

**OPTIMASI PROSES PENGOLAHAN LIMBAH IPALD  
AJIBATA UNTUK MEMENUHI STANDART  
BAKU MUTU AIR**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**ERWIN METUSALAI PAKPAHAN  
208110070**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/7/25

Access From (repository.uma.ac.id)11/7/25

**OPTIMASI PROSES PENGOLAHAN LIMBAH IPALD  
AJIBATA UNTUK MEMENUHI STANDART  
BAKU MUTU AIR**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



**Oleh:**

**ERWIN METUSALAI PAKPAHAN  
208110070**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS  
MEDAN AREA MEDAN  
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/7/25

Access From (repository.uma.ac.id)11/7/25

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Optimasi Proses Pengolahan Limbah IPALD Ajibata untuk Memenuhi Standart Baku Mutu Air  
Nama : Erwin Metusalai Pakpahan  
NPM : 208110070  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:

 8 Mei 2025.

(C. Mahliza Nasution, S.T., M.T  
Pembimbing



Prianto, S.T., M.T  
Dekan



Tika Bunga Wulandari, S.T., M.T  
Kw. Program Studi

Tanggal Lulus: 20 Maret 2025

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis adalah karya tulis sendiri yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana. Sesuai dengan standar, aturan, dan etika penulisan ilmiah, bagian-bagian tertentu dalam skripsi ini yang saya ambil dari karya orang lain telah dikutip secara eksplisit. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi untuk mencabut gelar akademik saya dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.



Medan, 20 Maret 2025

Erwin Metusalai Pakpahan  
208110070



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASISKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Erwin Metusalai Pakpahan  
NPM : 208110070  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Optimasi Proses Pengolahan Limbah IPALD Ajibata untuk Memenuhi Standart Baku Mutu Air. Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada Tanggal : 20 Maret 2025  
Yang menyatakan



(Erwin Metusalai Pakpahan)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tiban Lama pada tanggal 22 April 1998 merupakan anak dari (alm) Ayah Jani Pakpahan dan Ibu Pintauli Tambunan. Penulis merupakan anak putra ke-2 (dua) dari 3 (tiga) bersaudara. Tahun 2018 penulis lulus dari SMA PGRI 20 Siborong-borong dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik dengan jurusan S-1 Teknik Sipil di Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Apartemen *Princeton Newland Development* Medan.



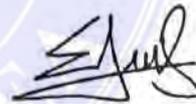
## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah sistem pengelolaan air limbah domestik dengan judul "Optimasi Proses Pengolahan Limbah IPALD Ajibata untuk Memenuhi Standart Baku Mutu Air".

Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Mahliza Nasution, S.T., M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada instansi terkait yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Erwin Metusalai Pakpahan)

## ABSTRAK

Optimasi Proses Pengolahan Air Limbah IPALD Ajibata Untuk Memenuhi Standar Baku Mutu Air adalah proses pengolahan air limbah domestik yang harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan maupun masalah kesehatan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui efektivitas dan efisiensi terhadap kinerja sistem dari pengelolaan limbah di IPALD Ajibata serta Mengetahui kapasitas daya tampung IPALD terhadap pemasukan air limbah dan kinerja sistem pengelolaan limbah domestik dari masyarakat pengguna IPALD. Metode yang digunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Hasil penelitian ini adalah bahwa proses pengolahan air limbah di Ajibata belum terlayani dengan baik dikarenakan masih belum sepenuhnya memenuhi standar proses yang ditetapkan dimana beberapa kriteria dalam proses pengolahan air limbah yang belum terlaksanakan, kinerja sistem dari pengelolaan air limbah yang dilakukan IPALD Ajibata dimulai dari optimasi *inlet* hingga disinfeksi ozon berjalan secara efektivitas karena telah memanfaatkan penggunaan teknologi, hanya saja masih belum efisien. Ini dikarenakan masih belum sepenuhnya terlaksana seluruh kriteria dalam proses pengolahan air limbah yaitu pengeringan lumpur dan maturasi sehingga membuat lingkungan menjadi kotor akibat lumpur limbah yang tersebut dan kebutuhan debit air domestik untuk 7.505 orang jumlah penduduk di Ajibata sebesar  $450,3\text{m}^3/\text{hari}$  dari total kapasitas daya tampung IPALD terhadap pemasukan air limbah yaitu  $2.010\text{m}^3/\text{hari}$  dengan total debit air masuk sebesar  $450,3\text{m}^3/\text{hari}$  dan total air keluar sebesar  $337,725\text{m}^3/\text{hari}$ . Hal ini membuktikan bahwa baku mutu air limbah di Ajibata terpenuhi karena tidak melewati kapasitas yang disediakan.

**Kata Kunci :** Optimasi, Limbah, dan IPALD

## ABSTRACT

*Optimizing the Ajibata IPALD Wastewater Treatment Process to Meet Water Quality Standards is a domestic wastewater treatment process that must be managed well so that it does not cause problems for the environment or public health problems. The aim of this research is to determine the effectiveness and efficiency of the system performance of waste management at the Ajibata IPALD and to determine the capacity of the IPALD for waste water intake and the performance of the domestic waste management system of the IPALD user community. The method used is a qualitative descriptive approach. The results of this research are that the waste water treatment process in Ajibata has not been served well because it still does not fully meet the established process standards where several criteria in the waste water treatment process have not been implemented, the performance of the waste water management system carried out by the Ajibata IPAL starts from optimizing the inlet Until ozone disinfection runs effectively because it has utilized the use of technology, it's just that it's still not efficient. This is because all the criteria in the waste water treatment process have not yet been fully implemented, namely mud drying and maturation, making the environment dirty due to waste sludge and the need for domestic water flow for 7,505 people, the population in Ajibata is 450,3m<sup>3</sup>/day of the total capacity capacity. IPALD's waste water intake is 2,010 m<sup>3</sup>/day with a total incoming water discharge of 450,3m<sup>3</sup>/day and total outgoing water of 337,725m<sup>3</sup>/day. This proves that the waste water quality standards in Ajibata are met because they do not exceed the provided capacity.*

**Keywords :** Optimization, Waste, and IPALD

TELAH DIVALIDASI PUSBA UMA SEBAGAI SYARAT BERKAS SIDANG	
TANGGAL	PARAF
12/05/2025	



## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	6
2.2 Limbah.....	7
2.2.1 Jenis- jenis Limbah.....	9
2.2.2 Air Limbah Domestik.....	13
2.2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik .....	17
2.3 Proses Pengolahan Air Limbah .....	22
2.4 Proses Pengolahan Limbah di IPALD.....	32
2.5 Pengaruh Limbah Cair.....	35
2.5.1 Sumber Limbah Cair.....	35
2.5.2 Aspek Pengolahan .....	37
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1 Kerangka Penelitian.....	41
3.2 Gambaran Umum .....	42
3.3 Lokasi Penelitian .....	43
3.4 Teknik Pengumpulan Data .....	44
3.5 Kerangka Penelitian.....	46
3.6 Demografi Kecamatan Ajibata .....	47
3.7 Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Ajibata Perumda Tirtanadi.....	48

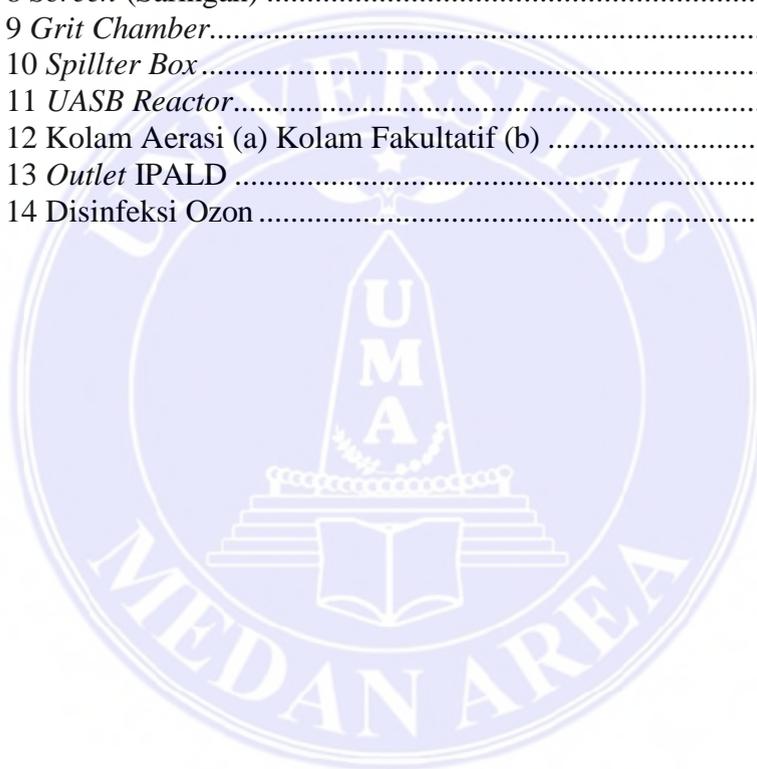
3.7.1	Proses Pengolahan IPALD Ajibata.....	51
3.7.2	Kriteria Operasional IPALD Ajibata .....	61
3.7.3	Arus Proses Pada IPALD Ajibata.....	64
3.8	Kualitas Air Limbah IPAL Ajibata .....	64
3.9	Aspek Pengelolaan.....	65
3.9.1	Aspek Teknis .....	65
3.9.2	Aspek Lingkungan.....	67
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		68
4.1	Analisis Data.....	68
4.1.1	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih .....	68
4.1.2	Perhitungan Debit Air Keluar.....	69
4.1.3	Menghitung Persentase (%)Debit Air Masuk dan Debit Air Keluar .....	70
4.2	Pembahasan .....	71
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		72
5.1	Kesimpulan .....	72
5.2	Saran .....	73
DAFTAR PUSTAKA.....		xiv
LAMPIRAN .....		xvi

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Laju Pengendapan Partikel pada Jenis Ukuran Partikel.....	30
Tabel 2 Kriteria Desain <i>Over flow Rate</i> Untuk Tipe Sedimentas.....	30
Tabel 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik (PermenLHK No 68, 2016) 30	30
Tabel 4 Standar Kebutuhan Air Bersih dan Limbah Domestik.....	32
Tabel 5 Desa/Kelurahan di Kecamatan Ajibata.....	42
Tabel 6 Tabulasi Di Kecamatan Ajibata .....	43
Tabel 7 Jenis Data Sekunder .....	46
Tabel 8 Lokasi Kegiatan Penerima IPAL Ajibata .....	50
Tabel 9 Formulir Pemantauan dan Evaluasi IPALD .....	52
Tabel 10 Dimensi Kolam Aerobik .....	61
Tabel 11 Dimensi Kolam Fakultatif .....	62
Tabel 12 Waktu Tinggal Kolam Fakultatif.....	62
Tabel 13 Dimensi Kolam Maturasi .....	62
Tabel 14 Perhitungan Volume Bak IPALD Ajibata.....	63
Tabel 15 Perhitungan Waktu Tinggal (RT) Masing-masing Bak.....	63
Tabel 16 Teknologi Sistem Pengolahan IPALD Ajibata.....	66
Tabel 17 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Limbah Domestik Ajibata68	68
Tabel 18 Perhitungan Debit Air Keluar di Ajibata.....	69
Tabel 19 Perhitungan Persentase Debit Air di Ajibata.....	70

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Lokasi Penelitian .....	44
Gambar 2 Kerangka Penelitian .....	47
Gambar 3 IPAL Ajibata di Desa Pardomuan Ajibata (Dokumentasi Projek, 2024) .....	49
Gambar 4 Sistem Pengaliran Air Limbah IPALD Ajibata (Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah , 2021).....	51
Gambar 5 Kondisi Eksisting IPALD Ajibata .....	54
Gambar 6 <i>Inlet</i> Ajibata .....	54
Gambar 7 <i>Screw Pumps</i> .....	55
Gambar 8 <i>Screen</i> (Saringan) .....	56
Gambar 9 <i>Grit Chamber</i> .....	56
Gambar 10 <i>Spillter Box</i> .....	57
Gambar 11 <i>UASB Reactor</i> .....	58
Gambar 12 Kolam Aerasi (a) Kolam Fakultatif (b) .....	59
Gambar 13 <i>Outlet</i> IPALD .....	60
Gambar 14 Disinfeksi Ozon .....	61



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air limbah domestik merupakan polutan terbesar yang masuk ke perairan, sehingga menyebabkan peningkatan pencemaran. Sebanyak 60 hingga 80 persen sisa air bersih yang digunakan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah. Dari hasil analisis statistik nasional menunjukkan bahwa sebanyak 62,14% rumah tangga memiliki fasilitas sanitasi yang layak, namun rumah tangga yang masih membuang limbah domestik ke selokan/saluran air mencapai 46,7% (Annet & Naranjo, 2019). Oleh karena itu air limbah tersebut harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan maupun masalah kesehatan masyarakat. Air limbah domestik dapat mempengaruhi kualitas tanah, merusak ekosistem air, berpengaruh pada sumber air minum masyarakat, menyebabkan bibit penyakit dan menimbulkan bau yang tidak sedap dan pengurasan lebih dari 5 tahun yang tidak sesuai dengan standar sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Limbah Air Domestik. Salah satu teknologi pengelolaan air limbah yang telah digunakan adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD). Tujuan utama dari pengolahan limbah IPALD Ajibata adalah untuk memastikan bahwa air yang telah dibuang telah memenuhi standar baku mutu air permukaan yang telah ditetapkan dimana merupakan bagian integral dari infrastruktur sanitasi yang bertanggung jawab untuk mengelola limbah domestik di wilayah tersebut. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan aktivitas industri dan komersial, volume limbah yang dihasilkan juga meningkat secara

signifikan. Namun, meningkatnya volume limbah ini juga menyebabkan meningkatnya tekanan terhadap lingkungan, khususnya kualitas air permukaan di sekitar lokasi IPALD. Meskipun telah memiliki sistem pengolahan limbah, hasil akhir dari proses tersebut masih belum memenuhi standar baku mutu air permukaan yang ditetapkan oleh regulasi lingkungan setempat. Dikarenakan kegagalan proses dan/atau efisiensi pengolahan yang rendah akibat dari desain yang kurang tepat, volume air limbah yang diterima tidak sesuai dengan kapasitas dan operator IPALD yang kurang memahami proses pengolahan sehingga masih sering terjadi tidak terpenuhinya baku mutu hasil uji laboratorium sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Limbah domestik yang tidak terkelola dengan baik dapat mencemari sumber daya air permukaan, mengganggu ekosistem perairan, dan bahkan membahayakan kesehatan manusia yang menggunakan air tersebut untuk keperluan konsumsi atau kegiatan lainnya. Sehingga optimasi proses pengolahan limbah di (IPALD) Ajibata menjadi suatu keharusan mendesak.

