



TESIS - RE185401

**KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI PT.  
SURABAYA INDUSTRIAL ESTATE RUNGKUT (SIER) JAWA TIMUR,  
INDONESIA**

**JOANINHA PAULA DE ARAUJO**  
03211750017001

**DOSEN PEMBIMBING**  
BIEBY VOIJANT TANGAHU, ST, MT, PhD

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
2020



TESIS - RE185401

**KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
(IPAL) DI PT. SURABAYA INDUSTRIAL ESTATE  
RUNGKUT (SIER) JAWA TIMUR, INDONESIA**

JOANINHA PAULA DE ARAUJO

03211750017001

DOSEN PEMBIMBING

BIEBY VOIJANT TANGAHU, ST, MT, PhD

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2020



THESIS - RE185401

**STUDY OF THE WASTEWATER TREATMENT  
PLANT (WWTPs) ON INDUSTRIAL ESTATE  
RUNGKUT SURABAYA (SIER) EAST JAVA,  
INDONESIA**

JOANINHA PAULA DE ARAUJO

03211750017001

SUPERVISOR

BIEBY VOIJANT TANGAHU, ST, MT, PhD

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL, PLANNING, AND GEO ENGINEERING

INSTITUTE TECHNOLOGY SEPULUH NOVEMBER

2020

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
**Magister Teknik (MT)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**JOANINHA PAULA DE ARAUJO**

**NRP : 03211750017001**

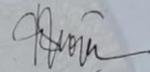
Tanggal Ujian : 06 Januari 2020

Periode Wisuda : Maret 2020

Disetujui Oleh :

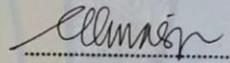
Pembimbing :

1. **Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., Ph.D**  
NIP : 19710818 199703 2 001

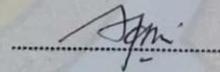


Penguji :

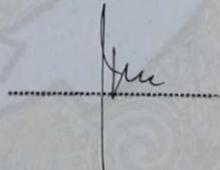
1. **Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, MT**  
NIP : 19560204 199203 2 001



2. **Harmin Sulistiyoning Titah, ST., MT., Ph.D**  
NIP : 19750523 200212 2 001



3. **Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D**  
NIP : 19711114 200312 2 001



**Kepala Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan**



**Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, ST., MEPM**

NIP : 19820119 200501 1 001

**KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI PT.  
SURABAYA INDUSTRIAL ESTATE RUNGKUT (SIER)  
JAWA TIMUR, INDONESIA**

Nama : Joantina Paula de Araujo  
NRP : 03211750017001  
Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD

**ABSTRAK**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) persero berdiri sejak 1989, dimana air limbah industrial yang disalurkan ke bak pengumpul berasal dari limbah domestik maupun non domestik secara terpusat dari 415 industri yang ada di kawasan tersebut. Dengan demikian di harapkan menghasilkan efluen yang dibuang ke badan air tidak mencemari lingkungan dan kesehatan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi proses pengolahan di setiap unit – unit IPAL di PT.SIER (Persero), melakukan kajian terhadap jumlah pegawai eksisting dan kebutuhan jumlah pegawai yang ada di lingkungan IPAL PT.SIER (Persero) dan kajian terhadap upaya pemantauan lingkungan sesuai dengan baku mutu yang sudah ditetapkan di pergub Jatim dan IPAL di PT.SIER (Persero).

Fokus pada penelitian ini adalah aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek kelembagaan. Aspek teknis melakukan analisis terhadap Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT SIER (Persero) dimana efisiensi masing – masing untuk dievaluasi dengan mengetahui konsentrasi TSS,COD, dan NH<sub>3</sub> influen dan efluen. Aspek kelembagaan melakukan kajian kecukupan terhadap sumber daya manusia yang dimiliki pengelola. Aspek lingkungan menyusun upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan berdasarkan dampak – dampak yang mungkin akan terjadi dalam pengelolaan air limbah yang ada di PT.SIER (Persero).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit maximum saat ini sebesar 10.000 m<sup>3</sup>/hari sama dengan 11,57 l/detik. Debit rata – rata sebesar 5.672 m<sup>3</sup>/hari sama dengan 6,65 l/detik. Debit eksisting saat ini 7000 m<sup>3</sup>/hari sama dengan 8,18 l/detik. Efisiensinya pengolahan air limbah secara total untuk TSS 77 %, COD 92 % dan NH<sub>3</sub> 50 %. Kelembagaan IPAL eksisting masih memerlukan penambahan sepuluh pekerja untuk mendukung kinerja pengelola. Sedangkan Aspek Lingkungan yaitu tentang upaya pengelolaan lingkungan antara lain : Pemeliharaan rutin terhadap unit – unit IPAL, melaporkan kondisi limbah cair setiap hari dan melakukan pengurusan di unit IPAL 2 hari sekali.

**Kata Kunci** : IPAL, Efisiensi, Kelembagaan, upaya pengelolaan lingkungan, SIER

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**STUDY OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT (WWTPs) ON  
INDUSTRIAL ESTATE RUNGKUT SURABAYA (SIER),  
EAST JAVA, INDONESIA**

Name : Joantina Paula de Araujo  
NRP : 03211750017001  
Supervisor : Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD

**ABSTRACT**

Wastewater treatment plants (WWTPs) in PT.Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Persero stood since 1989. Which is wastewater from any combination of domestic industrial and non – domestic industrial. The wastewater has supplied into *influent tank* from 415 industrial. Thus, it expecting when wastewater discharges to the environment will not affect to human and others. The purpose of this study to evaluate WWTPs in PT.SIER (Persero). Moreover, evaluated staff exsisting wwtps at PT.SIER (Persero) and also evaluted environmental management monitoring and environmental monitoring effort wwtps at PT.SIER (Persero).

This consepts are technical aspect, institutional aspect and environmental aspect. The technical aspect analyzed discharge of *wastewater* in PT. SIER (Persero), which are physical methods (*primary treatment*), biological methods (*secondary settling tank*) and without adding chemicals methods. Moreover, the institutional aspect need monitoring for human resources. Environmental aspects to manage and monitor the environment based on impact - the impact that may occur in the management of wastewater in PT. SIER (Persero).

The results showed that the maximum current discharge of debit 10,000 m<sup>3</sup>/day is equal to 11.57 L/second. The average discharge of 5,672 m<sup>3</sup>/day is equal to 6.65 L/second in addition exsisting data of 7000 m<sup>3</sup>/day equal to 8.18 L/second and efficiency *effluent tank* TSS is 77 %, COD is 92 % and NH<sub>3</sub> is 50 %. The institutional aspect need more management of the wastewater based the exsisting regulations and institutional exsisting also personal performance. The environmental aspect is monitoring and conducting the daily maintenance for wwtps, daily monitoring for wwtps and routine monitoring every two weeks.

Keywords : Efficiency, Enviromental management and monitoring efforts,  
Institutional, SIER, WWTPs

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul : “**Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER), Jawa Timur, Indonesia**” Tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh program Magister di Departemen Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. Atas bantuan dan fasilitas yang diberikan selama melakukan penelitian penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing atas segala ilmu, pengalaman dan kesabaran dalam membimbing penulis selama ini.
2. Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT, Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD, dan Ibu Hamin Sulistyaning Titah, ST., MT., PhD, selaku dosen pengarah, yang telah memberikan arahan dan saran untuk perbaikan tesis ini.
3. Kedua orangtua tercinta, adik tersayang serta my uncle yang selalu memberi semangat, Doa dan dukungan untuk menyelesaikan studi ini.
4. Kepada Bapak Samsi, selaku Pimpinan Pengendalian Lingkungan IPAL di Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER), Jawa Timur, Indonesia beserta rekan-rekannya atas bantuan yang diberikan kepada penulis.
5. Teman – teman Arie’s Angels MTL (Magister Teknik Lingkungan) ITS Angkatan 2017 atas dukungan dan semangatnya.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dalam pembahasan tesis ini, oleh sebab itu penulis masih membutuhkan saran dan masukan dari berbagai pihak yang bersifat memotivasi. Semoga hasil dari penulisan tesis dapat bermanfaat bagi pihak – pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 06 Januari 2020

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Limbah Cair.....	5
2.2 Karakteristik Limbah Cair .....	5
2.2.1 Karakteristik Fisik .....	6
2.2.2 Karakteristik Kimia.....	7
2.2.3 Karakteristik Biologi.....	7
2.3 Limbah Kawasan Industri .....	7
2.3.1 Karaktersitik Limbah Cair Industri .....	8
2.3.2 Sumber Limbah Cair .....	12
2.3.3 Dampak Limbah Cair.....	12
2.4 Baku Mutu Limbah Kawasan Industri .....	13
2.5 Pengolahan Air Limbah.....	14
2.5.1 Pengolahan Pertama .....	15
2.5.2 Bak Pengendap I .....	22
2.5.3 Pengolahan Sekunder ( <i>secondary treatment</i> ).....	24
Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003 .....	28
2.5.4 Komponen sistem.....	28
2.6 Kondisi Existing di PT. SIER .....	35

2.7 Aspek Kelembagaan.....	43
2.7.1 Sarana dan prasarana yang memadai .....	45
2.7.2 Jumlah dan kualitas SDM yang kompeten.....	45
2.7.3 Biaya Operasional Yang Memadai .....	45
2.8 Aspek Lingkungan .....	46
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>47</b>
3.1 Umum .....	47
3.2 Tahapan Penelitian .....	47
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	47
3.2.2 Kajian Pustaka.....	47
3.3 Pengumpulan Data .....	47
3.3.1 Data Primer .....	49
3.3.2 Data Sekunder .....	50
3.4 Analisis Data dan Pembahasan .....	52
3.4.1 Aspek Teknis.....	52
3.4.2 Aspek kelembagaan .....	52
3.4.3 Aspek Lingkungan .....	53
3.5 Rekomendasi Pengelolaan.....	53
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	53
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Evaluasi Teknis IPAL PT.SIER .....	55
4.1.1 Karakteristik Influen Air Limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT.SIER (Persero) .....	55
4.1.2 Rumah Pompa (Sumur Pengumpul).....	55
4.1.3 Evaluasi bak pengendap I.....	55
4.1.4 Evaluasi <i>Oxidation Ditch</i> .....	61
4.1.5 Evaluasi Bak Pengendap II ( <i>clarifier</i> ) .....	63
4.1.6 Evaluasi Bak Efluen.....	66
4.1.7 Penyisihan mass balance IPAL PT.SIER.....	66
4.1.8 Mass Balance .....	67
4.2 Aspek kelembagaan.....	71

4.2.1	Analisa komparatif dalam pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero).	71
4.2.2	Kinerja Organisasi.....	71
4.2.3	Analisis Jabatan.....	73
4.2.4	Analisis Beban Kerja.....	74
4.3	Aspek Lingkungan .....	77
<b>BAB 5 KESIMPULAN .....</b>		<b>87</b>
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran .....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>89</b>
<b>LAMPIRAN – LAMPIRAN.....</b>		<b>93</b>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Usaha Lainnya.....	13
Tabel 2.2 Kriteria Desain Bar Screen .....	18
Tabel 2.3 Perhitungan Bar Screen.....	19
Tabel 2.4 Kriteria Desain Rancangan Bar Screen.....	19
Tabel 2.5 Kriteria Desain <i>Overflow Rate</i> Untuk Tipe Sedimentasi .....	23
Tabel 2.6 Variasi Waktu Detensi OFR dan Kedalaman .....	23
Tabel 2.7 Kriteria Desain Unit Sedimentasi (Bak Pengendap II) .....	24
Tabel 2.8 Kriteria Desain Oxidation Ditch .....	27
Tabel 2.9 kriteria Desain Clarifier .....	27
Tabel 2.10 Baku Mutu Influen IPAL di PT.SIER.....	35
Tabel 4.1 Hasil Analisa Laboratorium Influen air limbah .....	55
Tabel 4.2 Hasil kinerja bak pengendap I.....	59
Tabel 4.3 Hasil kinerja bak pengendap I.....	60
Tabel 4.4 Hasil uji parameter influen oxidation ditch.....	61
Tabel 4.5 Hasil evaluasi oxidation ditch .....	62
Tabel 4.6 Nilai dari sludge volume index .....	63
Tabel 4.7 Nilai dari sludge volume index .....	63
Tabel 4.8 Hasil uji parameter bak pengendap II .....	64
Tabel 4.9 Hasil bak pengendap II .....	66
Tabel 4.10 Hasil bak efluen .....	66
Tabel 4.11 Tugas dan fungsi IPAL di PT.SIER (Persero) .....	72
Tabel 4.12 Rekapitulasi Kebutuhan Pegawai UPT Pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero) .....	74
Tabel 4 13.....	76
Tabel 4.14 Hasil Uji Bak BPI .....	77
Tabel 4.15 Hasil uji bak BP II.....	78
Tabel 4.16 Total efisiensi bak pengendap II dan bak efluen.....	79
Tabel 4.17 Hasil bak efluen .....	81
Tabel 4.18 Hasil bak efluen .....	81
Tabel 4 19.....	84
Tabel 4 20.....	84

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Laju Pengendapan Partikel Diskrit.....	20
Gambar 2.2 Pengendapan Tipe I.....	21
Gambar 2.3 Bagian – bagian Bak Sedimentasi.....	22
Gambar 2.4.....	33
Gambar 2.5 Bak pengumpul atau bakkolektor.....	37
Gambar 2.6 Bak pengendap I.....	38
Gambar 2.7 Oxidation Ditch.....	40
Gambar 2.8 Kotak pembagi.....	40
Gambar 2.9 Bak pengendap II.....	41
Gambar 2.10 Bak Efluen.....	42
Gambar 2.11 Sungai Tambak Oso.....	43
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	48
Gambar 4.1 Total efisiensi removal.....	69
Gambar 4.2.....	70
Gambar 4.3 Struktur Organisasi IPAL di PT.Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER), Persero.....	72
Gambar 4.4 Usulan Struktur Organisasi UPTD Pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero).....	75
Gambar 4.5 Bak Efluen untuk total efisiensi removal.....	79
Gambar 4.6 Total efisiensi BP II dan Efluen.....	80

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) dapat melayani pengolahan air limbah dari 415 pabrik. Secara normatif pemerintah telah membuat aturan tentang pengolahan limbah cair antara lain Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya untuk kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Jawa Timur.

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di PT. SIER mempunyai target pengolahan limbah secara terpusat sebesar 10.000 m<sup>3</sup>/hari atau 11,57 liter/detik. Sedangkan debit pengolahan limbah existing saat ini hanya mencapai 7000 m<sup>3</sup>/hari sama dengan 0,81 l/detik. Dengan demikian maka pengolahan limbah yang diinginkan oleh IPAL di PT.SIER (Persero) belum tercapai. Untuk memperoleh pengolahan yang optimal maka perlu dilakukan penilaian teknis terhadap sistem pengolahan dan kesiadaan unit pengolahan limbah komunal di PT.SIER.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal di SIER (Persero) dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN), yang berbentuk perseroan terbatas dengan nama PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER). Waktu kerja efektif sebesar 8,30 jam per hari dari waktu kerja yang tersedia sebesar 14,5 jam per hari dengan waktu istirahat 1 jam dan 2 shift. Jumlah pegawai di lingkungan IPAL di SIER kurang dari 50 personil. Perlu diketahui apakah jumlah pegawai mencukupi atau tidak. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya kajian kecukupan jumlah pegawai yang dimiliki oleh PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (Persero) berdasarkan pedoman dari PUPR.

IPAL di PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (Persero) sudah beroperasi sejak 1974, sehingga lingkungan sekitar IPAL sudah terdampak cukup lama. Perlu dilakukan evaluasi instrument pengelolaan dan pemantauan untuk menjaga,

sekaligus mengelola lingkungan IPAL di Kawasan Industrial Rungkut dan sekitarnya.

