

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK (IPALD) TERPUSAT MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *MEMBRAN BIOREAKTOR* (MBR) DI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh:
Hidayatullah
NIM. 190702087**

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



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM-BANDA ACEH
2023 M/1444**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK (IPALD) TERPUSAT MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *MEMBRANE BIOREACTOR* (MBR) DI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Persyaratan Penulisan Tugas Akhir
dalam ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

Hidayatullah

NIM. 190702087

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

Banda Aceh, 24 Oktober 2023

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.
NIDN. 2031078204


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

AR - RANIRY
Mengetahui,

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


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK (IPAL-D) TERPUSAT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *MEMBRANE BIOREACTOR* (MBR) DI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh
Serta Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: **Kamis, 04 Juli 2024 M**
27 Zulhijjah 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,

Sekretaris,


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.
NIDN. 2031078204


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,


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


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301

Mengetahui,

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



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Hidayatullah
NIM : 190207087
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL-D) Terpusat Menggunakan Teknologi Membran Bioreaktor (MBR) di Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun baik di Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

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

Banda Aceh, 03 Juni 2024

Yang menyatakan,



Hidayatullah

Hidayatullah

ABSTRAK

Nama : Hidayatullah
NIM : 190702087
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL-D) Terpusat Menggunakan Teknologi Membran Bioreaktor (MBR) di Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh
Pembimbing I : Dr. Ir. Juliansyah Muhammad, S.T., M. Sc.
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.
Kata Kunci : Limbah Domestik, IPAL, Membran Bioreaktor (MBR)

Pengelolaan air limbah pada Kampus UIN Ar-raniry Banda Aceh belum terlaksana dengan baik dikarenakan belum tersedianya fasilitas IPAL. Selama ini, air limbah *grey water* dibuang langsung ke badan penerima air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, sedangkan *black water* ditangani oleh pihak ketiga. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan IPAL di UIN Ar-raniry Banda Aceh dengan menggunakan Membran Bioreaktor (MBR) sebagai teknologi pengolahan air limbah. Tahapan perencanaan dimulai dengan identifikasi masalah, tinjauan kepustakaan, pengumpulan data, pengolahan data, perencanaan IPAL hingga pembuatan RAB. Hasil perencanaan ditinjau dari aspek teknis diperoleh debit air limbah rata-rata $7 \text{ m}^3/\text{hari}$ selama 12 jam aktivitas kampus. Hasil perhitungan dimensi IPAL yaitu $4\text{m} \times 1\text{m} \times 4\text{m}$ dan elevasi 5° untuk *Bar Screen* atau saringan kasar, $4\text{m} \times 1\text{m} \times 4\text{m}$ untuk FOG atau bak penangkap minyak dan lemak, $4\text{m} \times 1\text{m} \times 2,5\text{m}$ untuk tanki anoksik, $7,5\text{m} \times 1\text{m} \times 2,5\text{m}$ untuk bak membran bioreaktor. Dengan total luas lahan $60,75 \text{ m}^2$. Rencana kualitas air limbah akhir dengan melalui pengolahan IPAL telah memenuhi persyaratan baku mutu dalam PermenLHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu dengan kualitas rencana BOD sebesar 48,6

mg/l, COD sebesar 80,5 mg/l dan TSS sebesar 33,6 mg/l. hasil kajian pada aspek finansial diperoleh total biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan IPAL adalah sebesar Rp. 473.442.272



ABSTRACT

Name : Hidayatullah
NIM : 190702087
Study Program : Environmental Engineering
*Title : Domestic Wastewater Treatment Plant (D-WWTP)
Planning Using Bioreactor Membrane (BRM) Technology
at Ar-raniry State Islamic University Banda Aceh.*
Advisor I : Ir. Dr. Juliansyah Harahap, S.T., M. Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keywords : Domestic Wastewater, WWTP, Bioreactor Membrane

Wastewater management at UIN Ar-raniry Banda Aceh has not been implemented properly due to the unavailability of WWTP facilities. So far, grey water wastewater is discharged directly into the water receiving body without prior processing, meanwhile black water is handled by a third party. The purpose of this final project is to plan an WWTP at UIN Ar-raniry Banda Aceh using Bioreactor Membrane as a wastewater treatment technology. The planning stage begins with problem identification, literature review, data collection, data processing, WWTP planning to making Budget Plan. The planning results reviewed from the technical aspect obtained an average wastewater discharge of 7 m³/day for 12 hours of campus activities. The calculation results of the dimensions of the IPAL are 4m x 1m x 4m and an elevation of 5° for the Bar Screen or, 4m x 1m x 4m for the oil and fat catcher (FOG), 4m x 1m x 2.5m for the anoxic tank, 7.5m x 1m x 2.5m for the bioreactor membrane tank. With a total land area of 60.75 m². The final wastewater quality plan through WWTP processing has met the quality standard requirements in Minister of Environment and Forestry Regulation Number 68 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards, namely with a planned BOD quality of 48.6 mg/l, COD of 80.5 mg/l and TSS of 33.6 mg/l. the results of the study on the financial aspect obtained the total cost required for the construction of the WWTP is idr 473.442.272.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah Swt. yang telah melimpahkan segala karunia-Nya yang tidak terhingga, khususnya nikmat iman dan islam, yang dengan keduanya diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. Selawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad saw. dan atas keluarga dan sahabat.

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah Swt. Tugas Akhir guna gelar sarjana Teknik Lingkungan ini telah penulis selesaikan. Penulis mengambil judul yaitu “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air limbah Domestik (IPAL-D) Terpusat Menggunakan Teknologi Membran Bioreaktor (MBR) di UIN Ar-Raniry Banda Aceh”. di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Tugas Akhir ini telah penulis susun dengan maksimal yang melibatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat diselesaikan dari awal sampai dengan selesai. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada orang tua dari penulis yang telah senantiasa mendukung dan memberikan semangat dalam pembuatan Tugas Akhir. Penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, S.T., M.Sc., Selaku Dosen Pembimbing Akademik

5. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., dan Bapak Arief Rahman, M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus motivator Tugas Akhir di Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry.
6. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan semangat, motivasi serta doa-doa tiada henti dalam berjuang menyusun proposal tugas akhir ini
7. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan semangat dalam menyusun proposal tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam proses ini dan pembuatan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis Menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Banda Aceh, 09 Agustus 2024

Penulis,

Hidayatullah

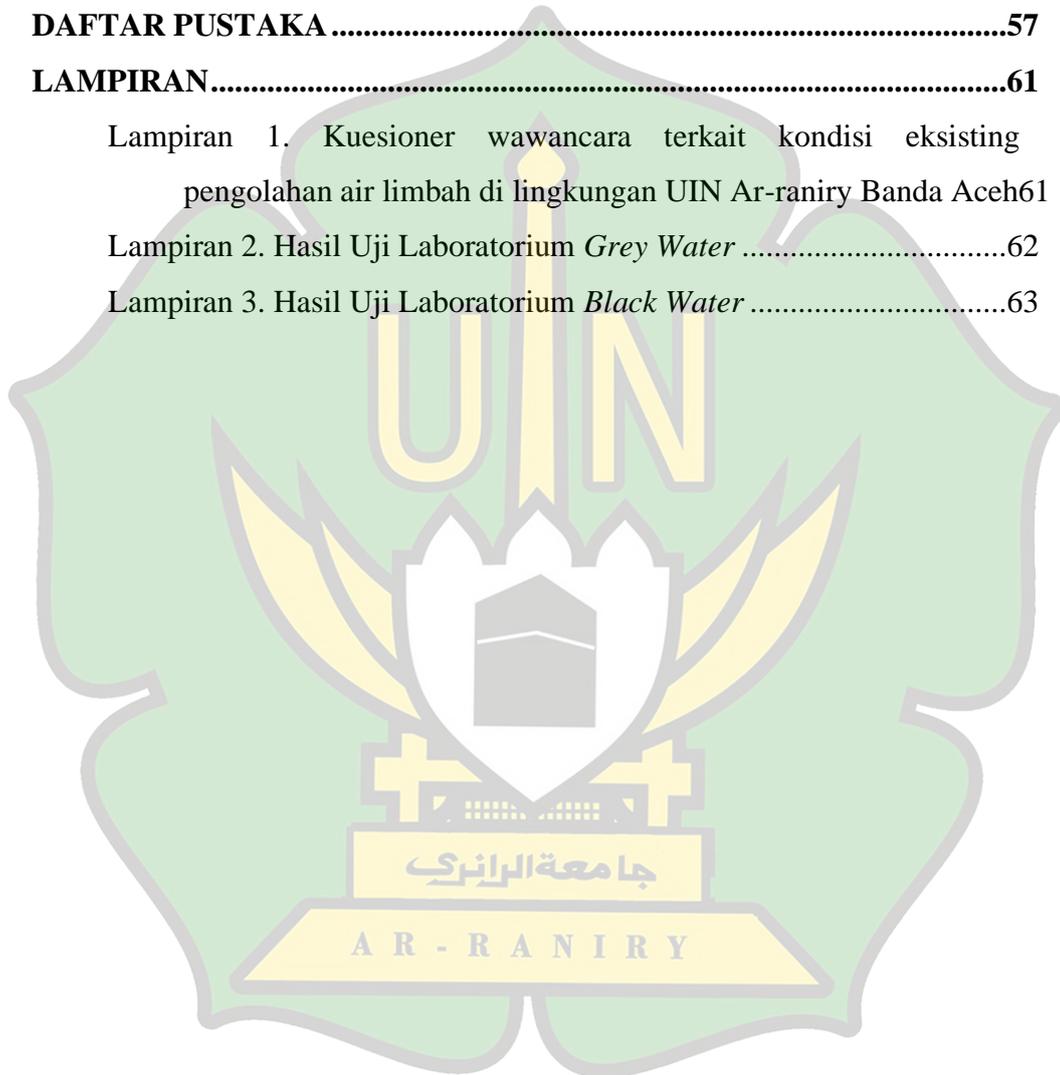
190702087

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Air limbah Domestik.....	6
2.2 Dampak Air limbah Domestik Terhadap Lingkungan	7
2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik	8
2.4 Parameter Kualitas Air Limbah Domestik	9
2.4.1 <i>Potential of Hydrogen</i> (pH).....	9
2.4.2 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	10
2.4.3 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	10
2.4.4 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	11
2.4.5 Minyak dan Lemak.....	11
2.4.6 Amonia	12
2.4.7 <i>Total Coliform</i>	12
2.5 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	13
2.6 Pengolahan Air Limbah Domestik	13
2.7 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Membran Bioreaktor (MBR).....	15
2.8 Klasifikasi Membran	17
2.8.1 Membran Terendam (<i>Submerged Membrane</i>)	17

2.8.2	Membran Eksternal (<i>Side Stream Membrane</i>)	18
2.9	Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.2	Metode Pengumpulan Data	23
3.2.1	Data Primer.....	23
3.2.2	Data Sekunder	23
3.3	Pengolahan Data.....	24
3.3.1	Analisis Parameter Kualitas Air Limbah.....	24
3.3.2	Perhitungan Debit Air Limbah	24
3.4	Pemilihan dan Lokasi Perencanaan IPALD Terpusat	25
3.5	Perencanaan Unit Pengolahan	26
3.6	Rancangan Penelitian	27
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1	Kondisi Eksisting Pengolahan Air Limbah di Universitas Negeri Ar-raniry Banda Aceh	30
4.2	Karakteristik Air limbah Domestik di Kampus UIN Ar-raniry.....	31
4.3	Perhitungan Debit Air Limbah Domestik.....	33
4.4	Perhitungan Proyeksi Mahasiswa UIN Ar-raniry Banda Aceh.....	33
4.4.1	Perhitungan Proyeksi Metode Geometri.....	33
4.4.2	Perhitungan Proyeksi Metode Eksponensial.....	34
4.4.3	Perhitungan Proyeksi Metode Aritmatik.....	34
4.5	Desain IPALD-T untuk UIN Ar-raniry Menggunakan Teknologi Membran Bioreaktor (MBR).....	39
4.6	Perawatan atau <i>Maintanance</i> IPAL dengan Teknologi MBR.....	37
4.7	Perhitungan Dimensi Unit-Unit Pengolahan Air Limbah	44
4.7.1	<i>Bar Screen</i>	44
4.7.2	FOG (<i>Fat, Oil and Grease</i>)	45
4.7.3	Filtrasi Sederhana	46
4.7.4	Tangki Anoksik	46
4.7.5	Unit Membran Bioreaktor (MBR).....	47

4.8 <i>Bill of Quantity</i> (BoQ)	50
4.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	54
BAB V PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	61
Lampiran 1. Kuesioner wawancara terkait kondisi eksisting pengolahan air limbah di lingkungan UIN Ar-raniry Banda Aceh	61
Lampiran 2. Hasil Uji Laboratorium <i>Grey Water</i>	62
Lampiran 3. Hasil Uji Laboratorium <i>Black Water</i>	63



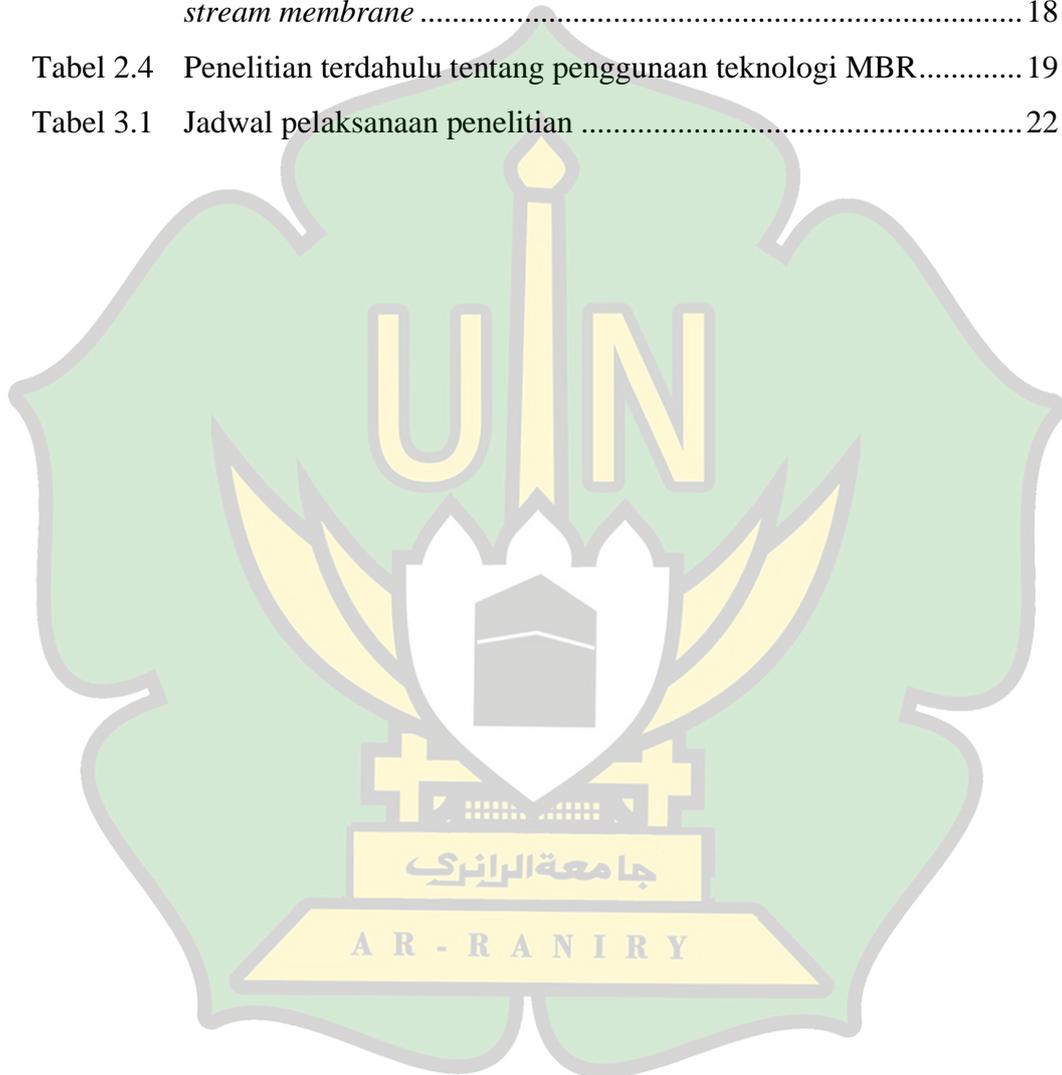
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema proses pengolahan air limbah pada membran bioreaktor.	17
Gambar 2.2	Gambar klasifikasi membran, <i>submerged membrane</i> (a) dan <i>side-stream membrane</i> (b)	18
Gambar 3.1	Peta lokasi penelitian	21
Gambar 3.2	Lokasi perencanaan IPALD Terpusat.....	26
Gambar 3.3	Bagan alir penelitian	29



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku mutu air limbah domestik	13
Tabel 2.2	Perbandingan kelebihan dan kekurangan teknologi MBR.....	16
Tabel 2.3	Perbandingan antara kondisi <i>submerged membrane</i> dan <i>side-stream membrane</i>	18
Tabel 2.4	Penelitian terdahulu tentang penggunaan teknologi MBR.....	19
Tabel 3.1	Jadwal pelaksanaan penelitian	22



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/Lambang	Kepanjangan/Makna	Halaman Pertama Digunakan
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	1
IPALD	Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	2
MBR	Membran Bioreaktor	2
RAB	Rencana Anggaran Biaya	4
HSPK	Harga Satuan Pokok Kegiatan	4
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	7
H ₂ S	<i>Hydrogen Sulfide</i>	8
N ₂	Nitrogen	8
CO ₂	Karbon Dioksida	8
NH ₃	Amonia	8
CH ₄	Metana	8
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>	8
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>	9
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	9
HRT	<i>Hydraulic Retention Time</i>	20

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah adalah air yang telah digunakan oleh manusia dan memiliki kandungan limbah yang tinggi. Air limbah mengandung berbagai zat yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan, seperti bahan kimia, logam berat dan patogen (Anwariani, 2019). Di Indonesia, masalah air limbah telah menjadi isu yang penting karena peningkatan populasi dan urbanisasi yang cepat, serta kurangnya infrastruktur dan peraturan yang memadai (Askari, 2015). Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sekitar 70% air limbah di Indonesia tidak diolah dengan baik. Sebagian besar limbah industri dan domestik dibuang langsung ke sungai dan hanya sebagian kecil yang diolah melalui sistem pengolahan air limbah (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017). Hal ini menyebabkan pencemaran air dan berdampak negatif pada kesehatan masyarakat serta lingkungan (Rimantho dan Athiyah, 2019).