Dengan melakukan optimasi, diharapkan efisiensi dan efektivitas pengolahan limbah dapat ditingkatkan sehingga hasil akhirnya memenuhi atau bahkan melampaui standar baku mutu air permukaan yang telah ditetapkan berfungsi secara optimal dalam menjaga kesehatan lingkungan, memastikan keberlanjutan sumber daya air permukaan. Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti tertarik melakukan penelitian tentang “Optimasi Proses Pengolahan Limbah IPALD Ajibata untuk Memenuhi Standart Baku Mutu Air Permukaan di IPALD Ajibata”.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah proses pengolahan limbah di IPALD Ajibata mampu memenuhi standar baku mutu air permukaan yang ditetapkan?
2. Bagaimana kinerja sistem dari pengelolaan limbah di IPALD Ajibata terhadap efektivitas dan efisiensinya?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui proses pengolahan limbah di IPALD Ajibata dalam memastikan bahwa kualitas air yang dihasilkan memenuhi kriteria standar baku mutu air permukaan yang ditetapkan.
2. Mengetahui efektivitas dan efisiensi terhadap kinerja sistem dari pengelolaan limbah di IPALD Ajibata.
3. Mengetahui kapasitas daya tampung IPALD terhadap pemasukan air limbah dan kinerja sistem pengelolaan limbah domestik dari masyarakat pengguna IPALD.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini bagi pihak akademisi dan masyarakat, sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Akademisi

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan literatur kepada peneliti, dosen, mahasiswa, maupun pihak akademisi lainnya tentang optimasi proses pengolahan air limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata, di Desa Pardamean, Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba.

2. Manfaat bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat terkait adanya optimasi proses pengolahan air limbah Instalasi Pengolahan Air

Limbah Domestik (IPALD) Ajibata, di Desa Pardamean, Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba. Diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan rekomendasi kedepannya dalam pembangunannya bagi Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) dan Kelompok Pasca Proyek (KPP) setempat. Hal tersebut dapat dilakukan berupa pemberian materi tambahan dan sosialisasi kepada masyarakat.

### 3. Manfaat bagi Pemerintah

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi optimasi proses pengolahan air limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata, di Desa Pardamean, Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba. Sehingga menjadi pembaharuan pembangunan lingkungan kedepannya, khususnya di air limbah domestik kepada Dinas PUPR Kabupaten Toba.

## 1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini akan difokuskan pada instalasi pengolahan air limbah di wilayah Ajibata yang telah ditetapkan oleh otoritas lingkungan standar nasional untuk kualitas air permukaan setempat.
2. Cakupan optimasi hanya akan dilakukan terhadap proses-proses yang sudah ada di Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata, termasuk teknologi, kapasitas, dan efektivitasnya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai penyusunan dan penulisan dalam skripsi ini, maka dibagi secara lebih sistematis ke dalam lima bab sebagai berikut :

## BAB I PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika laporan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi mengenai dasar teori yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir, data yang diperoleh dari buku literature, informasi dari tenaga ahli, jurnal, situs internet, dan hasil penulisan sebelumnya.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi mengenai tahapan studi yang dilakukan dan pelaksanaan pengumpulan data, lokasi tempat penelitian, jadwal penelitian, dan metode pengolahan data serta metode pembahasan yang dilakukan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi mengenai data-data yang diperoleh dari proses pengumpulan berdasarkan proses penelitian yang selanjutnya dilakukan pengolahan untuk kepentingan analisis.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari analisa dan saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti akan memaparkan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Penelitian terdahulu ini sangat berguna untuk perbandingan.

1. (Irnantyanto *et al.*, 2023) “Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Nizam Zachman Jakarta”, penelitian ini menunjukkan hasil uji inlet air limbah dimana nilai efisiensi penurunan beban pencemaran organik, yaitu  $X > 80\%$  membuat parameter BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak tidak melebihi nilai baku mutu sehingga efisiensi penurunan beban pencemaran air limbah dinyatakan efektif, namun nilai efisiensi penurunan parameter amonia  $> 80\%$  masih melebihi nilai baku mutu, sehingga kinerja pengolahan air limbah dinyatakan tidak efektif dalam mengolah beban amonia pada air limbah.
2. (Allu *et al.*, 2023) “Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Skala Pemukiman di Kabupaten Luwu Timur” Penelitian ini menggunakan metodologi deskriptif kualitatif. Metodologi penelitian yang digunakan meliputi observasi lapangan, wawancara, dan analisis dokumen. Metode interaktif digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh, meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan terkait kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD). Komponen yang dianalisis adalah faktor sosial ekonomi,

partisipasi masyarakat, dan aspek kelembagaan.

3. (Farizal & Diyanti , 2021) “Perencanaan Sanitasi Pengolahan Air Limbah Domestik (SPALD-T) di Kelurahan Talang Benih”, Hasil penelitian didapatkan perencanaan pengolahan limbah domestik dengan sistem Domestik (*off site system*) untuk 25–50 KK pada Kelurahan Talang Benih RT.03 RW.02 dengan teknologi *Anaerobic Upflow Filter*, yang terdiri dari *settler*/bak pengendap, bak media filter yang terdiri atas 5 kompartemen dan bak *outlet*.
4. (Novilyansa E *et al.*, 2020) “Analisis Kebutuhan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Dengan Variasi Jumlah Sambungan Rumah (SR)”, ini menunjukkan hubungan antara jumlah Sambungan Rumah (SR), Debit air limbah, dan Volume unit IPALD dengan sistem ABR. Proses yang digunakan pengolahan air limbah adalah proses pengendapan, biologis, kimiawi dan proses lanjutan. Teknik pengumpulan data dengan Data Primer dan Data Sekunder.
5. (Wiguna *et al.*, 2019) “Penapisan Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kecamatan Beji, Kota Depok”, Hasil penelitian didapatkan pertimbangan untuk memenuhi persyaratan SPALD-T Kecamatan Beji yaitu peningkatan kualitas mengenai pemutakhiran EHRA. Hal tersebut mengkaji dari sisi lama pembuatan dan pengosongan tangki septik. Pengosongan tersebut membuat pertimbangan Kecamatan Beji tidak memenuhi yaitu kedalaman muka air tanah >2m.

## 2.2 Limbah

Limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan lain-lain yang tidak

bermanfaat dan bernilai ekonomi lagi yang pada umumnya mengandung zat atau bahan yang berbahaya yang sulit dihilangkan dan berbahaya karena akan menyebabkan penyakit tipus, disentri, kolera dan sebagainya (Sutarmiyati N, 2019). Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.16/PRT/M/2008 visi dari penyelenggaraan air buangan pemukiman adalah untuk mencapai kondisi masyarakat hidup sehat dan sejahtera dalam lingkungan yang bebas dari pencemaran air buangan permukiman di masa yang akan datang, baik yang berada di daerah perkotaan maupun yang tinggal di daerah pedesaan, memerlukan pengelolaan air buangan pemukiman yang memadai, yang dapat melindungi sumber-sumber air baku bagi air minum dari pencemaran pembuangan air buangan. Maka dapat disimpulkan bahwa limbah ialah buangan ataupun sisaan dari hasil aktivitas produksi domestik maupun industri yang tidak terpakai kembali dimana dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia serta tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah tersebut. Sehingga perlu dilakukan penanganan optimasi terhadap limbah. Sistem pengolahan air limbah terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Sistem Setempat (*on site*)

Sistem setempat merupakan sistem pembuangan air limbah rumah tangga dengan memanfaatkan septic tank sebagai tempat sementara. Selanjutnya, air limbah yang terkumpul akan dipindahkan menggunakan truk tinja menuju IPLT kabupaten/kota untuk dikelola.

2. Sistem Domestik (*off site*)

Sistem Domestik merupakan sistem pembuangan air limbah rumah tangga menggunakan saluran perpipaan menuju unit pengolahan. Perpipaan tersebut

dirangkai berdasarkan target sambungan rumah hingga menuju IPALD. Pada setiap rangkaian yang berbentuk belokan maupun persimpangan, umumnya diantaranya terdapat manhole

### 2.2.1 Jenis-Jenis Limbah

Berdasarkan bentuk limbah yang dihasilkan diklasifikasikan atau dikelompokkan menjadi padat, cair, dan B3, yaitu (Khairunnisa & Arumsari 2026):

#### 1. Limbah Cair

Limbah cair adalah suatu zat atau limbah yang dihasilkan selama aktivitas manusia. Apabila konsentrasi dan jumlah sampah melebihi batas maka munculnyasampah dapat berdampak buruk terhadap lingkungan terutama kesehatan manusia dan makhluk hidup Air bersih, air yang mengandung bahan pencemar terlarut, yang digunakan oleh pemerintah kota atau perusahaan untuk kegiatannya. Menurut sumbernya, limbah cair dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a) Limbah Cair Kota, limbah cair yang berasal dari tempat usaha atau perumahan, restoran, perkantoran, pertokoan, apartemen dan asrama. Limbah cair rumah tangga misalnya berupa kotoran atau feses, urin dan air bekas cucian yang mengandung deterjen, bakteri dan virus.
- b) Limbah Cair Industri, limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas pabrik dan industri. Contohnya, sisa pewarna cair dari pakaian, sisa bahan pengawet cair, konsentrasi zat besi dalam air, limbah produksi tempe dan tahu serta sisa bahan kimia lainnya.
- c) Limbah Air Hujan, limbah yang dihasilkan ketika air hujan mengalir diastanah dan membawa limbah padat atau cair bersamanya.

- d) Limbah Tumpahan dan Luapan, limbah cair dari berbagai sumber yang masuk melalui saluran limbah cair ke dalam tanah atau melalui luapan daripermukaan. Misalnya air limbah dari talang atau AC.

## 2. Limbah Padat

Limbah yang bersifat kering, padat, dan permanen biasanya berupa sisa makanan dan padatan hasil proses produksi maupun konsumsi. Adapun jenis-jenis limbah adalah sebagai berikut.

### a) Limbah Plastik

Limbah plastik merupakan salah satu tipe limbah padat yang menjadi tantangan besar bagi lingkungan. Tingginya penggunaan plastik menjadi penyebab utama masalah ini dan sangat sulit untuk terurai karena termasuk dalam kategori limbah anorganik. Salah satu metode untuk menangani limbah plastik adalah melalui proses daur ulang (*recycle*) dan penggunaan kembali (*reuse*) dengan memanfaatkan bahan tersebut sebagai bahan baku untuk kerajinan.

### b) Limbah Kertas

Kendati dampaknya tidak seberat limbah plastik, sampah kertas juga harus diperhatikan sebagai salah satu sumber pencemaran lingkungan. Apalagi kertas bekas yang memiliki banyak timbal dari tinta yang telah dipakai untuk mencetaknya. Sampah kertas bisa dengan mudah didaur ulang menjadi kertas baru, dan selain itu, bisa juga dipakai lagi sebagai bahan mentah kerajinan.

### c) Limbah Karet

Limbah karet merupakan isu yang serius. Sektor otomotif dan bidang kesehatan memberikan kontribusi terbesar terhadap limbah ini yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Pengelolaan limbah karet, seperti ban yang sudah tidak terpakai atau alat kesehatan, sering kali diabaikan. Umumnya,

limbah tersebut hanya ditumpuk atau dibakar. Kedua metode ini sebenarnya justru memperburuk kondisi bumi. Jika ditumpuk, ia akan mencemari tanah, dan jika dibakar, akan merusak kualitas udara.

d) Limbah Logam

Logam seperti besi, baja, seng, aluminium yang telah habis konsumsi juga merupakan contoh limbah padat. Kendati begitu, keberadaan limbah ini umumnya tidak menimbulkan masalah serius karena mereka dapat didaur ulang kembali menjadi produk baru yang siap digunakan.

e) Limbah Pertanian

Proses produksi pertanian menyisakan banyak limbah yang memerlukan perhatian serius. Contohnya, pupuk dan pestisida yang masuk ke dalam badan air dapat menimbulkan masalah baru bagi organisme yang hidup di sungai. Kelebihan unsur Nitrogen di dalam badan air akibat penumpukan pupuk urea telah menyebabkan nitrifikasi dan pertumbuhan alga serta eceng gondok yang berlebihan. Selain itu, penumpukan pestisida telah meracuni kehidupan hewan laut dan mengganggu keseimbangan rantai makanan karena salah satu elemen dalam rantai tersebut menjadi langka.

Limbah padat juga dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan tempat dihasilkannya, yaitu:

- a) Sampah Kota, berasal dari kegiatan rumah tangga dan perkantoran. Misalnya sampah kertas, karton, plastik, sisa makanan dan lainnya.
- b) Sampah Non Rumah Tangga, sampah yang berasal dari pertanian, perkebunan, industri, konstruksi dan kegiatan lainnya. Misalnya

jerami, serpihan kayu, potongan besi, bahan kimia padat, dan lain-lain.

Limbah padat akan menimbulkan dampak serius apabila tidak ditangani secara serius, diantaranya:

- a) Timbulnya gas beracun, seperti asam sulfida ( $H_2S$ ), amoniak ( $NH_3$ ), metan ( $CH_4$ ),  $CO_2$  dan sebagainya. Gas ini akan timbul jika limbah padat ditimbun dan membusuk dikarenakan adanya mikroorganisme. Adanyamusim hujan dan kemarau, terjadi proses pemecahan bahan organik oleh bakteri penghancur dalam suasana aerob atau anaerob.
- b) Dapat menimbulkan penurunan kualitas udara, dalam sampah yang ditumpuk, akan terjadireaksi kimia seperti gas  $H_2S$ ,  $NH_3$  dan methane yang jika melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) akan merugikan manusia. Gas  $H_2S$  50 ppm dapat mengakibatkan mabuk dan pusing.
- c) Penurunan kualitas air, karena limbah padat biasanya langsung dibuang dalam perairan atau bersama-sama air limbah. Maka akan dapat menyebabkan air menjadikeruh dan rasa dari air pun berubah.
- d) Kerusakan permukaan tanah
- e) Dampak Terhadap Kesehatan yaitu dapat menyebabkan atau menimbulkan penyakit. Potensi bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan adalah sebagai berikut:
  - a) Penyakit diare dan tikus, penyakit ini terjadi karena virus yang berasal dari sampah dengan pengelolaan yang tidak tepat.
  - b) Penyakit kulit misalnya kudis dan kurap.

### 3. Sampah Organik

Sampah yang mengandung senyawa karbon yang berasal dari organisme hidup. Limbah ini bersifat *biodegradable* atau mudah terurai oleh mikroorganisme. Misalnya kotoran hewan, buah dan sayur serta sisa makanan yang membusuk.

### 4. Sampah Anorganik

Sampah yang tidak dapat terurai secara hayati. Artinya limbah tersebut tidak mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Namun secara umum, limbah tersebut dapat didaur ulang. Misalnya plastik, kertas dan kaca.

### 5. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah yang mudah terbakar, mudah meledak, korosif, beracun, dan mudah reaktif, misalnya limbah deterjen, limbah amoniak, limbah medis, pembersih lantai dan kamar mandi, aki, dan lain-lain yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat juga konsentrasinya ataupun jumlahnya, baik secara langsung maupun secara tidak langsung dapat merusak dan/atau mencemarkan lingkungan hidup dan/atau dapat membahayakan manusia.