Hasil yang diharapkan dari kajian ini adalah rekomendasi dari sisi teknis, kelembagaan dan pengelolaan lingkungan IPAL di PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER). Selain itu, diharapkan dapat memberikan manfaat yang luas untuk masyarakat dan lingkungan sekitar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang menjadi dasar dalam proposal tesis ini adalah :

- a. Evaluasi terhadap instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk memenuhi standar baku mutu.
- b. Jumlah pegawai belum mencukupi. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan kajian mengenai kecukupan jumlah pegawai yang dimiliki PT.SIER (Perseroan) pengelola IPAL di PT.SIER.
- c. Diperlukan instrument pengelolaan dan pemantauan untuk menjaga sekaligus mengelola lingkungan IPAL di kawasan industrial Rungkut dan sekitarnya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

- a. Mengkaji dan mengevaluasi unit – unit pengolahan air limbah yang diolah oleh IPAL di PT.SIER (Persero).
- b. Melakukan kajian terhadap kebutuhan jumlah pegawai yang di lingkungan IPAL di SIER (Persero).
- c. Melakukan kajian terhadap upaya pemantauan lingkungan sesuai dengan baku mutu IPAL yang ditetapkan di PT.SIER (Persero).

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah mendapatkan rekomendasi aspek teknis, kelembagaan, dan lingkungan untuk pengelolaan IPAL di PT. SIER. Selain itu diharapkan dapat menjadi referensi bagi pertimbangan PT. SIER (Perseroan) dalam perbaikan kinerja instalasi pengolahan air limbah agar efluen dari instalasi tersebut dapat memenuhi standar baku mutu. Selain itu, dapat

menjadi rujukan terhadap penelitian lain yang membutuhkan informasi mengenai instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di PT.SIER.

### **1.5 Ruang Lingkup**

- a. Aspek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah aspek teknis, kelembagaan dan aspek lingkungan.
- b. Sampel yang digunakan adalah air limbah dari kawasan industrial PT.SIER (Persero).
- c. Parameter yang dianalisis yaitu pH, COD,BOD,TSS dan Amoniak
- d. Perhitungan aspek teknis menggunakan data sekunder dan primer dari IPAL PT.SIER (Persero).
- e. Data primer yang akan diambil yaitu hasil pelaporan kualitas efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).
- f. Data sekunder yang digunakan berupa hasil sampling kualitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).
- g. Hasil kajian kebutuhan pegawai akan dibandingkan dengan jumlah pegawai yang dimiliki oleh pengelola IPAL di PT.SIER. Sehingga akan diketahui kecukupan jumlah pegawai IPAL di PT.SIER. Perhitungan dilakukan dengan pedoman dari PUPR.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair**

Limbah adalah zat atau bahan buangan yang dihasilkan dari proses kegiatan manusia. Apabila konsentrasi dan kuantitas limbah melebihi ambang batas, keberadaan limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia serta makhluk hidup (Suharto, 2010), sehingga perlu penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah bergantung pada jenis dan karakteristik limbah (MetCalf dan Eddy, 2014). Teknologi pengolahan air limbah (Asmadi dan Suharno, 2012) adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan (Effendi, 2003). Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik – teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum dapat dibagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia (Suharto, 2011) dan pengolahan secara biologi (Suharto, 2010). Pengolahan yang tepat bagi limbah cair sangat diutamakan agar tidak mencemari lingkungan (Mardana, 2007). Scundaria (2000) menyebutkan bahwa limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya, yang keberadaannya mengganggu kenyamanan dan keindahan lingkungan. Dalam pasal 20, UU 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, disebutkan bahwa setiap orang diperbolehkan untuk membuang limbah ke media lingkungan hidup dengan persyaratan :

- a. Memenuhi baku mutu lingkungan hidup
- b. Mendapat izin dari Menteri, Gubernur, atau Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangannya.

#### **2.2 Karakteristik Limbah Cair**

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2014).

### 2.2.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisika air limbah yang perlu diketahui adalah total solid, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas, dan *turbidity* (Farooq dan Velioglu, 1989).

a. Total Solid (TS)

*Total solid* adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103 – 105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penuh dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

c. Temperatur

Temperatur ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C. Semakin tinggi temperatur air (>27°C) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. *Density*

*Density* adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai slug/ft<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>).

e. Warna

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

f. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipendarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipendarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Metcalf dan Eddy, 2003).

### **2.2.2 Karakteristik Kimia**

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas (Farooq dan Velioglu, 1989).

a. Bahan Organik

Pada air limbah bahan organik bersumber dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian.

b. Bahan Organik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa – senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa – senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

c. Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), metana ( $CH_4$ ), hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), amoniak ( $NH_3$ ), dan karbondioksida (Metcalf dan Eddy, 2003).

### **2.2.3 Karakteristik Biologi**

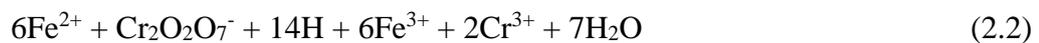
Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme patogen. Karakteristik biologik tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilitas senyawa organik (Metcalf dan Eddy, 2003).

## **2.3 Limbah Kawasan Industri**

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kawasan Industri, kawasan industri adalah tempat pusat kegiatan industri yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh perusahaan kawasan industri yang telah memiliki izin usaha kawasan industri. Perusahaan kawasan industri adalah



besar oksigen yang telah terpakai. Sisa  $K_2Cr_2O_7$  tersebut ditentukan melalui titrasi dengan Ferro Ammonium Sulfat (FAS). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut. (Alaerts dan Santika, 2007). Nilai COD akan selalu lebih besar daripada BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada secara biologi. Pengukuran COD membutuhkan waktu yang jauh lebih cepat, yakni dapat dilakukan selama 3 jam, jika nilai antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi limbah cair dapat diketahui (Faiqun, 2007).



Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah. Sisa  $K_2Cr_2O_7$  dalam larutan blanko adalah  $K_2Cr_2O_7$  awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dioksidasi oleh  $K_2Cr_2O_7$  (Alaerts dan Santika, 2007). Mekanisme penguraian bahan organik secara kimia yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme maupun yang sukar didegradasi oleh mikroorganisme (Takwayana, 2012 ).

c. BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat didalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem pengolahan biologi bagi air yang tercemar tersebut. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Alaerts dan Santika, 2007). Limbah cair industri mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi (Wardana, 2004).

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan – bahan organik yang sebenarnya terdapat didalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi

oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan – bahan organik didalamnya (Kristanto dkk., 2002). Oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20°C selama 5 hari.

Untuk memecahkan bahan – bahan organik tersebut secara sempurna pada suhu 20°C sebenarnya dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi untuk praktisnya diambil 11 waktu 5 hari sebagai standar. Inkubasi selama 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira – kira 68% dari total BOD (Sasongko, 1990). Nilai BOD yang tinggi menunjukkan terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme (Zulkifli dan Ami, 2007). Penguraian bahan organik secara biologi oleh mikroorganisme menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Proses penguraian bahan organik dapat digambarkan sebagai berikut (Hanum, 2006) :



d. TSS (Total Suspended Solid)

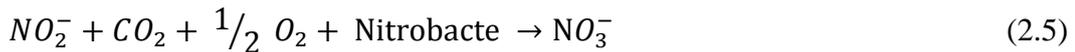
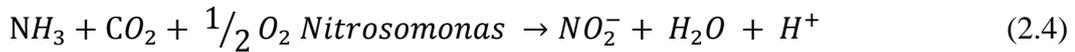
TSS yaitu padatan tersuspensi (Gerrady, 2002) sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan – bahan yang terdapat didalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Effendi, 2008).

e. NH<sub>3</sub>-N

NH<sub>3</sub>-N yaitu campuran senyawa kompleks antara lain asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Amoniak (NH<sub>3</sub>) merupakan senyawa alkali yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut dalam air. Pada kadar dibawah 1 ppm dapat terdeteksi bau yang sangat menyengat. Kadar NH<sub>3</sub> yang tinggi dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran. Amoniak bebas (NH<sub>3</sub>) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amoniak

terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003). Pada lingkungan asam atau netral,  $\text{NH}_3$  ada dalam bentuk ion  $\text{NH}_4^+$ . Pada lingkungan basa,  $\text{NH}_3$  akan dilepas ke atmosfer (Sataresmi, 2008).

Reaksi proses nitrifikasi:



#### f. Kation dan Anion

Keberadaan anion dan kation dalam air sangat air sangat menentukan kualitas air tersebut.

#### g. Derajat Keasaman (pH)

Air limbah industri sifatnya cenderung asam, pada keadaan asam ini akan terlepas zat – zat yang mudah untuk menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri mengeluarkan bau busuk. pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah. Baku mutu yang ditetapkan sebesar 6 – 9. Pengaruh yang terjadi apabila pH terlalu rendah adalah penurunan oksigen terlarut. Oleh karena itu, sebelum limbah diolah diperlukan pemeriksaan pH serta menambahkan larutan penyangga agar dicapai pH yang optimal (Herlambang, 2007). Derajat Keasaman (pH) secara umum digunakan untuk mengidentifikasi intensitas asam atau basa dari suatu larutan. pH juga menunjukkan konsentrasi ion hidrogen, atau aktifitas ion hidrogen (Sawyer dkk., 2003).

Nilai pH merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologi mikro alga dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktivitas fotosintesis mikroalga. Proses fotosintesis merupakan proses mengambil  $\text{CO}_2$  yang terlarut didalam air, dan berakibat pada penurunan  $\text{CO}_2$  terlarut dalam air. Penurunan  $\text{CO}_2$  akan meningkatkan pH. Dalam keadaan basa ion bikarbonat akan membentuk ion karbonat dan melepaskan ion hidrogen yang bersifat asam sehingga keadaan menjadi netral. Sebaliknya dalam keadaan terlalu asam, ion karbonat akan mengalami hidrolisa

menjadi ion bikarbonat dan melepaskan ion hidrogen oksida yang bersifat basa, sehingga keadaan netral kembali, dapat dilihat pada reaksi berikut (Lavens dan Sorgeloos, 2006).



### 2.3.2 Sumber Limbah Cair

Air limbah merupakan kombinasi dari cairan dan sampah – sampah cair yang berasal dari pemukiman, perdagangan, dan industri bersama – sama dengan air tanah (Metcalf dan Eddy, 2003., Farooq dan Velioglu, 1989., Gunawan, 2006) dapat dibedakan menjadi 4 kelompok yaitu :

- a. Limbah cair domestik (*domestic wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan dan perkantoran. Contohnya yaitu : air sabun, air detergen sisa cucian, dan air tinja.
- b. Limbah cair non domestik (*industrial wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan industri. Contohnya yaitu : sisa pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil, air dari industri pengolahan makanan, sisa cucian daging , buah dan sayur.
- c. Rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan kedalam tanah atau luapan dari permukaan.
- d. Air hujan (*storm water*), yaitu limbah cair yang berasal dari aliran air hujan di atas permukaan tanah. Aliran air hujan dipermukaan tanah dapat melewati dan membawa partikel – partikel buangan padat dan cair sehingga dapat disebut limbah cair.

### 2.3.3 Dampak Limbah Cair

Limbah organik mengandung sisa – sisa bahan organik, detergen, minyak dan kotoran manusia. Limbah ini dalam skala kecil tidak akan terlalu mengganggu,

akan tetapi dalam jumlah besar sangat merugikan. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan limbah cair adalah sebagai berikut:

a. Gangguan terhadap kesehatan manusia

Gangguan terhadap kesehatan manusia (Djabu, 1991) dapat disebabkan oleh kandungan bakteri, virus, senyawa nitrat, beberapa bahan kimia dari industri dan jenis pestisida yang terdapat dari rantai makanan, serta beberapa kandungan logam seperti merkuri, timbal, dan kadmium

b. Gangguan terhadap keseimbangan ekosistem

Kerusakan terhadap tanaman dan binatang yang hidup pada perairan disebabkan oleh eutrofikasi yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrient yang berlebihan kedalam ekosistem air, air dikatakan eutrofik jika konsentrasi total phosphorus (TP) dalam air berada dalam rentang 35 - 100 µg/L dan pertumbuhan tanaman yang berlebihan (Metcalf dan Eddy, 2003).

c. Gangguan terhadap estetika dan benda

Gangguan kenyamanan dan estetika berupa warna, bau, dan rasa. Kerusakan benda yang disebabkan oleh garam-garam terlarut seperti korosif atau karat, air berlumpur, menyebabkan menurunnya kualitas tempat-tempat rekreasi dan perumahan akibat bau serta eutrofikasi (Metcalf dan Eddy, 2003).

## 2.4 Baku Mutu Limbah Kawasan Industri

Didalam pembuangan limbah cairnya, industri di Indonesia haruslah memenuhi baku mutu. Baku mutu limbah cair industri adalah batas maksimum limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan. Baku mutu yang digunakan oleh PT. SIER adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Usaha Lainnya

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6.0 – 9.0
2	TSS	mg/L	150

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
3	BOD <sub>5</sub>	mg/L	50
4	COD	mg/L	100
5	Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	1
6	Amoniak Bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	20
7	Phenol	mg/L	1
8	Minyak dan Lemak	mg/L	15
9	Detergen Ionic (MBAS)	mg/L	10
10	Cadmium (Cd)	mg/L	0,1
11	Krom Heksavalem (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0,5
12	Krom Total (Cr)	mg/L	1
13	Tembaga (Cu)	mg/L	2
14	Timbal (Pb)	mg/L	1
15	Nikel (Ni)	mg/L	0,5
16	Seng (Zn)	mg/L	10
17	Volume Air Limbah Maksimum	0,8 L per detik per Ha Lahan Kawasan Terpakai	

\*Untuk memenuhi Baku Mutu Limbah Cair tersebut kadar parameter limbah tidak diperbolehkan dicapai dengan cara pengenceran dengan air secara langsung diambil dari sumber air. Kadar parameter limbah tersebut adalah limbah maksimum yang diperbolehkan.

\*\* Analisa kualitas air limbah bagi industri tertentu disesuaikan dengan parameter yang relevan dengan industrinya.

## 2.5 Pengolahan Air Limbah

Tahap pengolahan ini melibatkan proses fisik yang bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi (Gerrady, 2002) dan minyak dalam aliran air limbah. Beberapa proses pengolahan yang berlangsung pada tahap ini ialah *screen* dan *grit removal*, *equalization* dan *storage*, serta *oil separation*. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi, BOD, partikulat serta membunuh organisme patogen. Selain itu memerlukan tambahan untuk menghilangkan bahan

nutrisi, logan berat serta *biodegradable* dan *non-biodegradable* agar konsentrasi bisa menjadi rendah (Handayani, 2012).

## **2.5.1 Pengolahan Pertama**

### **2.5.1.1 Bar Screen**

Pengolahan air limbah secara fisik merupakan pengolahan awal (*primary treatment*) air limbah sebelum dilakukan pengolahan lanjutan, pengolahan secara fisik bertujuan untuk menyisihkan padatan – padatan berukuran besar seperti plastik, kertas, kayu, pasir, koral, dan yang mudah mengendap atau bahan – bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu seperti minyak oli, lemak dan sebagainya. Pengolahan air limbah secara fisik dimasukkan untuk melindungi peralatan-peralatan seperti pompa, perpipaan dan proses pengolahan selanjutnya. Beberapa unit operasi yang diaplikasikan pada proses pengolahan air limbah secara fisik diantaranya penyaringan (*screening*), pemecahan/grinding (*comminution*), penyeragaman (*equalization*), pengendapan (*sedimentation*), penyaringan (*filtration*), pengapungan (*flotation*), (Dewi, 2014).