Air limbah domestik mengandung zat kimia berbahaya yang bisa mengakibatkan masalah kesehatan. Perubahan pH secara ekstrem pada air limbah domestik dapat membunuh organisme air dan memengaruhi rantai makanan ekosistem air. Tingginya kadar BOD mencerminkan banyaknya materi organik dalam air limbah, yang mempengaruhi kualitas air dan kehidupan akuatik. Kadar TSS yang tinggi menghalangi cahaya masuk ke air, mengganggu fotosintesis tumbuhan air, dan mencemari perairan. Konsentrasi amonia yang tinggi memicu pertumbuhan alga berlebihan dan eutrofikasi. Konsentrasi total koliform yang tinggi menandakan pencemaran oleh tinja manusia atau hewan pada air limbah (Sumantri dan Cordova, 2011).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 menyatakan bahwasannya setiap badan usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkannya sebelum dibuang ke badan penerima air. Jenis air limbah yang dihasilkan kawasan kampus UIN Ar-raniry Banda Aceh ialah *Black water* dan *Grey water* dengan sumber air limbah yang berasal dari air limbah

pemakaian cuci tangan (*westafel*), air limbah dari kamar mandi dan juga kegiatan ibadah. Sejauh ini, kampus UIN Ar-raniry Banda Aceh mengatasi permasalahan limbahnya dengan menerapkan sistem setempat (*on site*) yaitu tangki *septic*, sedangkan *Grey Water* langsung dialirkan ke badan penerima air. Kegiatan non-akademik seperti laboratorium dan pertanian juga menjadi faktor bertambahnya debit air limbah yang akan diolah dalam IPAL yang akan direncanakan. Bak penampungan sementara cenderung menjadi solusi dari pihak Universitas dalam mengatasi permasalahan air limbah.

IPAL pada umumnya menggunakan sistem pengolahan konvensional antara lain secara biologis yaitu aerobik, anaerobik, kombinasi aerob dan anaerob, gabungan fisik kimiawi dan fitoremediasi. Kekurangan sistem konvensional adalah membutuhkan waktu tinggal yang relatif lama yakni antara 30 – 50 hari, sehingga bangunan kolam membutuhkan lahan yang cukup luas (Said, 2018). Salah satu teknologi pengolahan air limbah yang semakin populer digunakan dalam IPALD adalah Membran Bioreaktor (MBR). MBR menggabungkan proses biologi dengan teknologi membran untuk mencapai pengolahan air limbah yang efisien dan berkualitas tinggi (Maulana dan Marsono, 2021).

Teknologi MBR telah terbukti menjadi pilihan yang efektif dan efisien dalam pengolahan air limbah domestik. Teknologi ini menggunakan membran sebagai filter untuk memisahkan partikel-padat, organik terlarut dan mikroorganisme dari air limbah. Membran dapat berupa lembaran datar atau tabung, tergantung pada desain dan kebutuhan aplikasi IPALD. Keunggulan utama MBR adalah kemampuannya dalam menghasilkan air yang sangat jernih dan bersih, bahkan melebihi standar kualitas air yang ditetapkan (Domańska dkk., 2019). Saat ini belum terdapat IPALD di kawasan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh dikenal sebagai salah satu kampus negeri yang memiliki aktivitas yang padat, sehingga menghasilkan volume air limbah domestik yang signifikan. Adapun air limbah domestik kampus UIN Ar-Raniry dapat berasal dari berbagai sumber diantaranya fasilitas akademik seperti gedung perkuliahan, laboratorium, kantin, kantor administrasi dan asrama mahasiswa.

Menurut data yang didapatkan dari Administrasi Biro Kepegawaian UIN Ar-raniry Banda Aceh Tahun Akademik 2023/2024, jumlah mahasiswa 1.479 Mahasiswa pada Fakultas Adab dan Humaniora (FAH), 992 pada Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP), 1.869 pada Fakultas Sains dan Teknologi (FST) dan sebanyak 3.736 pada Fakultas Syari'ah dan Hukum, dengan ini total seluruh mahasiswa untuk fakultas yang disebutkan pada tahun 2023 adalah 8.076 Mahasiswa. Jumlah Staff yang bertugas di gedung fakultas maupun gedung non-fakultas dengan total 416 jiwa. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 menyatakan bahwasannya setiap badan usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkannya sebelum dibuang ke badan penerima air.

Berdasarkan kondisi eksisting tersebut, maka diperlukan pembangunan unit IPALD-T agar air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas di kampus dapat dikelola dengan baik sesuai dengan standar yang berlaku. Cakupan pelayanan IPALD-T meliputi aktivitas dari beberapa gedung dan bangunan diantaranya yaitu Fakultas Sains dan Teknologi, Fakultas Adab dan Humaniora, dan Fakultas Ilmu Sosial dan Pemerintahan, Fakultas Syariah dan Hukum, ICT Center, Klinik, Museum, dan Bank Aceh Syariah UIN Ar-Raniry.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah di atas, perlu dilaksanakan suatu perencanaan instalasi yang berfungsi untuk memproses air limbah domestik di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Perencanaan yang akan dilakukan dengan menggunakan teknologi *Membrane Bioreactor* (MBR). Pemilihan teknologi MBR didasarkan pada tingkat efisiensi yang tinggi dalam mendegradasi polutan dan tidak memerlukan lahan yang luas.

Perancangan IPALD memiliki urgensi sebagai perlindungan lingkungan dalam mengurangi dampak negatif pencemaran air limbah domestik terhadap lingkungan alam sekitar kampus, seperti tanah, sungai atau danau di sekitar area kampus. IPALD berkontribusi pada penyediaan air bersih yang aman untuk

keperluan berbagai kegiatan di kampus salah satunya keperluan sanitasi, hal ini dapat mendukung keberlanjutan lingkungan dan menjaga ekosistem air yang sehat. Berdasarkan kondisi dan latar belakang tersebut, maka diperlukan pembangunan unit IPALD agar air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas di kampus dapat dikelola dengan baik sesuai dengan standar yang ada. Oleh karena itu dapat dirumuskan beberapa pertanyaan yang akan dibahas pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik air limbah domestik yang terdapat di wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh?
2. Bagaimana desain IPALD Terpusat dengan teknologi MBR di Sebagian wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh?
3. Berapa dan bagaimana rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pembangunan IPALD Terpusat di Sebagian wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai betapa pentingnya IPAL di kawasan kampus. dan juga memberikan masukan bagi pengambilan kebijakan terkait penanganan masalah lingkungan di kawasan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik air limbah domestik yang terdapat di beberapa tempat pada Sebagian wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Merencanakan desain IPALD Terpusat dengan teknologi MBR pada sebagian wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Menghitung rencana anggaran biaya (RAB) dalam pelaksanaan pekerjaan IPALD Terpusat dengan teknologi MBR sebagian wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat penelitian ini dibagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan tentang IPALD Terpusat dengan teknologi MBR di kawasan kampus.
 - b. Menambah pemahaman tentang kemajuan teknologi yang digunakan pada IPALD Terpusat dengan teknologi MBR.
2. Manfaat Empiris
 - a. Menghasilkan desain IPALD Terpusat dengan teknologi MBR pada kawasan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
 - b. Menjelaskan teknologi yang lebih efisien yang ada pada perencanaan IPALD Terpusat dengan teknologi MBR.
3. Manfaat Aplikatif
 - a. Memberikan informasi penting kepada masyarakat, terutama pihak terkait seperti civitas kampus dan pemerintah dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan air limbah.
 - b. Memberikan saran dan rekomendasi yang dapat diterapkan dalam mengurangi dan mengatasi permasalahan air limbah dalam Kawasan kampus.

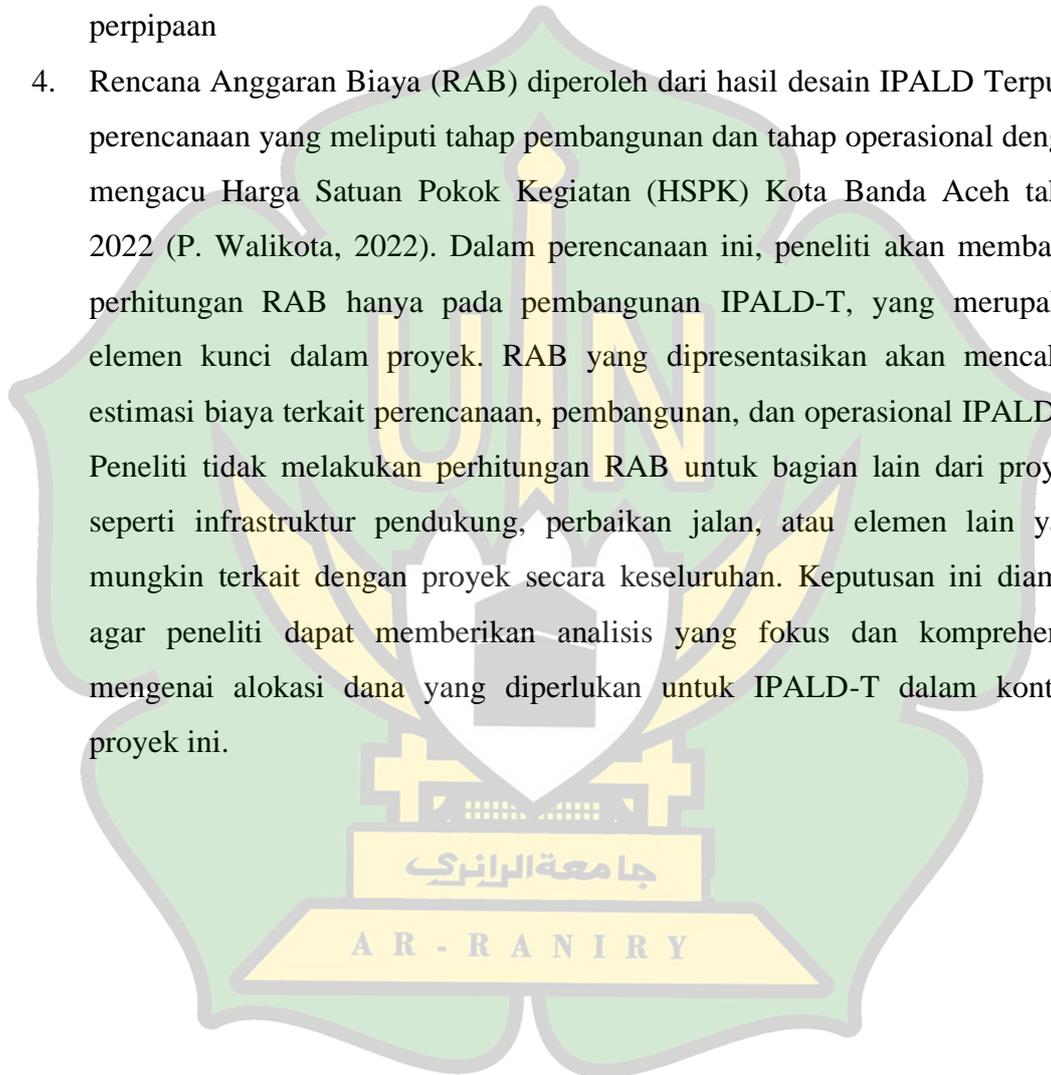
1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Skala Kawasan Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Batasan penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik air limbah domestik hanya ditentukan dari parameternya meliputi pH, BOD, COD, TSS, amonia dan total koliform. Baku mutu air limbah mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Untuk Limbah Domestik.
2. Cakupan pelayanan IPALD Terpusat meliputi aktivitas dari beberapa gedung dan bangunan diantaranya yaitu Fakultas Sains dan Teknologi, Fakultas Adab dan Humaniora, dan Fakultas Ilmu Sosial dan Pemerintahan, Fakultas Syariah dan Hukum, ICT Center, Klinik, Museum, dan Bank Aceh Syariah UIN Ar-Raniry. Perencanaan IPALD Terpusat dilakukan di sebagian UIN Ar-

Raniry sebagai langkah awal dalam bentuk miniatur atau dalam skala kecil, dengan tujuan untuk memastikan keberhasilan dan efisiensi pelaksanaan rencana IPALD Terpusat yang lebih besar dan kompleks di masa mendatang.

3. Penelitian ini hanya berfokus pada perencanaan IPALD Terpusat tanpa membahas sistem penyaluran atau distribusi air limbah domestik/sistem perpipaan
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) diperoleh dari hasil desain IPALD Terpusat perencanaan yang meliputi tahap pembangunan dan tahap operasional dengan mengacu Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Banda Aceh tahun 2022 (P. Walikota, 2022). Dalam perencanaan ini, peneliti akan membatasi perhitungan RAB hanya pada pembangunan IPALD-T, yang merupakan elemen kunci dalam proyek. RAB yang dipresentasikan akan mencakup estimasi biaya terkait perencanaan, pembangunan, dan operasional IPALD-T. Peneliti tidak melakukan perhitungan RAB untuk bagian lain dari proyek, seperti infrastruktur pendukung, perbaikan jalan, atau elemen lain yang mungkin terkait dengan proyek secara keseluruhan. Keputusan ini diambil agar peneliti dapat memberikan analisis yang fokus dan komprehensif mengenai alokasi dana yang diperlukan untuk IPALD-T dalam konteks proyek ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air limbah Domestik

Air limbah domestik terbagi menjadi dua jenis yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* adalah air limbah domestik yang berasal dari kegiatan mencuci piring atau air bekas cucian piring, mandi dan mencuci pakaian. Sedangkan *Black water* adalah air limbah yang berasal dari toilet dan *septic tank* (Rosadi dkk., 2021). Air limbah/buangan adalah gabungan dari cairan dan sampah-sampah cair yang bersumber dari daerah pemukiman, perkotaan, perdagangan dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada (Rahmat dan Mallongi, 2018). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016, air limbah domestik adalah air limbah yang bersumber dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama dan menurut penelitian Sulistia dan Septisya, (2020) menyatakan besar volume rata-rata aliran limbah dari daerah permukiman berkisar antara 150 – 380 liter per orang setiap harinya.

Pencemaran air merupakan salah satu penyebab polusi dan kerusakan lingkungan seperti yang dapat kita lihat saat ini kebanyakan Negara berkembang terutama Indonesia memiliki masalah pencemaran air karena kurangnya Instalasi Pengolahan Air Limbah atau sistem *sewerage* untuk pengolahan air limbah. Pada akhirnya, air limbah domestik yang mengandung senyawa organik mengalir ke lingkungan tanpa adanya pengolahan sehingga mempercepat pencemaran air yang berpotensi menimbulkan eutrofikasi (Vandith dkk., 2018). Secara nasional, baku mutu limbah domestik di Indonesia mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Dalam keputusan ini yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air buangan yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Beberapa kegiatan domestik tersebut antara lain rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, permukiman, industri, IPAL Kawasan, IPAL

Permukiman, IPAL Perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga permasyarakatan (Hartaja, 2018).

2.2 Dampak Air limbah Domestik Terhadap Lingkungan

Air limbah domestik memiliki dampak yang signifikan secara fisik, kimia, dan biologi terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Berikut adalah dampak-dampak tersebut:

1) Dampak Fisik:

- a) Pencemaran Visual: Limbah domestik yang terlihat atau terapung di permukaan air dapat menciptakan pencemaran visual yang mengganggu estetika lingkungan.
- b) Tumpukan Lumpur: Lumpur yang mengendap di dasar sungai atau danau akibat endapan limbah domestik dapat merusak ekosistem dasar perairan.

2) Dampak Kimia:

- a) Pencemaran Bahan Kimia Berbahaya: Air limbah domestik dapat mengandung bahan kimia berbahaya seperti logam berat, pestisida, deterjen, dan bahan kimia lainnya yang dapat mencemari air dan membahayakan organisme air.
- b) Perubahan pH: Limbah domestik yang mengandung zat-zat seperti asam atau basa dapat mengubah pH air, mengganggu keseimbangan ekosistem air dan merusak organisme air.
- c) Peningkatan Nutrien: Air limbah domestik juga mengandung nutrien seperti nitrogen dan fosfor. Jika terlalu banyak nutrien dilepaskan ke dalam perairan, hal ini dapat menyebabkan pertumbuhan alga berlebihan (eutrofikasi) yang dapat mengganggu ekosistem air.

3) Dampak Biologi:

- a) Kematian Organisme Air: Bahan kimia berbahaya dalam limbah domestik dapat membunuh organisme air, termasuk ikan dan makhluk air lainnya.

- b) Perubahan dalam Komunitas Organisme: Nutrien berlebih dan polutan dalam air limbah domestik dapat merubah komposisi komunitas organisme di dalam ekosistem perairan.
- c) Penyebaran Penyakit: Air limbah domestik yang mengandung patogen seperti bakteri dan virus dapat menyebabkan penyebaran penyakit pada organisme air dan manusia yang menggunakan air tersebut. Banyak limbah yang mengandung bakteri *pathogen* yang memungkinkan timbulnya gangguan kesehatan pada manusia, limbah juga menjadi media dalam penularan berbagai penyakit. Di samping itu, bakteri pada limbah juga dapat menyebabkan iritasi, bau serta suhu yang tinggi (Nurjanah dkk., 2017).

Contoh penyakit yang disebabkan oleh mikrobiologi dalam air, antara lain:

1. Tifoid, disebabkan oleh kuman *Salmonella thyposa*.
2. Kolera, disebabkan oleh *Vibrio cholerae*.
3. Leptospirosis, disebabkan oleh *Spirochaeta* sp.
4. Giardiasis, dapat menimbulkan diare yang disebabkan oleh sejenis protozoa.
5. Disentri, disebabkan oleh *Entamoeba histolytica*.