#### 2.2.2 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah feses dan urine, air wastafel dapur dan kamar mandi, serta komponen organik dan polutan terbesar yang masuk ke dalam air menyebabkan efek buruk pada kehidupan manusia, lingkungan serta berkontribusi terhadap peningkatan pencemaran (Amri & Wesen, 2019) dibagi menjadi dua bagian, *black water*, air limbah yang mengandung polutan manusia. Sedangkan *grey water* adalah air limbah dari dapur, air cucian, dan lainnya (Mende *et al.*, 2020).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah

Domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Ini merupakan peraturan ini dibuat untuk menjamin seluruh air limbah domestik yang masuk ke badan air tidak melebihi dari baku mutu air sehingga tidak mencemari lingkungan.

Persamaan debit air limbah domestik:

$$Q_d = Y \times S_d$$

Dimana :

$Q_d$  = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

$S_d$  = Standar kebutuhan air domestik (liter/hari)

$Y$  = Jumlah penduduk (orang)

Persamaan dalam menghitung kehilangan air:

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \times r_a$$

Dimana :

$Q_a$  = Debit kehilangan air (liter/hari)

$Q_d$  = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

$Q_n$  = Debit kebutuhan air non domestik (liter/hari)

$R_a$  = Angka presentase kehilangan air (%)

Persamaan kebutuhan air total domestik dan non domestik:

$$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Domestik}} + Q_{\text{Non-domestik}}$$

Dimana :

$Q_t$  = Debit kebutuhan air total (liter/hari)

$Q_d$  = Debit kebutuhan air domestik (liter/hari)

$Q_n$  = Debit kebutuhan air non domestik (liter/hari)

$Q_a$  = Debit kehilangan air (liter/hari)

Persamaan air limbah domestik :

$$Q_{\text{Domestik}} = Q_{\text{Air bersih masuk}} \times P_{\text{Limbah domestik}}$$

$$Q_{\text{Keluar}} = Q_{\text{Masuk}} \times P_{\text{Air Keluar}}$$

Dimana :

$Q_{\text{Domestik}}$  = Debit air limbah domestik ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$Q_{\text{Keluar}}$  = Debit air limbah yang keluar dari pengolahan ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$Q_{\text{Air bersih masuk}}$  = Debit air bersih yang masuk ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$P_{\text{Limbah domestik}}$  = Persentase air yang menjadi limbah (% dari air masuk)

$P_{\text{Air Keluar}}$  = Persentase air yang menjadi limbah (% dari air masuk)

#### Perhitungan Limbah Domestik:

Diketahui :

Debit air masuk =  $200 \text{ m}^3/\text{hari}$

Persentase air yang menjadi limbah domestik = 85%

Persentase air yang keluar setelah pengolahan = 90%

Ditanya :  $Q_{\text{Domestik}}$  dan  $Q_{\text{Keluar}}$  ...?

Penyelesaian :

$$Q_{\text{Domestik}} = 200 \times 0,8 = 160 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{Keluar}} = 160 \times 0,9 = 144 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Persamaan debit air limbah non domestik:

$$Q_{\text{Non-Domestik}} = Q_{\text{Aktivitas}} \times K_{\text{Penghasil Limbah}}$$

Dimana :

$Q_{\text{Non-Domestik}}$  = Debit air limbah non-domestik ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$Q_{\text{Aktivitas}}$  = Volume produksi atau aktivitas limbah (unit/hari)

$K_{\text{Penghasil Limbah}}$  = Koefisien air limbah per unit aktivitas ( $\text{m}^3/\text{unit}$ )

### Perhitungan Non Domestik:

Diketahui :

Sebuah pabrik tekstil memproduksi 1.000 lembar kain/hari

Koefisien penghasil limbah cair untuk produksi kain =  $0,3 \text{ m}^3/\text{lembar}$

Ditanya :  $Q_{\text{Non-Domestik}}$  ...?

Penyelesaian :

$$Q_{\text{Non-Domestik}} = 1000 \times 0,3 = 300 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Adapun apabila faktor tambahan seperti infiltrasi, Jika ada tambahan air masuk ke saluran limbah dari air tanah atau hujan, tambahkan infiltrasi ke perhitungan.

$$Q_{\text{Total akhir}} = Q_{\text{Total}} \times K_{\text{Infiltrasi}}$$

Adapun persamaan dalam menghitung persentase debit air masuk dan debit air keluar adalah:

Komponen Air Masuk dan Air Keluar:

1. Air Masuk (100%): Total kebutuhan air bersih yang digunakan.
2. Air Keluar (Persentase (%)):

Air yang menjadi limbah cair  $P_{\text{Limbah}}$

Air yang hilang  $P_{\text{hilang}}$

$$P_{\text{masuk}} = P_{\text{Limbah}} + P_{\text{hilang}}$$

Untuk mencapai 100%:

$$P_{\text{masuk}} + P_{\text{Limbah}} = 100\%$$

### Langkah Perhitungan:

1. Tentukan total air masuk ( $Q_{\text{Masuk}}$ )
2. Tentukan debit air keluar ( $Q_{\text{Limbah}}$ ) sebagai persentase dari  $Q_{\text{Masuk}}$

3. Hitung sisa debit air hilang ( $Q_{hilang} = Q_{Masuk} - Q_{Limbah}$ )
4. Hitung persentase masing-masing komponen.

$$P_{Limbah} = \frac{Q_{Limbah}}{Q_{Masuk}} \times 100\%$$

$$P_{Hilang} = \frac{Q_{Hilang}}{Q_{Masuk}} \times 100\%$$

### 2.2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik diperlukan untuk menentukan apakah pengolahannya tepat atau efektif. Karakteristik limbah harus dianut karena menentukan cara pengolahan yang tepat agar tidak mencemari lingkungan.

Berikut ciri-ciri limbah:

#### 2.2.3.1 Karakteristik Fisik

Sebagian besar berupa air dan sebagian kecil berupa bahan padat dan suspensi. Khususnya limbah rumah tangga, biasanya berwarna gelap, seperti air sabun, sedikit berbau kadang berisi sobekan kertas, pewarna cucian beras dan sayur-sayuran, sisa kotoran, dan lain-lain. Karakteristik fisik dari air limbah domestik adalah sebagai berikut.

##### a) Zat Padat Terlarut (TDS) dan Tersuspensi (TSS)

Ditemukan dalam limbah dan umumnya diklasifikasikan menjadi dua kelompok: Jumlah Zat Padat Terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS) ialah terlarutnya zat padat, baik berupa koloid, ion, maupun senyawa di dalam air. TDS juga dapat disebabkan oleh adanya bahan anorganik berupa ion-ion yang dapat ditemukan pada perairan dan Jumlah Zat Padat Tersuspensi atau *Total Suspended Solids* (TSS) merupakan zat padat yang melayang pada perairan yang bergerak

tanpa menyentuh dasar dari perairan tersebut. TSS dapat disebabkan oleh faktor aliran sungai, angin, dan faktor lainnya. TSS yang masuk ke dalam air biasanya berasal dari daratan.

b) Kekeruhan

Air keruh sifat optik suatu larutan yang terlihat langsung karena limbahnya mengandung partikel koloid yang terbuat dari tanah liat, limbah, protein, dan alga serta dapat disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi (TSS), baik yang bersifat anorganik maupun yang bersifat organik. Zat anorganik, dapat berasal dari logam dan lapukan batu, sedangkan zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman dan/atau hewan. Berbagai limbah seperti buangan yang berasal dari pertanian, industry, dan domestic dapat pula menjadi sumber dari kekeruhan. Faktor alam juga dapat menambah kekeruhan air yang terjadi, seperti longsor dan banjir.

c) Bau

Bahan organik dalam sampah terurai, melepaskan gas seperti sulfida dan amonia, dan penguraian protein yang dikandungnya menimbulkan bau tidak sedap karena adanya campuran nitrogen, belerang, dan fosfor yang dapat disebabkan oleh udara yang dihasilkan dari proses penambahan substansi atau dekomposisi materi pada air limbah. Penyebab yang memengaruhi bau dan rasa pada air dapat berupa mikroorganisme seperti algae, terdapat gas seperti H<sub>2</sub>S dan lain sebagainya. Rasa dan bau pada air juga dapat mengganggu apabila dilihat dari segi estetika.

d) Suhu

Pembuangan limbah cair harus sesuai dengan suhu yang dialami fungsi suhuyang menampilkan aktivitas kimia dan biologis Ciri air yang memiliki kualitas baik adalah temperatur yang sama dengan temperatur udara yakni berada pada kisaran 20°C hingga 30°C. Hal tersebut juga berlaku sebaliknya, air yang telah tercemar memiliki suhu diatas atau dibawah suhu udara yang dapat memengaruhi sejumlah parameter kualitas air yang lain. Peningkatan suhu berbanding lurus dengan meningkatnya laju reaksi kimia dan biokimia, sedangkan peningkatan suhu berbanding terbalik dengan kelarutan gas dan mineral yang artinya apabila suhu meningkat, maka kelarutan gas dan mineral akan menurun. Laju pertumbuhan organisme akuatik juga dapat dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu meningkat maka laju respirasi organisme akuatik akan menurun, kebanyakan organisme akuatik memiliki kisaran suhu yang berbeda untuk keperluan reproduksi dan kompetisi.

e) Warna

Warna air disebabkan oleh adanya ion logam besi, mangan, humus, plankton, tumbuhan air, dan limbah industri yang menghilangkan kabut danmemungkinkan melihat warna sebenarnya dan bahan-bahan berwarna yang tersuspensi, kehadiran organisme, dan ekstrak dari senyawaorganik serta tumbuhan juga dapat berasal dari bahan buangan atau limbah dari industri yang kemungkinan dapat membawa dampak buruk bagi kesehatan.

### 2.2.3.2 Karakteristik Kimia

Secara umum limbah cair ini mengandung campuran zat kimia atau zat anorganik hasil penguraian feses, urin dan limbah lainnya. oleh karena itu, biasanya masih basah dan cenderung menjadi asam ketika mulai membusuk.

Karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pengolahan IPALD adalah bahan organik anorganik dan gas.

- a) Bahan organik dalam air limbah berasal dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik sendiri terdiri dari C, H, O, N yang sifat kimianya adalah *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, deterjen yang sumbernya adalah limbah domestik, komersial, industri, tidak termasuk pestisida yang berasal dari pertanian.
- b) Bahan anorganik, jumlah bahan anorganik bertambah seiring dengan bertambahnya air dan dipengaruhi oleh asal-usul sampah. Biasanya berupa senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb dan Mn), *pH* asam kuat dan basa kuat yang netral (7), alkalinitas (kalsium, natrium, kalium, dan magnesium nikkarbonat) senyawa fosfat senyawa nitrogen (amonia, nitrit dan nitrat) dan senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida) dan logam.
- c) Nitrogen, unsur yang dikenal sebagai unsur makanan dan perangsang pertumbuhan. Dalam limbah cair terutama merupakan gabungan dari bahan-bahan berprotein dan urea. Oleh bakteri, nitrogen diuraikan secara cepat dan diubah menjadi ammonia, sehingga umur dari air

buangan secara relatif dapat ditunjukkan dari jumlah ammonia yang ada. Unsur *phospor* merupakan komponen yang menyuburkan algae dan organisme biologi lainnya, sehingga dapat dijadikan tolak ukur kualitas perairan karena dikenal sebagai nutrient dan perangsang pertumbuhan.

### 2.2.3.3 Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya terdapat pada degradasi dan stabilitas zat organik (Mahardika 2019). Mikroorganisme tersebut antara lain bakteri, jamur, protozoa dan algae yang membahayakan bagi kehidupan manusia karena dapat menyebabkan munculnya berbagai macam penyakit seperti diare, muntaber dan penyakit kulit.

Dalam parameter biologi air, hal yang biasanya menjadi perhatian adalah bakteri coliform dan e-coli.

#### 1. Total Bakteri Coliform

Kualitas air, terutama air minum sangat erat kaitannya dengan jumlah bakteri coliform yang terkandung di dalam air tersebut. Jumlah bakteri coliform berbanding terbalik dengan kualitas air, semakin banyak jumlah bakteri coliform di dalam air minum, maka semakin rendah pula kualitas air minum tersebut dan begitu pula sebaliknya. Bakteri coliform dapat merupakan indikator terjadinya pencemaran di air limbah. Coliform memiliki sumber pencemar dari feses atau kotoran manusia dan hewan pada suatu perairan. Maka dari itu keberadaan bakteri ini di dalam air tidak diinginkan adanya, baik dalam segi kebersihan, kesehatan karena kemungkinan dapat menyebabkan infeksi, maupun estetika. Bakteri

coliform juga dapat menularkan berbagai jenis penyakit melalui air, seperti disentri, kolera, dan tipus.

## 2. E-Coli

E-Coli yang terdapat pada air limbah diakibatkan karena adanya kontaminasi sumber-sumber air, seperti: air tanah dan permukaan oleh bakteri tersebut. Jenis dan jumlah bakteri dapat berbeda-beda sesuai dengan kondisi dan tempat.

### 2.3 Proses Pengolahan Air Limbah

Air limbah dapat menimbulkan pencemaran dan menurunkan kualitas Lingkungan, khususnya air dan tanah, sangat perlu dibersihkan sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Beberapa metode penjernihan air adalah:

#### 1. Proses Fisik Limbah Cair

Fungsi ini mengolah limbah cair yang menyertainya berubah, walaupun penggunaannya dalam metode fisik sudah diketahui dalam kerja unit, namun metode pengolahan yang pertama kali digunakan adalah:

##### a) Proses Pengolahan Secara Fisika

Proses pengolahan secara fisika pada umumnya digunakan dalam limbah cair:

##### 1) Penyaringan (*Screening*)

Pertama, limbah yang mengalir melalui saluran pembuangan disaring menggunakan jeruji saring. Metode ini disebut penyaringan. Metode penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan-bahan padat berukuran besar dari air limbah.

2) Pengolahan Awal (*Pretreatment*)

Kedua, limbah yang telah disaring kemudian disalurkan kesuatu tangki atau bak yang berfungsi untuk memisahkan pasir dan partikel padat teruspensi lainyang berukuran relatif besar. Tangki ini dalam bahasa inggris disebut *grit chamber* dan cara kerjanya adalah dengan memperlambat aliran limbahsehingga partikel – partikel pasir jatuh ke dasar tangki sementara air limbah terus dialirkan untuk proses selanjutnya.

3) Pengendapan

Setelah melalui tahap pengolahan awal, limbah cair akan dialirkan ke tangki atau bak pengendapan dimana limbah cair didiamkan agar partikel – partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah dapat mengendap ke dasar tangki. Endapan partikel tersebut akan membentuk lumpur yang kemudian akan dipisahkan dari air limbah ke saluran lain untuk diolah lebih lanjut, dikenal juga metode pengapungan (*Floation*).