Pada umumnya setiap sistem pengolahan limbah cair mempunyai unit alat penyaring awal/pendahuluan. Proses penyaringan awal ini disebut screening dan tujuannya adalah untuk menyaring atau menghilangkan sampah/benda padat yang besar agar proses berikutnya dapat lebih mudah lagi menanganinya. Benda-benda tersebut jika tidak dipisahkan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pemompaan dan unit peralatan pemisah lumpur (*sludge removal equipment*) misalnya *weir*, *block valve*, *nozzle*, saluran serta perpipaan. Hal tersebut dapat menimbulkan masalah yang serius terhadap operasional maupun pemeliharaan peralatan. Dengan hilangnya sampah-sampah besar maka transportasi limbah cair tidak akan terganggu.

Tujuan *Screening*/penyaringan adalah proses awal pada pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk menghilangkan sampah/benda padat dengan (dengan ukuran relatif besar dan mengapung) agar memudahkan untuk dilakukan proses pengolahan selanjutnya. Dengan hilangnya sampah padat akan melancarkan proses pemindahan limbah cair. Misalnya limbah cair akan dipindahkan dengan menggunakan pompa maka, sampah tidak akan menyumbat komponen pompa sehingga tidak mudah rusak.

*Screen* atau penyaring biasanya terdiri atas batang parallel, rods, kawat, grating, wire mesh atau perforated plate dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Fungsi dari *screen* adalah penyaring benda-benda padat dan besar yang ikut dalam air buangan yang dapat menimbulkan *clogging* yang menyebabkan kerusakan seperti pompa dan *valve* (Qasim, 1985), *screening* digunakan pada limbah cair seperti pada padatan diskrit.

#### **2.5.1.2 Macam – macam Screening**

Dilihat dari segi konstruksi, *screening* dibedakan menjadi 4 yaitu (Butler dkk, 1995) :

##### 1. Saringan Kasar (*Coarse Screen*)

Saringan ini memiliki ukuran bukaan >50 mm. Tipe yang umum digunakan adalah *Rotating Bar Interceptor* dan *Trash Rack*.

- *Trash Rack* : Biasa digunakan sebelum *fine water* dan digunakan pada IPAL skala besar, pumping station. Tipe ini digunakan pada limbah dengan volume besar atau biasa ditempatkan di hulu stasiun pemompaan. Bertujuan untuk menghilangkan sampah seperti batang kayu, balok beton ataupun sampah lainnya yang merusak peralatan mekanik.
- *Rotating Bar Interceptor* (RBI) : Biasa digunakan untuk menangkap batuan besar, kayu berukuran besar. Model ini menggunakan prinsip seperti conveyor untuk mengambil sampah dan bisa juga menggunakan pengambilan manual untuk ukuran sampah yang relatif sangat besar.

Berdasarkan cara pembersihannya, *coarse screen* dibagi menjadi 2 yaitu (Metcalf dan Eddy, 2003) :

- a. Pembersihan secara manual (*manual cleaned*): Biasanya diletakkan sebelum pompa dan digunakan sebagai cadangan apabila tipe mekanis sedang bermasalah.
- b. Pembersihan secara mekanis (*mechanical cleaned*): Tipe mekanik adalah yang paling umum digunakan karena tidak memerlukan operator untuk membersihkan permukaannya. umumnya dibentuk dari jeruji (*bar screen*) dengan jarak antar jeruji sebesar 1 cm atau lebih. Berguna untuk

melindungi pompa, *valve*, perpipaan dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah.

## 2. Saringan Medium (*medium screen*)

Memiliki ukuran bar antara 15 – 50 mm dan pada umumnya bisa dengan ukuran 20 – 25 mm. Beberapa *model screen medium* adalah :

- *Curved Bar Screen*

*Bar* dengan model melengkung yang cocok digunakan untuk instalasi dengan tinggi air sekitar 2,5 m. Digerakkan oleh motor elektrik dan cocok untuk aliran rendah.

- *Vertical and Inclined Screen*

Penyaringan yang dioperasikan dengan rantai berjalan dimana, penggarukan atau pembersihan dilakukan secara mekanis.

## 3. Saringan Halus (*fine screen*)/*straining screen*

Ukuran celah pada tipe ini adalah 3 - 15 mm atau  $< 3$  mm yang bertujuan untuk menyaring polutan dengan ukuran relatif kecil. Biasanya, *screen* tipe ini digunakan sebagai instrumen pada tahap pra pendahuluan atau sebagai unit pengolahan primer. Penggunaan *fine screen* mampu membantu menyisihkan TSS sebanyak 15-30%, BOD 5-25%, lemak 30 – 50%, dan padatan yang mengapung hingga 90%. *Fine screen* terdiri dari *fixed screen* dan *movable screen*. *Screen type* ini bisa dibilang lebih ekonomis daripada yang lain.

Beberapa jenis *fine screen* adalah :

- *Band Screens* : Terdiri dari serangkaian panel yang selalu memutar naik seiring berjalannya aliran air.
- *Drum Screens* : *Screen* berbentuk drum dimana sampah yang disaring akan terperangkap diluar drum sedangkan air terolah masuk kesisi dalam drum.
- *Rotamat, Screezer, Contrashear* : Menggunakan sistem tabung dengan cara kerja yang berbeda.
- *Discreens* : Serangkaian poros vertikal dengan disk yang tumpang tindih. Dimana, disk akan berputar dengan kecepatan berbeda sesuai aliran air yang menggiring sampah menuju hilir/pembuangan.

## 4. Pemilihan *Screening*

Berikut adalah pemilihan *screening* sesuai dengan aplikasinya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Desain Bar Screen

<b>Aplikasi</b>	<b>Besar Bukaan</b>	<b>Jenis Screening</b>
Rumah Pompa Skala Besar	15 – 50 mm	Trash Rack RBI
Rumah Pompa Skala Kecil	50 mm	Liftable Cage Bar Screen
IPAL skala kecil (tanpa pengolahan lumpur)	15 – 25 mm	Curved Bar Screen Vertical Bar Screen Inclined Bar Screen
IPAL skala kecil (dengan pengolahan lumpur)	5 – 10 mm	Inclined Bar Screen. Vertical Bar Screen. Band Screen.
IPAL skala sedang (dengan pengolahan lumpur)	5 – 10 mm	Inclined Bar Screen. Vertical Bar Screen. Band Screen. Screezer (V.D.S.). Rotomat. Contra-Shear
<b>Aplikasi</b>	<b>Besar Bukaan</b>	<b>Jenis Screening</b>
IPAL skala besar (dengan pengolahan lumpur)	15 – 50 mm (sebelum fine screen)	Vertical Bar Screen. R.B.I.
	5 – 10 mm	Band Screen. Drum Screen. Cup Screen. Screezer (V.D.S.). Rotomat. Contra-Shear.
Penyaringan di aliran air	5 – 10 mm	Discreen. J&A Weir Mount

Sumber: EPA, 2015

#### 5. Persamaan yang digunakan dalam desain Bar Screen pada Instalasi Pengolahan Air Limbah

Untuk mendesain sebuah *bar screen* untuk sebuah IPAL, diperlukan perhitungan untuk mendapatkan kriteria yang diinginkan. Dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan kriteria rancangan unit *bar screen* dapat dilihat pada Tabel 2.4. Laju pengendapan partikel – partikel dalam air tergantung pada jenis bentuk dan ukuran dari partikel tersebut dan viskositas cairan yang digunakan. Adanya pengendapan zat uji kemungkinan besar mempengaruhi laju pengendapan sehingga dapat ditentukan lajunya dan mengetahui pangaruh zat uji tersebut.

Tabel 2.3 Perhitungan Bar Screen

Data awal (kriteria desain): <ul style="list-style-type: none"> <li>• L, h, jenis bar dan sudut kemiringan bar</li> <li>• Debit (Q), m<sup>3</sup>/detik</li> <li>• Jarak antar bar (m)</li> <li>• Kecepatan aliran masuk (v<sub>1</sub>), m/detik</li> <li>• Kedalaman air (d<sub>1</sub>)</li> </ul>	Luas penampang bar : $\frac{\text{debit (Q)}}{\text{kecepatan aliran (A)}}$	Lebar penampang bar : $\frac{\text{Luas penampang bar (A)}}{h_1}$
Jumlah bar (jumlah bukaan - 1) dan diameter bar ditentukan	Total lebar bukaan bar (lc) $\frac{\text{jumlah bukaan bar} \times \text{jarak}}{1000}$	Jumlah bukaan bar dan jarak antar bar ditentukan
Kedalaman aktual : $Z_1 + d_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_l$		Lebar satuan : $L_o + \frac{d \text{ bar} \times \text{jumlah bar}}{1000}$
Ketinggian awal (Z <sub>1</sub> ) dan bar (Z <sub>2</sub> ), serta koefisien ekspansi (K <sub>e</sub> ) diasumsikan. $h_L = K_e \left[ \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right]$	Dengan cara trial dan error, kedalaman dan kecepatan air di bar (h <sub>1</sub> , v <sub>2</sub> ), serta kecepatan bukaan bar (v) dengan kedalaman d <sub>2</sub> didapatkan	Head loss : $h_L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \times \frac{1}{0,7}$
Kedalaman dan kecepatan clogging : $d'_2 + d_3 + \frac{v_1^2}{2g} = d_3 + \frac{v_2^2}{2g} + H_l$	Secara trial dan error, nilai kedalaman air (d <sub>3</sub> ) dan kecepatan air di hilir bar (v <sub>3</sub> )	Kedalaman dan kecepatan 50 % clogging : $d'_2 + d_3 + \frac{v_2^2}{2g} = d_3 + \frac{v_3^2}{2g} + H_l$
Headloss di rock : $h_{50} = \frac{(v_{50})^2 - v_1^2}{2g} \times \frac{1}{0,7}$	$v_{50} = \frac{Q - b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{\text{lebar bar} \times 0,5 \times d'^2}$	$v_{12} = \frac{Q}{\text{lebar saluran} \times d'^2}$

Sumber : Tchobanoglous, dkk. 2003

Tabel 2.4 Kriteria Desain Rancangan Bar Screen

Parameter	Nilai kriteria
Kecepatan maksimum aliran melalui racks, m/s	0,3 – 0,6
Ukuran bar l, mm h, mm	4 – 8 25 – 50
Spasi antar bar, mm	25 - 75
Parameter	Nilai kriteria
Kemiringan dari garis horizontal (degrees)	45 – 60
H <sub>L</sub> diizinkan, clogged screen (mm)	150
H <sub>L</sub> maksimum, clogged screen	800

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2013

Dimana dilakukan pengambilan sampel tiap selang waktu tertentu dan menimbang berat endapan serta menghitung beberapa konsentrasi endapan yang terjadi sehingga kita dapat membandingkan kecepatan laju pengendapan dari tiap gerakan partikel pada fluida dalam proses. Partikel yang mempunyai ukuran yang besar dan kasar akan sangat mudah mengendap dari pada partikel halus, untuk padatan yang halus diusahakan menggumpal menjadi partikel yang lebih besar agar cepat mengendap digambarkan pada Gambar 2.1.

Mekanisme dari pengendapan partikel (Reynolds dkk., 1996) dengan Gaya *impelling* dinyatakan :

$$F_1 = (\rho_s - \rho) g V \quad (2.10)$$

Keterangan

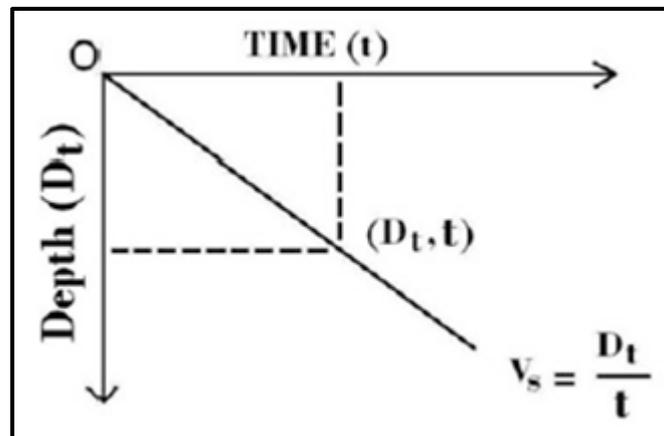
$F_1$  = gaya *impelling*

$\rho_s$  = densitas massa partikel

$\rho$  = densitas massa liquid

$V$  = volume partikel

$g$  = percepatan gravitasi



Gambar 2.1 Laju Pengendapan Partikel Diskrit

Sumber : Reynold dkk., 1996

Kemudian, mekanisme dari pengendapan partikel Gaya drag dinyatakan sebagai :

$$F_D = C_D A_c \rho (V_s^2/2) \quad (2.11)$$

Keterangan :  $F_D$  = gaya drag

$C_D$  = koefisien drag

$A_C$  = luas potongan melintang partikel

$V_s$  = kecepatan pengendapan

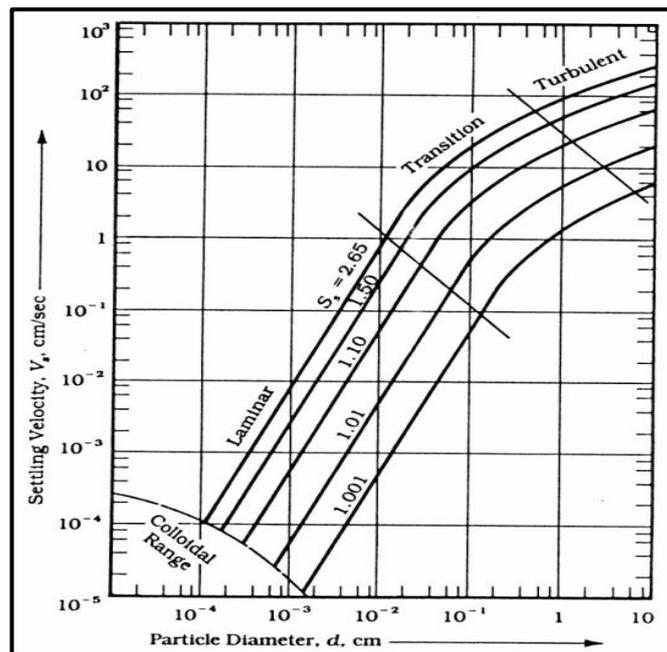
Dalam kondisi yang seimbang ini, maka  $F_D = F_1$ , maka diperoleh persamaan :

$$(\rho_s - \rho) g V = C_D A_C \rho (V_s^2/2) \quad (2.12)$$

Dimana  $S_g$  adalah specific gravity. Besarnya nilai  $C_D$  tergantung pada bilangan Reynold.

- Bila  $N_{Re} < 1$  (laminar),  $C_D = 24 / N_{Re}$
- Bila  $N_{Re} = 1 - 10^4$  (transisi),  $C_D = 24 / N_{Re} + 3 / N_{Re}^{0.5} + 0,34$
- Bila  $N_{Re} > 10^4$  (turbulen),  $C_D = 0,4$

Metoda lain dalam menentukan kecepatan pengendapan adalah menggunakan pendekatan grafis (Gambar 2.2). Grafik tersebut secara langsung memberikan informasi tentang kecepatan pengendapan bila telah diketahui specific gravity dan diameternya pada temperatur 10°C.



