*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v1i1.4>
- Masitho, D., R, M., Brata, B., & Suherman, D. (2021). Analisa Kualitas Limbah Cair Industri Tahu dan Strategi Pengelolaan Penanganan Limbah Cair Industri Tahu Wilayah Kabupaten Rejang Lebong. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10(2), 410–415.
- Maulana, M. R., & Marsono, B. D. (2021). Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Its*, 10(2), 54–61.
- Muliyadi, & Ajid, S. H. (2020). Efektivitas bonggol jagung sebagai media biofiltrasi dalam menurunkan beban pencemar limbah domestik. *Higeia*, 4(2), 323–332. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php>
- Pambudi, Y. S., Sudaryantiningasih, C., & Geraldita, G. (2016). ANALISIS KARAKTERISTIK AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DAN ALTERNATIF PROSES

- PENGOLAHANNYA BERDASARKAN PRINSIP-PRINSIP TEKNOLOGI TEPAT GUNA. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(8), 4180–4192.
- Rahmawati, S. H., & Puspitaningrum, C. (2022). Analisis pengolahan air limbah industri tahu dan efektivitasnya terhadap masyarakat dan lingkungan di Bandar Lampung. *Open Science and Technology*, 2(1), 54–61. <https://doi.org/10.33292/ost.vol2no1.2022.53>
- Ridwan, H., Anwar, M., & Natsir, M. F. (2018). Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 11–11.
- Riyanto, A. (2023). Fitoremediasi Kayu Apu, Eceng Gondok, dan Bambu Air untuk Menurunkan Kadar BOD Air Limbah Pabrik Tahu. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 12(02), 162–170.
- Rizky, K. A. (2014). Pengaruh penambahan em-4 (EFFECTIVE MICROORGANISMS-4) TERHADAP PENURUNAN BOD (BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND) LIMBAH CAIR TAHU. *Naskah Publikasi*, 4(1), 1–16.
- Said, N. I. 2002. Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilter Tercelup, BPPT, Jakarta.
- Said, N. I. 2008. Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob. BPPT, Jakarta.
- Sari, A. P., & Yuniarto, A. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Agar-agar. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 3(5).
- 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.
- Sirait, A. C., Apriani, I., & Pramadita, S. (2023). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pada Industri Pembuatan Tahu Skala Kecil. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 155–163.
- Susilawati, Asmadi, & Nasip, M. (2016). *Pemanfaatan Sruit Bekas Sebagai Media*. 2(2), 119–125.
- Tri Prihatiningsih, & Haryono. (2019). Analisis Kelayakan Pengoperasian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) CV Proma Tun Probolinggo. *Jurnal Intake : Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Dan Terapan*, 10(1), 26–34.
- Utama, F. Y., & Wibowo, H. (2018). Analisis Preventive Maintenance Terhadap Submersible Pump 100 Dlc5 7, 5 T Dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Inajet*, 01(1), 35–43.
- Wardhani, N. ., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2015). Dengan teknologi kolam (Pond) – Biofilm menggunakan biofilter jaring ikan dan bioball. *Jurnal*

Teknik Lingkungan, 4(1), 1–9.

- Wicheisa, F. V., Hanani, Y., & Astorina, N. (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 2356–3346.
- Wulandari, P. R. (2014). Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus Di Perumahan Pt. Pertamina Unit Pelayanan Iii Plaju – Sumatera Selatan). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 499–509.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian



Alat pH Meter



Pengukuran pH Awal Limbah Cair Tahu



Larutan EM-4



Alat Aerator



Wadah Limbah cair Tahu



Pemasangan Pipa Pada Galon



Pemasangan Keran Pada Galon
Aerob Untuk Hasil Akhir
Pengolahan



Bentuk Perancangan Pengolahan Setelah
Dirakit



Pemindahan Limbah cair Ke Galon Awal Sebagai Penampungan Awal (Ekualisasi)



Setelah Pemberian Larutan EM-4



Hasil Akhir Hari Ke-2



Hasil Akhir Hari Ke-4



Hasil Akhir Hari Ke-5



Kondisi Biofilter Bonggol Jagung Hari Ke-5

Lampiran 2. Baku Mutu Limbah cair Industri Tahu PERMENLH
No.5 Tahun 2014



SALINAN

-1-

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 5 TAHUN 2014

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang** : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (5) huruf b, Undang-Undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang Pengelolaan Baku Mutu Air Limbah;
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2009 nomor 140);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3816);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 4737);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2012 nomor 48);

6. Peraturan ...

-45-

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,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA

Salinan sesuai dengan aslinya
 Kepala Biro Hukum dan Humas

Rosa Vivien Ratnawati

Lampiran 3. Hasil Uji Laboratorium Sebelum Dilakukan Pengolahan



LABORATORIUM LINGKUNGAN
PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL
(Jalint Lab)



LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS
LAB-JLI-2402099A
KARENINA JUNISKA

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification LAB-JLI-2402099A-1/1	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identifier AL-1 (Sebelum Ditolah)	Matriks/ Matrix Air Limbah	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling 09/02/2024
---	---	----------------------------------	--

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT	BML /	SATUAN/	METODE/METHOD
		AL-1	EQS *	UNIT	
I FISIKA/PHYSICS					
1	Padatan Tersuspensi Total/Total Suspended Solids, (TSS)	680,00	-	mg/L	APHA 23rd Edition, 2540-D, 2017
II KIMIA/CHEMICAL					
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD ₅)	3175,92	-	mg/L	SNI 6989.72:2009
2	Kebutuhan Oksigen Kimia/Chemical Oxygen Demand, (COD)	10798,01	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometri)

Keterangan/Note:

(*) BML - EQS

(*) Laboratorium tidak bertanggungjawab terhadap proses pengambilan contoh uji
The laboratory is not responsible for sampling process

Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.
The result relate only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.

No. Dok: FSCP-JLI-11.1

No. Revisi/Torik: 5/2

2 dari 2

Lampiran 4. Hasil Uji Laboratorium Setelah Dilakukan Pengolahan



LABORATORIUM LINGKUNGAN
PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL
(Jalint Lab)



LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS
LAB-JLI-2402096A
KARENINA JUNISKA

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-2402096A-1/1	AL-1 (Setelah Ditolak)	Air Limbah	12/02/2024

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT	BML /	SATUAN/	METODE/ METHOD
		AL-1	EQS *	UNIT	
I FISIKA/PHYSICS					
1	Padatatan Tersuspensi Total/Total Suspended Solids, (TSS)	217,00	-	mg/L	APHA 23rd Edition 2540-D.2017
II KIMIA/CHEMICAL					
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD ₅)	2198,01	-	mg/L	SNI 6989.72.2009
2	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand, (COD)	6998,14	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)

Keterangan/Note:

- (*) BML - EQS-
- (*) Laboratorium tidak bertanggungjawab terhadap proses pengambilan contoh uji
The laboratory is not responsible for sampling process

Hasil hanya berlaku dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.
The result relate only to the sampler tested and this report shall not be reproduced except in full.

No. Dok.: FSOP-JLI-11.1

No. Revisi/Tertbit: 5/2

2 dari 2