4) Pengapungan (*Floation*)

Metode ini efektif digunakan untuk menyingkirkan polutan berupa minyak atau lemak. Proses pengapungan dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat menghasilkan gelembung- gelembung udara berukuran kecil ( $\pm 30 - 120$  mikron). Gelembung udara tersebut akan membawa partikel – partikel minyak dan lemak ke permukaan air limbah sehingga kemudian dapat disingkirkan.

Bila limbah cair hanya mengandung polutan yang telah dapat disingkirkan melalui proses pengolahan primer, maka limbah cair yang telah mengalami proses pengolahan primer tersebut dapat langsung dibuang ke lingkungan (perairan). Namun, bila limbah tersebut juga mengandung polutan yang lain yang sulit dihilangkan melalui proses tersebut, misalnya agen penyebab penyakit atau senyawa organik dan anorganik terlarut, maka limbah tersebut perlu disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya.

#### b) Pengolahan Limbah Cair Secara Kimiawi

Bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan limbah cair meliputi bahan kimia yang dilanjutkan dengan tahapan fisika, padatan terlarut, sedimen dipisahkan melalui proses sedimentasi. Dalam beberapa kasus, perubahannya sangat kecil dan penghilangan ini sangat efektif dalam mempercepat koagulum hingga mencapai konsistensi yang sangat tinggi. Hasil lain alisis bahan kimia tersebut berguna untuk melarutkan unsur-unsur dalam limbah cair dengan menambahkan Tawas ( $\text{Al}(\text{SO}_3)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), Ferro Sulfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), Kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), Besi Klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) dan Besi (III) Sulfat ( $\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_3$ ). Penambahan bahan kimia digunakan untuk meningkatkan kekuatan terputus dan kemungkinan penghilangan yang dapat dilakukan dengan cara:

1. Ubah Konsentrasi Limbah
2. Selesaikan Langkah Pemrosesan
3. Melalui Proses Sedimentasi

#### c) Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis

Pengolahan limbah biologis adalah suatu metode pengolahan yang bertujuan mengurangi jumlah substrat tertentu, limbah cair, atau menggunakannya untuk aktivitas mikroorganisme pada substrat tertentu. Pengolahan limbah biologis dapat dilakukan dalam kondisi aerobik, anaerobik, dan gabungan aerobik-anaerobik. Proses aerobik yang tidak mempunyai beban organik terlalu banyak, sedangkan proses anaerobik biasanya digunakan untuk limbah dengan beban organik sangat tinggi.

Klasifikasi pengolahan limbah biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga (Astuti, dkk., 2019) yaitu :

1. Proses Biologis yang Pertumbuhannya Terhenti (*suspended growth*). Sistem pengolahan yang menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan kontaminan dan mikroorganisme dalam air yang digunakan sebagai suspensi untuk budidaya reaktor. Beberapa contohnya, proses lumpur aktif standar atau konvensional (lumpur aktif konvensional), aerasi bertahap, stabilisasi kontak, aerasi *extended*, lubang oksidasi dan lain-lain.
2. Proses Biologis yang Terlibat dalam Pertumbuhan, Proses pengolahan limbah yang menggunakan mikroorganisme media kultur, sehingga mikroorganisme tersebut menempel pada permukaan media. Proses ini disebut juga proses film proses mikrobiologis atau biofilm. Contoh, filter aliran, biofilter reaksi kontak biologis berputar dan lain-lain.
3. Proses Biologis di Kolam, Ketika limbah disimpan dalam baskom besar dalam waktu lama tetap cukup untuk aktivitas mikroorganisme

pertumbuhan alami, kotoran di dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian, senyawa pencemar dilepaskan atau memperpendek waktu penahanan juga dapat dilakukan dengan cara aerasi. Contoh, kolam aerasi bukan kolam stabilisasi. Proses Sistem Kolam Ini terkadang diklasifikasikan sebagai proses biologis budidaya tersuspensi.

- a. Mengembalikan karbonasi bahan organik yang diukur BOD
- b. Nitrifikasi
- c. Denitrifikasi
- d. Tabilisasi Solidifikasi

Secara umum proses-proses tersebut dijelaskan adalah sebagai berikut (Khairunnisa, dkk., 2016):

- a. Proses aerobik, pengolahan biologis yang berlangsung memerlukan oksigen. Dimana dengan adanya oksigen, bakteri dapat hidup.
- b. Proses anaerobik, yang berlangsung tidak membutuhkan oksigen. Dimana bakteri hanya dapat bertahan hidup tanpa oksigen.
- c. Pemulihan komponen karbon ini, konversi bahan organik dalam sel limbah cair dan berbagai produk gas yang keluar selama konversi
- d. Persentase nitrogen dalam komponen adalah kebalikan dari nilai amonia
- e. Denitrifikasi anoksik di mana nitrogen nitrat diubah menjadi gas nitrogen di udara terbuka, proses ini disebut juga denitrifikasi aerobik.
- f. Nitrifikasi Proses biologis dua tahap menggunakan amonia untuk mengubah nitrit menjadi nitrat.
- g. Denitrifikasi Proses biologis yang mengubah nitrat ( $\text{NO}_3$ ) menjadi nitrogen dan berbagai gas sebagai hasil akhirnya.

Pengelolaan fasilitas IPALD pada dasarnya menjadi tanggung jawab

pemerintah daerah sesuai Keputusan Presiden Nomor 41 Tahun 1996 dan bagian dari pengelolaan kawasan industri secara keseluruhan serta pengelolaan fasilitas memerlukan keterampilan teknis pengelolaan yang tepat, yaitu pemenuhan persyaratan pengolahan yang efisien dan mempunyai kapasitas teknis untuk menangani limbah. Pengendapan zat uji kemungkinan besar akan mempengaruhi laju pengendapan, sehingga dapat ditentukan laju dan pengaruh zat uji dapat ditentukan.

Terdapat tiga metode pengolahan secara biologis yang umum digunakan yaitu metode penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*), metode lumpur aktif (*activated sludge*), dan metode kolam perlakuan (*treatment ponds / lagoons*).

#### 1) Metode *Trickling Filter*

Pada metode ini, bakteri aerob yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik melekat dan tumbuh pada suatu lapisan media kasar, biasanya berupa serpihan batu atau plastik, dengan dengan ketebalan  $\pm 1 - 3$  m. limbah cair kemudian disemprotkan ke permukaan media dan dibiarkan merembes melewati media tersebut. Selama proses perembesan, bahan organik yang terkandung dalam limbah akan didegradasi oleh bakteri aerob. Setelah merembes sampai ke dasar lapisan media, limbah akan menetes ke suatu wadah penampung dan kemudian disalurkan ke tangki pengendapan. Dalam tangki pengendapan, limbah kembali mengalami proses pengendapan untuk memisahkan partikel padat tersuspensi dan mikroorganisme dari air limbah. Endapan yang terbentuk akan mengalami proses pengolahan limbah lebih lanjut, sedangkan air limbah akan dibuang ke lingkungan atau disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya jika masih diperlukan.

## 2) Metode *Activated Sludge*

Pada metode *activated sludge* atau lumpur aktif, limbah cair disalurkan ke sebuah tangki dan didalamnya limbah dicampur dengan lumpur yang kaya akan bakteri aerob. Proses degradasi berlangsung didalam tangki tersebut selama beberapa jam, dibantu dengan pemberian gelembung udara aerasi (pemberian oksigen). Aerasi dapat mempercepat kerja bakteri dalam mendegradasi limbah. Selanjutnya, limbah disalurkan ke tangki pengendapan untuk mengalami proses pengendapan, sementara lumpur yang mengandung bakteri disalurkan kembali ke tangki aerasi. Seperti pada metode *trickling filter*, limbah yang telah melalui proses ini dapat dibuang ke lingkungan atau diproses lebih lanjut jika masih diperlukan.

## 3) Metode *Treatment ponds/ Lagoon*

Metode *treatment ponds/lagoons* atau kolam perlakuan merupakan metode yang murah namun prosesnya berlangsung relatif lambat. Pada metode ini, limbah cair ditempatkan dalam kolam-kolam terbuka. Alga yang tumbuh dipermukaan kolam akan berfotosintesis menghasilkan oksigen. Oksigen tersebut kemudian digunakan oleh bakteri aero untuk proses penguraian/degradasi bahan organik dalam limbah. Pada metode ini, terkadang kolam juga diaerasi. Selama proses degradasi di kolam, limbah juga akan mengalami proses pengendapan. Setelah limbah terdegradasi dan terbentuk endapan didasar kolam, air limbah dapat disalurkan untuk dibuang ke lingkungan atau diolah lebih lanjut.

### d. Desinfeksi (*Disinfection*)

Desinfeksi atau pembunuhan kuman bertujuan untuk membunuh atau mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam limbah cair. Mekanisme desinfeksi dapat secara kimia, yaitu dengan menambahkan senyawa/zat tertentu, atau dengan perlakuan fisik. Dalam menentukan senyawa untuk membunuh mikroorganisme, terdapat beberapa hal

yang perlu diperhatikan, sebagai berikut :

- 1) Daya racun zat
- 2) Waktu kontak yang diperlukan
- 3) Efektivitas zat
- 4) Kadar dosis yang digunakan
- 5) Tidak boleh bersifat toksik terhadap manusia dan hewan
- 6) Tahan terhadap air
- 7) Biayanya murah

Contoh mekanisme desinfeksi pada limbah cair adalah penambahan klorin (klorinasi), penyinaran dengan ultraviolet(UV), atau dengan ozon (O<sub>3</sub>).

Proses desinfeksi pada limbah cair biasanya dilakukan setelah proses pengolahan limbah selesai, yaitu setelah pengolahan primer, sekunder atau tersier, sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

#### e. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Setiap tahap pengolahan limbah cair, akan menghasilkan endapan polutan berupa lumpur. Lumpur tersebut tidak dapat dibuang secara langsung, melainkan perlu diolah lebih lanjut. Endapan lumpur hasil pengolahan limbah biasanya akan diolah dengan cara diurai/dicerna secara aerob (*anaerob digestion*), kemudian disalurkan ke beberapa alternatif, yaitu ke laut atau ke lahan pembuangan (*landfill*), dijadikan pupuk kompos, atau dibakar (*incinerated*).

Tabel 1 Laju Pengendapan Partikel pada Jenis Ukuran Partikel (sumber: Metcalf &amp; Eddy, 2003)

Parameter	Nilai kriteria
Kecepatan maximal aliran melalui rak m/s	0,3-0,6
Ukuran bar 1, mH.mm	4-8, 25-50
Spasi antar bar , mm	25-70
Parameter	Nilai kriteria
Kemiringan dari garis horizontal	45-60
H <sub>L</sub> diizinkan , <i>clogged screen</i> (mm)	150
H <sub>L</sub> maxximal, <i>clogged screen</i>	800

Partikel dengan ukuran tertentu cenderung menyebabkan padatan halus beragregasi menjadi partikel yang lebih besar, sehingga partikel besardan kasar lebih mudah mengendap dibandingkan partikel halus.

Tabel 2 Kriteria Desain *Over flow Rate* Untuk Tipe Sedimentas (sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Kondisi	Rage M <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
	<i>Primary Clarification Prior</i>	<i>Typical</i>
<i>Average Flow</i>	30-50	40
<i>Feak Flow</i>	70-150	100
Kondisi	Range M <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
	<i>Primary clarification with as</i>	
<i>Average flow</i>	25-35	30
<i>Peak flow</i>	45-80	60

Tabel 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik (*sumber* : PermenLHK No 68, 2016)

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	<i>Ph</i>	-	6-9
2	<i>BOD</i>	Mg/L	30
3	<i>COD</i>	Mg/L	100
4	<i>TSS</i>	Mg/L	30
5	Minyak dan Lemak	Mg/L	5
6	<i>Ammonia</i>	Mg/L	10
7	Detergen	Mg/L	1
8	<i>Total Caliform</i>	Mg/L	3000

Keterangan:

pH : Menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaaan air limbah. Harus netral atau mendekati netral (6-9)

BOD	:Mengukur kebutuhan oksigen biologis untuk mengurai bahan organik oleh mikroorganisme. Semakin rendah nilai BOD, semakin baik kualitas air limbah.
COD	:Mengukur kebutuhan oksigen kimiawi untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik. COD harus lebih tinggi dari BOD.
TSS	:Mengukur jumlah partikel tersuspensi dalam air limbah. Partikel ini dapat mengendap dan mencemari badan air.
Minyak dan Lemak	:Harus diminimalkan karena dapat membentuk lapisan di permukaan air, mengganggu kehidupan air, dan mencemari lingkungan.
Amonia (NH <sub>3</sub> -N)	:Mengindikasikan polutan nitrogen yang dapat menyebabkan eutrofikasi (kesuburan berlebih) di perairan.
Detergen (MBAS)	:Mengukur kandungan deterjen aktif. Deterjen berlebih dapat menyebabkan busa di badan air.
Total Coliform	:Indikator pencemaran bakteri, khususnya dari kotoran manusia atau hewan.

Tabel 4 Standar Kebutuhan Air Bersih dan Limbah Domestik (*sumber* : PermenPU No. 14, 2010)

Kategori Pemakaian	Kebutuhan Air Bersih	Limbah Domestik	Keterangan
Rumah Tangga (Perkotaan)	120–150 liter/orang/hari	60–85% dari air bersih	Kebutuhan tinggi untuk mandi, memasak, mencuci.
Rumah Tangga (Pedesaan)	60–100 liter/orang/hari	60–85% dari air bersih	Bergantung pada akses air bersih.
Perkantoran	30–50 liter/orang/hari	70–85% dari air bersih	Untuk toilet, pantry, dan kebersihan kantor.
Sekolah/ Perguruan Tinggi	30–50 liter/orang/hari	70–85% dari air bersih	Tergantung jumlah siswa dan fasilitas.
Hotel	200–500 liter/kamar/hari	80–85% dari air bersih	Kebutuhan tinggi untuk layanan tamu.
Restoran	50–100 liter/pelanggan/hari	80–90% dari air bersih	Bergantung pada skala operasi restoran.
Rumah Sakit	250–400 liter/bed/hari	70–90% dari air bersih	Kebutuhan sterilisasi dan layanan lain.
Pasar Tradisional	40–100 liter/pedagang/hari	70–85% dari air bersih	Tergantung aktivitas cuci dan kebersihan pasar.
Fasilitas Umum (toilet umum)	5–15 liter/pengguna/hari	70–85% dari air bersih	Untuk cuci tangan dan penggunaan toilet.