2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Menurut Riskiyanto, (2019), karakteristik air limbah diklasifikasikan menjadi tiga yaitu fisik, kimia dan biologis. Karakteristik fisik yang paling penting adalah kandungan TSS yang terdiri dari material yang mengapung, mengendap dan terlarut. Bagian lain yang termasuk dalam karakteristik fisik antara lain:

1. *Total Suspended Solid* (TSS) yang merupakan zat-zat tertinggal sebagai residu dari penguapan pada temperatur 103°C - 105°C.
2. Suhu atau Temperatur. Pada umumnya suhu air limbah lebih tinggi daripada air bersih karena adanya penambahan air dengan suhunya lebih hangat yang berasal dari aktivitas rumah tangga dan industri. Suhu memberikan efek

penting diantaranya reaksi kimia dan laju reaksi, kehidupan di dalam air dan pemanfaatan air sesuai dengan fungsinya.

3. Warna. Air limbah yang masih segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan. Namun, apabila waktu tinggalnya semakin lama di dalam sistem pengumpulan dan kondisi anaerobik yang semakin meningkat, warna air limbah akan berubah menjadi hitam yang biasanya disebut dengan septik.
4. Bau atau aroma yang timbul dari air limbah domestik disebabkan adanya gas yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik. Aroma khas dari air limbah adalah *hydrogen sulfide* (H_2S) yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerobik dengan mengubah sulfat menjadi sulfida.

Menurut Sulistia, (2020), ditinjau dari segi kimia, terdapat tiga jenis karakteristik air limbah diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Senyawa organik yang tersusun dari beberapa komponen diantaranya protein 40% - 60%, karbohidrat 25% - 50% serta minyak dan lemak 8% - 12%. Selain senyawa tersebut, biasanya juga ditemukan beberapa jenis material sintetik organik dengan struktur yang sederhana hingga kompleks.
2. Senyawa anorganik yang terdiri atas pH, klorida, alkalinitas, fosfor, logam berat dan senyawa beracun.
3. Gas, yang umumnya terdapat pada air limbah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) yang dapat ditemukan pada atmosfer dan semua air yang kontak dengan udara, asam sulfat (H_2S), amonia (NH_3), dan metana (CH_4) yang terbentuk dari hasil penguraian material organik.

2.4 Parameter Kualitas Air Limbah Domestik

2.4.1 *Potential of Hydrogen* (pH)

Potential of Hydrogen (pH) atau derajat keasaman merupakan konsentrasi ion hidrogen di dalam air sebagai indikasi apakah air tersebut bersifat asam atau basa. Skala pH berkisar antara 1 – 14, kisaran air limbah dengan pH di bawah 4 – 5 (asam) dan di atas 9 (basa) sulit untuk diolah. Diperlukan bak netralisasi untuk menambahkan larutan penyangga dan menetralkan pH (Gazali dkk., 2013). Perubahan pH pada air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan

biologi dari mikroorganisme yang hidup di dalam perairan. Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap daya racun bahaya pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat di dalam air. Derajat keasaman mengindikator perlu atau tidaknya gangguan pada proses pengolahan air limbah secara konvensional, maka dari itu dapat dikatakan bahwa pH air limbah domestik adalah mendekati normal (Ramadani dkk., 2021).

2.4.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi material karbon (bahan organik). Apabila tersedia cukup oksigen, dekomposisi biologis bahan organik secara aerobik dapat berlangsung hingga semua bahan organik terdegradasi (Nurjanah dkk., 2017). BOD digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran dalam suatu perairan yang apabila nilainya tinggi atau melebihi baku mutu mengindikasikan bahwa perairan tersebut sudah tercemar (Riyanda dan Kemala, 2019). Nilai BOD tidak mengindikator jumlah bahan organik yang sebenarnya, melainkan hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendekomposisi bahan organik tersebut, air yang tidak terpolusi biasanya mempunyai BOD 2 mg/l, air yang menerima buangan limbah mempunyai BOD >10 mg/l khususnya di dekat *intake*, air limbah mempunyai kadar BOD sekitar 600 mg/l, limbah yang telah dilakukan pengolahan dengan baik mempunyai kadar BOD sekitar 20 mg/l (Andika dkk., 2020).

2.4.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan indikator yang menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik bahan organik *biodegradable* maupun *non-biodegradable*. Nilai COD selalu lebih besar dari BOD karena COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada dalam air, hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat pada kondisi asam (Agustiniingsih dan Sasongko, 2012). Tipikal rasio BOD/COD untuk air limbah domestik yang belum diolah adalah 0,3 hingga 0,8. Apabila rasio di bawah 0,3 atau dalam kadar yang

tinggi dan melewati batas baku mutu, berarti air limbah tersebut mengandung komponen toksik atau diperlukan aklimatisasi mikroorganisme untuk stabilisasi air limbah sebelum diolah. Apabila tidak dilakukan penanganan khusus sebelum dibuang ke badan air, maka akan menyebabkan gangguan ekosistem biota laut dan menghalangi masuknya oksigen ke dalam laut sehingga ekosistem laut mengalami pengurangan kadar oksigen (Nurjanah dkk., 2017).

2.4.4 Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. Padatan tersuspensi berhubungan positif dengan kekeruhan, semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi (Dewi dan Buchori, 2016). Kandungan TSS memiliki hubungan erat dengan kecerahan perairan sehingga keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi masuknya cahaya ke dalam perairan dan dapat mengganggu proses fotosintesis biota laut (Gazali dkk., 2013).

2.4.5 Minyak dan Lemak

Berdasarkan sifat fisiknya, minyak dan lemak merupakan senyawa yang tidak larut dalam air namun dapat larut dalam pelarut yang kepolarannya lemah atau pelarut non-polar. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air sehingga kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam air karena fiksasi oksigen bebas terhambat (Sunardi dan Mukimin, 2014). Minyak dan lemak menjadi parameter penting selain ke 4 parameter di atas, dimana minyak dan lemak sifatnya mengapung di permukaan air dan membentuk lapisan yang sangat tipis di atas permukaan air yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk ke dalam perairan (Maulani dan Widodo, 2016).

2.4.6 Amonia

Amonia dapat diindikasikan sebagai pencemar udara pada bentuk kebauan. Amonia merupakan senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik yaitu amonia bebas atau tidak terionisasi (NH_3). Amonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan menurunkan kadar oksigen dalam perairan (Puspitasari, 2021). Nitrogen merupakan komponen penting dalam sintesis protein, data konsentrasi nitrogen dibutuhkan untuk mengevaluasi kemungkinan pengolahan air limbah dengan proses biologis. Apabila nitrogen tidak cukup, maka dibutuhkan penambahan nitrogen agar air limbah dapat diolah. Namun, untuk mengontrol pertumbuhan alga pada badan air, diperlukan penyisihan nitrogen pada efluen pengolahan sebelum dibuang (Nurjanah dkk., 2017). Apabila melebihi toleransi, amonia dapat menghambat pertumbuhan organisme akuatik dan bahkan mengakibatkan kematian karena senyawa tersebut mengganggu pengikatan oksigen dalam darah, mengubah pH darah dan mempengaruhi reaksi enzimatik serta stabilitas membrane pada organisme akuatik (Royan dkk., 2019).

2.4.7 Total Coliform

Bakteri *coliform* termasuk dalam bakteri *pathogen* yang dapat menyebabkan penyakit karena *coliform* merupakan indikator bakteri terpenting yang dipertimbangkan dalam bakteriologis pemeriksaan air (Wahyuni, 2015). Bakteri *Coliform* digunakan untuk memantau tingkat keamanan pemasokan air berdasarkan kesadaran bahwa keberadaan bakteri *coliform* dalam air merupakan indikator potensi kontaminasi tinja manusia dan oleh karena itu kemungkinan adanya *pathogen* enterik. Identifikasi bakteri dalam perairan dapat berfungsi sebagai evaluasi efektivitas metode desinfeksi air (Fatemeh dkk., 2014). Semakin tinggi tingkat kontaminasi bakteri *coliform* maka semakin tinggi pula kandungan bakteri *pathogen* lainnya dan kehadiran bakteri ini di dalam air merupakan indikator proses desinfeksi yang tidak memadai dan juga kontaminasi air yang baru-baru ini dan sering dengan kotoran manusia dan hewan (Natalia dkk., 2014).

2.5 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Air limbah yang berasal dari kegiatan di perguruan tinggi dapat digolongkan menjadi air limbah kegiatan domestik karena aktivitasnya yang relatif sama dengan kegiatan perumahan (Riskiyanto, 2019). Efluen pengolahan IPAL yang dibuang ke saluran umum atau badan air harus memenuhi standar baku mutu kualitas air yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah domestik

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

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016

2.6 Pengolahan Air Limbah Domestik

Pengolahan air limbah dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas air limbah serta mengurangi kadar BOD, COD dan TSS serta memperbaiki estetika lingkungan. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan cara alamiah atau bantuan peralatan yang dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang secara umum bahan yang tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap disisihkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan terhadap air limbah (Sitompul dkk., 2013). Menurut tingkatan prosesnya, pengolahan limbah dapat digolongkan menjadi 5 (lima) tingkatan. Namun, bukan berarti bahwa semua tingkatan harus dilalui karena pilihan tingkatan proses tetap tergantung pada kondisi air limbah yang telah dilakukan uji pendahuluan lalu ditetapkan jenis pengolahan apa yang akan digunakan. Berikut beberapa tahapan pengolahan air limbah menurut tingkatan perlakuan (Hasmawaty, 2018):

1. Pra Pengolahan (*Pre-treatment*)

Pada tahap pra pengolahan ini dilakukan upaya-upaya untuk memproteksi alat-alat yang ada pada instalasi pengolahan air limbah dan dalam tahapan ini dilakukan penyaringan, penghancuran atau pemisahan air dari partikel-partikel yang dapat merusak alat-alat pengolahan air limbah seperti pasir, kayu, sampah, plastik dan lain-lain (Indrayani, 2018).

2. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pada tahap ini dilakukan penyaringan terhadap padatan halus atau zat warna terlarut maupun tersuspensi yang masih tersisa dari pengolahan *pretreatment*. Terdapat dua metode utama yang dapat dilakukan yaitu pengolahan secara kimia dan pengolahan secara fisika (Ummah dkk., 2018).

3. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pada tahap ini menggunakan metode pengolahan biologi dengan tujuan untuk menyisihkan beban pencemar organik melalui proses oksidasi biokimia sehingga dalam proses biologis ini banyak menggunakan reaktor lumpur aktif, *tricking filter* dan kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob (Hidayati, 2016).

4. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Pada proses pengolahan tersier ini merupakan tahapan pengolahan tingkat lanjut yang ditujukan terutama untuk penyisihan senyawa organik maupun anorganik. Pada proses tingkat lanjut ini dilakukan melalui proses fisik yaitu filtrasi, destilasi, pengapungan, dan pembekuan, proses kimia yaitu absorbs karbon aktif, pengendapan kimia, pertukaran ion, elektrokimia, oksidasi dan reduksi dan proses biologi yaitu pembusukan oleh bakteri dan nitrifikasi alga (Kencanawati, 2016).

5. Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pengolahan lanjutan diperlukan untuk membuat komposisi air limbah sesuai dengan yang dikehendaki misalnya untuk menyisihkan kadar fosfor ataupun kadar amonia dari air limbah (Sunarti dkk., 2014).

2.7 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Membran Bioreaktor (MBR)

Teknologi membran bioreaktor pada instalasi pengolahan air limbah domestik adalah suatu sistem pengolahan air limbah yang menggabungkan teknologi biologi (bioreaktor) dan teknologi pemisahan membran. Dalam MBR, air limbah dialirkan melalui sebuah bioreaktor yang menggunakan bakteri-bakteri pengurai untuk menguraikan bahan organik dan unsur hara yang terkandung dalam air limbah. Air limbah yang telah diolah oleh bakteri-bakteri selanjutnya akan dipisahkan dari biomassa partikel padatan dengan menggunakan membran. Membran tersebut berfungsi sebagai filter yang memisahkan air dengan partikel-padatan, sehingga air yang keluar dari sistem MBR telah terbebas dari partikel-padatan dan biomassa yang terkandung dalam air limbah.

Pada tahap proses MBR, membran berfungsi sebagai alat pemisah padat-cair, menjaga biomassa di dalam bioreaktor sebelum mengalirkan limbah yang telah diolah ke lingkungan. Membran mikro (MF) dan ultrafiltrasi (UF) umumnya juga digunakan dalam teknologi MBR. Membran UF lebih disukai karena pemisahan yang lebih efisien (mampu menghilangkan beberapa koloid dan virus) serta risiko penyumbatan pori yang lebih rendah karena ukuran porinya yang lebih kecil dibandingkan dengan membran MF. Hal ini menggantikan penggunaan alat penjernih dalam proses lumpur aktif konvensional (CAS). Ada tiga jenis geometri membran yang digunakan untuk MBR:

1. Serat berongga (HF);
2. Lembaran datar (FS);
3. Berbentuk tabung (atau multi-tubular, MT).

Adapun kelebihan dan kekurangan pada teknologi MBR dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan kelebihan dan kekurangan teknologi MBR

Teknologi	Kelebihan	Kekurangan
<i>Membran Bioreactor (MBR)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Memiliki efisiensi yang tinggi dalam mengolah air limbah, karena mampu memisahkan partikel-partikel organik dari air secara efektif. • Menghasilkan kualitas air yang sangat baik dengan kadar BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>), TSS (<i>Total Suspended Solids</i>), dan COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) yang rendah dengan tingkat efektivitas >90%. • Ukuran instalasi MBR relatif lebih kecil dibandingkan teknologi pengolahan lainnya seperti lumpur aktif atau aerated lagoon, sehingga cocok untuk diterapkan pada area terbatas. • Dapat dioperasikan secara otomatis dengan menggunakan sistem kontrol <i>online</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Harga investasi awal yang mahal, karena teknologi ini menggunakan sistem filtrasi membran sebagai media pemisah partikel organik dari cairan limbah sehingga memerlukan biaya produksi membran yang cukup besar. • Proses penggantian dan perawatan membran harus dilakukan secara rutin agar tetap berfungsi optimal serta bebas dari kerusakan atau penyumbatan oleh partikel-partikel padat dalam air limbah. • Terdapat kemungkinan terjadinya fouling atau penumpukan bahan-bahan kimia tertentu pada permukaan membrane jika tidak dirawat dengan benar.

Sumber: (Ullah dkk., 2020)

Membran bioreaktor sendiri terbagi menjadi dua proses pada saat air limbah memasuki tangki membran yaitu sebagai berikut (Wang dan Pereira, 2012):

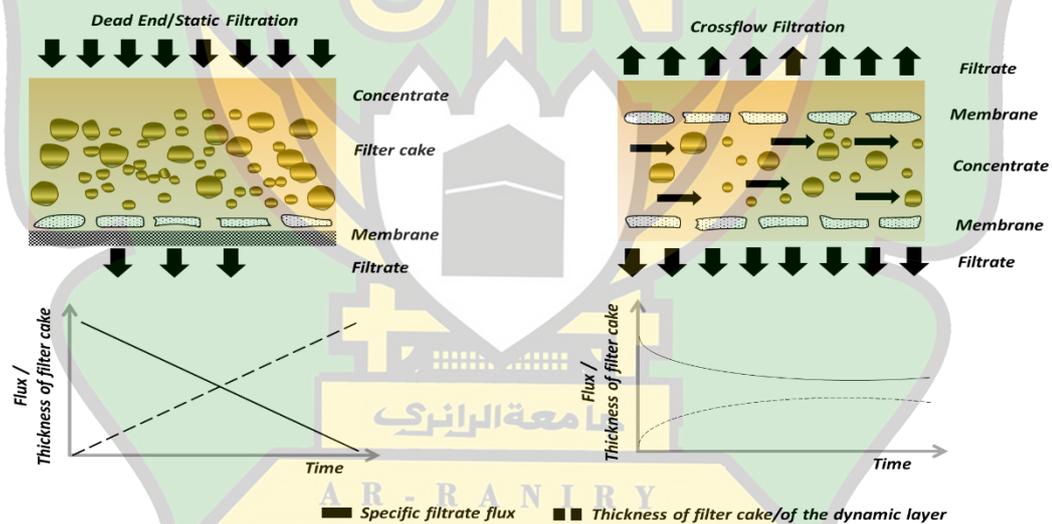
1. *Static Filtration*

Proses *static filtration* melibatkan filtrasi yang berlangsung secara langsung, di mana larutan yang akan difiltrasi dilewatkan melalui membran yang statis. Partikel atau molekul yang lebih besar dari ukuran pori membran akan terperangkap dan terakumulasi di permukaan membran, sementara bagian kecil

dari larutan dapat melewati membran dan terkumpul di bagian lain dari wadah filtrasi. Proses ini biasanya digunakan pada filtrasi batch atau dalam jumlah kecil.

2. *Crossflow Filtration*

proses *crossflow filtration*, larutan yang akan difiltrasi dialirkan melalui membran secara parallel dengan permukaan membran, dan aliran yang dihasilkan secara konstan dan sebagian besar searah dengan permukaan membran. Aliran ini bertujuan untuk meminimalkan akumulasi partikel atau molekul yang lebih besar dari ukuran pori membran pada permukaan membran, sehingga memungkinkan filtrasi berkelanjutan tanpa perlu membersihkan membran secara berkala. Proses *crossflow filtration* biasanya digunakan untuk filtrasi yang lebih besar dalam jumlah yang lebih besar, seperti pada pemurnian air, pemisahan protein dan proses pemurnian lainnya yang membutuhkan filtrasi berkelanjutan.



Gambar 2.1 Skema proses pengolahan air limbah pada membran bioreaktor
Wang dan Pereira, (2012)

2.8 Klasifikasi Membran

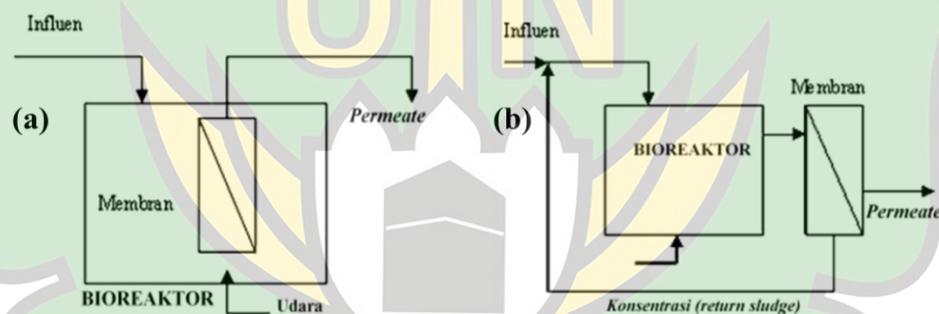
2.8.1 Membran Terendam (*Submerged Membrane*)

Membran dapat diposisikan sebagai filter di dalam bioreaktor utama atau dalam tangki terpisah. Membran bisa berbentuk lembaran datar, tabung, atau kombinasi dari keduanya, dan mampu mengintegrasikan sistem backwash

langsung yang berfungsi untuk mengurangi penumpukan kotoran pada permukaan membran menggunakan pompa. Tambahan aerasi juga diperlukan guna memberikan tekanan air guna mengurangi penumpukan kotoran. Apabila membran dipasang di dalam bioreaktor utama, modul membran harus dikeluarkan dari wadah dan dipindahkan ke tangki pembersih secara tidak langsung.