Gambar 2.2 Pengendapan Tipe I

Sumber : Reynold dkk., 1996

### 2.5.2 Bak Pengendap I

Prinsip dalam merencanakan suatu bak sedimentasi I adalah agar dapat memisahkan padatan tersuspensi dalam air dengan menggunakan gaya gravitasi. Hal ini dapat dilakukan agar mengatur kecepatan horinzontal partikel tidak lebih besar dari kecepatan mengendapnya. Didalam bak ini memungkinkan terjadi pemisahan *removal suspended solid* sebesar 50 – 70 dan BOD berkisar 25 – 40 %. Ada dua sasaran dalam sedimentasi I dalam air limbah yaitu untuk menghasilkan klarifikasi dan penebalan (*thickening*). Efisiensi removal dari partikel diskrit dengan ukuran bentuk dan densitas serta dan spesifik *gravity* yang sama tidak tergantung dari kedalam bak, akan tetapi luas permukaan bak dan td. Apabila bak sedimentasi digunakan sebagai bak pengolahan pertama pada proses biologi maka fungsinya untuk menghilangkan lemak dan minyak. Dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Bak sedimentasi I ini terdiri dari 4 ruang fungsional, yaitu :

1. Zona Inlet

Untuk memperhalus aliran transisi dari influen ke zona settling.

2. Zona settling

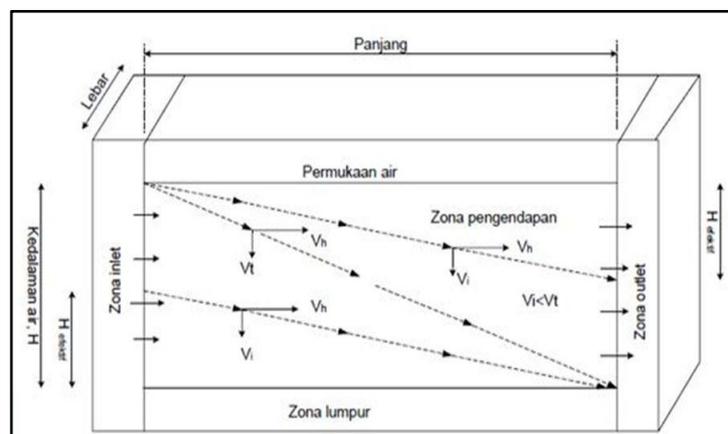
Untuk pengendapan partikel – partikel diskrit dan air buangan

3. Zona sludge

Untuk menampung material pengendap

4. Zona outlet

Untuk memperhalus aliran transisi dari *settling* ke efluen serta fungsi pengaturan debit efluen.



Gambar 2.3 Bagian – bagian Bak Sedimentasi

Sumber : Reynold dkk., 1996

Bak sedimentasi I didasarkan atas *surface loading rate* yang dinyatakan sebagai  $m^3/m^2 \cdot \text{hari}$ . efek dari OFR pada penghilangan SS dan BOD mempunyai variasi yang sangat luas tergantung pada karakteristik air buangan, *suspended solid* yang dapat mengendap. Bak sedimentasi I ini biasanya didesain sampai dengan  $40 m^3/m^2 \cdot \text{hari}$ .

Tabel 2.5 Kriteria Desain *Overflow Rate* Untuk Tipe Sedimentasi

Kondisi	Range $m^3/m^2$	Typical
Primary Clarification Prior		
Average flow	30 – 50	40
Peak flow	70 – 150	100
Kondisi	Range $m^3/m^2$	Typical
Primary Clarification with AS		
Average flow	25 – 35	30
Peak flow	45 – 80	60

Sumber : (Metcalf dan Eddy, 1991)

Tabel 2.6 Variasi Waktu Detensi OFR dan Kedalaman

<i>Overflow rate</i> $m^3/m^2 \cdot \text{hari}^*$	Waktu detensi (td)					
	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m
30	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6
40	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
50	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2
60	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
70	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5
80	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4

Sumber : \*Qasim, 1985

*Scouring velocity*, penting dalam operasi sedimentasi. Didalam bak sedimentasi, kecepatan horizontal dijaga rendah agar partikel yang telah terendapkan tidak tergerus dari dasar bak. Kecepatan horizontal tidak boleh lebih besar dari kecepatan kritis dari *Scouring velocity*.

Dimana :

$$V_{sc} = \left[ \frac{8k \cdot (Sg - 1)}{f} \right] \quad (2.13)$$

$V_{sc}$  = *Scouring velocity* m/dt

$Sg$  = Spesifik gravity partikel

- g = gravity  $m/dt^2$   
 k = diameter partikel m  
 f = faktor friksi clarcy wisbac (0,22 – 0,03)

### 2.5.3 Pengolahan Sekunder (*secondary treatment*)

Sedimentasi tipe II ini adalah pengendapan partikel flokulen dalam air, di mana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel. Selama pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar sehingga kecepatannya juga meningkat. Pengolahan dengan proses biologi ini berfungsi untuk mengurangi bahan – bahan organik melalui mikroorganismenya yang ada didalamnya.

Tabel 2.7 Kriteria Desain Unit Sedimentasi (Bak Pengendap II)

Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertical (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertical – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	<i>clarifier</i>
Beban permukaan ( $m^3/m^2.jam$ )	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5*)	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 – 6	0,5 – 1,0
Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertical (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertical – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	<i>clarifier</i>
Kriteria umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertical (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar – (aliran vertical – radial)	Bak bundar – (kontak padatan)	<i>clarifier</i>
Lebar / panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah ( $m^3/m/jam$ )	< 11	< 11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada pelat/tabung pengendap	-	max 0,15	-	-	-

(m/menit)					
Bilangan Fraude	$> 10^{-5}$	$> 10^{-5}$	-	-	$> 10^{-5}$
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	$< 1$	$< 1$
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-

Sumber : Reynold dkk., 1995

### 2.5.3.1 Oxidation Ditch

#### a. Kriteria pengoperasian *oxidation ditch*

Secara umum kriteria pengoperasian *oxidation ditch* memenuhi kriteria sebagai berikut :

#### 1. Waktu detensi (td)

Waktu detensi adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi :

$$td = \frac{V}{Q} \quad (2.14)$$

(Metcalf dan Eddy, 2013)

Dimana :

V = Volume reaktor ( $m^3$ )

Q = Debit yang diolah ( $m^3$ /hari)

#### 2. F/M ratio

F/M ratio yaitu perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme (M).

Formula yang digunakan untuk menghitung parameter F/M adalah :

$$F/M = \frac{Q \times S_o}{V \times X} \quad (2.15)$$

(Metcalf dan Eddy, 2003)

Dimana :

Q = Volume reaktor ( $m^3$ )

S<sub>o</sub> = Konsentrasi substat (mg BOD/L)

X = Konsentrasi mikroorganisme (mg VSS/L)

V = Volume tangki aerasi ( $m^3$ )

#### 3. Rasio resirkulasi (R)

Secara matematis, nilai parameter ini dapat diperoleh dengan membagi volume *aeration tank* dengan debit air limbah yang diolah.

$$R = \frac{Q_r}{Q} \quad (2.16)$$

(Sembiring, 2001)

Dimana :

$Q_r$  = Debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi

$Q$  = Debit air limbah yang diolah

#### 4. Beban organik (*volumetric loading*)

Volumetri *loading* yaitu massa BOD *per meter cubic* air limbah per hari.

Formula yang digunakan dalam perhitungan parameter ini adalah :

$$VL = \frac{Q \times S_o}{V \times 10^3 \text{ g/kg}} \quad (2.17)$$

(Metcalf dan Eddy, 1991)

Dimana :

$Q$  = Debit air limbah yang diolah ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$S_o$  = Konsentrasi substrat (mg BOD/L)

$V$  = Volume tangki aerasi ( $\text{m}^3$ )

#### 5. Kebutuhan oksigen ( $O_2$ )

Dalam proses lumpur aktif secara aerobik, oksigen sangatlah mutlak diperlukan kehadirannya. Idealnya konsentrasi oksigen didalam tangki aerasi minimal sebesar 2.0 mg/L untuk menjamin proses berjalan dengan sempurna (Slamet dan Masduqi, 2000). Kebutuhan oksigen dalam proses lumpur aktif antara lain :

- a. Kebutuhan oksigen untuk oksidasi karbon
- b. Kebutuhan oksigen untuk respirasi *endogenous*
- c. Kebutuhan oksigen untuk proses nitrifikasi

Formula yang digunakan untuk perhitungan parameter ini adalah :

Kebutuhan oksigen  $\text{Kg} \frac{O_2}{\text{hari}} = \text{Total kebutuhan } O_2 - \text{Kebuthan untuk respirasi}$

$$R_o = \frac{Q(S_o - S)}{10^3 \text{ g/kg}} - 1,42, P_x \quad (2.18)$$

Dimana :

$Q$  = Debit air limbah yang diolah ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

- So = Konsentrasi BOD influen (mg/L)  
 S = Konsentrasi BOD efluen (mg/L)  
 Px = Massa organik yang dibuang

6. Kriteria desain *oxidation ditch*

Adapun parameter – parameter yang digunakan untuk mendesain *oxidation ditch* dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.8 Kriteria Desain *Oxidation Ditch*

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	<i>Volumetric loading</i>	5 – 30	lb BOD <sub>5</sub> /10 <sup>3</sup> ft <sup>3</sup> .hari
2	F/M ratio	0,05 – 0,30	lb MLVSS.hari
3	Waktu detensi (td)	10 – 30	Hari
4	MLVSS	3000 – 6000	Mg/L
5	HRT (1D = V/Q)	8 – 36	Jam
6	Rasio Resirkulasi (R = Qr/Q)	0,75 – 1,50	-
7	Koefisien <i>Yield</i>	0,4 – 0,8	gr VSS/gr BOD

Sumber : Von Sperling dkk., 2005

2.5.3.2 *Secondary Clarifier*

*Secondary Clarifier* berfungsi untuk memisahkan lumpur aktif dari MLVSS. Biomass yang mana lumpur yang mengandung bakteri masih aktif dan akan disirkulasi kembali ke lumpur aktif dan juga lumpur yang sudah mengalami kd (*death phase*). Kriteria desain untuk clarifier dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 kriteria Desain *Clarifier*

Parameter	Nilai	
	Range	Typical
Pengolahan pertama diikuti pengolahan kedua*		
Waktu detensi, <i>overflow rate</i> , m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	1.5 – 2.5	2.0
Average flow	32.56 – 48.84	
Peak hourly flow	81.4 – 122.1	101.75
Parameter	Nilai	
	Range	Typical

Weirloading, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	124 – 496	248
Pengendapan dengan limbah lumpur aktif		
Waktu detensi, over flow rate, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	1.5 – 2.5	2.0
Average flow	24.56 – 48.84	
Peak hourly flow	48.84 – 69.19	61.05
Weirloading m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	124 - 496	248
Bentuk rectangular		
Kedalaman, m	3.0 – 4.6	3.7
Panjang, m	15.24 – 91.44	24.4 – 339.62
Lebar, m	3.0 – 24.4	4.9 – 9.8
Kecepatan, m/dt	0.6 – 1.2	0.9
Bentuk circular		
Kedalaman, m	3.0 – 4.6	3.7
Diameter, m	3.0 – 60.96	12.0 – 45.7
Slope, m	62.5 – 167.0	83.333
Kecepatan, r/dt	0.02 – 0.05	0.03

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

#### 2.5.4 Komponen sistem

Pengelolaan air limbah merupakan rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan upaya mengelola air limbah hingga menghasilkan air limbah terolah yang memenuhi persyaratan untuk di buang ke lingkungan atau dapat dimanfaatkan kembali. Sistem pengelolaan air limbah merupakan satu kesatuan sistem fisik atau non – teknik dan prasarana dan sarana air limbah. Komponen sistem pengolahan air limbah dapat di lihat di Gambar 2.7.

##### 2.5.4.1 Proses Pengolahan Limbah Cair

Air limbah yang dapat menyebabkan pencemaran dan menurunnya kualitas lingkungan terutama air dan tanah sangat memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Beberapa macam pengolahan air limbah antara lain :

##### 1. Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Fisik

Operasi ini digunakan untuk mengolah limbah cair yang membawa perubahan meskipun penerapannya dalam cara fisika telah diketahui dalam unit

operasinya, metoda pengolahan yang digunakan pertama kali yaitu bentuk unit operasi fisika pada umumnya, yang digunakan dalam limbah cair adalah :

a. *Screening*

Screening merupakan suatu proses pemisahan padatan untuk mendapatkan hasil uniform daripada asalnya dengan ukuran tertentu.

b. *Mixing*

Mixing atau pencampuran adalah suatu unit operasi yang penting di beberapa tahap pengolahan limbah cair dimana limbah cair dicampur dijadikan satu.

c. *Sedimentasi*

Sedimentation atau pengendapan merupakan suatu proses pemisahan padatan berukuran kecil yang mudah mengendap dalam waktu relatif pendek. Padatan akan mengendap karena berat jenis padatan tersebut lebih besar dibandingkan berat jenis air.

d. *Filtrasi*

Filtrasi adalah pemisahan suatu komponen antara zat padat dan zat cair dengan menggunakan suatu alat yang disebut filter. Filter yaitu suatu bahan yang berpori untuk menahan zat padat.

e. *Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia*

Bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan limbah cair melibatkan bahan kimia yang diikuti dengan langkah fisika, padatan terlarut, endapan dipisahkan melalui proses sedimentasi. Dalam beberapa kasus perubahan yang terjadi sangat sedikit dan penghilangan ini sangat efektif dalam mempercepat konsistensi yang sangat besar dari koagulan itu sendiri. Hasil lain dari penambahan bahan kimia ini bermanfaat didalam melarutkan unsur – unsur yang ada dalam limbah cair.

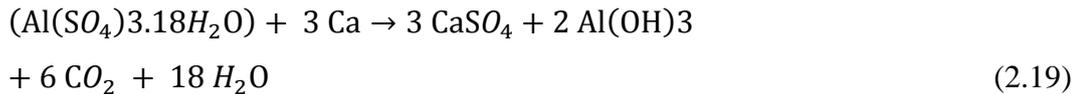
Penambahan bahan kimia digunakan untuk meningkatkan derajat padatan yang tersuspensi dan penghilangan BOD yang dapat dilakukan yang dapat dilakukan dengan cara:

- a. Merubah konsentrasi air limbah
- b. Melakukan langkah – langkah pengolahan
- c. Menggunakan bantuan proses sedimentasi

Bahan kimia yang dapat di tambahkan antara lain alum ( $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), ferrous sulfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), lime ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), ferri chlorida ( $\text{FeCl}_3$ ) dan ferri sulfat ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Contoh reaksi yang terjadi untuk mendapatkan endapan :

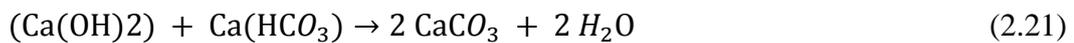
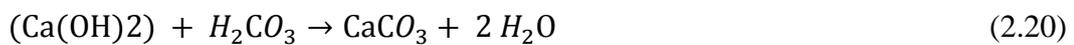
- Alum

Ketika alum ditambahkan ke air limbah yang berisi zat kapur magnesium bikarbonat kadar alkali, reaksi yang mungkin terjadi digambarkan sebagai berikut :



- Lime

Ketika ditambahkan lime, reaksi yang terjadi yaitu :

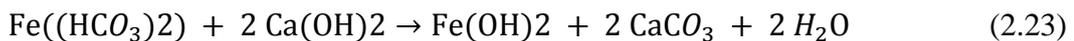


Pada kebanyakan kasus ferrous sulfat dan lime tidak dapat digunakan sendiri sebagai bahan pembantu karena lime harus ditambahkan pada waktu yang sama untuk membentuk endapan.