Contoh perhitungan:

Rumah Tangga Perkotaan = 288 orang:

Kebutuhan air bersih =  $288 \times 120 = 34,560$  liter/hari ( $34,56\text{m}^3/\text{hari}$ )

Limbah domestik (80%) =  $34.560 \times 0,8 = 27,648$  liter/hari ( $27,65\text{m}^3/\text{hari}$ )

## 2.4 Proses Pengolahan Limbah di IPALD

Proses pengolahan limbah di IPALD melibatkan serangkaian langkah atau unit pengolahan yang dirancang untuk menghilangkan kontaminan dan meningkatkan kualitas air limbah sebelum dilepaskan ke lingkungan. Meskipun rinciannya dapat bervariasi tergantung pada desain dan kapasitas. Berikut adalah

langkah-langkah umum yang terlibat dalam proses pengolahan limbah di IPALD:

a. Pengumpulan Air Limbah

Langkah pertama adalah mengumpulkan air limbah dari sumber seperti rumah tangga, industri atau tempat umum. Langkah ini mencakup saluran yang sesuai dan sistem pengumpulan untuk mengarahkan limbah ke instalasi pengolahan limbah.

b. Pengolahan Awal

Setelah itu, air limbah menjalani pengolahan awal. Pada tahap ini dilakukan penyaringan, sedimentasi, penghilangan padatan dan minyak, serta penghilangan bahan-bahan yang dapat mengganggu proses pengolahan selanjutnya.

c. Pengolahan Biologis

Mikroorganisme yang hidup secara aerobik atau anaerobik menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Proses ini membantu mengurangi bahan organik terlarut dan kandungan nitrogen dalam air limbah.

d. Pengolahan Kimia

Pengolahan biologis saja tidak cukup untuk menghilangkan zat-zat tertentu dari air limbah. Oleh karena itu, pengolahan kimia diperlukan untuk menghilangkan zat berbahaya seperti logam berat atau bahan kimia beracun lainnya.

e. Pengendapan dan Pemisahan Lumpur

Setelah itu air limbah mengalami sedimentasi dan pemisahan lumpur. Selama proses ini, lumpur pemrosesan dipisahkan, yang kemudian diolah dan diproses lebih lanjut.

f. Desinfeksi

Bertujuan untuk membunuh bakteri dan virus yang masih ada pada air limbah setelah proses pengolahan selesai menggunakan klorin, ozon atau sinar ultraviolet. dan untuk memastikan air limbah yang dihasilkan bebas dari patogen penyebab penyakit.

g. Pembuangan atau Pemanfaatan

Jika proses tersebut menjamin keamanan air limbah, langkah terakhir adalah pembuangan atau pemanfaatan air limbah yang telah diolah. Air limbah yang telah melalui proses pengolahan didaur ulang, dikembalikan ke lingkungan, atau digunakan untuk tujuan non-minum, seperti irigasi.

Adapun sistem pengolahan air limbah memiliki 5 komponen, antara lain :

1. Buangan air limbah domestik daripada hasil kegiatan rumah tangga yakni dapur, kamar mandi, tempat cuci, serta WC.
2. Pengolahan air limbah domestik dalam sarana tangki septik yang memenuhi Standar Nasional Indonesia.
3. Penyedotan lumpur tinja dengan cara berkala menggunakan jasa penyedotan resmi yang diakui atau terdaftar pada pemerintah setempat. Penyedotan lumpur tinja umumnya dilakukan 3 tahun sekali.
4. Transportasi lumpur tinja ke IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja) untuk diolah lebih lanjut diharuskan pemenuhan standar yang menjamin tidak terjadi tumpahan ataupun cecceran lumpur tinja selama perjalanan ke IPLT.
5. Pengolahan lumpur tinja di fasilitas pengolahan harus dilakukan sesuai dengan prosedur standar untuk memastikan keamanan dan kesehatan lingkungan.

## 2.5 Pengaruh Limbah Cair

Sampah organik meliputi bahan organik, deterjen, minyak, dan kotoran manusia. Sampah ini dalam jumlah sedikit tidak terlalu mengganggu, tetapi dalam jumlah banyak sangat merugikan. Kemungkinan dampak negatif yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

### a) Gangguan Terhadap Kesehatan Manusia

Disebabkan oleh bakteri, virus, senyawa nitrat, beberapa bahan kimia industri pestisida dalam rantai makanan, dan beberapa konsentrasi logam seperti merkuri, timbal dan kadmium.

### b) Kegagalan Keseimbangan Ekosistem

Terhadap tumbuhan dan hewan air Kerusakan yang disebabkan oleh eutrofikasi, yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh kelebihan nutrisi yang masuk ke ekosistem perairan, air dianggap eutrofik jika kandungan fosfor dalam air antara 35 dan 100  $\mu\text{g l}$  dan pertumbuhan tanaman berlebihan (Rahayu dkk., 2020)

### c) Gangguan Terhadap Estetika

Berupa warna, bau, dan rasa. Kerusakan yang disebabkan oleh garam terlarut, misalnya korosif, air berlumpur yang menurunkan rekreasi dan kualitas hidup karena bau dan eutrofikasi (Rahayu, dkk., 2020).

### 2.5.1 Sumber Limbah Cair

Air limbah merupakan gabungan limbah cair perumahan, komersial dan industri bersama air tanah sumber limbah cair dapat dibagi menjadi 4 kelompok:

#### a. Limbah Cair Domestik

Merupakan air limbah domestik buangan yang berasal dari kegiatan

rumah tangga, pasar, restoran, dan gedung perkantoran. Limbah ini terdiri dari dua jenis, yaitu air limbah hitam (dari WC) dan air limbah abu-abu (dari mencuci, mandi, dan memasak). Pengolahan air limbah domestik sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan. Karena komposisinya yang lebih dari 99% air, pengelolaan air limbah domestik dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Contoh: air sabun, air deterjen sisa pencucian.

b. Air limbah non domestik

Merupakan limbah cair yang berasal dari kegiatan non-domestik, yaitu campuran air dan bahan pencemar yang terlarut atau tersuspensi, dan dibuang oleh sumber pencemarnya. Salah satu sumber limbah cair ini adalah kontaminasi minyak atau lemak yang bercampur dengan air dari kegiatan industri.

Contoh: sisa laundry daging, buah-buahan dan sayur-sayuran.

c. *Effluent and overflow*

Limbah cair dari berbagai sumber yang masuk ke saluran pembuangan dengan cara dialirkan ke dalam tanah atau meluap ke permukaan.

d. Air hujan (*rain water*)

Limbah cair dari air, mengalir hujan ke dalam tanah. Air hujan yang ada di tanah dapat memindahkan dan membawa partikel limbah padat dan cair, sehingga dapat disebut dengan limbah cair.

### 2.5.2 Aspek Pengelolaan

Didalam proses pengelolaan air limbah terdapat beberapa aspek yang perlu ditinjau agar air limbah mampu dikelola dengan baik dan juga lingkungan dapat terlindungi serta dapat terselamatkan dari faktor-faktor negatif lainnya adalah berikut ini:

#### 1. Aspek Teknis

Pada aspek ini yang perlu diperhatikan adalah cakupan layanan, kapasitas pengelolaan, teknologi yang digunakan, kemudahan dalam pengoperasian dan manajemen serta kemampuan adaptasi dalam pengelolaan.

- a. Cakupan layanan pada skala komunal sebanyak 2-10 rumah tinggal dan pada skala pemukiman mencakup 50-20.000 jiwa sedangkan pada skala perkotaan minimal 20.000 jiwa.
- b. Kapasitas pengelolaan bergantung pada cakupan layanan, seberapa banyak yang ingin dilayani maka kapasitas dari sistem pengelolaan air limbah akan merencanakan besarannya.
- c. Teknologi yang digunakan perlu memperhatikan karakteristik dari sistem pengelolaan dan pengolahan air limbah yaitu mulai dari rencana tata ruang, padatnya penduduk, banyaknya yang ingin dilayani, kemiringan tanah, kemampuan tanah menyerap dan kemampuan biaya. Sedangkan dalam kemampuan manajemen, pengoperasian serta kemampuan beradaptasi perlu melihat kondisi sosial dan tingkat peran serta masyarakat dan pemerintah.

#### 2. Aspek Lingkungan

Menurut Undang-undang RI Nomor 32 Tahun 2009 Pasal 1 ayat 1, lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhlukhidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi alam itu sendiri, serta kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Salah satu persyaratan atau kondisi ideal di IPALD pembangunan skala permukiman adalah tersedianya badan air di sekitar lokasipembangunan IPALD, akan membawa dampak terhadap lingkungan sekitar yaitu badan air, karena Efluen yang dihasilkan akan langsung dibuang pada badan air tersebut. Hal ini bisa dilakukan dengan melihat rasio BOD/COD pada efluen IPALD. Rasio BOD/COD merupakan indikator untuk dampak output dari zat organik yang berada pada air, limbah, lindi, kompos dan lain-lain baikdari alam maupun buatan terhadap lingkungan sekitarnya.

### 3. Apsek Sosial Ekonomi

Dalam pengelolaan air limbah tidak sedikit membutuhkan biaya mulai dari pembangunan, perluasan, pengoperasian dan pemeliharaan. Berbagai sumber dana yang bisa digunakan dalam pengelolaan seperti dana pemerintah pusat ataupun daerah, BUMN atau BUMD, dana masyarakat dan sumber danlainnya yang siap mendukung, namun dari kesemua sumber dana yang ada tidak dipungkiri bahwa penggelontoran dana pun terbatas dari berbagai pihak. Dalam hal Pemerintah Daerah tidak mampu melakukan pengembangan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik (SPALD), Pemerintah Pusat dapat memberikan bantuan pendanaan sampai pemenuhan standar pelayananminimal sesuai dengan

ketentuan peraturan perundang-undangan. Pemberian bantuan pendanaan dari Pemerintah Pusat kepada Pemerintah Daerah, dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Dalam hal penyelenggaraan SPALD dilaksanakan oleh BUMD SPALD, Pemerintahan Daerah dapat menambah penyertaan modal sesuai kebutuhan dan dilaksanakan sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

#### 4. Aspek Kelembagaan

Dalam pembangunan prasarana sanitasi, ditetapkan dalam petunjuk teknis pelaksanaan program SANIMAS, bahwa pada saat pembangunan prasarana sanitasi, dibentuk suatu wadah atau organisasi yang akan bertanggung jawab pada pembangunan, pemeliharaan serta pengoperasionalan sarana terbangun. Organisasi ini disebut dengan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) yang bertanggung jawab pada saat pembangunan prasarana sanitasi sedang berjalan dan Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara (KPP) yang bertanggung jawab pasca konstruksi.

#### 5. Aspek Peran Serta Masyarakat

Peran serta masyarakat sangat dibutuhkan dalam suatu pengelolaan, dalam hal pengelolaan air limbah masyarakat merupakan salah satu ujung tombak dari keberhasilan dan keberlanjutannya, dimana hal ini harus didasari dengan adanya rasa tanggung jawab dan rasa memiliki dalam arti ingin melindungi dan merawat apa yang telah dihasilkan. Peran serta masyarakat akan menghasilkan sistem pengelolaan yang sesuai dengan

kebutuhan, prioritas dan kemampuan masyarakat maka dari itu masyarakat harus dilibatkan mulai dari tahap awal perencanaan hingga pada pengelolaan. Untuk meningkatkan peran serta masyarakat, Pemerintah dapat melakukan sosialisasi, advokasi, kampanye, edukasi dan promosi.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan pola pikir yang sistematis agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Kerangka metode penelitian akan mempermudah dalam melaksanakan ide studi dan membantu dalam menentukan kesimpulan dalam suatu penelitian. Didalam penelitian ini menggunakan metode penelitian pendekatan deskriptif kualitatif dimana bahwa data yang dikumpulkan dalam penelitian kualitatif adalah berupa kata-kata, gambar, dan bukan angka-angka yang tidak menggunakan dasar kerja statistik, tetapi berdasarkan bukti-bukti kualitatif pada kenyataan lapangan. Penelitian ini berupa Analisis Proses Pengolahan Limbah (IPALD) Ajibata untuk Memenuhi Standar Baku Mutu Air Permukaan melalui proses pengolahan limbah yaitu *inlet*, kolam aerasi, kolam falkutatif, *outlet* dan disinfeksi ozon. Maka sebelum melaksanakan penelitian, hal yang dilakukan pertama- tama adalah mengetahui capaian pelaksanaan pembangunan prasarana sanitasi dengan melihat kondisi eksisting IPAL saat ini dan membandingkan dengan kondisi ideal yang ingin dicapai berdasar aturan dan pedoman pelaksanaanprogram sanitasi skala lingkungan.

Data Primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan, diskusi dan pendokumentasian pada lokasi penelitian. Data Sekunder diperoleh dari literatur yang sudah ada, baik dari peraturan atau pedoman pelaksanaan yang sudah ada, maupun dari jurnal ataupun buku yang berupa Proses Pengolahan Limbah (IPALD) Ajibata untuk memenuhi standar baku mutu air permukaan dilakukan dengan

metode survei lapangan dan kajian permasalahan di lokasi penelitian. Data yang diperoleh dianalisis dengan mengacu pada standar dan pedoman yang ada.

### 3.2 Gambaran Umum

Pemerintahan Kecamatan Ajibata secara geografis, terdiri dari 9 desa dan 1 kelurahan terbagi habis dalam 32 dusun. Dari 32 dusun ada di Kecamatan Ajibata, 2 desa hanya memiliki dua dusun yaitu Desa Pardomuan Ajibata dan desa Motung dan desa yang memiliki dusun terbanyak Pardamean Ajibata sebanyak 5 dusun. Kecamatan Ajibata berada pada 2°23' - 2°40' Lintang Utara dan 98°56' - 99°04' Bujur Timur. Kecamatan Ajibata berada di atas sekitar 908 hingga 1.300m di atas permukaan laut. Kecamatan Ajibata memiliki batas wilayah yakni, pada bagian sebelah utara: Kabupaten Simalungun dan Danau Toba, bagian sebelah timur: Kabupaten Simalungun, dan pada bagian sebelah selatan : Kecamatan Lumban Julu, sebelah barat: Danau Toba.

Tabel 5 Desa/Kelurahan di Kecamatan Ajibata (*sumber* : <https://tobakab.bps.go.id/>, 2023)

No	Nama Desa/Kelurahan	Luas (km <sup>2</sup> ) Kecamatan	Jumlah Penduduk
1	Desa Horsik	05,3 km <sup>2</sup>	288
2	Desa Motung	08,0 km <sup>2</sup>	846
3	Pardamean Ajibata	05,0 km <sup>2</sup>	1.523
4	Pardamean Sibisa	16,0 km <sup>2</sup>	852
5	Pardomuan Ajibata	06,0 km <sup>2</sup>	629
6	Pardomuan Motung	06,0 km <sup>2</sup>	377
7	Parsaoran Sibisa	13,5 km <sup>2</sup>	681
8	Sigapiton	05,0 km <sup>2</sup>	390
9	Sirungkungon	05,0 km <sup>2</sup>	380
10	Parsaoran Ajibata	03,0 km <sup>2</sup>	1.539

Tabel 6 Tabulasi Debit di Kecamatan Ajibata (*sumber* : Hasil Penelitian, 2024)

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air (L/Org/Detik)	Total (m <sup>3</sup> /hari)	Debit Air Keluar (m <sup>3</sup> /hari)	(%) Air Masuk dan Air Keluar (m <sup>3</sup> /hari)
1	Desa Horsik	288	17280	17,28	12,96	4,32
2	Desa Motung	846	50760	50,76	38,07	12,69
3	Pardamean Ajibata	1.523	91380	91,38	68,535	22,845
4	Pardamean Sibisa	852	51120	51,12	3834	12,78
5	Pardomuan Ajibata	629	37740	37,74	2830,5	9,435
6	Pardomuan Motung	377	22620	22,62	16,965	5,655
7	Parsaoran Sibisa	681	40860	40,86	30,645	10,215
8	Sigapiton	390	23400	23,4	17,55	5,85
9	Sirungkungon	380	22800	22,8	17,1	5,7
10	Parsaoran Ajibata	1.539	92340	92,34	69,255	23,085
	<b>Jumlah</b>	7.505	450300	450,3	337,725	

Tabulasi diatas menjelaskan bahwa 7.505 orang jumlah penduduk keseluruhan kelurahan Ajibata membutuhkan total debit air masuk sebesar 450,3 m<sup>3</sup>/hari dengan jumlah debit air keluar sebesar 337,725m<sup>3</sup>/hari. Hal ini membuktikan air membutuhkan waktu dan jarak tempuh. Dan dapat dilihat juga persentase (%) air masuk dan air keluar pada kecamatan pardamean Ajibata memiliki nilai persen terbesar yaitu 12,78% dari 10 kelurahan tersebut.