2.8.2 Membran Eksternal (*Side Stream Membrane*)

Membran dipasang di luar bioreaktor setelah proses bioreaktor tersebut. Biomassa dipindahkan secara langsung ke modul membran yang terpasang secara seri, dan aliran dikembalikan ke bioreaktor untuk mengatur konsentrasi MLSS. Pembersihan dan perendaman membran dapat dilakukan di dalam reaktor tersebut yang dilengkapi dengan pompa dan pipa untuk keperluan pembersihan.



Gambar 2.2 Gambar klasifikasi membran, *submerged membrane* (a) dan *side stream membrane* (b)

Diantara kedua sistem yang sering digunakan, sistem membran terendam (*submerged membrane*) lebih umum karena penggunaan energi yang lebih rendah. Perbandingan antara kedua sistem tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan antara kondisi *submerged membrane* dan *side-stream membrane*

Item	<i>Submerged membrane</i>	<i>Side-stream membrane</i>
Luas permukaan (m ²)	46	2
Flux (L/m ² /jam)	20 – 50	50 – 100
Tekanan (bar)	0,2 – 0,5	4
Kecepatan aliran udara (m ³ /jam)	40	-
Energi untuk filtrasi (kWh/m ³)	0,3 – 0,4	4 – 12
Ukuran/Dimensi	Lebih besar	Lebih kecil

Biaya aerasi	Tinggi	Rendah
Biaya operasional	Lebih rendah	Lebih tinggi
Biaya pemompaan	Sangat rendah, kecuali jika digunakan pompa hisap	Tinggi
Kebutuhan proses pembersihan	Lebih sedikit	Lebih tinggi
Biaya investasi	Lebih tinggi	Lebih rendah

2.9 Penelitian Terdahulu

Penggunaan teknologi MBR telah dilakukan diberbagai negara dan jenis air limbah, adapun Tabel 2.4 merupakan penelitian terdahulu tentang penggunaan teknologi MBR.

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu tentang penggunaan teknologi MBR

No	Peneliti	Jenis Sampel	Parameter yang Diuji	Konsentrasi Zat Pencemar Awal	Efektivitas Penurunan (%)
1	Domańska dkk., 2019	Air limbah kota	BOD COD SS Total nitrogen Total fosfor Kekeruhan	22,0 – 379,0 mg O ₂ .dm ⁻³ 375,0 – 933,0 mg O ₂ .dm ⁻³ 55,0 – 932,0 mg.dm ⁻³ 27,0 – 126,2 mg.dm ⁻³ 5,4 – 285,2 mg.dm ⁻³ 46,0 – 132,0 NTU	96 % 94% 93% 82% 89% 99,4%
2	Xiao dkk., (2014)	Air limbah kota	COD BOD ₅ TN TP	0,2 – 0,6 kgMLVSS.kgCOD ⁻¹ 0,03 – 0,1 kgBOD ₅ 0,02 – 0,1 kgNO ₃ -N 0,02 – 0,05 kgP.kgMLSS ⁻¹	93% 95% 75% 94%
3	Maulana dan Marsono, (2021)	Limbah cair industri tahu	COD BOD TSS NH ₄ PO ₄	6.870 – 10.800 mg/L 5.643 – 6.870 mg/L 400 – 700 mg/L 44 – 59,3 mg/L 80,5 – 82,6 mg/L	90,3 - 93,54% >90% >90%
4	(Arif dkk., 2020)	Air limbah domestik	BOD COD TSS TKN	640 mg/L 1.208 mg/L 700 mg/L 120 mg/L	99% 95% 99% 97%
5	Kadir dan Acikgoz, (2018)	Air limbah domestik	COD Fosfat Nitrogen	990 – 1140 mg/L 35 – 50 mg/L 4 – 6 mg/L	90% 88% 91%

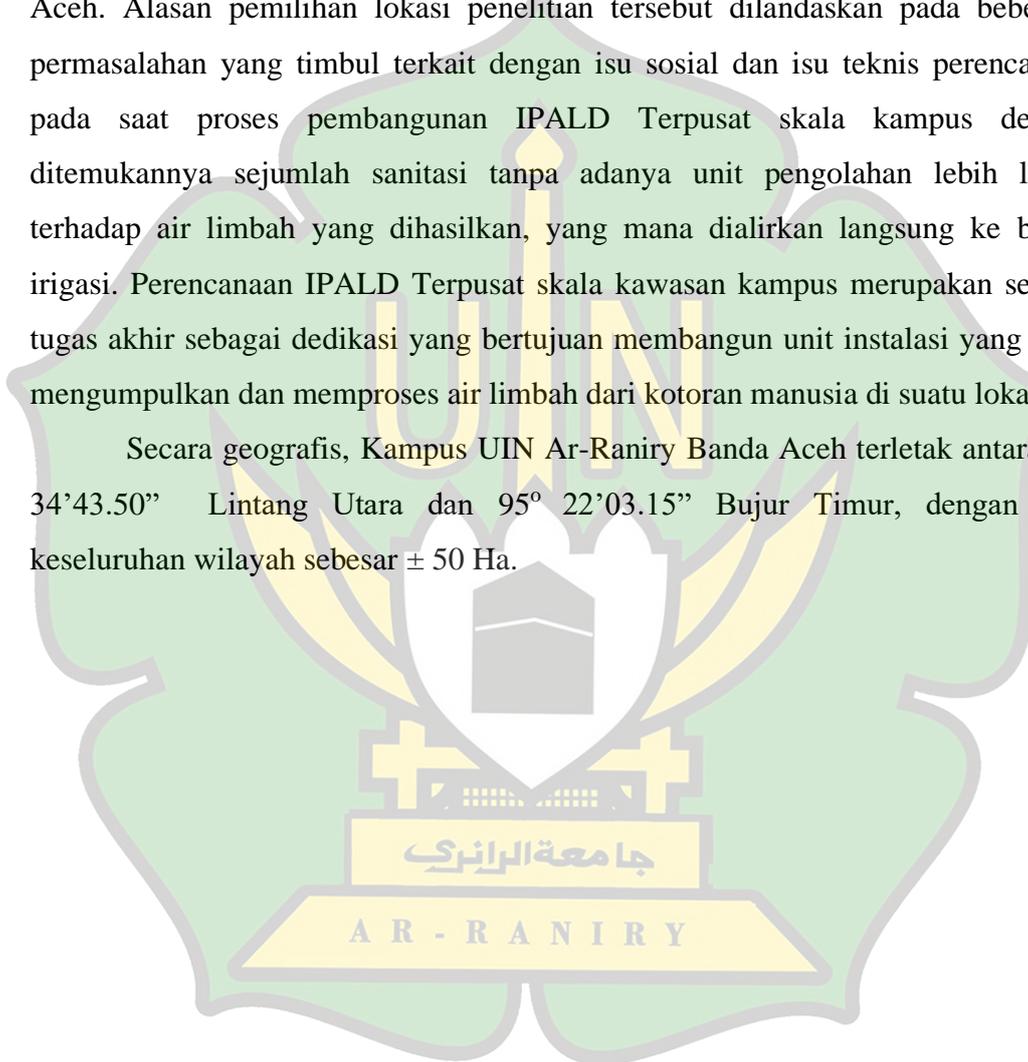
BAB III

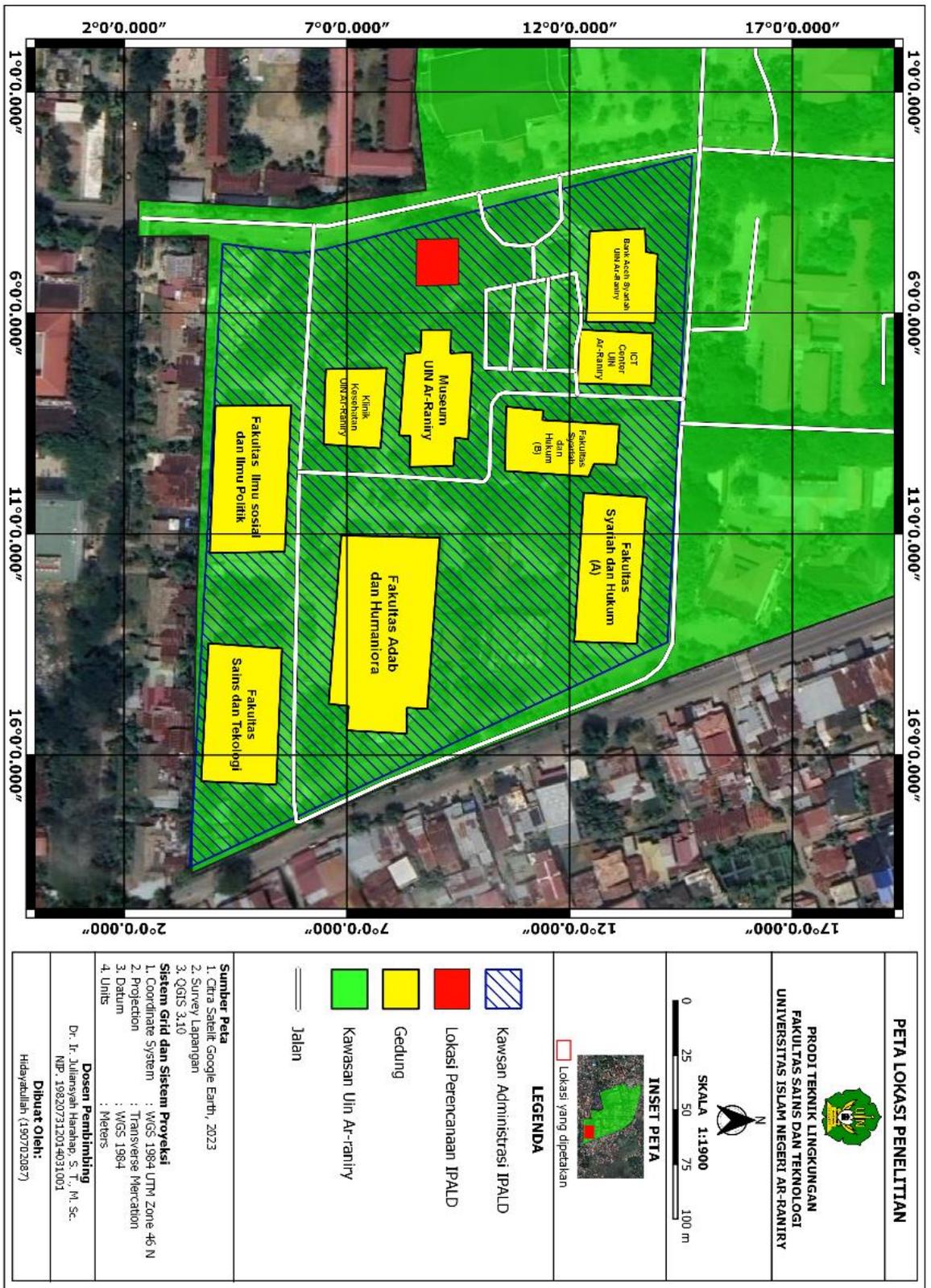
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh Provinsi Aceh. Alasan pemilihan lokasi penelitian tersebut dilandaskan pada beberapa permasalahan yang timbul terkait dengan isu sosial dan isu teknis perencanaan pada saat proses pembangunan IPALD Terpusat skala kampus dengan ditemukannya sejumlah sanitasi tanpa adanya unit pengolahan lebih lanjut terhadap air limbah yang dihasilkan, yang mana dialirkan langsung ke badan irigasi. Perencanaan IPALD Terpusat skala kawasan kampus merupakan sebuah tugas akhir sebagai dedikasi yang bertujuan membangun unit instalasi yang akan mengumpulkan dan memproses air limbah dari kotoran manusia di suatu lokasi.

Secara geografis, Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh terletak antara 05° 34'43.50" Lintang Utara dan 95° 22'03.15" Bujur Timur, dengan luas keseluruhan wilayah sebesar ± 50 Ha.





Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

	Kegiatan	Juli 2023				Agustus 2023				September 2023				Oktober 2023				November 2023				Desember 2023			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Persiapan Kegiatan																								
1	Pengumpulan Materi																								
2	Penyusunan Proposal																								
3	Konsultasi Pembimbing																								
4	Survei Lokasi																								
5	Seminar Proposal																								
	Pelaksanaan																								
1	Revisi Proposal																								
2	Perencanaan IPAL																								
3	Perhitungan RAB																								
4	Penyusunan Laporan Akhir																								
5	Sidang Tugas Akhir																								

3.2 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini meliputi dari data primer dan data sekunder yang diuraikan sebagai berikut.

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh berdasarkan hasil observasi/pengamatan langsung dan wawancara dengan beberapa pihak di kawasan kampus. Adapun pada penelitian ini hanya melakukan observasi/pengamatan langsung.

a. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan peninjauan dan pengamatan langsung terhadap lokasi sumber dihasilkannya air limbah dengan menyertakan dokumentasi saat observasi berlangsung. Berikut beberapa objek yang diobservasi:

- 1) Sistem penampungan air buangan
- 2) Tangki penyimpanan sementara
- 3) Karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh mandi cuci kakus (MCK) kantin dan fakultas.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data tidak langsung yang merupakan sumber informasi pada pengolahan air limbah kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh, sumber informasi yang berasal dari buku, jurnal, penelitian terdahulu dan peraturan yang berkaitan tentang pengolahan air limbah domestik. Berikut peraturan yang berkaitan dengan air limbah domestik dan air limbah kegiatan hotel:

- a. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Untuk Limbah Domestik Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (IPALD-T) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2018.

- b. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup: Lampiran V.

3.3 Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data dari data-data yang telah dikumpulkan melalui observasi. Setelah diolah, perencanaan dengan melakukan analisis dari hasil wawancara dan pengumpulan data yang terlihat mengganjal dan perlu dilakukan evaluasi. Uji sampel dari air limbah dilakukan di laboratorium untuk menentukan dan membandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016.

3.3.1 Analisis Parameter Kualitas Air Limbah

Data hasil uji kualitas air limbah dengan parameter uji pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan *total coliform* dianalisis dengan mengambil nilai rata-rata sampel pada setiap parameter. Nilai rata-rata hasil uji dibandingkan dengan batas maksimum baku mutu air limbah domestik berdasarkan PerMenLHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Hasil analisis dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik kualitas air limbah domestik di Sebagian wilayah Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

3.3.2 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah pada perencanaan IPALD Terpusat skala kampus biasanya dilakukan dengan mengacu pada jumlah penduduk atau populasi di kampus tersebut. Untuk menghitung debit air limbah yang dihasilkan, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain:

1. Jumlah populasi atau penduduk kampus dalam menghitung debit air limbah, faktor utama yang harus dipertimbangkan adalah jumlah populasi atau penduduk kampus. Populasi ini mencakup mahasiswa, dosen, karyawan, serta tamu atau pengunjung yang datang ke kampus.

2. Rata-rata penggunaan air per orang per hari atau *Domestic Per Capita Output* (DPCO) digunakan sebagai indikator untuk menghitung debit air limbah. DPCO dapat dihitung dengan cara membagi total konsumsi air per hari di kampus dengan jumlah penduduk atau populasi kampus. DPCO ini dapat bervariasi tergantung dari kebiasaan dan aktivitas masing-masing individu, serta kondisi iklim dan lingkungan.
3. Faktor pengali atau koefisien Faktor pengali atau koefisien digunakan untuk memperhitungkan jumlah air limbah yang dihasilkan dari kegiatan non-domestik, seperti kegiatan laboratorium atau kegiatan pertanian. Faktor ini biasanya disesuaikan dengan jenis kegiatan yang ada di kampus.

3.4 Pemilihan dan Lokasi Perencanaan IPALD Terpusat

Dalam memilih lokasi untuk instalasi pengolahan air limbah domestik terpusat skala kota, digunakan pendekatan kualitatif yang menggabungkan metode analisis spasial dan analisis deskriptif. Proses penilaian lokasi didasarkan pada beberapa parameter, seperti jarak antara instalasi pengolahan air limbah domestik terpusat skala kota dengan area pelayanan, jarak dengan permukiman, penggunaan lahan yang sudah ada, kemiringan lereng, dan jarak ke akses jalan. Untuk melakukan penilaian tersebut, digunakan metode analisis spasial yang mempertimbangkan faktor-faktor spasial dan analisis deskriptif yang memperhatikan karakteristik lokasi secara lebih detail. (Elistiawati dkk., 2021).

Lokasi yang direncanakan dalam perencanaan IPALD Terpusat dengan teknologi MBR, berada di Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Luas lahan lokasi perencanaan yaitu $\pm 431 \text{ m}^2$. Pemilihan lokasi ini dikarenakan wilayah lahan kosong Kawasan kampus yang terbatas. Selain itu lokasi perencanaan juga berada di kemiringan atau elevasi yang lebih rendah dari wilayah pelayanan, dengan elevasi tanah di lokasi perencanaan yaitu 3 m. Sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya pengoperasian dengan memanfaatkan sistem gravitasi dalam penyaluran air limbah domestik.



Gambar 3.2 Lokasi perencanaan IPAL-D Terpusat

3.5 Perencanaan Unit Pengolahan

Detail unit perencanaan unit pengolahan air limbah meliputi hal-hal berikut ini:

1. Perhitungan detail dimensi unit pengolahan. Perhitungan ini untuk menentukan dimensi setiap unit pengolahan agar berfungsi secara optimal yang disesuaikan dengan kriteria desain.
2. Gambar detail unit pengolahan. Gambar detail setiap unit pengolahan yang dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD dengan menyesuaikan hasil perhitungan detail dimensi unit pengolahan.
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB). RAB adalah estimasi biaya dalam satuan proyek konstruksi biasanya disajikan dalam 3 hal pokok yaitu deskripsi pekerjaan, volume dan unit harga dan suatu pekerjaan. RAB sering digunakan untuk mengajukan penawaran harga kontrak kerja pada industri konstruksi yang disiapkan dalam bentuk dokumen oleh *Quantity Surveyor* dengan melampirkan daftar rancangan pekerjaan yang terdiri dari perhitungan dan jumlah volume yang digunakan.