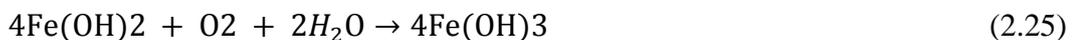
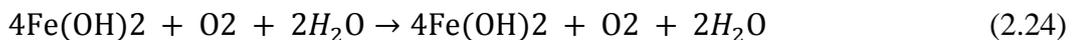
Reaksinya adalah sebagai berikut :



Jika lime dalam bentuk ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang ditambahkan dapat dilihat reaksinya sebagai berikut:



Ferrous hydroxide kemudian dioksidasi menjadi ferric hydroxide dengan hasil akhirnya ssebagai berikut :



#### f. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi

Kebanyakan proses biologik digunakan untuk pengolahan air limbah. Empat kelompok utama yaitu : proses aerob, proses anoxis, proses anaerobic, perpaduan dari aerobic/anoxis atau proses anaerob.

Masing – masing proses selanjutnya terbagi lagi tergantung pada pengolahan apa yang terbaik dalam sistem pengendapan, dalam sistem pengumpulan atau perpaduan dari semuanya.

Aplikasi mendasar dari proses – proses di atas adalah untuk :

- Mengembalikan karbonasi bahan organik dalam air limbah, biasanya diukur seperti BOD atau COD.
- Nitrifikasi
- Denitrifikasi
- Stabilisasi/solidifikasi

Secara umumnya proses – proses tersebut dijelaskan seperti di bawah ini :

a. Proses Aerob

Proses pengolahan secara biologi yang terjadi membutuhkan oksigen. Dimana bakteri dapat hidup jika terdapat oksigen.

b. Proses Anaerob

Proses pengolahan secara biologi yang terjadi tidak membutuhkan oksigen. Dimana bakteri hanya dapat bertahan hidup jika tidak terdapat oksigen.

c. Pengembalian *Carbonaceous constituents* BOD

Merupakan konversi dari biologi *Carbonated* bahan organik dalam limbah cair untuk sel dan macam – macam produk gas yang keluar dalam konversi, bahwa asumsi persen nitrogen dalam komponen adalah kebalikan dari ammonia.

d. Proses Anoxis Denitrifikasi

Suatu proses dimana nitrogen nitrat yang dikonversikan secara biologi menjadi gas nitrogen dalam udara bebas, proses ini juga dikenal sebagai denitrifikasi aerob.

e. Nitrifikasi

Proses biologi dalam 2 tingkat dengan menggunakan ammonia sebagai perubah pertama dan nitrit menjadi nitrat.

f. Denitrifikasi

Proses biologi yang berubah nitrat ( $\text{NO}_3$ ) menjadi nitrogen dan beberapa gas dalam hasil akhirnya.

g. Pengelolaan Limbah Cair di PT. SIER

Pengelolaan fasilitas IPAL pada dasarnya merupakan kewajiban dari perusahaan kawasan industri sesuai Keputusan President No. 41 Tahun 1996, sekaligus merupakan bagian dari kegiatan pengelolaan kawasan industri secara keseluruhan. Untuk mengelola fasilitas IPAL, dibutuhkan kemampuan teknis

dan manajemen yang memadai yaitu untuk memenuhi persyaratan pengelolaan yang efisien serta secara teknis memiliki kemampuan teknologi untuk mengolah limbah sesuai

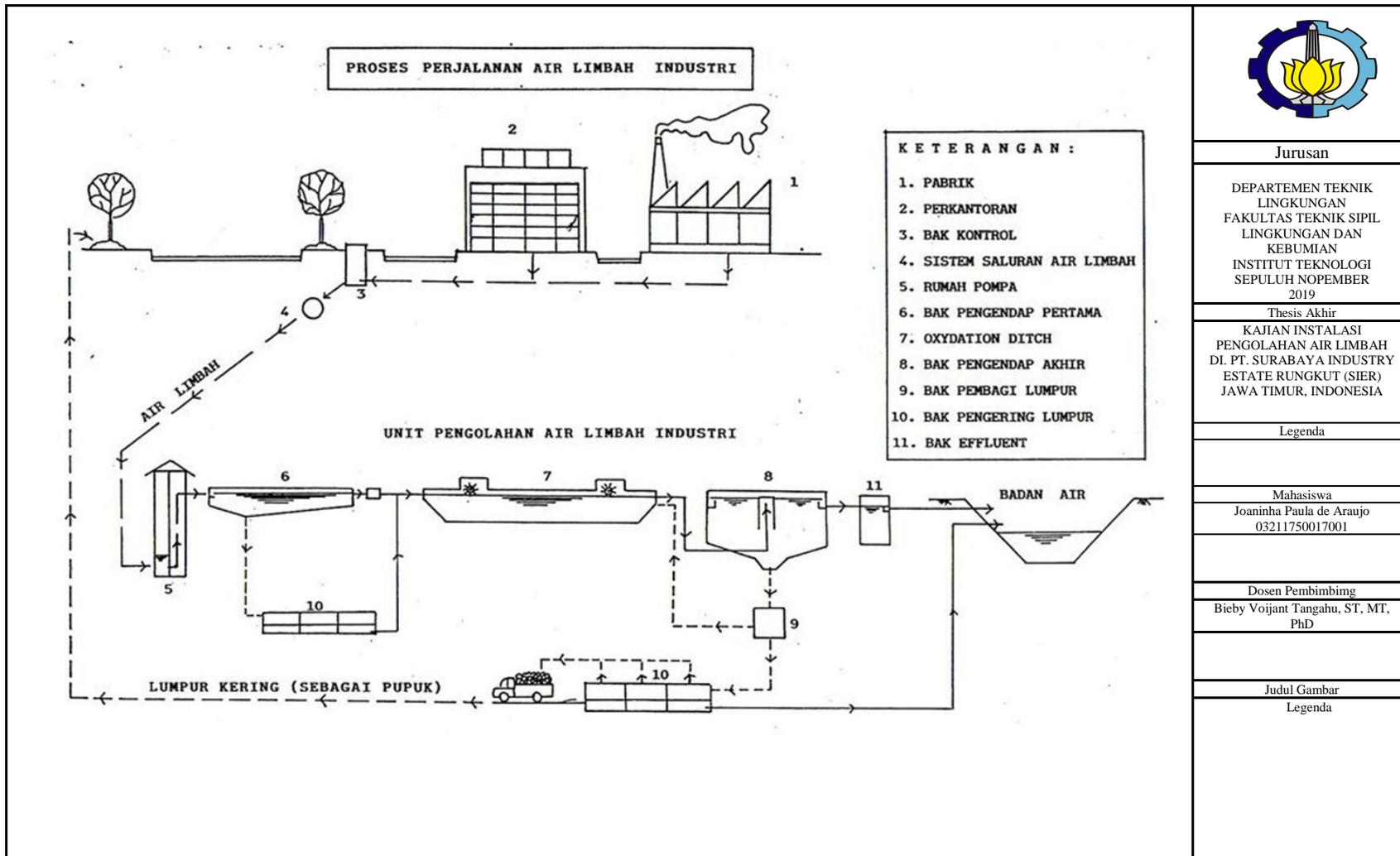
batasan air buangan yang diperbolehkan sesuai standar baku mutu. Tujuan pengendalian proses pengolahan limbah PT. SIER ini adalah agar limbah – limbah berbahaya yang berasal dari industri – industri di kawasan industri PT. SIER dapat diolah sehingga efluen limbah tersebut dapat memenuhi standar kualitas air buangan industri pada Peraturan Gubernur JawaTimur No. 72 Tahun 2013.

Sistem pengolahan limbah cair di IPAL PT.SIER menggunakan sistem pengolahan secara fisika – biologi, tanpa menggunakan atau menambahkan bahan kimia. Pembuangan air limbah industri dialirkan melalui pipa dari pabrik ke saluran pipa bawah tanah yang dipasang sepanjang jalan di depan kavling pabrik yang terletak di kawasan Industri Rungkut. Debit existing yang masuk ke dalam IPAL PT. SIER berkisar antara 6000 – 7000 m<sup>3</sup> per/hari dari sekitar 415 industri (Andhika, 2015).

#### h. Sumber Air Limbah

Sumber air limbah yang di olah di IPAL PT.SIER berasal dari seluruh pabrik dan perkantoran yang ada di kawasan Rungkut baik dari limbah domestik maupun limbah non domestik. Air limbah yang masuk ke IPAL berasal dari berbagai jenis industri, antara lain:

1. Industri kayu dan Rotan
  2. Industri Plastik
  3. Industri Logam
  4. Industri Kimia
  5. Industri Makanan dan Minuman
  6. Industri Tembakau
  7. Industri Karet
  8. Industri penyamakan kulit, dan sebagainya.
- i. Persyaratan Air Limbah



Gambar 2.4 Komponen Sistem Air Limbah



Jurusan

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
2019

Thesis Akhir

KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DI PT. SURABAYA INDUSTRY ESTATE RUNGKUT (SIER) JAWA TIMUR, INDONESIA

Legenda

Mahasiswa

Joaninha Paula de Araujo  
03211750017001

Dosen Pembimbing

Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, PhD

Judul Gambar

Legenda

Sebelum masuk ke saluran air limbah PT. SIER, air limbah dari tiap – tiap industri harus memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan oleh PT. SIER. Hal tersebut dilakukan agar air limbah yang akan diolah tidak melebihi baku mutu dan kapasitas desain bangunan pengolahan air limbah dari IPAL PT. SIER serta tidak merusak mesin dan peralatan yang ada. Adapun ketentuan yang telah ditetapkan oleh PT. SIER, antara lain :

a. Ketentuan Umum

Bahan – bahan yang di larang dibuang kedalam sistem air limbah di kawasan Industri yang dikelola PT. SIER adalah sebagai berikut :

- Air hujan, air tanah, air dari talang, dan air dari pekarangan.
- Kalsium karbida.
- Bahan yang mudah terbakar
- Cairan, zat padat atau gas yang karena jumlahnya sudah cukup untuk dapat menimbulkan kebakaran atau ledakan, atau menyebabkan kerusakan pada sistem saluran air limbah.
- Bahan atau hal lain karena kondisinya sendiri atau penggabungan atau reaksi dengan limbah lain dapat menimbulkan gas, uap, bau, atau bahan semacamnya yang dapat membahayakan kehidupan manusia.
- Ragi, aspal, minyak pelumas/oli, solar, carbon disulfide, hydrosulfide, dan polysulfide.
- Radioaktif.
- Setiap limbah yang dapat menyebabkan pelapisan keras, atau endapan di dalam sistem saluran air limbah.
- Limbah yang mengandung bahan pewarna yang tidak dapat diolah secara biologi.
- Bahan yang dapat merusak atau mengganggu sistem mesin maupun peralatan – peralatan yang terpasang dalam sistem saluran air limbah.
- Limbah padat (solid waste)

b. Ketentuan Khusus

Secara khusus, air limbah yang boleh dibuang ke IPAL PT. SIER tidak boleh melebihi standar baku mutu yang telah di tetapkan oleh PT. SIER, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.10.

## 2.6 Kondisi Existing di PT. SIER

Proses pengumpulan air limbah di kawasan industri PT SIER, saluran air limbah ditempatkan di trotoar atau dengan garis hijau sepanjang jalan yang ada dikawasan SIER. Saluran air limbah memiliki kedalaman 2,5 – 8 m dibawah permukaan tanah diameter pipa 300 – 600 mm dipasang dengan kemiringan 1 – 3 %. Pada pembuatan saluran ada setiap manhole dengan jarak  $\pm$  60 m antara manhole yang satu dengan yang lainnya. Untuk pemeliharaan saluran dilakukan dengan cara pembersihan saluran dan pengecekan pada setiap drainase jika terjadi kerusakan serta jika terjadi kebocoran pada pipa. Untuk pemeliharaan setiap pipa saluran IPAL di PT. SIER menggunakan alat rotan untuk mengguras dibagian drainasenya.

Tabel 2.10 Baku Mutu Influen IPAL di PT.SIER

No	PARAMETER	SIMBOL	SATUAN	NILAI
<b>A. FISIKA</b>				
	Suhu		°C	40
	Jumlah padatan terlarut (TDS)		mg/L	2000
	Jumlah padatan tersuspensi (SS)		mg/L	400
	Warna		Skala Pt.Co	300
<b>B. KIMIA</b>				
1	Derajat keasaman	pH		6-9
2	Besi	Fe	mg/L	30
3	Mangan	Mn	mg/L	10
4	Barium	Ba	mg/L	5
5	Tembaga	Cu	mg/L	5
6	Seng	Zn	mg/L	5
7	Krom hexavalen	Cr <sup>6+</sup>	mg/L	2
8	Krom Total	Cr	mg/L	2
9	Kadmium	Cd	mg/L	1
10	Merkuri/raksa	Hg	mg/L	0,005
11	Timbal	Pb	mg/L	3
12	Timbal putih	Sn	mg/L	2
13	Arsen	As	mg/L	1
14	Selenium	Se	mg/L	1
15	Nikel	Ni	mg/L	2
16	Kobalt	Co	mg/L	1
NO	PARAMETER	SIMBOL	SATUAN	NILAI
17	Sianida	CN	mg/L	1
18	Sulfida	S	mg/L	1
19	Flourida	Fe	mg/L	30
20	Klorin bebas	Cl <sub>2</sub>	mg/L	1
21	Ammoniak bebas	NH <sub>3</sub>	mg/L	20
22	Nitrat	NO <sub>3</sub>	mg/L	50

23	Nitrit	NO <sub>2</sub>	mg/L	5
24	Phospat	PO <sub>4</sub>	mg/L	20
25	Sulfat	SO <sub>4</sub>	mg/L	500
26	COD	O <sub>2</sub>	mg/L	3000
27	BOD	O <sub>2</sub>	mg/L	1500
28	Detergen	MBAS	mg/L	5
29	Phenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	mg/L	2
30	Minyak dan lemak	-	mg/L	30
31	Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg/L	15
32	Clorida	Cl	mg/L	500

Sumber : PT. SIER 2015

Jika air limbah yang dibuang oleh suatu industri kedalam sistem saluran air limbah PT. SIER tidak boleh melebihi standar tersebut, jika tidak sesuai maka industri wajib menggunakan pengolahan dahulu (*primary treatment*) sebelum air tersebut dibuang.

#### 1. Bak Pengumpul atau Bak Kolektor

Spesifikasi bak pengumpul atau bak kolektor yang dipakai :

- Diameter : 5,8 m
- Kedalaman (A) : 8,2 m
- Kapasitas Desain Air Limbah (Q) : 10.000 m<sup>3</sup>/hari
- Pompa Sentrifugal RITZ Type : 35/37 S 3712
- Motor Listrik dengan Daya 11 KVA : 380 Volt
- Dengan Beton : 30 Cm

#### 1. Sumur Basah (*Wet Well*) :

##### a. Dua Pipa :

- Berdiameter : 400 mm – 600 mm

##### b. Dua Buah Rel :

- Luas : ± 8 m<sup>2</sup>

#### 2. Sumur Kering

- Debit : 60 liter/detik

Bak Pengumpul sebagai tempat awal air limbah disalurkan berikut dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bak pengumpul atau bakkolektor

2. Bak pengendap pertama (*primary settling tank*) ini dilengkapi dengan :

Bak pengendap I berfungsi untuk mengendapkan material atau partikel diskrit dan pemerataan beban hidrolis dan organis sehingga tidak terjadi *shock loading* pada proses selanjutnya akibat fluktuasi beban. Bak pengendap pertama digunakan sebagai tempat homogenitas air limbah sebelum masuk ke parit oksidasi melalui saluran serta sebagai tempat pembuangan kedua. Bak ini dilengkapi dengan dua buah *baffle* dengan saluran kecil dan pintu air untuk membuang kotoran ke bak pengapung. Meter air berfungsi untuk mengetahui debit air yang dibuang ke IPAL SIER adalah :

- a. Penyekap dua lengkap dengan pintu air terpasang secara simetris berfungsi untuk menyekap benda-benda terapung
- b. Pompa sentrifugal berfungsi untuk memompa lumpur hasil endapan ke bak pengering lumpur. Pompa ini memiliki daya 11 kw, frekuensi 50 Hz, Kapasitas desain pompa 60 lt/dt.
- c. Bak Zat terapung berfungsi untuk menampung partikel diskrit dan polutan besar melalui saluran dan pompa dari hasil filtrasi dari bak penampung lumpur (*floating tank*).
- d. Faktor – faktor yang mempengaruhi pengendapan dalam pengendap pertama adalah :
  - Waktu detensi pada bak pengendap pertama paling optimal 2 – 5 jam, bila terlalu lama akan terjadi pembusukan yang dapat menimbulkan limbah gas (bau busuk).