### 3.3 Lokasi Penelitian

Studi kasus penelitian ini dilakukan di IPALD Ajibata lokasi :Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba dan Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara.Kabupaten Toba . Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

#### A. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi lapangan, yaitu survei lokasi penelitian, wawancara dan dokumentasi.

##### 1. Survei Lokasi Penelitian

Survei Lokasi Penelitian diperlukan untuk mengetahui kondisi sesungguhnya di lapangan dan untuk memperoleh informasi dan keterangan yang berhubungan dengan pokok permasalahan pada penelitian yang menjadi pertimbangan dalam perancangan.

##### 2. Wawancara

Dalam proses wawancara dilakukan secara lisan dan bertujuan untuk mendapatkan informasi dari pelaku yang berada di IPALD Ajibata maupun fungsi terkait yang bertanggung jawab dalam pengolahan

limbah cair. Informasi yang berasal dari wawancara tersebut bisa didapatkan dalam bentuk tulisan, video, audio, visual ataupun sebagainya.

### 3. Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan untuk melihat atau menganalisis dokumen- dokumen yang dibuat oleh subjek sendiri atau oleh orang lain oleh subjek dan mendapatkan gambaran dari sudut pandang subjek melalui suatu media tertulisan dan dokumen lainnya yang ditulis atau dibuat langsung oleh subjek yang bersangkutan.

#### B. Data Sekunder

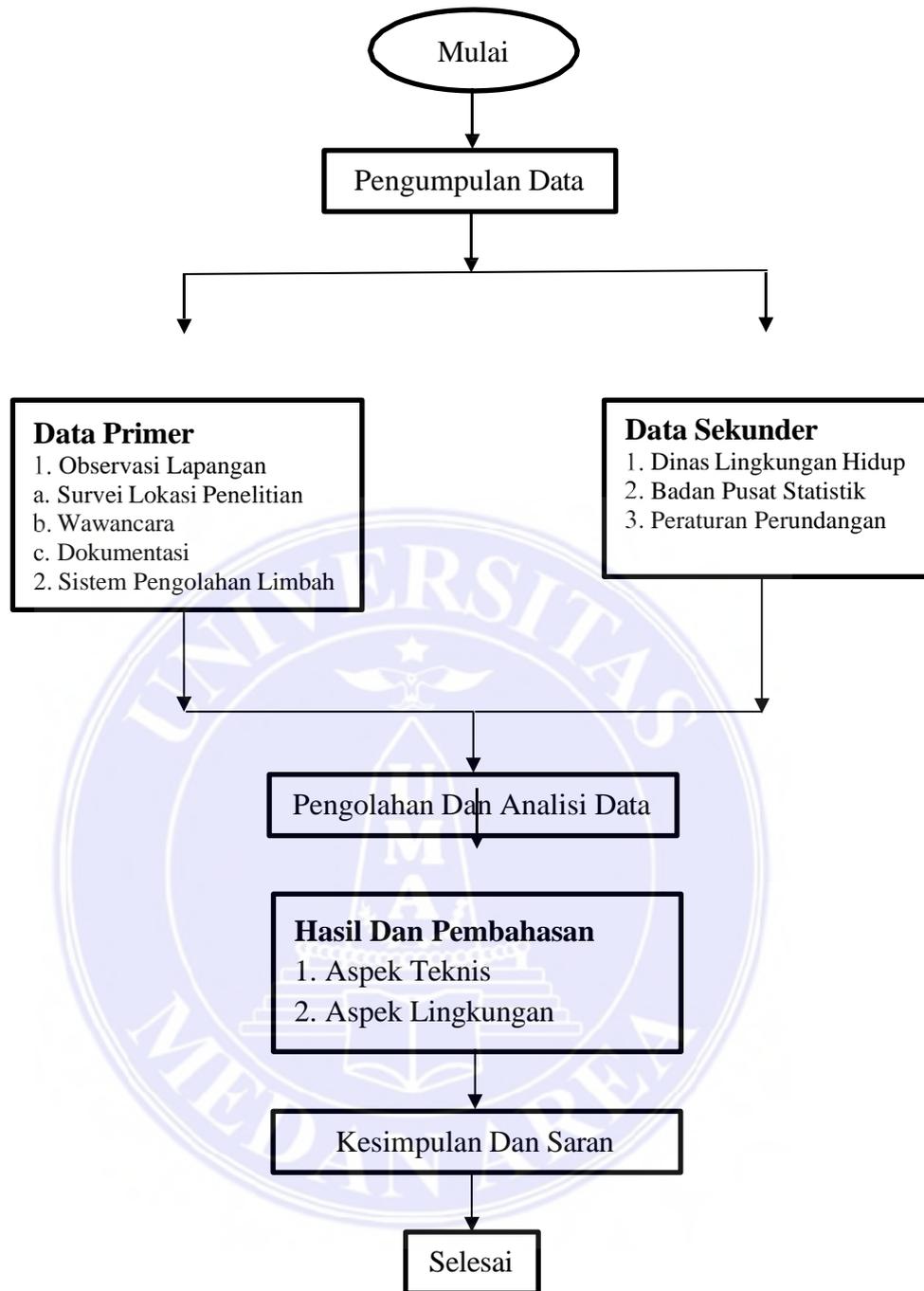
Data sekunder adalah data yang diperoleh dari data statistik maupun instansi terkait, yang merupakan data pendukung dari data primer yang harus disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan penelitian. Sumber data sekunder dalam penelitian ini adalah yang terdiri dari beberapa yaitu jurnal, buku internet, diagram alir, peraturan perundangan, peraturan kementerian dinas lingkungan hidup dan kehutanan serta data dari badan pusat statistik yang terdiri dari jumlah penduduk, usia, pendapatan, dan pendidikan.

Tabel 7 Jenis Data Sekunder

Data	Uraian	Sumber
Formulir Pemantauan Dan Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat	Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat
Baku Mutu Limbah Domestik	Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Laporan Periodik	Kewajiban Usaha Dan Kegiatan	Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Sumatera Utara
Kabupaten Toba Dan Kecamatan Ajibata	Jumlah Penduduk dan Pedukung Lainnya	Badan Pusat Statistik Kabupaten Toba Dan Kecamatan Ajibata

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir penelitian dibawah ini merupakan langkah-langkah yang diambil sebagai acuan dalam mendukung proses penelitian yang akan di buat agar peneliti dapat berjalan lebih terarah dan sistematis serta tujuan juga tercapai sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Berikut kerangka penelitian secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 3.6 Demografi Kecamatan Ajibata

Demografi Kecamatan Ajibata Kabupaten Toba berdasarkan data Badan Pusat Statistik keadaan Kecamatan Ajibata Kabupaten Toba mencakup data jumlah penduduk, usia, pendapatan, dan pendidikan sebagai berikut:

1. Kependudukan:

Laki-laki = 5.149 Jiwa

Perempuan = 5.310 Jiwa

Jumlah = 10.459 Jiwa

2. Usia Produktif = 10.459 Orang

3. Pendapatan di Kecamatan Ajibata adalah tanaman Jagung seluas 633

Hadan hasil produksi = 3.762,35 ton

4. Tingkat Pendidikan:

Sekolah Negeri = 1.326 Orang

Sekolah Swasta = 158 Orang

Jumlah = 1.484 Orang

### 3.7 Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Ajibata Perumda Tirtanadi

Sistem instalasi pengolahan air limbah domestik (IPALD) Ajibata merupakan cabang dari Perumda Tirtanadi Provinsi Sumatera Utara yang berlokasi di Jalan Limbah IPALD Ajibata, Desa/Kelurahan Pardomuan Ajibata Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba, Provinsi Sumatera Utara. Secara geografis, lokasi kegiatan eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata dan rencana pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) berada pada titik koordinat N 2°39'7,134" ; E 98°56'38,16" dengan skala layanan perpipaan IPALD Ajibata seluas = 93 Ha, kapasitas IPALD Ajibata = 2.010 m<sup>3</sup>/hari, luas lokasi IPLT = 288 m<sup>2</sup> (berada satu lokasi dengan IPALD Ajibata dengan luas lahan 16.260 m<sup>2</sup>), luas bangunan IPLT = 268 m<sup>2</sup>, kapasitas IPLT = 10 m<sup>3</sup>/hari (5 m<sup>3</sup>/jam dengan waktu operasi 2,5 jam/hari).



Gambar 3. IPAL Ajibata di Desa Pardomuan Ajibata (Dokumentasi Proyek, 2024)

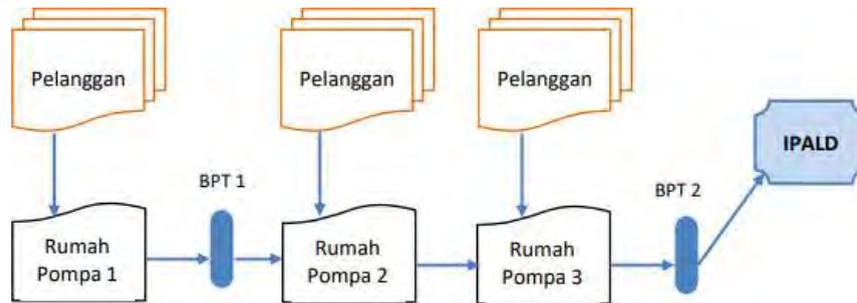
Dalam kawasan IPAL Ajibata terdapat beberapa jenis sambungan rumah yang dilayani, yaitu rumah, toko, sekolah, rumah makan, bengkel, kantor, SPBU, penginapan dan tempat peribadatan. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut digolongkan sebagai limbah cair domestik dikumpulkan dan diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpadu sehingga menghasilkan air olahan yang memenuhi baku mutu yang mengacu pada Peraturan Menteri LHK No 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pada saat penyusunan Standar Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah, kegiatan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) sudah beroperasi (eksisting) dengan kapasitas IPALD sebanyak 2.010 m<sup>3</sup>/hari dengan sistem kolam stabilisasi dengan aerasi (*Aerated lagoon*) berada pada lahan seluas 16.260 m<sup>2</sup> dan luas layanan perpipaan 93 Ha yang ditujukan untuk melayani sekitar 17.400 orang. Total target jumlah sambungan adalah 2.125 terdiri dari 1.595 sambungan rumah tangga dan 530 sambungan non rumah tangga (Kementerian PUPR Dirjen Cipta Karya, 2019, Design Note). Selanjutnya oleh Perusahaan Daerah Air Minum Tirtanadi Provinsi

Sumatera Utara selaku penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan IPALD merencanakan Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) dengan kapasitas 10 m<sup>3</sup>/hari dengan sistem kolam stabilisasi dengan aerasi (*Aerated lagoon*). Air limbah dari hasil pengolahan lumpur tinja nantinya akan dialirkan menuju ke IPALD untuk selanjutnya diolah terlebih dahulu sebelum dialirkan ke Sungai Sera-Sera yang mengalir ke Danau Toba.

Tabel 8 Lokasi Kegiatan Penerima IPAL Ajibata (Sumber : *Dokumen UKL-UPL Rencana Optimalisasi dan Pengembangan Jaringan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata, 2020*)

No.	Kegiatan	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten
1.	IPALD Ajibata (Eksisting)	Desa Pardomuan Ajibata	Ajibata	Toba
2.	Pompa 1 (Eksisting) Jl Marihat Parapat	Tigaraja	Girsang Sipangan Bolon	Simalungun
3.	Pompa 2 (Eksisting) Jl. Tigaraja Parapat	Tigaraja	Girsang Sipangan Bolon	Simalungun
4.	Pompa 3 (Eksisting) Jl. Mess Pemda Ajibata	Parsaoran Ajibata	Ajibata	Toba
5.	Area pelayanan	Parsaoran Ajibata Tigaraja Parapat	Ajibata Girsang Sipangan Bolon Girsang Sipangan Bolon	Toba Simalungun Simalungun

Berikut ini merupakan sistem pengaliran air limbah ke IPALD yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Sistem Pengaliran Air Limbah IPALD Ajibata (Pemenuhan baku mutu air limbah, 2021)

Pada gambar 4 menjelaskan bahwa pengaliran secara gravitasi pada jalur pipa dari pelanggan ke bak penampung rumah pompa 1. Kemudian dari rumah pompa 1, air limbah di pompa ke bak penampung rumah pompa 2. Setelah dari rumah pompa 2, dialirkan kembali ke bak irpengumpul rumah pompa 3. Lalu dari bak pengumpul rumah pompa 3, dipompa ke IPALD Ajibata.