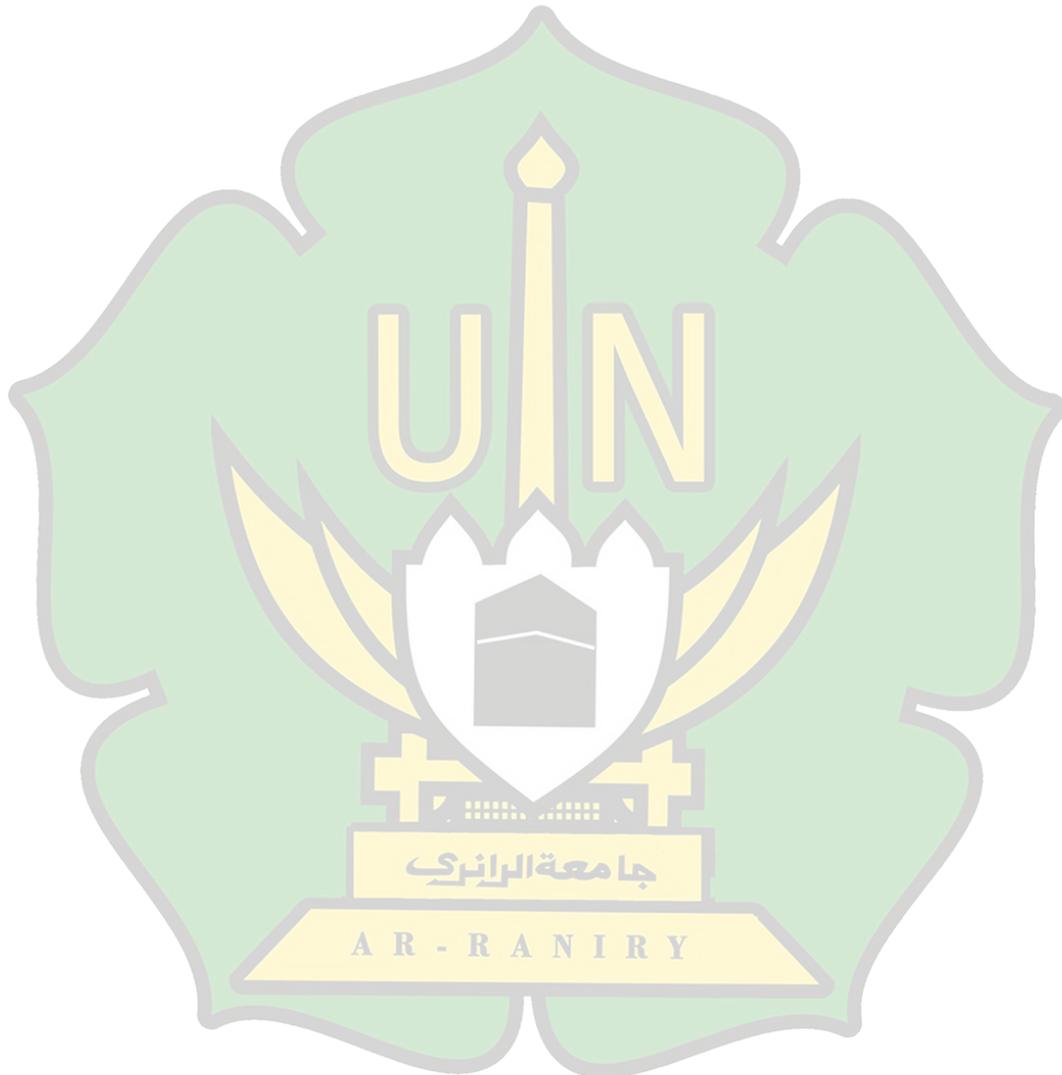
3.6 Rancangan Penelitian

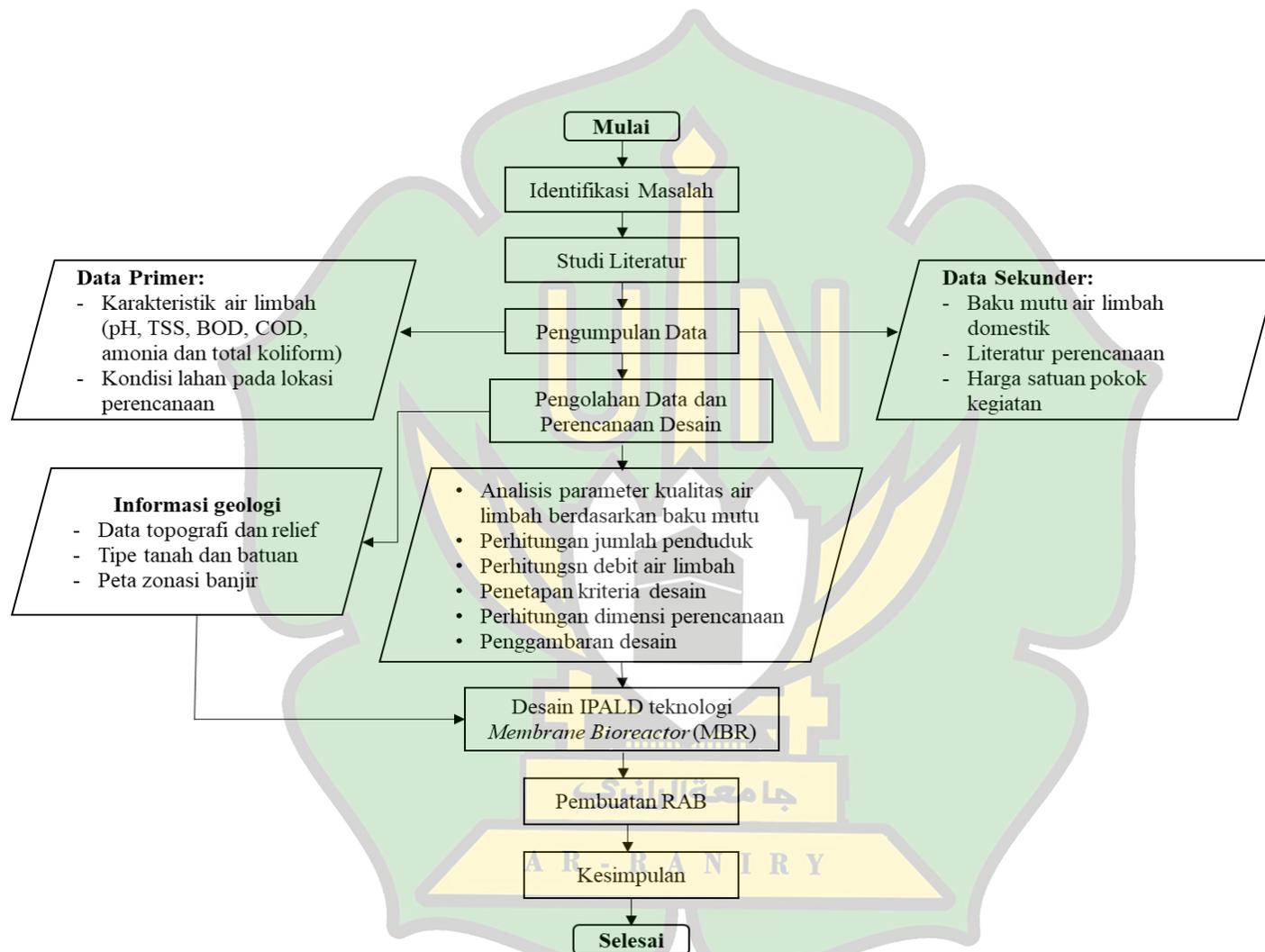
Rancangan penelitian secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan, yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Tahapan identifikasi masalah. Tahapan identifikasi masalah merupakan langkah awal yang penting dalam proses perencanaan ini. Tahapan ini melibatkan pengenalan dan analisis masalah atau tantangan yang perlu diatasi dalam pengelolaan air limbah domestik di suatu lokasi, seperti kampus, pemukiman, atau fasilitas lainnya. Identifikasi masalah ini membantu dalam merumuskan solusi yang efektif dan efisien untuk mengatasi masalah tersebut.
2. Tahapan studi literatur. Tahapan studi literatur merupakan studi yang dilakukan untuk mengetahui informasi yang bertujuan untuk menambah wawasan dan meningkatkan pemahaman, serta dengan mengumpulkan data terkait proses perencanaan yang dilakukan.
3. Tahapan pengumpulan data. Tahapan pengumpulan data dalam perencanaan ini adalah proses penting untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan dalam merancang, mengembangkan, dan melaksanakan sistem pengolahan air limbah yang efektif. Adapun beberapa tahapan utama dalam pengumpulan data pada perencanaan IPALD Terpadu yaitu data primer dan data sekunder.
4. Tahap pengolahan data dan perencanaan desain IPALD Terpadu merupakan tahap penting dalam proses pengembangan dan implementasi sistem pengolahan air limbah. Tahap ini melibatkan pemrosesan informasi yang telah dikumpulkan selama tahap pengumpulan data dan merancang instalasi IPALD Terpadu yang efektif berdasarkan pemahaman tersebut.
5. Tahapan desain IPALD Terpadu dengan teknologi MBR. Tahapan ini merupakan serangkaian langkah yang harus diikuti untuk merancang, mengembangkan, dan membangun sistem pengolahan air limbah menggunakan teknologi MBR.
6. Tahapan pembuatan RAB. Pembuatan RAB dalam perencanaan IPALD Terpadu adalah dokumen yang merinci estimasi biaya yang diperlukan untuk merancang, membangun, dan mengoperasikan IPALD di wilayah kampus.

RAB sangat penting karena memberikan gambaran tentang sumber daya keuangan yang diperlukan untuk melaksanakan proyek IPALD dengan tepat.

7. Tahapan kesimpulan. Tahapan penarikan kesimpulan merupakan tahapan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian ini yang dijelaskan berdasarkan hasil perencanaan yang telah diperoleh.





Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Pengolahan Air Limbah di Universitas Negeri Ar-raniry Banda Aceh

Sejauh ini, kampus UIN Ar-raniry mengatasi permasalahan limbahnya dengan menerapkan sistem setempat (*on site*) yaitu tangki *septic*, jenis air limbah yang dihasilkan kawasan kampus UIN Ar-raniry ialah *Black water* dan *Grey water* dengan sumber air limbah yang berasal dari air limbah pemakaian cuci tangan (*wastafel*), air limbah dari kamar mandi dan juga kegiatan ibadah. Kegiatan non-akademik seperti laboratorium dan pertanian juga menjadi faktor bertambahnya debit air limbah yang akan diolah dalam IPAL yang akan direncanakan. Bak penampungan sementara cenderung menjadi solusi dari pihak Universitas dalam mengatasi permasalahan air limbah.

Menurut data yang didapatkan dari Administrasi Biro Kepegawaian UIN Ar-raniry Banda Aceh Tahun Akademik 2023/2024, jumlah mahasiswa 1.479 Mahasiswa pada Fakultas Adab dan Humaniora (FAH), 992 pada Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP), 1.869 pada Fakultas Sains dan Teknologi (FST) dan sebanyak 3.736 pada Fakultas Syari'ah dan Hukum, dengan ini total seluruh mahasiswa untuk fakultas yang disebutkan pada tahun 2023 adalah 8.076 Mahasiswa. Jumlah Staff yang bertugas di gedung fakultas maupun gedung non-fakultas dengan total 416 jiwa. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 menyatakan bahwasannya setiap badan usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkannya sebelum dibuang ke badan penerima air.

Berdasarkan kondisi eksisting tersebut, maka diperlukan pembangunan unit IPALD-T agar air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas di kampus dapat dikelola dengan baik sesuai dengan standar yang berlaku. Cakupan pelayanan IPALD-T meliputi aktivitas dari beberapa gedung dan bangunan diantaranya yaitu Fakultas Sains dan Teknologi, Fakultas Adab dan Humaniora, dan Fakultas

Ilmu Sosial dan Pemerintahan, Fakultas Syariah dan Hukum, ICT Center, Klinik, Museum, dan Bank Aceh Syariah UIN Ar-Raniry.

4.2 Karakteristik Air limbah Domestik di Kampus UIN Ar-raniry

Jenis air limbah yang dihasilkan oleh kampus UIN Ar-raniry adalah *Grey water* dan *Black water* yang berasal dari aktivitas pemakaian cuci tangan (*westafel*), air limbah dari kamar mandi, air limbah kegiatan ibadah dan air limbah kegiatan non akademik seperti Laboratorium dan Pertanian. Umumnya kegiatan di dalam kampus relatif sama dengan kegiatan perumahan atau permukiman, perkantoran, restoran dan kategori penghasil air limbah domestik lainnya, sehingga air limbah kegiatan kampus masuk ke dalam kategori air limbah domestik yang tentunya beban pencemar atau parameternya juga sama dengan air limbah domestik dari kategori yang disebutkan.

Hasil dari studi literatur pada jurnal penelitian terdahulu yang mengolah air limbah domestik dengan jumlah pelayanan mencapai 25.000 orang/hari bahwasannya beban pencemar air limbah domestik jenis air limbah *Black Water* untuk parameter pH 7,4; BOD 104 mg/L; COD 359 mg/L; TSS 98 mg/L; Total Coliform 3000 dan Amonia 5,345 mg/L. Sedangkan jenis air limbah *Grey Water* dengan hasil pH 6,9; BOD 374 mg/L; COD 513 mg/L; TSS 134 mg/L; Total Coliform 3000 dan Amonia 5,288. Jumlah pemakaian air bersih sebesar 0,192 m³/hari dengan debit air limbah yaitu 80% dari penggunaan air bersih (Kementerian PUPR, 2018) yaitu 0,157 m³/hari. Rincian hasil pengujian parameter beban pencemar air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Uji Pendahuluan *Black Water* (BW)

No.	Parameter	Satuan	Hasil uji	Baku Mutu	Keterangan
1	pH	-	7,4	6 – 9	Sesuai baku mutu
2	BOD	mg/L	104	30	Melewati baku mutu*
3	COD	mg/L	359	100	Melewati baku mutu
4	TSS	mg/L	98	30	Melewati baku mutu

5	NH ₃ -N	mg/L	5,345	10	Sesuai baku mutu
6	Total Coliform	Jlh/100 mL	3000	>1.100	Sesuai baku mutu

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan, 2024)

*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.2 Hasil Uji Pendahuluan *Grey Water* (GW)

No.	Parameter	Satuan	Hasil uji	Baku Mutu	Keterangan
1	pH	-	6,9	6 – 9	Sesuai baku mutu
2	BOD	mg/L	374	30	Melewati baku mutu*
3	COD	mg/L	513	100	Melewati baku mutu
4	TSS	mg/L	134	30	Melewati baku mutu
5	NH ₃ -N	mg/L	5,288	10	Sesuai baku mutu
6	Total Coliform	Jlh/100 mL	3000	>1.100	Sesuai baku mutu

Berdasarkan hasil uji air limbah rata-rata yang telah dilakukan, perlu diperhatikan parameter BOD, COD dan TSS telah melewati standar baku mutu yang ditetapkan dan perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan penerima air. Perbandingan beban pencemar COD, BOD dan TSS menentukan pemilihan proses yang akan digunakan dalam pengolahan air limbah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Neshart (2021), faktor yang mempengaruhi kadar BOD yang tinggi pada air limbah ialah kandungan bahan organik yang terdapat di dalam air, suhu, densitas plankton nilai pH oksigen terlarut melalui proses dekomposisi bahan organik dalam kondisi aerob dan penurunan nilai pH di perairan. Parameter TSS sangat berkaitan erat dengan kekeruhan pada air yang disebabkan oleh kandungan zat padat tersuspensi misalnya pasir halus, tanah liat dan lumpur alami yang merupakan bahan

anorganik atau bisa juga berupa bahan organik yang terapung di atas permukaan air. Berdasarkan permasalahan yang ditinjau dari aspek lingkungan tersebut, perlu direncanakan pembangunan IPAL dengan sistem Membran Bioreaktor (MBR) untuk mengolah air limbah pada lingkungan kampus UIN Ar-raniry agar kualitas air limbah yang dihasilkan ramah lingkungan.

4.3 Perhitungan Debit Air Limbah Domestik

Perhitungan debit air limbah dilakukan berdasarkan kapasitas maksimum jumlah mahasiswa pada Fakultas Sains dan Teknologi, Fakultas Adab dan Humaniora, dan Fakultas Ilmu Sosial dan Pemerintahan, Fakultas Syariah dan Hukum, ICT Center, Klinik, Museum, dan Bank Aceh Syariah UIN Ar-Raniry dengan asumsi volume pemakaian air bersih oleh mahasiswa yaitu 80 L/hari dan potensi air limbah yaitu 80% dari penggunaan air bersih (SNI, 2005).

Berikut ini adalah data mahasiswa semua cakupan fakultas layanan IPAL.

Tabel 4.3 Rekapitulasi mahasiswa semester ganjil tahun akademik 2023/2024

No.	Fakultas	Program Studi	Jumlah Mahasiswa
1.	Adab dan Humaniora	Bahasa dan Sastra Arab	439
		Ilmu Perpustakaan	733
		Sejarah dan Kebudayaan Islam	307
2.	Ilmu Sosial dan Ilmu Pemerintahan	Ilmu Administrasi Negara	621
		Ilmu Politik	371
3.	Sains dan Teknologi	Arsitektur	498
		Biologi	212
		Kimia	95
		Teknik Fisika	28
		Teknik Lingkungan	448
		Teknologi Informasi	588

4.	Syari'ah dan Hukum	Hukum Ekonomi Syari'ah (Muamalah)	1227
		Hukum Keluarga (Akhwal Syahsiyyah)	523
		Hukum Pidana Islam	551
		Hukum Tata Negara (Siyasah)	557
		Ilmu Hukum	725
		Perbandingan Mazhab dan Hukum	152
Grand Total			8.076

Sumber: Administrasi Biro Kepegawaian UIN Ar-raniry, 2023

Karena cakupan layanan tidak hanya mahasiswa pada gedung fakultas, maka berikut ini dilampirkan rekapitulasi kondisi Staff Gedung Fakultas dan Non-Fakultas Semester Ganjil Tahun Akademik 2023/2024.