- Kecepatan pengendapan

Efisiensi pemisahan *suspended solid* (SS). Bak ini beroperasi secara kontinyu selama 24 jam untuk menampung limbah dari seluruh kawasan industri SIER. Bak ini mengalami proses fisik yaitu berlangsungnya pengendapan material secara sedimentasi atau gravitasi sehingga mampu mereduksi beban BOD 25 % - 30 % dan zat padatan (solid) 60 % - 65 % dan bahan organik 35 % - 40 %. Setelah mengalami proses pengendapan air dialirkan secara gravitasi menuju pengolahan biologis (*oxidation ditch*).



Gambar 2.6 Bak pengendap I

Spesifikasi bak pengendap pertama yang dipakai :

Bak ini dilengkapi dengan dua buah *Baffle* dengan ukuran :

- Panjang (P) : 40 meter
- Lebar (L) : 10 meter
- Kedalaman :  $\pm 1,6 - 3$  meter
- Kriteria Desain : 10.000 m<sup>3</sup>/hari
- Daya : 11 Kw
- Frekuensi : 50 Hz
- Kapasitas Pompa : 60 liter/detik
- Waktu Detensi : 2 – 5 jam
- Waktu beroperasi : 24 jam
- Pipa Paralon : 6 dim

### 3. *Oxidation Ditch*

Proses biologik ini dilakukan dengan tahap pengolahan kedua (*secondary treatment*), yaitu pengolahan dengan memanfaatkan mikroorganisme dengan bantuan oksigen. (Metcalf dan Eddy, 2003). Dengan digerakkan *cage rotor* akan terjadi proses aerasi dan turbulensi aliran air. Bila *cage mammoth rotor* pengaduk dalam supply oksigen dari udara dan akan terjadi aliran turbulensi yang tinggi bertujuan untuk meningkatkan daya oksigenasi kedalam limbah supaya tidak terjadi endapan lumpur secara oksidasi. (Metcalf dan Eddy, 2003).

Parit Oksidasi memiliki 4 desain dengan kapasitas sebagai berikut :

- Kedalaman Bak : 3 meter
- Lebar dasar : 3 meter
- Lebar Permukaan : 8,8 meter
- Luas : 235 meter
- Kapasitas desain : 10.000 m<sup>3</sup>/hari
- Kecepatan Alir : 0,3 m/detik
- Kedalaman air Max : 1,75 meter
- Kedalaman Air Min : 1,45 meter

Setiap unit parit oksidasi dilengkapi dengan 4 unit *cage rotor (mammoth rotor)*.

- Daya : 18,5 Kw
- Frekwensi : 50 Mhz
- RPM : 1455

Cage rotor memiliki ukuran :

- Panjang Rotor: 4 meter
- Diameter Rotor : 1 meter
- Panjang daun rotor : 30 cm
- Lebar daun rotor : 7 cm
- Kedalaman air : ± 20 cm
- Kecepatan : 72 rpm
- Kecepatan alir : 0,3 m/detik
- Kapasitas O<sub>2</sub> : 30 kg O<sub>2</sub>/m
- Waktu beroperasi : 24 jam



Gambar 2.7 *Oxidation Ditch*

#### 4. Bak Distribusi (*distribution box*)

Bak distribusi memiliki panjang 7,2 meter dan lebar 4 meter serta kedalaman rata – rata 2,3 meter. Adapun fungsi dari bak ini adalah sebagai tempat penampungan sementara lumpur aktif dari kolam oksidasi yang akan disalurkan secara gravitasi atau sedimentasi menuju *clarifier* yang berupa lumpur aktif atau *activated sludge* selanjutnya di recycling kembali di bak *oxidation ditch*.

*Overflow rate* dari *Oxidation ditch* dialirkan menuju bak pengendap kedua dengan sistem sedimentasi melalui bak distribusi. Sehingga terjadi proses pemisahan antara limbah dengan lumpur pekat. Partikel dari lumpur dikembalikan lagi ke kolam oksidasi bersamaan dengan lumpur aktif yang ada di klarifier. Sisa dari lumpur dipompa ke bak pengering lumpur (*dry sludge*) melalui sebuah proses pengentalan lumpur aktif dan filtrasinya dikembalikan lagi ke *oxidation ditch* dapat dilihat pada Gambar 2.8. (Metcalf dan Eddy, 2003).



Gambar 2.8 Kotak pembagi

Adapun spesifikasi pompa di bak distribusi adalah sebagai berikut :

- a. Pompa *Return Sludge*

- Type : *Screw Pump*
  - Daya : 17 Kw
  - Frekuensi : 50 Hz ( $\cos \theta = 0,79$ )
- b. Pompa menuju bak *thickener*
- Type : Sumersible pump
  - Daya : 3,75 Kw
  - Frekuensi : 50 Hz ( $\cos \theta = 0,84$ )
- c. Pompa menuju bak pengering lumpur
- Type : Sumersible pump
  - Daya : 3,75 Kw
  - Frekuensi : 50 Hz ( $\cos \theta = 0,84$ )

#### 5. Bak Pengendap Akhir (*clarifier*)

Bak pengendap kedua ini berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang masih terdapat dalam air melalui oksidasi. Bak ini merupakan proses pengolahan terakhir pada instalasi pengolahan air limbah SIER. Bak ini terbuat dari beton semen dan tepinya dikelilingi dengan parit melingkari bak dengan lebar 0,5 meter yang berfungsi untuk menerima tumpuhan dari *clarifier* yang sudah sesuai dengan parameter standar yang diinginkan.



Gambar 2.9 Bak pengendap II

Pada bak pengendap ini dilengkapi dengan alat pengumpul lumpur (*scraper bridge*) yang berfungsi sebagai alat untuk mengeruk lumpur bagian tengah bak. Untuk mendistribusikan air dalam *clarifier*, air dialirkan melalui pipa

inlet yang diletakkan dibagian tengah bak, selanjutnya proses pengendapan berlangsung secara gravitasi dan flok – flok yang sudah terbentuk mengendap ke dasar bak dengan bantuan *scraper bridge screw pump* dengan endapan disalurkan kembali ke *oxidation ditch*.

Bak pengendap kedua memiliki kapasitas desain sebagai berikut :

- Bentuk : Circular/Rectangular
- Diameter : 25 m
- Kemiringan : 1 : 4
- Kedalaman bak dipinggir : 2,5 m<sup>3</sup>/jam
- Kecepatan pelimbah air : ± 0,7 m<sup>3</sup>/jam

Spesifikasi *scraper bridge* adalah sebagai berikut :

- Daya penggerak : 0,25 Kw
- Frekwensi : 50 Hz
- Putaran : 1 putaran/45 menit

#### 6. Kriteria Desain Bak Efluen

Bak efluen adalah pengolahan akhir yang mana air limbah yang dialirkan bak *clarifier* yang sudah memenuhi standar baku mutu dan layak untuk di buang ke lingkungan

Bak efluen memiliki kapasitas desain sebagai berikut :

- Lingkaran : 1 m
- Lebar : 0,5 m



Gambar 2.10 Bak Efluen

Tambak Oso merupakan sungai yang menerima air limbah setelah diproses sampai akhir, sudah memenuhi standar baku mutu.



Gambar 2.11 Sungai Tambak Oso

## 2.7 Aspek Kelembagaan

Kelembagaan menurut Uphoff (1992) dan Fowler (1992) adalah “*a complex of norm and behavior that persist overtime by serving some socially valued purpose*” sedangkan organisasi adalah struktur peran yang diakui dan diterima. Mengacu pada konsep kelembagaan yang diajukan oleh Gilin dan Gilin (1954) tentang tingkat kemantapan tertentu dari kelembagaan, Horton dan Hunt (1984) tentang rutinisasi dari kelembagaan, dan Uphoff (1986) dalam Saptana (2006) yang menyatakan bahwa kelembagaan sebagai pola perilaku yang stabil, dihargai dan berlaku dalam waktu yang lama, maka bagian pokok lainnya yang penting untuk diperhatikan dalam pembahasan mengenai kinerja kelembagaan adalah tentang pola perilaku atau pola interaksi yang terjalin antar pelaku dalam suatu kelembagaan.

Menurut Pakpahan (1989) dan Elizabeth (2010), suatu kelembagaan dicirikan oleh tiga hal utama, yaitu:

1. *Yurisdiction of boundary* (batas yurisdiksi)
2. *Property right* (hak kepemilikan)
3. *Rule of representation* (aturan representasi).

Perubahannya menghasilkan performance yang diinginkan, dan ditentukan oleh:

1. *Sense of community* (perasaan sebagai satu masyarakat)
2. Eksternalitas
3. *Homogenitas*, dan

4. *Economic of scale* (skala ekonomi).

**Lembaga** adalah suatu tatanan dan pola hubungan antara anggota masyarakat atau organisasi yang saling mengikat yang dapat menentukan bentuk hubungan antar manusia atau antara organisasi yang diwadahi dalam suatu organisasi atau jaringan dan ditentukan oleh faktor – faktor pembatas dan pengikat berupa norma, kode etik aturan formal maupun informal untuk pengendalian perilaku sosial serta insentif untuk bekerjasama dan mencapai tujuan bersama.

Tiap kelembagaan memiliki tujuan tertentu, dan orang – orang yang terlibat didalamnya memiliki pola perilaku tertentu serta nilai-nilai dan norma-norma yang sudah disepakati yang sifatnya khas. Tiap kelembagaan dibangun untuk satu fungsi tertentu. Oleh karena itu kita mengenal kelembagaan pendidikan, kelembagaan ekonomi, agama, dan lain – lain. Jadi, dunia berisi kelembagaan – kelembagaan dan manusia pasti masuk kelembagaan tersebut (Sudaryanto 2005).

Penyelenggaraan Pemerintahan Daerah merupakan bentuk realisasi Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia (UUD 1945) yang memiliki tujuan agar pemerintah daerah menjadi bagian dari sistem pemerintahan Indonesia sebagai upaya mengatur hubungan antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah (Farid dkk, 2017). Urusan Pemerintah telah diatur dalam Undang – Undang 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah. Berdasarkan Undang-Undang tersebut, kewenangan Pemerintah dibedakan menjadi dua (2), yaitu kewenangan pemerintahan wajib dan pilihan. Kewenangan pemerintahan wajib memiliki arti suatu urusan yang berkaitan dengan pelayanan dasar seperti pendidikan, kesehatan, pekerjaan umum dan penataan ruang, perumahan rakyat dan kawasan permukiman, ketentraman, ketertiban umum, dan perlindungan masyarakat, dan sosial.

Berdasarkan Dit.PPLP (2017), UPTD menjalankan fungsi pelayanan kepada masyarakat dengan mengoperasikan infrastruktur yang telah dibangun. Kegiatan operasional UPTD meliputi pengelolaan asset dan pelayanan kepada masyarakat. Hasil pengoperasian aset dan kegiatan pelayanan kepada masyarakat dipertanggungjawabkan kepada Dinas induknya sebagai capaian kinerja UPTD. Untuk mencapai kinerja yang maksimal, UPTD dituntut untuk memiliki rencana kinerja yang terukur dan manajemen pelayanan kepada masyarakat/pelanggan.

Untuk mencapai kualitas pelayanan sesuai standar kesehatan dan keselamatan kerja, UPTD juga dituntut untuk memiliki Standar Operasi Prosedur. Lingkup manajemen operasional meliputi :

1. Perencanaan kinerja pelayanan
2. Perencanaan dan pelaksanaan pengoperasian infrastruktur (aset)
3. Sistem penjaminan kualitas melalui penerapan SOP
4. Monitoring dan evaluasi hasil capaian kinerja pelayanan. Untuk mencapai hasil yang maksimal dalam operasionalisasi pelayanan UPTD perlu didukung dengan dukungan sebagai berikut :

#### **2.7.1 Sarana dan prasarana yang memadai**

Sarana prasarana yang dibutuhkan untuk memberikan pelayanan yang maksimal kepada masyarakat harus dipenuhi. Fokus perhatian pada sumber daya sarana adalah menjamin sarana berfungsi sesuai dengan rencana fungsinya, memastikan jumlah sarana dan prasarana cukup, pengoperasian sarana dilengkapi dengan SOP bagi operatornya, memastikan sarana dan prasarana dirawat secara terjadwal, adanya sistem kontrol terhadap fungsi sarana dan prasarana.

#### **2.7.2 Jumlah dan kualitas SDM yang kompeten**

Kompetensi yang dibutuhkan SDM adalah kemampuan yang dimiliki untuk mendorong kepedulian masyarakat memenuhi kewajiban atas hak layanan yang telah diberikan. Terdapat dua (2) kompetensi penting yang terkait dengan pengembangan SDM, antara lain :

- a. Kompetensi Teknik, yaitu kompetensi mengenai bidang yang menjadi tugas pokok organisasi.
- b. Kompetensi Manajerial, yaitu kompetensi yang berhubungan dengan berbagai manajerial yang dibutuhkan dalam menangani tugas organisasi. Meliputi kemampuan menerapkan konsep dan teknik perencanaan, pengorganisasian, pengendalian dan evaluasi kinerja unit organisasi, dan kemampuan melaksanakan prinsip *good governance*.

#### **2.7.3 Biaya Operasional Yang Memadai**

Alokasi biaya operasional pelayanan yang cukup/memadai menjadi faktor kelangsungan pelayanan. Sesuai dengan mekanismenya biaya operasional UPTD mengikuti mata anggaran Dinas Induknya dan akan diproses melalui mekanisme

APBD. Diperlukan perencanaan yang matang dan akurat mengenai kebutuhan operasional dalam satu tahun untuk semua jenis pengeluaran.

## **2.8 Aspek Lingkungan**

Menurut Masduqi (2018), kajian terhadap aspek lingkungan bertujuan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan jika suatu kegiatan dilakukan, baik dampak negatif maupun positif. Dampak yang terjadi bisa mempengaruhi kegiatan secara langsung dimasa sekarang maupun masa yang akan datang. Beberapa kriteria suatu kegiatan dikatakan memiliki dampak yang besar dan penting dilihat dari luas wilayah persebaran dampak, intensitas dan lamanya dampak, jumlah manusia yang terkena dampak, waktu berlangsungnya, banyaknya komponen lingkungan lainnya yang terkena dampak, sifat kumulatif dampak, dan berbalik (*reversible*) atau tidak berbaliknya (*irreversible*) dampak. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Jenis Rencana Usaha dan/atau Kegiatan yang Wajib Dilengkapi dengan Analisis Mengenaai Dampak Lingkungan Hidup.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Selain itu, pengumpulan data dari sumber – sumber limbah cair dari hasil produksi, jumlah limbah cair dari hasil produksi, data tentang karakteristik air limbah dan kapasitas pengolahan limbah cair dari hasil produksi.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Metode penelitian diperlukan untuk menentukan tahapan-tahapan dalam suatu penelitian dengan melihat sistematika yang ada sehingga dapat dilihat dengan jelas tahapan apa yang memerlukan penekanan perhatian ataupun kendala – kendala yang mungkin terjadi selama penelitian sampai dengan penulisan. Dapat dilihat pada Gambar 3.1.