### 3.7.1 Proses Pengolahan IPALD Ajibata

Proses pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata terdiri dari beberapa unit proses pengolahan air limbah domestik, antara lain *Inlet*, *Screw Pumps* (Pompa Ulir), *Screen* (Saringan), *Grit Chamber*, *Splitter Box* (Tangki Pemisah Aliran), *Uasb Reactor*, *Aerated & Facultative Pond* (Kolam Aerasi dan Kolam Fakultatif), *Outlet* dan Disinfeksi Ozon Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik. Adapun kondisi fisik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9 Formulir Pemantauan dan Evaluasi IPALD

1.	2.	3.	4.	5.
	Uraian	Rencana/Kegiatan	Kondisi Lapangan dan Permasalahan	Saran dan Rencana Tindaklanjut
I.	Kondisi Fisik			
A.	<i>Inlet</i>	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	
B.	<i>Screw Pump</i>	Jumlah tersedia = 3 Unit, Jumlah digunakan = 3 unit	Jumlah tersedia = 3 Unit, Jumlah digunakan = 3 unit	
C.	<i>Screen</i>	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	
D.	<i>Grit Chamber</i>	Jumlah tersedia = 3 Unit, Jumlah digunakan = 3 unit	Jumlah tersedia = 3 Unit, Jumlah digunakan = 3 unit	
E.	<i>Splitter Box</i>	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 2 unit	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	
F.	<i>Uasb Reactor</i>	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 2 unit	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	
G.	<i>Aerated Pond</i>	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 2 unit	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 2 unit	
H.	<i>Facultative Pond</i>	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 2 unit	Jumlah tersedia = 2 Unit, Jumlah digunakan = 2 unit	
I.	<i>Outlet</i>	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	
J.	Disinfeksi Ozon	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	Jumlah tersedia = 1 Unit, Jumlah digunakan = 1 unit	

---

II. Kondisi		
Pengelolaan		
A. Struktur Organisasi	Memiliki struktur organisasi	Telah memiliki struktur organisasi berdasarkan dari penjabaran struktur organisasi
B. Operasi Dan Pemeliharaan	Operasi dan pemeliharaan secara berkala dan jika ada kerusakan	Dilakukan secara berkala dan jika ada kerusakan
C. Biaya Pemeliharaan	Menganggarkan biaya pemeliharaan	Tersedia anggaran biaya pemeliharaan
D. Biaya Pelatihan Personil	Menganggarkan biaya pemeliharaan	Tersedia anggaran biaya pelatihan personil
E. Ketersediaan Sop	Tersedia SOP	Memiliki SOP
F. Pelatihan Personil	Personil yang bersertifikat Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP)	Memiliki personil Penanggung Jawab Operasional Pengolahan Air Limbah (POPAL) dan Penanggung Jawab Pengendalian Pencemaran Air (PPPA)
G. Rencana Penambahan Sambungan Rumah	Adanya rencana penambahan sambungan rumah	Telah melakukan penambahan sambungan rumah

---



Gambar 5. Kondisi Eksisting IPALD Ajibata

(a) inlet, (b) kolam aerasi, (c) kolam fakultatif, (d) outlet, (e) ozon

a. *Inlet*

*Inlet* merupakan bak pengumpul utama air limbah yang masuk secara gravitasi melalui truk sewer dari bahan *Reinforce Concrete Pipe (RCP)*. Berikut dibawah ini pada gambar 6 adalah kondisi *Inlet* pada IPALD Ajibata.



Gambar 6. *Inlet* IPALD

b. *Screw Pumps* (Pemompaan)

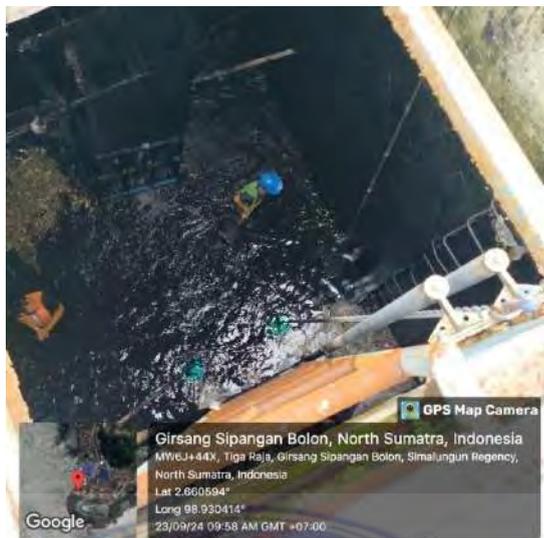
Berfungsi untuk memompakan air limbah yang terkumpul dari inlet. Tipe pompa ini adalah jenis yang paling tepat digunakan untuk mengangkat air limbah yang mengandung partikel/benda yang keras dan besar.



Gambar 7. *Screw Pumps*

c. *Screen* (Saringan)

Berfungsi menyisihkan benda-benda yang terbawa dalam aliran agar tidak mengganggu aliran dan dapat melindungi instalasi pengolahan dari kemungkinan penyumbatan/rusakannya peralatan pada unit-unit selanjutnya. Kotoran yang terkumpul pada screen dibuang ke dalam kontainer yang selanjutnya diangkut ke tempat pembuangan akhir.



Gambar 8. *Screen* (Saringan)

d. *Grit Chamber*

Berfungsi untuk memisahkan kerikil serta pasir yang terbawa ke dalam aliran untuk mencegah penyumbatan serta terbentuknya endapan pasir dalam reaktor *UASB* yang dilakukan secara mekanikal.



Gambar 9. *Grit Chamber*

e. *Splitter Box* (Tangki Pemisah Aliran)

*Splitter box* atau tangki pembagi aliran yang terdiri dari beberapa *outlet* berfungsi untuk mendistribusikan aliran ke unit pengolahan utama (Reaktor *UASB*).



Gambar 10. *Splitter Box*

f. *UASB Reactor*

*UASB Reactor* (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) yang sering juga dikenal dengan istilah Sistem Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan selimut lumpur Aliran Keatas dimana air buangan yang masuk dialirkan keatas dan akan mengalami kontak dengan mikroorganismenya yang terdapat pada selimut lumpur dimana didalamnya terjadi proses pengolahan air limbah tersebut.



Gambar 11. *UASB Reactor*

g. Kolam Aerasi dan Kolam Fakultatif

Kondisi ini merupakan proses lanjut dari UASB sehingga memenuhi kriteria persyaratan yang ditetapkan oleh pemerintah. Kolam aerasi ini berfungsi untuk menginjeksikan oksigen agar kadar oksigen yang terdapat didalam air cukup sehingga memungkinkan bagi mikroorganisme untuk dapat hidup dan air menjadi bersih dan kolam fakultatif berfungsi untuk memisahkan *suspended solid* yang berasal dari proses aerasi. Adapun Kolam maturasi memiliki fungsi untuk menyisihkan N (nitrogen) dan P (phosphor), menyisihkan bakteri patogen akibat sinar UV (ultraviolet) matahari, dan meningkatkan kualitas efluen dalam hal penyisihan *faecal coliform* (FC). Konfigurasi kolam aerobik adalah diletakkan setelah kolam fakultatif dan umumnya dibuat secara seri. Fungsi utama kolam maturasi adalah untuk memusnahkan bakteri Fecal Coli (FC) dan menurunkan SS dan BOD yang masih tersisa. Bakteri penyakit

dan virus yang berasal dari tinja mati karena perubahan suasana yang berlangsung agak cepat. Terjadi proses aerobik secara alami karena tersedia oksigen yang diproduksi oleh alga dengan bantuan sinar matahari serta penambahan dari udara dalam jumlah kecil. Kolam ini juga efektif dalam penyisihan nitrogen dan fosfor pada *effluent*.



(a) Kolam Aerasi



(b) Kolam Fakultatif

Gambar 12. Kolam Aerasi (a) Kolam Fakultatif (b)

h. *Outlet IPAL*

Merupakan penampungan akhir dari bak pengolahan yang berfungsi untuk menampung air limbah yang telah diolah pada bak pengolahan, kemudian dialirkan untuk menghasilkan air buangan (*effluent*) yang aman bagi lingkungan.



Gambar 13. *Outlet IPALD*

i. *Disinfeksi Ozon*

Dan untuk meningkatkan kualitas outlet, dalam perencanaan IPALD Ajibata ditambahkan kolam desinfeksi. Desinfeksi dilakukan untuk menghancurkan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit dan pencemaran lingkungan. Disinfeksi dapat dilakukan dengan menggunakan klorinasi, UV dan ozon. Dalam perencanaan desinfeksi IPALD Ajibata dipilih menggunakan ozon dengan alasan kemudahan dalam proses, residu ozon akan menguap sehingga tidak diperlukan proses untuk menghilangkan residu, dan efektivitas dalam membunuh bakteri patogen yang terdapat pada effluent air limbah.



Gambar 14. Disinfeksi Ozon

### 3.7.2 Kriteria Operasional IPALD Ajibata

Adapun kriteria desain dari setiap proses dari operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Ajibata sebagai berikut:

- a. Kolam Aerobik

Tabel 10 Dimensi Kolam Aerobik

Kolam	Dimensi (m)				Tinggi
	Panjang		Lebar		
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Kolam Aerobik Kecil	40,77	36,86	21,29	17,29	3,00
Kolam Aerobik Besar	47,31	43,31	28,84	24,84	4,39

Waktu tinggal di bak aerobik kecil (I) dan bak aerobik besar (II) cukup lama dikarenakan pada awal perencanaan debit air limbah cukup besar. Dikarenakan luas kolam aerobik I dan II memiliki dimensi yang cukup besar, maka untuk menghindari death zone digunakan 2 unit aerator.

## b. Kolam Fakultatif

Tabel 11 Dimensi Kolam Fakultatif

Kolam	Dimensi (m)				Tinggi
	Panjang		Lebar		
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Kolam Fakultatif Kecil	42,05	38,06	21,14	17,29	3,77
Kolam Fakultatif Besar	48,94	44,50	28,78	24,81	4,63

Kriteria untuk kedalaman kolam fakultatif adalah 1,8-6 m dengan kedalaman tipikal adalah 3 m. Kedua kolam aerasi tersebut masih memenuhi kedalaman yang disarankan. Kolam ini lebih tepatnya dapat disebut dengan fakultatif aerasi karena dilengkapi dengan aerator yang jadi suplai oksigen. Jika biasanya kolam fakultatif lebih mengandalkan pengaturan kedalaman dalam menjaga suplai oksigen dengan zona aerasi pada zona yang mendekati ke permukaan dan zona anaerob pada kolam yang lebih dalam. Untuk mengetahui performa pengolahan air limbah domestik salah satunya kriterianya adalah waktu tinggal dalam kolam fakultatif.

Tabel 12 Waktu Tinggal Kolam Fakultatif

Kolam	Waktu tinggal (hari)
Kolam Fakultatif Kecil	11,25
Kolam Fakultatif Besar	24,10

Waktu tinggal di bak fakultatif kecil (I) dan bak fakultatif besar (II) lebih besar daripada kriteria desain yang disarankan. Waktu tinggal di kolam fakultatif cukup lama dikarenakan pada awal perencanaan debit air limbah cukup besar.

## c. Kolam Maturasi

Tabel 13 Dimensi Kolam Maturasi

Kolam	Dimensi (m)				Tinggi
	Panjang		Lebar		
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
Kolam Maturasi	57,00	52,96	15,02	11,02	1,44

Kriteria desain untuk kedalaman kolam maturasi adalah 1-2 m. Kriteria desain waktu tinggal di kolam maturasi adalah waktu tinggal hidrolis = 4 – 6 hari (U.S. EPA, 1983), 15-20 hari (Tchobanoglous, 1993), 5 – 15 hari (Peraturan Menteri PUPR No. 04/PRT/M Tahun 2017).

Untuk pengolahan air hasil dari IPLT, akan dialirkan ke kolam aerobik eksisting yang juga berada di IPAL Ajibata. Perhitungan volume bak IPALD Ajibata sebagai berikut:

Tabel 14 Perhitungan Volume Bak IPALD Ajibata

Uraian	Satuan	Unit Proses				Maturasi
		Aerasi 1	Aerasi 2	Fakultatif 1	Fakultatif 2	
Panjang atas	M	40,77	47,31	42,05	48,94	57
Panjang Bawah	M	36,86	43,31	38,06	44,49	52,96
Lebar Atas	M	21,28	28,84	21,15	28,78	15,02
Lebar Bawah	M	17,29	24,84	17,29	24,81	11,02
Tinggi Eff	M	2,5	3,9	3,27	4,13	1
Fb	M	0,5	0,5	0,5	4,13	0,44
Ttotal	M	3	4,4	3,77	4,13	1,44
Vol eff	m <sup>3</sup>	1871,37	4742,87	2517,43	5169,64	715,84
Vol Total	m <sup>3</sup>	2245,64	5350,93	2902,36	5169,64	1030,81
Area Bak	m <sup>2</sup>	867,59	1364,42	889,36	1408,49	856,14

Tabel 15 Perhitungan Waktu Tinggal (RT) Masing-masing Bak

	Vol eff Tot (m <sup>3</sup> )	Kap (m <sup>3</sup> /hari)	RT (Hari)	Syarat	Keterangan
Aerasi	6614	528,10	12,52	RT Min 3-6 hari	Memenuhi
Fakultatif	7687	528,10	14,56	RT Min 4 hari	Memenuhi
Maturasi	716	528,10	1,36	RT Min 3 hari	Kurang

Area Eksisting lebih besar dari kebutuhan sehingga masih memenuhi syarat. Namun secara waktu tinggal tidak memenuhi syarat dikarenakan untuk memenuhi syarat maka waktu tinggal minimum adalah 3 hari.

### 3.7.3 Alur Proses Pada IPALD Ajibata

IPAL Regional Parapat-Ajibata terdiri dari 5 kolam dan 1 unit bak penampung lumpur (D1). Influent dilakukan secara paralel mengalir menuju dua kolam *Aerated Lagoon* (A1 dan A2) dengan desain waktu tinggal 7 hari. Kemudian mengalir dari A1 ke kolam aerasi fakultatif (B1) begitu pula dari kolam A2 ke kolam aerasi fakultatif (B2) Kolam-kolam tersebut desain waktu tinggal 7 hari. Air limbah dari B1 dan B2 kemudian mengalir ke kolam maturasi (C2) dengan desain waktu tinggal 4 hari untuk pengolahan akhir. Kemudian dibuang/*discharge* ke sungai Aek Sera-Sera setelah dilakukan desinfeksi dengan menggunakan ozon.

### 3.8 Kualitas Air Limbah IPAL Ajibata

Kualitas air limbah dilihat apabila telah mengalami pengolahan pada unit-unit proses mulai dari *inlet* sampai dengan *outlet* yang terdapat dalam IPAL, air limbah akan dialirkan ke badan air dalam hal ini sungai yang merupakan tempat pembuangan air hasil olahan. Sampel yang telah diambil kemudian dilakukan pengujian kualitas air limbah di Laboratorium Perumda Tirtanadi Cabang Cemara dan Laboratorium Sucofindo, adapun parameter yang diuji yaitu *pH*, *BOD*, *COD*, *TSS*, Minyak & Lemak, *Amonia*, dan *Total Coliform* berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Pengolahan air limbah domestik, wajib dilakukan pemantauan selama IPAL Ajibata dioperasikan dengan frekuensi pemantauan kualitas air limbah di titik penataan (*outlet*) setiap 1 (satu) kali setiap bulannya. Sedangkan untuk debit air limbah dan pH dilakukan setiap hari untuk mengetahui pemenuhan ketentuan baku mutu air limbah.

### 3.9 Aspek Pengolahan

Aspek pengolahan sangat perlu dilakukan agar menghasilkan air limbah yang dikelola dengan baik dan juga lingkungan dapat terlindungi. Berikut ini adalah beberapa aspek yang telah ditinjau selama proses pengolahan air limbah.