Table 4.4 Rekapitulasi Staff Gedung Fakultas dan Non-Fakultas

No.	Gedung Fakultas	Jumlah Staff (Jiwa)	Total (Jiwa)
1	Adab dan Humaniora	58	258
2	Sains dan Teknologi	77	
3	Syari'ah dan Hukum	87	
4	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	36	
No.	Gedung Non-Fakultas	Jumlah Staff (Jiwa)	Total (Jiwa)
1	Gedung Biro Rektor	100	160
2	Gedung LP2M	30	
3	Gedung ICT Center	30	
Grand total			418

Sumber: Administrasi Biro Kepegawaian UIN Ar-raniry, 2023

4.4 Perhitungan Proyeksi Mahasiswa UIN Ar-raniry Banda Aceh

Perhitungan proyeksi mahasiswa dilakukan dengan 3 metode, yaitu metode aritmatik, metode geometrik dan metode eksponensial. Setelah diketahui hasil perhitungan masing-masing metode, maka akan dihitung uji kesesuaian dengan menggunakan metode standard deviasi dan koefisien korelasi. Penentuan metode proyeksi mahasiswa yang dipilih berdasarkan nilai standard deviasi yang terkecil dan koefisien korelasi mendekati 1.

Diketahui:

- Jumlah gedung layanan = 7 Gedung
- Jumlah total layanan = 8.494 jiwa
- Angka pertumbuhan mahasiswa = 2%
- Proyeksi = 10 Tahun

4.4.1 Proyeksi Mahasiswa Metode Geometri

Perhitungan pertumbuhan mahasiswa UIN Ar-raniry Banda Aceh tahun 2033 menggunakan persamaan berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

dimana:

- P_n = Jumlah penduduk setelah proyeksi
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal
- r = Angka pertumbuhan mahasiswa (%)
- n = Jangka waktu dalam tahun

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} P_n &= P_o (1 + r)^n \\ &= 8.494 (1 + 0,02)^{10} \\ &= 8.494 (1,02)^{10} \\ &= 8.494 \times 1,21 \\ &= 10.277,74 \\ &= 11.000 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Jadi, proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2033 sebanyak 11.000 jiwa.

4.4.2 Proyeksi Mahasiswa Metode Aritmatik

Perhitungan pertumbuhan mahasiswa UIN Ar-raniry Banda Aceh tahun 2033 menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tahun 2023} &= X_i - \bar{X} \\ &= 8.494 - 11.000 \\ &= -2.506 \\ &= (-2.506)^2 \\ &= 6.280.036 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Standar deviasi

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ni(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{6.280.036}{10-1}} \\ &= 697.781,77 \\ &= 698.000 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

4.4.3 Proyeksi Mahasiswa Metode Eksponensial

Perhitungan pertumbuhan mahasiswa UIN Ar-raniry Banda Aceh tahun 2033 menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Tahun 2023} = 8.494 \text{ jiwa}$$

Bilangan logaritma natural (e) - R $\cong 2,72$ R Y

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \cdot e^{r \cdot n} \\ &= 8.494 \cdot (2,72)^{0,02 \times 10} \\ &= 8.494 \cdot (2,72)^{0,2} \\ &= 8.494 \cdot 1,22 \\ &= 10.362,68 \\ &= 10.400 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Rekapitulasi perhitungan proyeksi penduduk:

Lokasi	Metode Proyeksi		
	Geometri	Aritmatik	Eksponensial
UIN Ar-raniry	11.000	698.000	10.400

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan koefisien korelasi pada tabel 4.5, maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai korelasi yang terbesar mendekati 1 adalah metode eksponensial dengan hasil proyeksi 10.400 jiwa. Metode eksponensial akan dipilih sebagai metode perhitungan proyeksi penduduk untuk perencanaan IPAL.

Langkah selanjutnya ialah menghitung debit potensi penggunaan air bersih menjadi air limbah untuk menentukan dimensi unit pengolahan.

Jumlah Gedung Fakultas Pelayanan	= 7 Gedung
Jumlah Layanan	= 8.494 jiwa
Potensi air limbah	= 80% dari penggunaan air bersih
V pemakaian air bersih oleh mahasiswa	= 8.494 jiwa \times 80 L/siswa/hari
	= 6.795,2 L/hari
	= 6,795 m ³ /hari
Volume pemakaian air	= 6,795 m ³ /hari + 20%
	= 8,154 m ³ /hari
	= 8.154 L/siswa/jam
Volume limbah yang dihasilkan	= 8,154 m ³ /hari \times 80% (SNI, 2005)
	= 6,52 m ³ /hari
	= 6.520 L/hari
	= 7.000 L/hari
	= 291,6 L/jam

Perihal menentukan waktu tinggal pada setiap unit-unit pengolahan dalam IPAL, maka perlu dilakukan perhitungan parameter beban pencemar yang dihasilkan perhari.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar TSS} &= 140 \text{ mg/L} \\ \text{Q}_{\text{air limbah}} &= 7.000 \text{ L/hari} \\ \text{TSS/hari} &= \text{TSS} \times \text{Q}_{\text{air limbah}} \\ &= 140 \text{ mg/L} \times 7.000 \text{ L/hari} \\ &= 980.000 \text{ mg/hari} \\ &= 0.98 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar BOD} &= 142 \text{ mg/L} \\ \text{Q}_{\text{air limbah}} &= 7.000 \text{ L/hari} \\ \text{BOD/hari} &= \text{BOD} \times \text{Q}_{\text{air limbah}} \\ &= 142 \text{ mg/L} \times 7.000 \text{ L/hari} \\ &= 994.000 \text{ mg/hari} \\ &= 0.99 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar COD} &= 235 \text{ mg/L} \\ \text{Q}_{\text{air limbah}} &= 7.000 \text{ L/hari} \\ \text{COD/hari} &= \text{COD} \times \text{Q}_{\text{air limbah}} \\ &= 235 \text{ mg/L} \times 7.000 \text{ L/hari} \\ &= 1.645.000 \text{ mg/hari} \\ &= 1.64 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar NH}_3 &= 22,47 \text{ mg/L} \\ \text{Q}_{\text{air limbah}} &= 7.000 \text{ L/hari} \\ \text{NH}_3/\text{hari} &= \text{NH}_3 \times \text{Q}_{\text{air limbah}} \\ &= 22,47 \text{ mg/L} \times 7.000 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

$$= 152.290 \text{ mg/hari}$$

$$= 0,15 \text{ kg/hari}$$

Diketahui:

$$\text{Kadar M\&L} = 12 \text{ mg/L}$$

$$Q_{\text{air limbah}} = 7.000 \text{ L/hari}$$

$$\text{M\&L/hari} = \text{M\&L} \times Q_{\text{air limbah}}$$

$$= 12 \text{ mg/L} \times 7.000 \text{ L/hari}$$

$$= 84.000 \text{ mg/hari}$$

$$= 0.08 \text{ kg/hari}$$

Parameter pH tidak diperhitungkan dalam perencanaan ini dikarenakan parameter tersebut netral atau masih di bawah standard baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.

4.5 Desain IPALD-T untuk UIN Ar-raniry Menggunakan Teknologi Membran Bioreaktor (MBR)

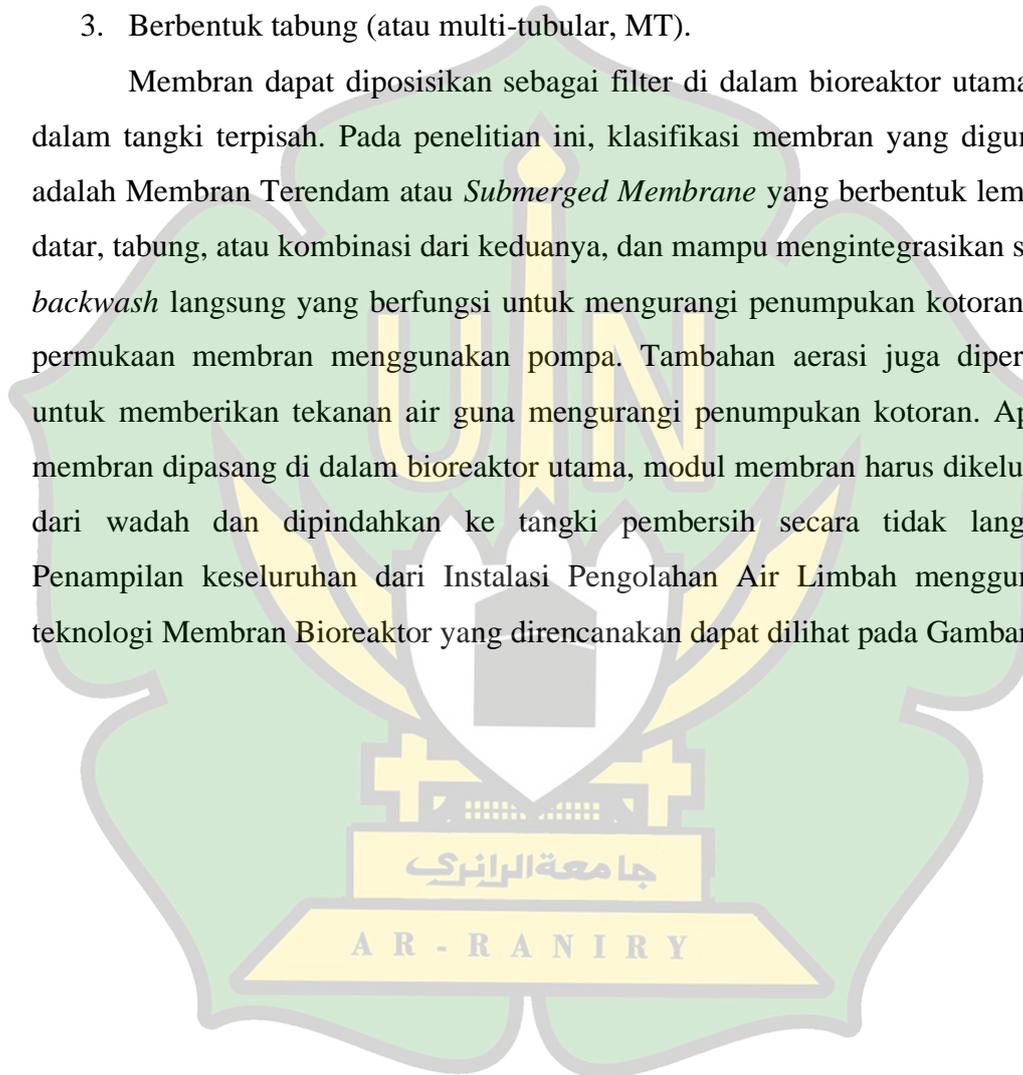
Teknologi membran bioreaktor pada instalasi pengolahan air limbah domestik adalah suatu sistem pengolahan air limbah yang menggabungkan teknologi biologi (bioreaktor) dan teknologi pemisahan membran. Dalam MBR, air limbah dialirkan melalui sebuah bioreaktor yang menggunakan bakteri-bakteri pengurai untuk menguraikan bahan organik dan unsur hara yang terkandung dalam air limbah. Air limbah yang telah diolah oleh bakteri-bakteri selanjutnya akan dipisahkan dari biomassa partikel padatan dengan menggunakan membran. Membran tersebut berfungsi sebagai filter yang memisahkan air dengan partikel-padatan, sehingga air yang keluar dari sistem MBR telah terbebas dari partikel-padatan dan biomassa yang terkandung dalam air limbah.

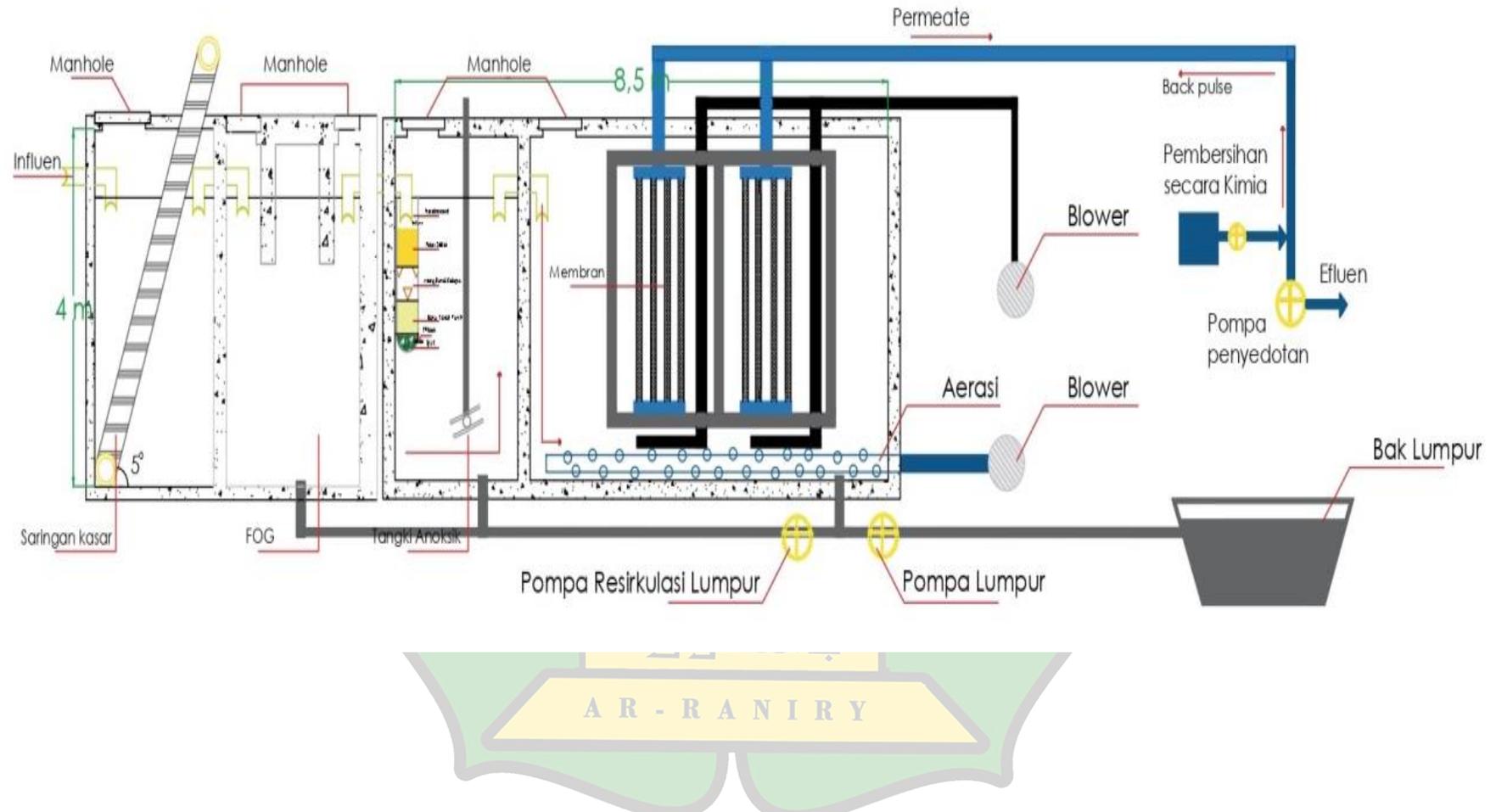
Pada tahap proses MBR, membran berfungsi sebagai alat pemisah padat-cair, menjaga biomassa di dalam bioreaktor sebelum mengalirkan limbah yang telah diolah ke lingkungan. Membran mikro (MF) dan ultrafiltrasi (UF) umumnya juga digunakan dalam teknologi MBR. Membran UF lebih disukai karena pemisahan yang lebih efisien (mampu menghilangkan beberapa koloid dan virus) serta risiko penyumbatan pori yang lebih rendah karena ukuran porinya yang lebih

kecil dibandingkan dengan membran MF. Hal ini menggantikan penggunaan alat penjernih dalam proses lumpur aktif konvensional (CAS). Ada tiga jenis geometri membran yang digunakan untuk MBR:

1. Serat berongga (HF);
2. Lembaran datar (FS);
3. Berbentuk tabung (atau multi-tubular, MT).

Membran dapat diposisikan sebagai filter di dalam bioreaktor utama atau dalam tangki terpisah. Pada penelitian ini, klasifikasi membran yang digunakan adalah Membran Terendam atau *Submerged Membrane* yang berbentuk lembaran datar, tabung, atau kombinasi dari keduanya, dan mampu mengintegrasikan sistem *backwash* langsung yang berfungsi untuk mengurangi penumpukan kotoran pada permukaan membran menggunakan pompa. Tambahan aerasi juga diperlukan untuk memberikan tekanan air guna mengurangi penumpukan kotoran. Apabila membran dipasang di dalam bioreaktor utama, modul membran harus dikeluarkan dari wadah dan dipindahkan ke tangki pembersih secara tidak langsung. Penampilan keseluruhan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah menggunakan teknologi Membran Bioreaktor yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Gambar 4.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Membran Bioreaktor (MBR) yang direncanakan.

Sistem MBR menggunakan membran berbentuk hollow fiber dirangkai dalam bentuk modul bulat yang melekat pada rak dan dicelupkan kedalam reaktor. Aerasi dan limbah dialirkan kedalam reaktor dengan two-phase air-water jet dari dasar modul. Sistem ini menghasilkan distribusi MLSS yang merata melalui modul dan mencegah mengendapnya padatan di permukaan membrane. Disarankan supaya proses pengolahan berjalan dengan baik maka jumlah membran yang dipakai sesuai dengan kapasitas dengan air limbah yang dialirkan ke MBR. Untuk keperluan ini maka desain untuk influen dan efluen harus sesuai dengan debit air yang dialirkan. Selain itu desain tanki reaktor sedemikian rupa agar dapat memudahkan untuk mengeluarkan membran jika debit kecil. Hal ini bertujuan supaya energi dapat dihemat dan membran dapat lebih awet jika tidak dipakai terus menerus. Setiap membran dilengkapi dengan pompa influen supaya lumpur dapat dialirkan ke tangki aerasi. Ini dimaksudkan agar proses mikrobiologi di lumpur tetap aktif dan terjadi penumpukan lumpur di reaktor. Aliran lumpur yang di recycle secara gravitasi menuju sistem aerasi.