##### **3.2.1 Identifikasi Masalah**

Dalam rangka suatu penelitian, langkah awal yang dilakukan adalah mencari dan menemukan ide yang didasarkan pada masalah yang ada. Identifikasi masalah dimaksudkan untuk mempertajam permasalahan yang dibahas, untuk diperlukan batasan ataupun ruang lingkup permasalahan.

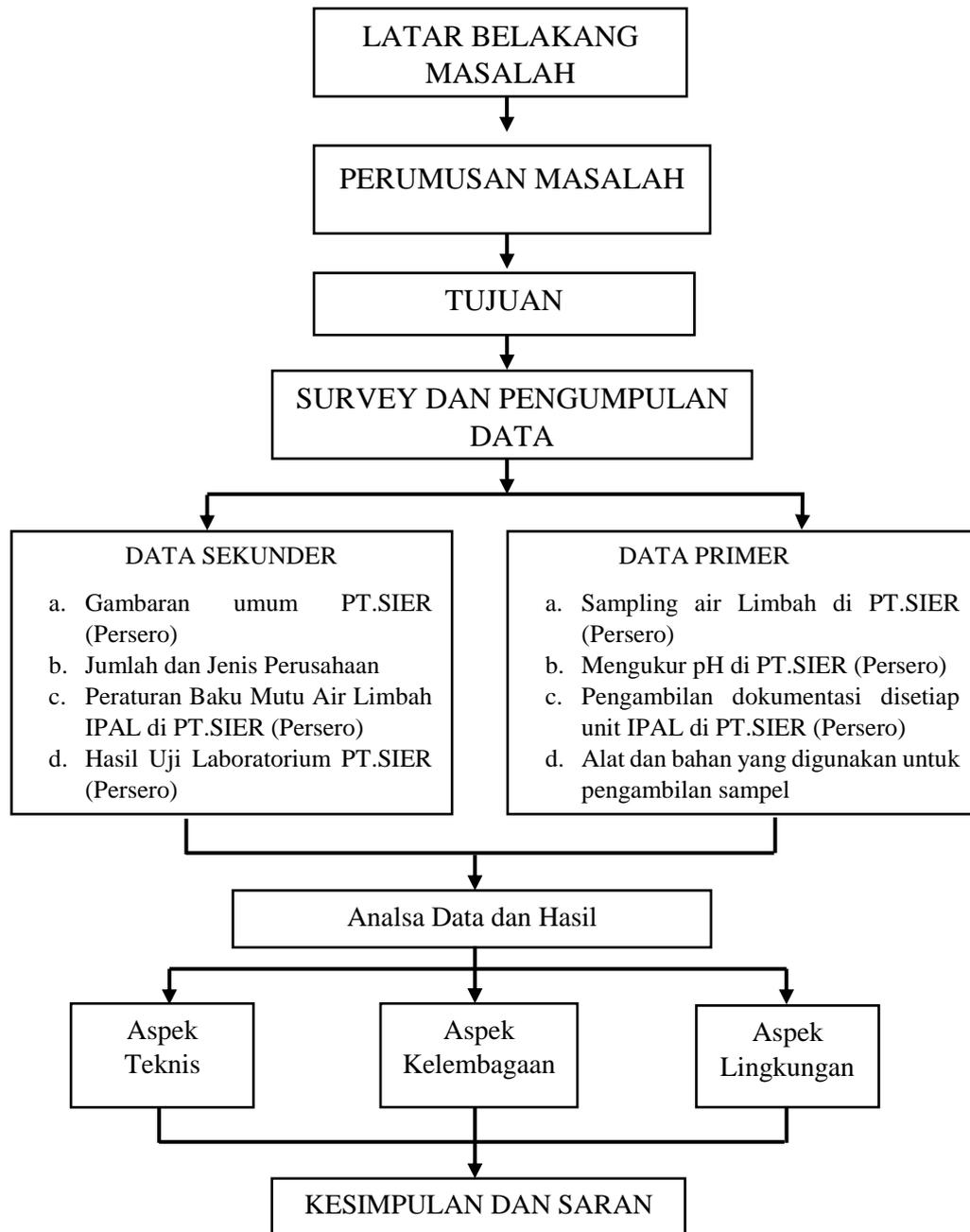
##### **3.2.2 Kajian Pustaka**

Kajian Pustaka dilakukan untuk menunjang penelitian yang dilakukan baik sebagai landasan teori maupun untuk menganalisis dan mengevaluasi data. Kajian pustaka dapat berasal dari buku – buku teks, jurnal ataupun penulisan – penulisan ilmiah lainnya, yang dapat berkaitan dengan topik yang akan diteliti. Selain itu penelusuran kepustakaan juga dilakukan terhadap peraturan – peraturan perundangan, serta tesis yang berhubungan dengan instalasi pengolahan air limbah.

#### **3.3 Pengumpulan Data**

Penelitian ini membutuhkan data yang akan dianalisis untuk mendapatkan jawaban atas masalah yang sudah dirumuskan sebelumnya. Jenis data dibagi

menjadi dua (2) berdasarkan cara mendapatkannya, yaitu data primer dan data sekunder.



Gambar 3 1 Kerangka Penelitian

### 3.3.1 Data Primer

Data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan dan observasi langsung di lapangan, antara lain : melalui metode survey, pengamatan langsung, maupun metode sejenis lainnya. Pengumpulan data primer yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

- a. Survey tentang target limbah yang diharapkan dan limbah existing.  
Metode pengambilan sampel berpedomana pada regulasi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya untuk kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Survey ini bertujuan untuk mengetahui debit yang dihasilkan IPAL di PT.SIER.
- b. Pengambilan dokumentasi di sumber untuk setiap unit pengolahan air limbah.
- c. Peralatan yang dibutuhkan untuk pengambilan sampel seperti : Jeregen 2 liter, pH meter, box untuk menyimpan sampel, masker, sarung tangan.

#### 3.3.1.1 Pengujian Kualitas Air Limbah

##### 1. Pengambilan Sampel dan Analisa Air Limbah

###### ▪ Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan sampel sesaat (*Grab Sampling*) yakni dengan satu kali pengulangan, yang dilakukan langsung pada titik sampling sumber limbah yaitu untuk bak oxidation ditch atau bak aerasi dan metode pengambilan sampel gabungan waktu (*composite sample*) yaitu limbah yang disalurkan ke bak pengendap I dan efluen.

###### ▪ Instalasi Pengolahan Air Limbah di PT. SIER

- Dalam pengambilan sampel yang akan dianalisa di laboratorium MKL Teknik Lingkungan ITS harus sesuai dengan analisa yang dibutuhkan. Namun karakteristik air limbah selalu berubah setiap waktu selama 24 jam dan tergantung dari pembuangan limbah dari industri yang ada di kawasan industri SIER tersebut sehingga perlu adanya metode dan teknik pengambilan sampel yang tepat.

- Untuk pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium MKL Teknik Lingkungan ITS. Parameter yang dianalisa secara umum diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu fisika berupa zat padat terlarut (TSS), temperatur, pH dan kimia organik berupa COD, BOD, dan DO. Pengambilan sampel pada tanggal 19 Maret 2019 dan waktu pengambilan sampel sekitar siang, dan kemudian dibawa ke Jurusan Teknik Lingkungan disimpan dikulkas workshop selama 48 jam kemudian dilakukan analisa di Laboratorium Manajemen Kualitas Air di ITS.
- Analisa Kualitas Air Limbah  
Analisa ini dilakukan untuk memperoleh data kualitas air limbah buangan industrial PT. SIER. Penentuan parameter uji didasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan kegiatan industri lainnya.

## 2. Persiapan Penelitian

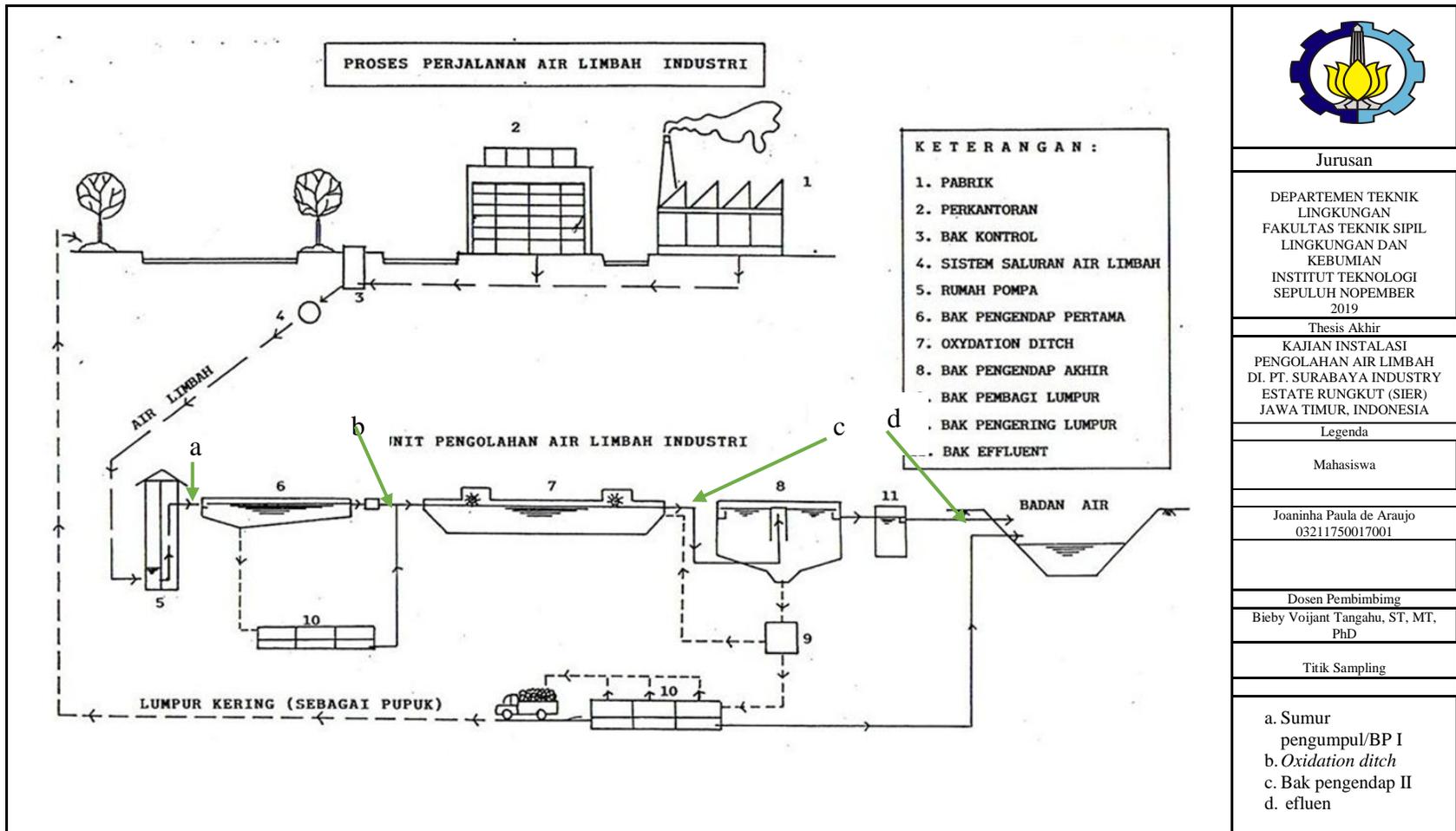
- Persiapan Limbah Industri dari PT.SIER

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair yang diambil langsung dari IPAL di PT. SIER. Limbah cair diambil 4 titik sampling mulai dari titik sampling pertama yaitu bak influen, yang kedua *primary settling tank*, yang ketiga dari *distribution box* dan yang terakhir adalah bak efluen, dan tiap masing – masing sampel diambil sebanyak 100 liter dan diisi kedalam 8 jerigen air yang berukuran 200 liter, dan akan ditutupi dengan rapat supaya mencegah masuknya padatan halus (Achmad, 2004).

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari statistik maupun instansional, yang merupakan pendukung data primer. Data sekunder terdiri dari :

- Gambaran umum PT. SIER
- Jumlah dan jenis perusahaan
- Diagram alir proses gambar desain dan demensi IPAL



Gambar 3.2 Komponen Sistem Air Limbah

- Denah IPAL di PT.SIER.
- Hasil uji kualitas limbah tahun 2019

### **3.4 Analisis Data dan Pembahasan**

Analisa data bertujuan untuk memproses data yang telah dikumpulkan dan ditunjang dengan teori – teori yang mendukung agar diperoleh tujuan dari ketiga aspek yang diharapkan. Pada analisa data digunakan 3 aspek yaitu aspek teknis, aspek lingkungan dan aspek kelembagaan.

#### **3.4.1 Aspek Teknis**

Data yang dibutuhkan adalah metode fisik, metode biologik dan metode kimia. Menggunakan metode iterasi atau perhitungan yang dilakukan dengan cara coba – coba seperti perhitungan untuk mengetahui ukuran partikel, densitas atau *specific gravity*, dan suhu air :

- Menghitung air limbah disetiap unit pengolahan menggunakan persamaan Stoke's untuk menghitung kecepatan pengendapannya.
- Menghitung dengan menggunakan bilangan reynold untuk membuktikan pola aliran pengendapan.
- Bila diperoleh laminer maka perhitungan selesai. Jika diperoleh turbulen dan transisi maka gunakan persamaan.

#### **3.4.2 Aspek kelembagaan**

##### a. Analisis Kelembagaan

Analisis komparatif dalam pengelolaan IPAL di PT.SIER

Analisa dilakukan dengan membandingkan beberapa peraturan antara lain : Permen PUPR Tahun 2015, maupun peraturan lainnya. Diharapkan melalui perbandingan peraturan – peraturan tersebut, akan didapatkan kejelasan mengenai kewenangan Pemerintah dalam pengelolaan IPAL di SIER (perseroan).

##### b. Analisis Kebutuhan Sumber Daya Manusia di PT.SIER

Peningkatan kapasitas kepemimpinan, kelembagaan, dan sumber daya manusia.

Jumlah SDM yang dibutuhkan kemudian akan dibandingkan dengan jumlah petugas lapangan yang dimiliki oleh PT.SIER (Perseroan). Apabila jumlah SDM eksisting tidak mencukupi, maka dibutuhkan penambahan personil.

### **3.4.3 Aspek Lingkungan**

#### **a. Pengelolaan Lingkungan**

Diuraikan upaya pengelolaan lingkungan hidup. Upaya pengelolaan lingkungan hidup berisi dampak yang akan ditimbulkan baik dampak positif maupun negatif, tolak ukur dampak, mengukur komponen yang terkena dampak berdasarkan baku mutu jika ada, tujuan pengelolaan, lokasi kegiatan pengelolaan, periode pengelolaan dan institusi pengelola yang memuat pelaksana dan bertanggung jawab melaksanakan pengelolaan lingkungan dan pengawasan lingkungan hidup.

#### **b. Pemantauan Lingkungan**

Upaya pemantauan lingkungan hidup akan diuraikan mengenai dampak yang ditimbulkan, parameter lingkungan hidup yang di pantau, tujuan pemantauan lingkungan hidup, metode pemantauan lingkungan hidup yang memuat metode pengumpulan dan analisis data, lokasi pemantauan lingkungan hidup, jangka waktu dan frekuensi pemantauan dan institusi pemantau lingkungan hidup yang memuat pelaksana yang bertanggung jawab melaksanakan pemantauan dan pengawas pemantauan.