#### 3.9.1 Aspek Teknis

Didalam aspek ini terdiri atas beberapa yang harus diperhatikan diantaranya adalah cakupan layanan, kapasitas dan teknologi dalam proses instalasi pengolahan air limbah. Berikut ini telah diterangkan mengenai aspek teknis IPALD Ajibata:

##### a. Cakupan layanan

Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) Ajibata sudah beroperasi (eksisting) sebanyak 2.010 m<sup>3</sup>/hari dengan lahan seluas 16.260 m<sup>2</sup> dan luas layanan perpipaan 93 Ha juga kapasitas sebesar 2.010 m<sup>3</sup> yang ditujukan untuk melayani sekitar 17.400 orang yang termasuk kedalam kategori skala pemukiman. Total target jumlah sambungan adalah 2.125 yang terdiri dari 1.595 sambungan rumah tangga dan 530 sambungannon rumah tangga. Perusahaan Daerah Air Minum Tirtanadi Provinsi Sumatera Utara selaku penanggung jawab IPALD dan Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) dengan kapasitas 10 m<sup>3</sup>/hari. Airlimbah dari hasil pengolahan lumpur tinja nantinya akan dialirkan menuju ke instalasi pengolahan air limbah domestik untuk tindak selanjutnya diolah terlebih dahulu sebelum dialirkan ke Sungai Sera-Sera yang mengalir ke Danau Toba.

## b. Kapasitas IPALD Ajibata

Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) yang telah beroperasi memiliki kapasitas sebanyak 2.010 m<sup>3</sup>/hari berada pada lahan seluas 16.260 m<sup>2</sup> dan luas layanan perpipaannya sebanyak 93 Ha.

## c. Teknologi yang digunakan IPALD Ajibata

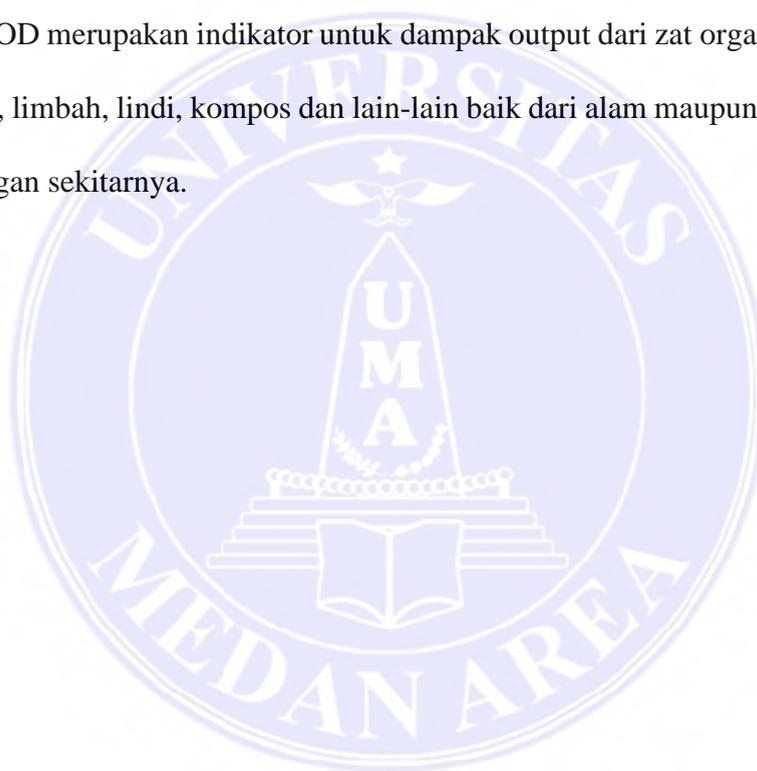
Seluruh parameter harus disesuaikan dengan baku mutu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk / Setjen / Kum.1 /8 / 2016 Sehingga diperlukan teknologi pengolahan air limbah yang sesuai dengan karakteristik air limbah.

Tabel 16 Teknologi Sistem Pengolahan IPALD Ajibata

	Kelompok Pencemar	Parameter	Pilihan Teknologi
1	Organik Terurai ( <i>Biodegradable Organics</i> )	BOD	<i>Aerob</i> ataupun <i>Anaerob</i>
2	Organik Sulit Terurai ( <i>Non Biodegradable Organics</i> )	COD	<i>Aerob</i> ataupun <i>Anaerob</i>
3	Padatan Tersuspensi ( <i>Suspended Solids</i> )	TSS, Turbiditas	Dipisahkan melalui proses pengendapan dibantu senyawa koagulan-flokulan
4	Asam Basa	Senyawa asam atau senyawa basa, seperti asam sulfat, kapur (CaO), dan soda kostik (NaOH)	Penambahan asam atau basa (netralisasi)
5	Nutrien	TN, TP, Amoniak, Nitrit, Nitrat, Fosfat	Proses biologi (aerobik, anaerobik, anoksik), fisika untuk parameter amoniak, kimia-fisika untuk parameter fosfat
6	Patogen	bakteri, virus, protozoa	metode oksidasi, menggunakan ozon

### 3.9.2 Aspek Lingkungan

Dalam aspek lingkungan terlihat bahwa kondisi di IPALD Ajibata dari pembangunan skala permukiman adalah bagus dan baik dengan tersedianya badan air di sekitar lokasi pembangunan IPALD, dimana membawa dampak terhadap lingkungan sekitar yaitu badan air, dikarenakan efluen yang dihasilkan akan langsung dibuang pada disinfeksi ozon yaitu ke sungai sira-sira Toba. Hal ini bisa dilakukan dengan melihat rasio BOD/COD pada efluen IPALD Ajibata. Rasio BOD/COD merupakan indikator untuk dampak output dari zat organik yang berada pada air, limbah, lindi, kompos dan lain-lain baik dari alam maupun buatan terhadap lingkungan sekitarnya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hasil optimasi disimpulkan bahwa proses pengolahan air limbah di Ajibata belum terlayani dengan baik dikarenakan masih belum sepenuhnya memenuhi standar proses yang ditetapkan dimana beberapa kriteria dalam proses pengolahan air limbah yang belum terlaksanakan.
2. Kinerja sistem dari pengelolaan air limbah yang dilakukan IPAL Ajibata dimulai dari optimasi *inlet* hingga disinfeksi ozon berjalan secara efektivitas karena telah memanfaatkan penggunaan teknologi, hanya saja masih belum efisien. Ini dikarenakan masih belum sepenuhnya terlaksana seluruh kriteria dalam proses pengolahan air limbah yaitu pengeringan lumpur dan maturasi sehingga membuat lingkungan menjadi kotor akibat lumpur limbah yang tersebut.
3. Kebutuhan debit air domestik untuk 7.505 orang jumlah penduduk di Ajibata sebesar  $450,3\text{m}^3/\text{hari}$  dari total kapasitas daya tampung IPALD terhadap pemasukan air limbah yaitu  $2.010\text{ m}^3/\text{hari}$  dengan total debit air masuk sebesar  $450,3\text{m}^3/\text{hari}$  dan total air keluar sebesar  $337,725\text{m}^3/\text{hari}$ . Hal ini membuktikan bahwa baku mutu air limbah di Ajibata terpenuhi karena tidak melewati kapasitas yang disediakan.

## 5.2 Saran

1. Operasional dan pemeliharaan IPAL diperlukan agar IPAL dapat berkerja baik dan *effluent* yang dihasilkan memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, yaitu :
  - a. Melakukan pengoperasian unit IPAL dengan baik dan selalu mengecek penunjang IPAL seperti pompa dalam kondisi baik;
  - b. Pemeliharaan IPAL dapat dilakukan dengan melakukan pemeliharaan di sumber, di unit IPAL dan melakukan pengurasan sesuai dengan frekuensinya masing-masing.
2. Instansi terkait perlu meningkatkan kinerja sistem dengan menggunakan seluruh kriteria proses yang ada serta kegiatan untuk penyuluhan, pemantauan serta pengawasan lingkungan kualitas air limbah dari pelaku usaha kegiatan secara rutin dan berkelanjutan melakukan sosialisasi serta pembinaan, baik terhadap pelaku usaha atau kegiatan masyarakat serta pengelolaan yang tentunya harus melibatkan peran seluruh bidang yang terlibat seperti masyarakat dan pemerintah tanpa harus mengutamakan kepentingan pribadi ataupun politik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad & Nurdiansyah (2023). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Skala Pemukiman di Kabupaten Luwu Timur. *Jurnal Administrasi Negara*, 29(2), 147–170.
- Al Kholif (2020). *Pengelolaan Air limbah Domestik*. Scopindo Media Pustaka.
- Allu A, Ahmad S, & Nurdiansyah W (2023). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Skala Pemukiman di Kabupaten Luwu Timur.
- Amri, & Wesen (2019). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (*bioball*). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55–66.
- Annet, & Naranjo (2019). Riskesdas tTahun 2013. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 2071–2079.
- Astuti, Wisaksono, & Nurwini, (2007). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob bermedia karbon aktif dengan Variasi Waktu Tunggal. *Indonesian Journal Of Urban and Environmental Technology*, 4(2).
- Azuwandari (2022). Analisis pelaksanaan Program Sanitasi Berbasis Masyarakat Terhadap Pemberdayaan Masyarakat di Kelurahan Bajak Kecamatan Teluk Segara Kota Bengkulu, 316–333.
- Farizal, B., & Diyanti, R. A. (2021). Perencanaan Sanitasi Pengolahan Air Limbah Domestik Domestik (Spald-T) di Kelurahan Talang Benih. *Jurnal Statika*, 7(1), 33–45.
- Hartaja (2015). Modifikasi & Optimalisasi IPAL Gedung BPPT dengan Proses Lumpur Aktif dan Biofilter. *Jurnal Air Indonesia*.
- Irnantyanto, M. A., Subagiyo, & Suryono. (2023, Februari 02). Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Kawasan Pelabuhan Perikanan. *Journal of Marine Research*, 12 nO 1. doi:10.14710/jmr.v12i1.35087
- Jannah, N. (2023). Hubungan Antara Air Limbah Rumah Tangga Dengan Lingkungan Hidup. a\adalah: *Jurnal Politik, Sosial, Hukum dan Humaniora*, 1(4), 144–157.
- Kadir, M. I. (2022). Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2), 9400–9411.
- Lumpur Tinja (IPLT). Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat.

[https://www.academia.edu/download/58787161/pedoman\\_ded\\_iplt-Buku\\_Utama.pdf](https://www.academia.edu/download/58787161/pedoman_ded_iplt-Buku_Utama.pdf)

- Khairunnisa, S., & Arumsari, A. (2016). Pengolahan Limbah Styrofoam Menjadi Produk Fashion. *Eproceedings Of Art & Design*, 3(2).
- Mahardika, A. T. (2006). Efektifitas Bio dalam Menurunkan Tss, dan Cod Pada Air Limbah Septic Tank.
- Mende, kumurur, & moniaga, (2015). Kajian sistem Pengelolaan Air Limbah Pada Permukiman di Kawasan Sekitar Danau Tondano (Studi Kasus: Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa). *Sabua: Jurnal Lingkungan Binaan dan Arsitektur*, 7(1), 395–406.
- Novilyansa Anwar, & Cambodia, (2020). Analisis kebutuhan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (ipald) dengan Variasi Jumlah Sambungan Rumah (SR). *Jurnal Ilmu Teknik*, 5(1), 27–34.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Limbah Domestik.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Cipta Karya
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 / Menlhk / Setjen/ Kum.1 / 8 / 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan.
- Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Utara Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perusahaan Umum Daerah Tirtanadi.
- Rahayu, Anggoro, & Soeprbowati, T. R. (2020). Monitoring Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Waduk Wadaslintang, Kabupaten Wonosobo.
- Wiguna, A. S., Wardhani, E., & Halomoan, N. (2019). Penapisan Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kecamatan Beji, Kota Depok. 2, 5.
- Wihardjo & Rahmayanti, H. (2021). Pendidikan Lingkungan Hidup. Penerbit Nem.
- Winarni, I. (2019). Peran Mikroba Sebagai Biomonitoring Kualitas Perairan Tawar Pada Beberapa Situ. Hak Cipta© dan Hak Penerbitan Dilindungi Undang- Undang Ada Pada Universitas Terbuka-Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Jalan Cabe Raya.

## LAMPIRAN

### Dokumentasi

#### 1. Laporan Harian Pengoperasian IPALD Ajibata



#### 2. Peta Air Limbah PDAM Tirtanadi secara manual



3. Dokumentasi bersama pekerja IPALD Ajibata di Kolam Aerasi



4. Dokumentasi di depan gedung IPALD Ajibata



5. Dokumentasi di depan gedung IPALD Ajibata



6. Dokumentasi di kolam Fakultatif IPALD Ajibata



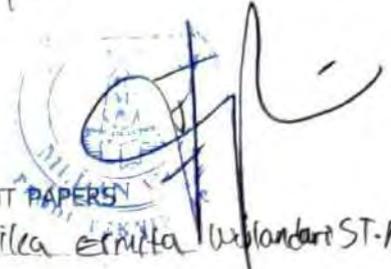
## 7. Lampiran Excel Tabulasi Hasil Penelitian 2024

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air(L/Org/Detik)	Total (m <sup>3</sup> /hari)
1	Desa Horsik	288	17280	17,28
2	Desa Motung	846	50760	50,76
3	Pardamean Ajibata	1.523	91380	91,38
4	Pardamean Sibisa	852	51120	51,12
5	Pardomuan Ajibata	629	37740	37,74
6	Pardomuan Motung	377	22620	22,62
7	Parsaoran Sibisa	681	40860	40,86
8	Sigapiton	390	23400	23,4
9	Sirungkungon	380	22800	22,8
10	Parsaoran Ajibata	1.539	92340	92,34
<b>Jumlah</b>		7.505	693011700	450,3

No	Kelurahan	Debit Air Masuk (m <sup>3</sup> /hari)	Debit Air Keluar (m <sup>3</sup> /hari)	% Air Masuk dan Air Keluar (m <sup>3</sup> /hari)
1	Desa Horsik	17,28	12,96	4,32
2	Desa Motung	50,76	38,07	12,69
3	Pardamean Ajibata	91,38	68,535	22,845
4	Pardamean Sibisa	51,12	3834	12,78
5	Pardomuan Ajibata	37,74	2830,5	9,435
6	Pardomuan Motung	22,62	16,965	5,655
7	Parsaoran Sibisa	40,86	30,645	10,215
8	Sigapiton	23,4	17,55	5,85
9	Sirungkungon	22,8	17,1	5,7
10	Parsaoran Ajibata	92,34	69,255	23,085
<b>Jumlah</b>		450,3	337,725	

Kaprade Teknik Sipil



ORIGINALITY REPORT

**22%**  
SIMILARITY INDEX

**22%**  
INTERNET SOURCES

**1%**  
PUBLICATIONS

**8%**  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://digilib.uinsa.ac.id">digilib.uinsa.ac.id</a> Internet Source	6%
2	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	6%
3	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	4%
4	<a href="http://id.wikipedia.org">id.wikipedia.org</a> Internet Source	2%
5	<a href="http://repositori.usu.ac.id">repositori.usu.ac.id</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://repository.ar-raniry.ac.id">repository.ar-raniry.ac.id</a> Internet Source	1%
9	<a href="http://repository.uma.ac.id">repository.uma.ac.id</a> Internet Source	1%