4.6 Perawatan atau *Maintenance* IPAL dengan Teknologi MBR

1. Saringan Kasar/*Bar Screen*

Perawatan *bar screen* dapat dilakukan minimal 2 kali dalam 1 minggu untuk memastikan tidak ada limbah padat berupa plastik, daun-daun dan yang lainnya ikut mengalir ke dalam IPAL sehingga mengganggu proses pengolahan.

2. FOG (*Fat Oil and Grease*)

Perawatan unit FOG atau perangkap minyak dan lemak dilakukan minimal 2 kali dalam 1 minggu untuk memastikan lemak tidak menumpuk dan mempengaruhi kualitas *effluent* hasil pengolahan.

3. Filtrasi Sederhana

Perawatan filtrasi sederhana yang terdiri dari pasir silika, arang batok kelapa, batu koral putih dan ijuk dapat dilakukan minimal 1 kali dalam seminggu. Komponen filtrasi diganti dengan yang baru agar mencegah bakteri lain tumbuh dan mempengaruhi kualitas *effluent* hasil filtrasi.

4. Tanki Anoksik

Perawatan Tanki Anoksik ini terbilang cukup mudah karena menggunakan pompa penyedot minimal 1 kali dalam seminggu untuk membuang lumpur yang sudah tidak aktif agar mencegah bakteri lain tumbuh dan mengganggu proses pengolahan air limbah.

5. Membran Bioreaktor (MBR)

Pembersihan secara fisik dilakukan secara berkala terhadap permukaan membran dan juga pembersihan dengan bahan kimia dengan periodik. Metode pembersihan dikembangkan sesuai dengan penelitian skala pilot. Pembersihan dapat dilakukan setiap 6 minggu sekali agar menjaga kondisi membran tetap optimum dalam melakukan proses pemisahan terhadap nilai fluks yang tetap. Salah satu penunjang dalam kinerja operasional MBR yaitu perawatan pada unit yang dilakukan secara rutin. Perawatan dilakukan dengan proses pencucian membran dengan tujuan mampu memperpanjang umur membran dan menghilangkan *foulant* akibat peristiwa *fouling*.

4.7 Perhitungan Dimensi Unit-Unit Pengolahan Air Limbah

4.7.1 Bar Screen

Bar screen atau saringan kasar berfungsi sebagai penyaring limbah padat atau sampah-sampah yang tingkat probabilitasnya tinggi akan ikut mengalir bersama dengan air limbah yang akan diolah dalam IPAL. Berikut perhitungan dimensi bak yang di dalamnya akan diletakkan saringan kasar:

❖ Diketahui

- Debit air limbah (Q) = 7 m³/hari
- Waktu tinggal (rt) = 0,5 – 2 jam
- Kedalaman = 2,5 m
- Lebar = 1 m

❖ Dimensi bak yang diperoleh:

- Panjang = 4 m
- Lebar = 1 m
- Kedalaman air = 2,5 m

- Ruang bebas = 1,5 m
- Tinggi = 4 m
- Panjang saringan kasar = 1,5 m
- Kemiringan = 5°

4.7.2 FOG (*Fat, Oil and Grease*)

FOG atau yang biasa disebut Bak Penangkap Minyak dan Lemak berfungsi sebagai penyisihan minyak dan lemak pada air limbah agar tidak mengganggu proses pengolahan dalam unit IPAL. Berikut perhitungan dimensi bak penangkap minyak dan lemak:

❖ Diketahui

- Debit air limbah (Q) = 7 m³/hari
- Waktu tinggal (rt) = 0,5 – 2 jam
- Kedalaman = 2,5 m
- Lebar = 1 m

❖ Dimensi bak yang diperoleh:

- Panjang = 4 m
- Lebar = 1 m
- Kedalaman air = 2,5 m
- Ruang bebas = 1,5 m
- Tinggi = 4 m

Perhitungan produksi minyak pada bak penangkap lemak:

❖ Diketahui

- Debit rata-rata = 7 m³/hari
- Konsentrasi minyak = 3,55 mg/l
= 3,55 mg/l × 10⁻³kg/m³
- Massa jenis minyak = 0,900 kg/l
- Rt = 60 menit

❖ Perhitungan:

- Massa minyak = Konsentrasi minyak (kg/m^3) \times debit rata-rata (m^3/hari)
 $= 3,55 \text{ mg/l} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 7 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 0,24 \text{ kg/hari}$
- Volume minyak = Massa minyak (kg/hari) / Massa jenis minyak (kg/l)
 $= \frac{0,24 \text{ kg/hari}}{0,900 \text{ kg/l}}$
 $= 0,26 \text{ kg/l}$
 $= 0,00026 \text{ m}^3$

4.7.3 Filtrasi Sederhana

Filtrasi sederhana berfungsi sebagai reduksi partikel tersuspensi dengan cara melewati air limbah masuk ke dalam unit filtrasi lalu keluar sebagai efluen air limbah yang sudah tereduksi kadar beban pencemarnya. Filtrasi ini terdiri dari pasir silika, arang batok kelapa, batu koral putih dan ijuk yang masing-masing dengan ukuran 0,15 m, juga tinggi ruang bebas 0,15m. Total ketinggian filtrasi sederhana yaitu 0,75 m.

4.7.4 Tangki Anoksik

Tangki anoksik berfungsi untuk mengoksidasi air limbah dengan kadar ammonia yang tinggi yang dilengkapi dengan blower udara sebagai aerator. Berikut perhitungan dimensi unit tangki anoksik.

1. Influen

- Debit yang masuk ke tangki anoksik sebesar

$$Q_{\text{air limbah}} = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke tangki anoksik dengan parameter:

$$\text{BOD}_{\text{influen}} = 142 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD}_{\text{influen}} = 235 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS}_{\text{influen}} = 140 \text{ mg/l}$$

$$\text{NH}_3_{\text{influen}} = 22,47 \text{ mg/l}$$

$$\text{Minyak dan Lemak} = 12 \text{ mg/l}$$

2. Perhitungan dimensi

- Beban BOD dan COD dalam air limbah (kg/hari)

$$\begin{aligned} \text{Total beban BOD} &= Q_{\text{air limbah}} \times \text{BOD}_{\text{in}} \\ &= 7 \text{ m}^3/\text{hari} \times 142 \text{ mg/l} \\ &= 994 \text{ g/hari} \\ &= 0,99 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban COD} &= Q_{\text{air limbah}} \times \text{COD}_{\text{in}} \\ &= 7 \text{ m}^3/\text{hari} \times 235 \text{ mg/l} \\ &= 1.645 \text{ g/hari} \\ &= 1,64 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki anoksik}} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman} \\ &= 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

4.7.5 Unit Membran Bioreaktor (MBR)

Dalam mendesain MBR tergantung faktor SRT (*Sludge Retention Time*) dan HRT (*Hidraulic Retention Time*) yang mempengaruhi kinerja MBR. Konfigurasi membran yang harus dipenuhi bioreaktor ini adalah (Gupta N; Jana N; Majumder CB, 2008):

1. *Hollow Fiber-Capillary*:

- Diameter membran sangat kecil (<1 mm)
- Sejumlah besar membran dalam modul dan unit pendukungnya.
- Densitas 600 – 1.200 m²/m³ (untuk *capillary membrane*) sampai 30.000 m²/m³ (untuk *hollow fiber membrane*)
- Hasil dari proses selama melewati membran dikumpulkan diluar membran.

2. Plat dan Frame:

- Bentuk sederhana dan membrane dapat dipindahkan dengan mudah.
- Mirip dengan filter press; densitas 100 – 400 m²/m³.

- Membrane diletakkan parallel dengan influen saling berhadapan satu sama lain.

SRT dapat dinyatakan dalam persamaan di bawah ini (Gupta N; Jana N; Majumder CB, 2008):

$$\text{SRT} = \frac{V \cdot X}{Q \cdot X} = V/Q$$

Dimana;

V = Volume reaktor

X = Konsentrasi biomasa dalam reaktor

Q = Debit air limbah yang masuk reaktor

Perhitungan konsentrasi substrat awal (s) dan konsentrasi substrat setelah waktu t (S_t) air limbah dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$s = K_s \mu_s - (K_d + 1/\text{SRT}) / (K_d + 1/\text{SRT})$$

dimana;

K_s, K_d, μ_s = biokinetik koefisien

Untuk menghitung Death Rate Constant (K_d) dapat dilakukan dengan persamaan:

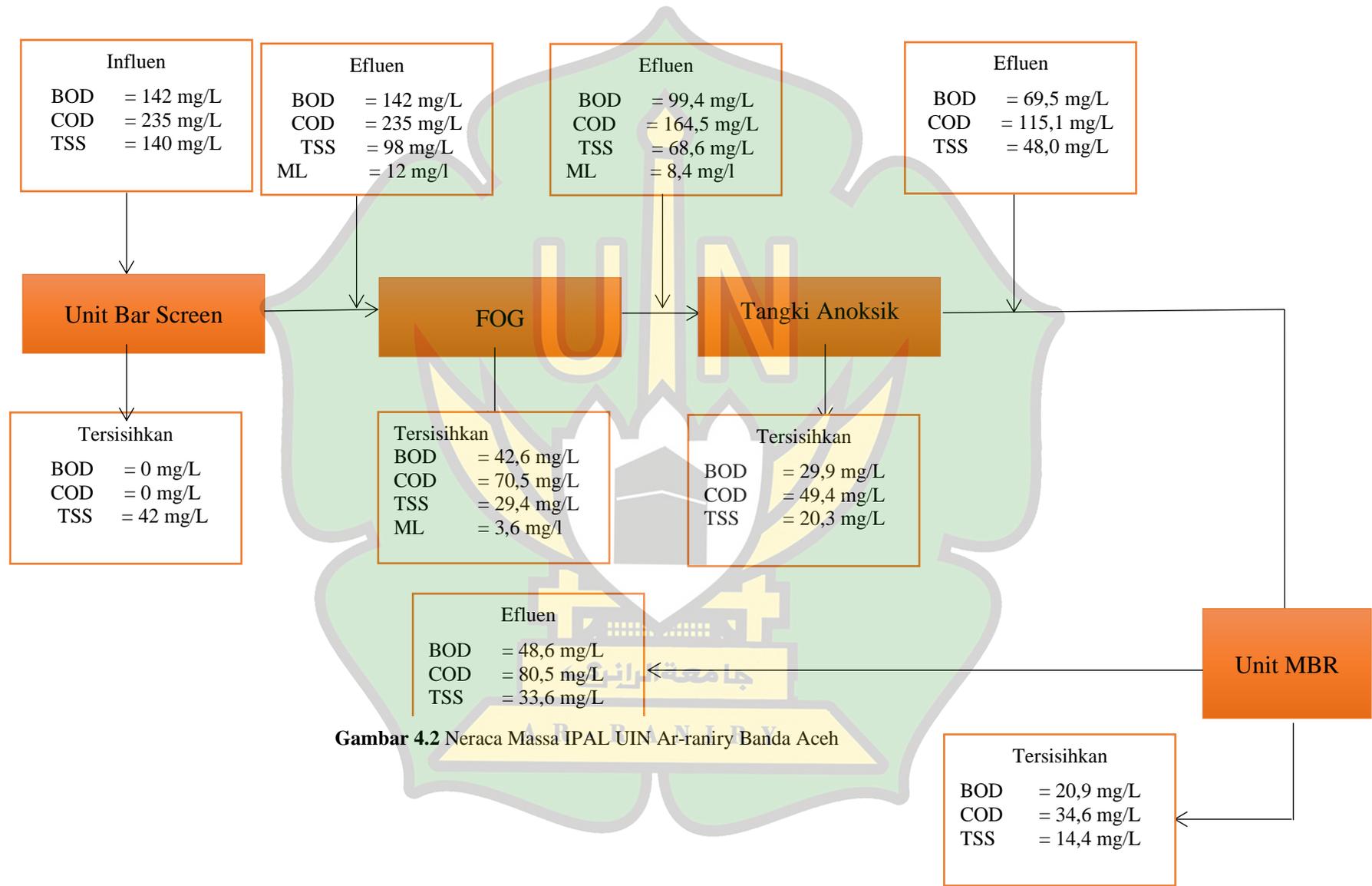
$$Q/X \cdot V(S_t - S) = (1/\text{SRT}) \cdot (1/\delta) + (1/\delta)$$

dimana:

δ = koefisien yield

3. Dimensi yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} V_{\text{membran}} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman} \\ &= 7,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 131,2 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 4.2 Neraca Massa IPAL UIN Ar-raniry Banda Aceh

4.8 Bill of Quantity (BoQ)

Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) pada perencanaan ini meliputi pembersihan lahan, penggalian tanah untuk konstruksi, bekisting lantai dan dinding, pekerjaan pembesian sloof dengan besi beton (polos), pekerjaan beton K-255, pengurugan pasir dengan pemadatan. Perhitungan BOQ perencanaan IPAL di UIN Ar-raniry Banda Aceh dapat dilihat pada Tabel 4.6 merupakan hasil Rekapitulasi Perhitungan BoQ.

Tabel 4.6 *Bill of Quantity*

No	Uraian Pekerjaan	Unit IPAL	Kuantitas	Satuan
1	Pembersihan Lahan	Bak Pemisah Lemak	2	m ²
		Bak Ekualisasi	3,38	m ²
		Bak pengendap awal	2,8322	m ²
		Bak biofilter anaerob	7,0688	m ²
		Bak biofilter aerob	3,1752	m ²
		Bak Pengendap Akhir	1,125	m ²
2	Penggalian Tanah	Bak Pemisah Lemak	4,752	m ³
		Bak Ekualisasi	18,615	m ³
		Bak pengendap awal	16,13373	m ³

No	Uraian Pekerjaan	Unit IPAL	Kuantitas	Satuan
		Bak biofilter anaerob	34,61952	m ³
		Bak biofilter aerob	17,69228	m ³
		Bak Pengendap Akhir	7,97525	m ³
3	Pengurangan Pasir Dengan Pemadatan	Bak Pemisah Lemak	0,288	m ³
		Bak Ekualisasi	0,51	m ³
		Bak pengendap awal	0,44202	m ³
		Bak biofilter anaerob	0,94848	m ³
		Bak biofilter aerob	0,48472	m ³
		Bak Pengendap Akhir	0,2185	m ³
4	Lantai Kerja	Bak Pemisah Lemak	1,44	m ³
		Bak Ekualisasi	2,55	m ³
		Bak pengendap awal	2,2101	m ³
		Bak biofilter anaerob	4,7424	m ³
		Bak biofilter aerob	2,4236	m ³
		Bak Pengendap Akhir	1,0925	m ³
5	Bekisting Lantai	Bak Pemisah Lemak	3,36	m ²
		Bak Ekualisasi	6,76	m ²
		Bak pengendap awal	5,6644	m ²
		Bak biofilter anaerob	14,1376	m ²
		Bak biofilter aerob	6,3504	m ²
		Bak Pengendap Akhir	2,25	m ²
	Bekisting Dinding	Bak Pemisah Lemak	12	m ²
		Bak Ekualisasi	45,5	m ²
		Bak pengendap	41,65	m ²

No	Uraian Pekerjaan	Unit IPAL	Kuantitas	Satuan
		awal		
		Bak biofilter anaerob	65,8	m ²
		Bak biofilter aerob	44,1	m ²
		Bak Pengendap Akhir	26,25	m ²
6	Beton K-225 (Lantai)	Bak Pemisah Lemak	1	m ³
		Bak Ekualisasi	5	m ³
		Bak pengendap awal	4	m ³
		Bak biofilter anaerob	7	m ³
		Bak biofilter aerob	4	m ³
		Bak Pengendap Akhir	3	m ³
7	Beton K-225 (Dinding)	Bak Pemisah Lemak	1,2	m ³
		Bak Ekualisasi	4,55	m ³
		Bak pengendap awal	4,165	m ³
		Bak biofilter anaerob	6,58	m ³
		Bak biofilter aerob	4,41	m ³
		Bak Pengendap Akhir	2,625	m ³
8	Sloof (Bekisting)	Bak Pemisah Lemak	2,4	m ³
		Bak Ekualisasi	3,9	m ³
		Bak pengendap awal	3,57	m ³
		Bak biofilter anaerob	5,64	m ³
		Bak biofilter aerob	3,78	m ³
		Bak Pengendap Akhir	2,25	m ³
9	Beton Sloof Ø 150 mm	Bak Pemisah Lemak	0,52	m ³
		Bak Ekualisasi	0,11	m ³

No	Uraian Pekerjaan	Unit IPAL	Kuantitas	Satuan
		Bak pengendap awal	0,88	m ³
		Bak biofilter anaerob	0,22	m ³
		Bak biofilter aerob	0,10	m ³
		Bak Pengendap Akhir	0,40	m ³
	Pembesian Sloof		336	kg
10	Beton Pengisi strous	Bak Pemisah Lemak	15,8256	m ³
		Bak Ekualisasi	31,8396	m ³
		Bak pengendap awal	26,67932	m ³
		Bak biofilter anaerob	66,5881	m ³
		Bak biofilter aerob	29,91038	m ³
		Bak Pengendap Akhir	10,5975	m ³
	Pembesian Sloof		27.216	kg
11	Plesteran	Bak Pemisah Lemak	6,28	m ²
		Bak Ekualisasi	13,13	m ²
		Bak pengendap awal	11,7572	m ²
		Bak biofilter anaerob	21,1688	m ²
		Bak biofilter aerob	12,6252	m ²
		Bak Pengendap Akhir	6,75	m ²
12	Acian		71,7112	m ²
13	Waterproof		71,7112	m ²

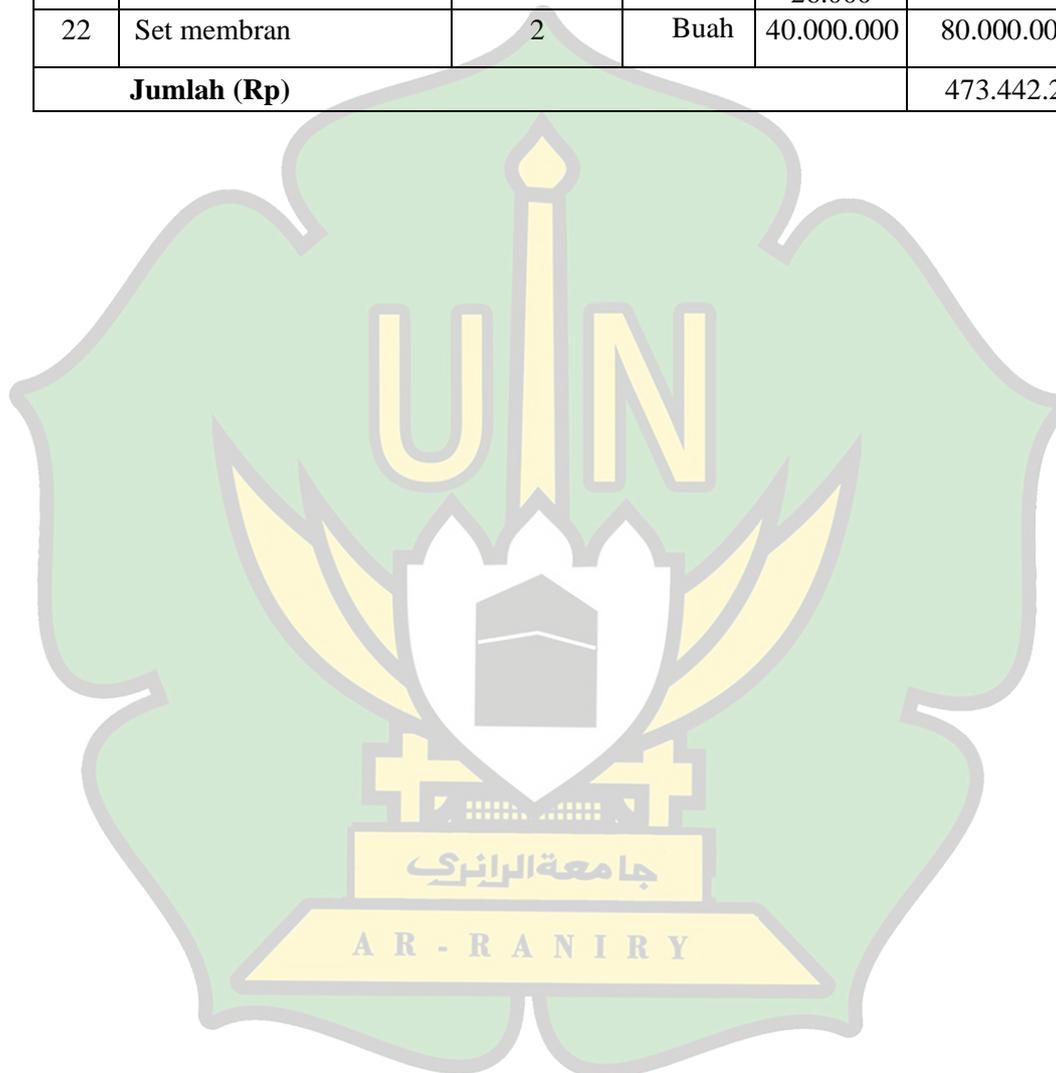
4.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara BOQ dengan harga satuan pekerjaan yang telah disesuaikan. melalui penyesuaian dengan harga yang berlaku di pasar. Perhitungan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan 76 dalam perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di UIN Ar-raniry dengan cara mengalikan beban setiap unit pekerjaan dengan nilai satuan harga yang telah ditentukan yang dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan RAB

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Pembersihan dan Perataan Tanah	60,75	m ²	25.362,96	1.540.800
2	Penggalian Tanah dengan Alat Berat	100	m ³	51.251	5.125.100
3	Pengurugan Pasir dengan Pemadatan	3	m ³	259.500	778.500
4	Lantai Kerja	15	m ³	865.721	12.985.815
5	Bekisting Lantai	40	m ²	430.800	17.232.000
6	Bekisting Dinding	235	m ²	394.575	92.725.125
7	Pekerjaan Lantai Beton K-225	8	m ³	1.141.588	9.132.704
8	Pekerjaan Dinding Beton K-225	24	m ³	1.414.588	27.398.112
9	Pekerjaan Sloof Beton Bertulang	22	m ³	6.275.635	138.063.970
10	Pembuatan Lubang Pondasi Strauss Pile	27	titik	210.000	5.670.000
11	Pekerjaan Pembesian Strouss	28	m ³	1.141.961	31.974.908
12	Pekerjaan Plesteran Halus	72	m ²	84.731	6.100.632
13	Pekerjaan Acian	72	m ²	53.740	3.869.280
14	Pekerjaan Waterproofing	72	m ²	41,93	3.018.960
15	Pekerjaan Pipa PVC 150mm	7	m	117.338	821.366
16	Pekerjaan Instalasi Pompa Submersible	2		7.323.750	14.647.500

17	Panel Pompa 2 HP, WLC	1	Ls	3.829.500	3.829.500
18	Water Meter	1	buah	2.928.000	2.928.000
19	Jaringan Pipa Udara dan Difuser	2	buah	2.500.000	5.000.000
20	Lampu Penerangan	6	buah	250.000	1.500.000
21	Pengecatan	350	m ²	26.000	9.100.000
22	Set membran	2	Buah	40.000.000	80.000.000
Jumlah (Rp)					473.442.272



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan desain IPALD-T untuk Kampus UIN Ar-raniry Banda Aceh, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perhitungan debit air limbah yang telah dilakukan berdasarkan data primer, sekunder, didapatkan debit air limbah yang dihasilkan UIN Ar-raniry Banda Aceh adalah 7.000 L/hari.
2. Teknologi pengolahan air limbah yang dapat diterapkan di Kampus UIN Ar-raniry Banda Aceh dengan menggunakan teknologi Membran Bioreaktor (MBR).
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pekerjaan pembangunan IPALD-T Kampus UIN-Ar-raniry ialah sebesar Rp. 473.442.272,-

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perbanyak literasi penelitian terdahulu atau Peraturan Pemerintah terkait sebagai perluasan wawasan tentang Ilmu Perencanaan dan Desain IPAL.
2. Kepada pelaku usaha dan/atau kegiatan agar melakukan evaluasi berkala dan pemantauan kinerja agar instalasi pengolahan air limbah dapat beroperasi secara efektif dalam jangka panjang.
3. Menjalin kerjasama yang erat antara pemerintah, lembaga akademisi dan masyarakat sipil dalam memastikan kesuksesan implementasi IPALD-T.

DAFTAR PUSTAKA

- Aceh, P. W. B. (2022). Harga Satuan Pokok Kegiatan Konstruksi Pemerintah Kota Banda Aceh Tahun Anggaran 2023. 1–4.
- Agustiningsih, D., dan Sasongko, S. B. (2012). Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi*, 9(2), 64-71–71.
- Akbar, T. R. R. (2018). Analisis Kualitas Sumber Air Tanah Asrama Mahasiswa UIN Ar-Raniry Banda Aceh Ditinjau dari Parameter Fisik. 1, 430–439.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., dan Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22.
- Anwariani, D. (2019). Pengaruh Air Limbah Domestik terhadap Kualitas Sungai.
- Arif, A. U. A., Sorour, M. T., dan Aly, S. A. (2020). Cost Analysis of Activated Sludge and Membrane Bioreactor WWTPS using Capdetworks Simulation Program: Case Study Of Tikrit WWTP (middle Iraq). *Alexandria Engineering Journal*, 59(6), 4659–4667.
- Askari, H. (2015). Perkembangan Pengolahan Air Limbah. *Carbon (TOC)*, 200(135), 1–10.
- Dewi, Y. S., dan Buchori, Y. (2016). Penurunan COD, TSS pada Penyaringan Air Limbah Tahu menggunakan Media Kombinasi Pasir Kuarsa, Karbon Aktif, Sekam Padi dan Zeolit. *Ilmiah Satya Negara Indonesia*, 9(1), 74–80.
- Domańska, M., Boral, A., Hamal, K., Kuśnierz, M., Łomotowski, J., dan Płaza-Ozóg, P. (2019). Efficiency of Municipal Wastewater Treatment with Membrane Bioreactor. *Journal of Water and Land Development*, 41(1), 47–54.
- Elistiawati, L., Nurhayati, N., dan Purnaini, R. (2021). Analisis Penentuan Lokasi Prioritas Jaringan SPALD Terpusat Kawasan Perkotaan Ngabang. *Jurnal TEKNIK-SIPIL*, 21(1).
- Fatemeh, D., Reza, Z. M., Mohammad, A., Salomeh, K., Reza, A. G., Hossein, S., Maryam, S., Azam, A., Mana, S., Negin, N., Reza, K. A., dan Saeed, F. (2014). Rapid Detection of Coliforms in Drinking Water of Arak City using Multiplex PCR Method in Comparison With The Standard Method Of Culture (Most Probably Number). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(5), 404–409.
- Gazali, I., Widiatmono, B. R., dan Wirosoedarmo, R. (2013). Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas terhadap Kualitas Air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknik Perairan Tropis Dan Biosistem*, 1(2), 1–8.

- Hartaja, D. R. K. (2018). Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Kapasitas 40 m³/hari. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 10(2), 99–113.
- Hasmawaty, H. (2018). *Sludge Removal Laut atau Sungai*. 1–13.
- Hernaningsih, T. (2018). Aplikasi Membrane Bioreactor (Mbr) Untuk Proses Daur Ulang Air Limbah. *Jurnal Air Indonesia*, 7(2).
- Hidayati, R. (2016). Efektifitas Kombinasi Anerobic Baffled Reactor-Aerobic Filter (ABR-AF) Terhadap Penurunan Kadar COD Pada Limbah Cair PT X.
- Indrayani, L. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik di Yogyakarta. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 12(2), 173.
- Kadir, O., dan Acikgoz, C. (2018). Treatment of Domestic Wastewater by Membrane Bioreactor System (MBR). *Journal of Engineering Research and Applied Science*. May.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2017). Petunjuk Teknis Restorasi Kualitas Air Sungai. *Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia*, 021, 1–106.
- Kencanawati, C. I. P. K. (2016). Sistem Pengelolaan Air Limbah dan Sampah. *Sistem Pengolahan Air Limbah*, 7473, 1–55.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., dan Supit, C. J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar di Kota Tondano. *Tekno*, 19(77), 67–76.
- Maulana, M. R., dan Marsono, B. D. (2021). Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten Sumedang). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2).
- Maulani, D. I., dan Widodo, E. (2016). Analisis Pengaruh BOD, TSS, dan Minyak Lemak terhadap COD dengan Pendekatan Regresi Linear Berganda PT.X di Tangerang. *1*, 244–248.
- Natalia, L. A., Harninabintari, S., dan Mustikaningtyas, D. (2014). Kajian Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang Di Kabupaten Blora. *Unnes Journal of Life Science*, 3(1), 31–38.
- Nurjanah, S., Zaman, B., dan Syakur, A. (2017). Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–17.
- Puspitasari, C. (2015). Penurunan Kadar Amonia (NH₃) Pada Limbah Cair Industri Pemindangan Ikan menggunakan Adsorben Ampas Tebu sebagai Sumber Belajar Biologi. *3*, 103–111.
- Rahmat, B., dan Mallongi, A. (2018). Studi Karakteristik dan Kualitas BOD dan COD Limbah Cair. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 1(69), 1–16.
- Ramadani, R., Samsunar, S., dan Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat

- Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), Dan Biologcal Oxygen Demand (BOD) Dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22.
- Rimantho, D., dan Athiyah. (2019). Analisis Kapabilitas Proses Untuk Pengendalian Kualitas Air Limbah di Industri Farmasi. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 1–8.
- Riyanda Agustira, Kemala Sari Lubis, J. (2019). Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang akibat Pembuangan Limbah Tapioka. 3(2), 58–66.
- Rosadi, S. N. S., Mutiari, D., Yuliarahma, T., dan Madania, A. A. (2021). Pemanfaatan Air Bekas Cuci Piring sebagai Pengganti Air Bersih untuk Penyiraman Tanaman Di Edupark Gemolong. *Simposium Nasional RAPI*, 1, 263–267.
- Royan, M. R., Solim, M. H., dan Santanumurti, M. B. (2019). Ammonia-Eliminating Potential of *Gracilaria* sp. and Zeolite: A Preliminary Study of The Efficient Ammonia Eliminator in Aquatic Environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236(1).
- Said, N. I. (2018). Paket Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit yang Murah dan Efisien. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1), 52–65.
- Sastrawijaya, I. G. A., Supraba, I., dan Ahmad, J. S. M. (2022). Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Skala Permukiman. 14, 78–92.
- Sitompul, D. F., Sutisna, M., dan Pharmawati, K. (2013). Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 1(2), 1–10.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-7065-2005 (2005) *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*.
- Sulistia, S., dan Septisya, A. C. (2020). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1), 41–57.
- Sumantri, A., dan Cordova, R. M. (2011). Dampak Limbah Domestik Perumahan Skala Kecil Terhadap Kualitas Air Ekosistem Penerimaannya dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Masyarakat. *Jpsl*, 2(1), 127–134.
- Sunardi, S. H., dan Mukimin, A. (2014). Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak pada Contoh Uji Air. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 5(1), 1–6.
- Sunarti, T. C., Suprihatin, dan Lauda, R. D. (2014). Stabilisasi Sludge dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Menggunakan Starter Bakteri Indigenous pada Aerobic Sludge Digester. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia*, 3(1), 201–213.
- Tchobanoglous, G., L. Burton, F., dan Stensel, D. H. (2014). *Metcalf dan Eddy*:

- Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. In *McGraw Hill Companies, Inc.* (Issue 7, p. 421).
- Ullah, A., Hussain, S., Wasim, A., dan Jahanzaib, M. (2020). Science Of The Total Environment Development of a Decision Support System for The Selection of Wastewater Treatment Technologies. *Science of the Total Environment*, 731, 139158.
- Ummah, F. N., Utomo, B., dan Sudarto, S. (2018). Evaluasi Kinerja dan Pengembangan Pengolahan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) Mojosoongo. *Matriks Teknik Sipil*, 6(3), 555–564.
- Vandith, V., Soleh Setiyawan, A., Soewondo, P., Bophann, P., dan Hardjono. (2018). Kinetics of Nutrient Removal in an On-Site Domestic Wastewater Treatment Facility. *MATEC Web of Conferences*, 147, 1–7.
- Wahyuni, E. A. (2015). The Influence of pH Characteristics on the Occurance of Coliform Bacteria in Madura Strait. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 130–135.
- Wang, L. K., dan Pereira, N. C. (2012). Biological Treatment Processes (Handbook of Environmental Engineering: *Volume 3*).
- Xiao, K., Xu, Y., Liang, S., Lei, T., Sun, J., Wen, X., Zhang, H., Chen, C., dan Huang, X. (2014). Engineering Application of Membrane Bioreactor for Wastewater Treatment in China: Current State and Future Prospect. *Frontiers of Environmental Science and Engineering*, 8(6), 805–819.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuesioner wawancara terkait kondisi eksisting pengolahan air limbah di lingkungan UIN Ar-raniry Banda Aceh

No.	Pertanyaan	Narasumber	Jawaban Narasumber
1.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagaimana pihak kampus mengolah air limbahnya sebelum dibuang ke badan penerima air? 2. Akan dibawa kemana hasil penyedotan tersebut? 	Security kampus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Air limbah dari kegiatan mahasiswa dan staff kampus dikumpulkan ke dalam bak penampungan lalu kami melakukan penyedotan secara berkala oleh pihak ketiga. 2. Air limbah akan diolah lebih lanjut oleh pihak ketiga secara lebih lanjut
2.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada saat bak penampungan sudah mulai penuh, apakah tidak menimbulkan bau yang tidak sedap? 2. Apa Langkah yang dilakukan apabila hal itu terjadi? 	Mahasiswa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ya, karena air mulai memenuhi tangka septik dan mendekati permukaan tanah sehingga menimbulkan aroma yang tidak sedap. 2. Pihak kampus akan melakukan <i>maintenance</i> untuk menanggulangi bau tersebut.
3.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sudah berapa lama pihak kampus menerapkan pengolahan air limbah sistem setempat (tangki septik)? 2. Apakah ada rencana dari pihak kampus untuk meningkatkan system pengolahan air limbah di kampus? 	Staf kampus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sejak awal berdirinya, kampus telah menerapkan pengolahan air limbah sistem setempat (tangka septik). 2. Terkait hal itu belum ada suatu kejelasan yang pasti, akan tetapi pihak kampus akan ters berusaha untuk lebih baik.

Lampiran 2. Hasil Uji Laboratorium Grey Water



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

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 050/JTK-USK/LTPKL/2024

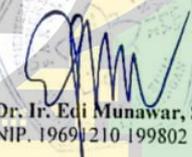
Nama Pelanggan : Hidayatullah
Alamat Pelanggan : Desa Lambiheu Siem-Darussalam
Tanggal di Terima : 20 Maret 2024
Jenis Contoh Uji : Air Limbah Domestik
Kode Contoh Uji : Grey Water (GW)
Untuk Keperluan : Tugas Akhir
Tanggal di Analisa : 22 Maret 2024 s/d 28 Maret 2024
Baku Mutu : Lampiran I Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	pH	-	6-9	6,9	
2.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	134	
3.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	30	374	
4.	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	100	513	
5.	Ammonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	5,288	
6.	Total Coliform	Jlh/100 mL	3000	>1.100	

Keterangan:

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

Darussalam, 28 Maret 2024
Ketua,


Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 196912101998021001

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Lampiran 3. Hasil Uji Laboratorium *Black Water*



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

LEMBAR HASIL UJI Nomor: 049/JTK-USK/LTPKL/2024

Nama Pelanggan : Hidayatullah
Alamat Pelanggan : Desa Lambileu Siem-Darussalam
Tanggal di Terima : 20 Maret 2024
Jenis Contoh Uji : Air Limbah Domestik
Kode Contoh Uji : Black Water (BW)
Untuk Keperluan : Tugas Akhir
Tanggal di Analisa : 22 Maret 2024 s/d 28 Maret 2024
Baku Mutu : Lampiran 1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	pH	-	6-9	7,4	
2.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	98	
3.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/l	30	104	
4.	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/l	100	359	
5.	Ammonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	5,345	
6.	Total Coliform	Jlh/100 mL	3000	>1.100	

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

Darussalam, 28 Maret 2024
Ketua,


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

جامعة الرانيري

AR - RANIRY