### **3.5 Rekomendasi Pengelolaan**

Setelah dilakukan analisis terhadap aspek – aspek tersebut, diharapkan didapatkan rekomendasi pengelolaan dan pemantauan dari IPAL di PT.SIER Sehingga lingkungan di IPAL PT. SIER (perseroan) dan sekitarnya dapat terjaga. Diharapkan juga kedepannya IPAL di PT.SIER bisa dikelola dengan baik sehingga supaya berdampak positif di lingkungan dan sekitar.

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan merupakan pernyataan singkat dan jelas dari keseluruhan hasil analisis dan pembahasan yang telah dirumuskan sebelumnya.

Saran adalah usulan atau pendapat yang dapat dilakukan untuk pengelolaan IPAL di Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Persero.

**Halaman ini sengaja dikosongkan**

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Evaluasi Teknis IPAL PT.SIER

Hasil yang didapat dari aspek teknis dievaluasi per unit antara lain inlet, bak pengendap I, *oxidation ditch* dan bak pengendap II. Evaluasi berpedoman pada Standar baku mutu dan kriteria desain yang berdasarkan pada peraturan pemerintah dan peraturan gubernur.

##### 4.1.1 Karakteristik Influen Air Limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT.SIER (Persero)

Berdasarkan hasil analisa disetiap unit – unit IPAL di PT.SIER (Persero) yaitu data analisa influen air limbah yang Dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Lampiran 1 di Halaman (93). Kualitas influen air limbah harus diolah sebelum dibuang ke badan air. Hal ini karena konsentrasi parameter pencemar melebihi baku mutu.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Laboratorium Influen air limbah

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu	Keterangan
pH	-	6,7	6 – 9	Memenuhi
TSS	mg/L	227	150	Melebihi
COD	mg/L	623	100	Melebihi
NH <sub>3</sub>	mg/L	24	20	Melebihi

Sumber : Perhitungan IPAL, PT.SIER, 2019

##### 4.1.2 Rumah Pompa (Sumur Pengumpul)

Penggunaan sumur pengumpul berfungsi sebagai :

- Menampung air limbah dari 415 industri di PT.SIER (Persero).
- Menstabilkan variasi debit dan konsentrasi air limbah yang masuk ke unit – unit IPAL sehingga tidak terjadi *shock loading* pada waktu proses pengolahan air limbah agar kinerja optimumnya dapat tercapai.
- Meningkatkan proses kinerja pada saat keadaan *downstream*.

##### 4.1.3 Evaluasi bak pengendap I

Perkembangan industri yang sangat cepat saat ini menyebabkan limbah – limbah industri pun menjadi bertambah. Sebagai akibatnya, limbah yang dibuang

akan berdampak ke lingkungan dan kesehatan masyarakat. Padahal kemampuan alam untuk menerima beban limbah sangat terbatas, sehingga dipastikan bahwa *self purification* saat ini telah terlampaui (Taufiq, 2010).

### 1. Data air limbah dari sumur pengumpul

Dimana :

- Debit Max ( $Q_{peak}$ ) = 10.000 m<sup>3</sup>/hari = 0,1157 m<sup>3</sup>/detik
- Debit rata – rata ( $Q_{ave}$ ) = 5.672 m<sup>3</sup>/hari = 0,0656 m<sup>3</sup>/detik
- Panjang (P) = 40 meter
- Lebar (L) = 10 meter

### 2. *Overflow rate* (OFR)

- *Overflow rate* Aliran rata – rata =  $\frac{0,0656 \text{ m}^3/\text{detik} \times 86.400 \text{ m}^3/\text{hari}}{40 \text{ meter} \times 10 \text{ meter}}$   
 = 14,17 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari = 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari  
 = (30 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, (Metcalf & Eddy., 2014))
- *Overflow rate* Aliran puncak =  $\frac{0,1157 \text{ m}^3/\text{detik} \times 86.400 \text{ m}^3/\text{hari}}{40 \text{ meter} \times 10 \text{ meter}}$   
 = 24,99 = 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> hari  
 80 – 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari

Karena nilai dari *overflow rate* rata – rata dan puncak lebih kecil dari kriteria desain, sehingga waktu lebih lama.

### 3. Kontrol waktu detensi (td)

Dimana :

- Panjang (p) = 40 meter
- Lebar (l) = 10 meter
- Tinggi (h) =  $\frac{2,5 \text{ meter} + 1,8 \text{ meter}}{2}$   
 = 2,15 meter

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ &= 40 \text{ meter} \times 10 \text{ meter} \times 2,15 \text{ meter} \\ &= 860 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{td pada aliran puncak} &= \frac{860 \text{ m}^3}{0,1157 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ detik/jam}} \\ &= 2,06 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{td pada aliran rata-rata} &= \frac{860 \text{ m}^3}{0,0656 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ detik/jam}} \\ &= 3,64 \text{ jam} \end{aligned}$$

#### 4. Kontrol Bilangan Reynold

Kontrol bilangan reynold bertujuan untuk menjaga agar aliran laminar.

- Jari – jari hidrolis

$$\begin{aligned} R &= \frac{b \times h}{b \times 2h} \\ &= \frac{10 \times 2,15}{10 + 2(2,15)} \\ &= 1,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vh &= \frac{Q_{\text{peak}}}{b \times h} \\ &= \frac{0,1157}{10 \times 2,15} \\ &= 5,38 \times 10^{-3} \text{ meter/detik} \end{aligned}$$

- Control Froud Number

$$\begin{aligned} NFr &= \frac{Vh^2}{9 \times R} \\ &= \frac{(0,00538)^2}{9,81 \times 1,5} \\ &= 1,97 \times 10^{-6} < 1 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

- Kontrol Reynold Number

$$\begin{aligned} NRe &= Vh \times \frac{R}{\nu} \\ &= \frac{0,538 \times 150}{0,00801} \\ &= 10.075 > 2000 \text{ (turbulen)} \end{aligned}$$

Direncanakan :

- Dipasang *horizontal baffle* sepanjang lebar bak
- P baffle = 10 meter
- L baffle = 2,15 meter
- $\Phi$  lubang = 0,15 meter

Perhitungan :

$$A_{\text{tiap lubang}} = \frac{1}{4} \times \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 = 0,0177 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{baffle}} = P_{\text{baffle}} \times L_{\text{baffle}}$$

$$= 10 \text{ meter} \times 2,15 \text{ meter}$$

$$= 21,5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total lubang}} = 40 \% \times A_{\text{lubang}}$$

$$= 0,4 \times 21,5 \text{ m}^2$$

$$= 8,6 \text{ m}^2$$

$$n_{\text{lubang}} = \frac{A_{\text{total lubang}}}{A_{\text{tiap lubang}}}$$

$$= \frac{8,6}{0,0177}$$

$$= 486 \text{ lubang}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{L_{\text{bak}}}{n + 1}$$

$$= \frac{10}{487}$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

$$Q_{\text{tiap lubang}} = \frac{0,1157 \text{ m}^3/\text{detik}}{486}$$

$$= 2,38 \times 10^{-4}/\text{detik}$$

$$V_{\text{melalui lubang}} = \frac{Q_{\text{tiap lubang}}}{A_{\text{tiap lubang}}}$$

$$= \frac{2,38 \times 10^{-4}}{0,0177}$$

$$= 0,013 \text{ m/detik}$$

Cek NRe

$$NRe = \frac{Q_{\text{tiap lubang}}}{2a(\pi \cdot d)(V)}$$

$$NRe = \frac{2,38 \times 10^{-4}}{(3,14 \times 0,15)(0,801 \times 10^{-6})}$$

$$NRe = 631,3 < 2000 \text{ (laminer)}$$

##### 5. Control Settling Velocity

$$-V_s = \frac{Q}{A_s}$$

$$-V_s = \frac{0,1157}{(40 \times 10)}$$

$$= 2,89 \times 10^{-4} \text{ m/detik} = 0,0289 \text{ cm/detik}$$

Dimana :

Diameter partikel mengendap pada suhu 30°C

$$V = 0,801 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{detik} = 0,00801 \text{ cm}^2/\text{detik} (8.01 \times 10^{-5})$$

$$Sg = 1,02$$

$$-d = \left[ \frac{18 \times V_s \times V}{2ag \times (Sg-1)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$-d = \left[ \frac{18 \times 0,0289 \times 0,00801}{981 \times (1,02 - 1)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$-d = 0,146 \text{ cm} = 1,46 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$-V_{sc} = \left[ \frac{8k \times (Sg - 1) \times g \times d}{f} \right]^{1/2}$$

$$-V_{sc} = \left[ \frac{8 \times 0,05 \times (1,02) \times 981 \times (1,46 \times 10^{-4})}{0,025} \right]^{1/2}$$

$$-V_{sc} = 0,2141 \frac{\text{m}}{\text{detik}} = 21,41 \text{ cm/detik}$$

$V_{sc} > V_h$  maka tidak terjadi penggerusan

Jadi dimensi untuk tipa zona pengendapan adalah :

- Panjang = 40 meter
- Lebar = 10 meter
- Kedalaman = 2,15 meter
- Panjang baffle = 10 meter
- Lebar baffle = 2,15 meter
- $\Phi$  lubang baffle = 0,15 meter
- Jarak antar lubang = 0,02 meter

Tabel 4.2 Hasil kinerja bak pengendap I

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu	Keterangan
pH	-	6,7	6 – 9	Memenuhi
TSS	Mg/L	165	150	Melebihi

COD	Mg/L	500	100	Melebihi
NH <sub>3</sub>	Mg/L	19	20	Memenuhi

Sumber : Data perhitungan dari IPAL PT.SIER, 2019

Berdasarkan kriteria desain, hasil evaluasi bak pengendap I dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil kinerja bak pengendap I

Parameter	Kriteria desain	Hasil	Keterangan
td <sub>peak</sub> (jam)*	1,5 – 2,5	2,06	memenuhi
td <sub>ave</sub> (jam)*	1,5 – 2,5	3,64	memenuhi
OFR Q <sub>ave</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari)**	30 – 50	14	tidak sesuai
OFR Q <sub>peak</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari)**	80 – 120	25	tidak sesuai
Nre*	< 2000	10.075	sesuai
NFr*	> 10 <sup>-5</sup>	1,95 x 10 <sup>-6</sup>	sesuai
Vsc (m/detik)*	> 3 x 10 <sup>-5</sup>	0,2141	sesuai
pH	6 – 9	6,8	sesuai
TSS %	50 – 65	97	kurang sesuai
COD %	30 – 40	20	kurang sesuai
NH <sub>3</sub>	20	21	sesuai

Keterangan : \*Metcalf dan Eddy, 2014 : \*\*Qasim, 1985

Dari hasil dan pembahasan pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa bak pengendap I mempunyai waktu detensi puncak (td), yaitu 2,06 jam artinya sudah memenuhi kriteria desain yang ada, sehingga dapat dikatakan bahwa air limbah yang ada di bak pengendap I dapat disalurkan ke bak *oxidation ditch*. Sedangkan waktu detensi rata – rata (td) melebihi kriteria desain yang ditentukan. Namun, semakin lama nilai td pada saat proses pengolahan maka efisiensi penyisihan dari unit sedimentasi dapat semakin baik dan banyak limbah yang terendapkan (Zhang dkk, 2006). Sedangkan OFR pada debit rata – rata yaitu 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari dan debit puncak yaitu 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari artinya bahwa masih dibawah standar dimana nilainya lebih kecil dari kriteria desain tetapi tidak berbahaya terhadap efisiensi parameter pencemar. Namun jika ditinjau secara ekonomis, kondisi ini terjadi tidak ekonomis karena sebenarnya dimensi bak pengendap I yang dibutuhkan lebih kecil dari kondisi eksisting saat ini. Sedangkan untuk bilangan reynold (NRe) yaitu >2000 yakni dengan nilai 10.075 sehingga sifat alirannya adalah turbulen dan bilangan *froud*

(NFr) adalah  $< 10^{-5}$  yakni dengan nilai  $1,95 \times 10^{-6}$  sehingga menimbulkan aliran singkat (*short circuit*). Untuk mengoptimalkan kinerja bak pengendap pertama maka perlu menjaga aliran tetap laminar.

#### 4.1.4 Evaluasi *Oxidation Ditch*

Data hasil di laboratorium dan di lapangan diperoleh data sebagai berikut :

1. Data di lapangan adalah :

Dimana :

- Q rata- rata =  $5.672 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0656 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Qmax =  $10.000 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Jumlah OD = 4 Compartemen

Perhitungan

$$Q_{rata - rata} = \frac{5.672 \text{ m}^3/\text{hari}}{4}$$

$$Q_{rata - rata} = 1134,4 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{max} = \frac{10.000 \text{ m}^3}{4}$$

$$Q_{max} = 2500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Kontrol Waktu Detensi (td)

- $td = \frac{v}{Q}$
- Waktu detensi

$$td = v/Q$$

$$td = \frac{3961,89 \text{ m}^3}{0,0656 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ jam/detik}}$$

$$td = 17 \text{ jam (18 - 36 jam)}$$

\*td menggunakan volume dari data perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.4 Hasil uji parameter influen *oxidation ditch*

	Parameter				Total	Rata2
	OD1	OD2	OD3	OD4		
TSS	4,61 grL	4,04 gr/L	3,20 gr/L	2,34 gr/L	14,19 gr/L	3,55 gr/L = 3550 mg/l

COD	400 mg/L	400 mg/L	400 mg/L	400 mg/L	1600 mg/L	400 mg/L
NH <sub>3</sub> NH <sub>3</sub> -N	15 mg/L	18 mg/L	18 mg/L	18 mg/L	72 mg/L	18 mg/L
pH	7	7	7	7	7	7

Jika TSS sangat tinggi cenderung mengalami sedimentasi yang tinggi, (Siswanto dan Solikhin, 2004). Konsentrasi oksigen yang terlarut didalam air limbah sangat terbatas, tergantung juga pada kejenuhan oksigen dalam air limbah, temperatur yang ada di limbah, kemudian juga untuk karakteristik air limbah dari industri berbeda – beda dan akhir turbulensinya. Sehingga nilai F/M ratio adalah dengan mengatur MLSS pada bak *oxidation ditch* dan dibandingkan dengan *return sludge* (RS), (Qasim, 1985).

*Oxidation ditch* adalah unit yang menerima air limbah setelah melewati pengolahan sebelumnya yang mempunyai waktu detensi yang panjang. *Oxidation ditch* mempunyai td 0,5 – 1,5 hari untuk untuk bahan cair, dan 20 – 30 hari untuk bahan padat dengan mensirkulasi 95% lumpur yang dihasilkan. Unit ini menggunakan proses biologik yang memanfaatkan mikroorganismenya untuk mendegradasi zat pencemar yang berada pada air limbah. Hasil hitungan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil evaluasi *oxidation ditch*

Parameter	Kriteria Desain	Hasil	Keterangan
td (Jam)*	18 – 36	17	Tidak sesuai
F/M ratio L/hari*	0,05 – 0,3	0,17	Sesuai
I organik (kg BOD/m <sup>3</sup> hari)*	0,1 – 0,6	0,56	Sesuai
Efisiensi TSS (%)	50 – 65	78	Sesuai
Efisiensi COD (%)	30 – 40	78	Sesuai
Efisiensi NH <sub>3</sub>	20	7	Sesuai
pH	6 – 9	6,8	Sesuai
MLSS (mg/L)	3000 – 6000	3100	Sesuai

Sumber : \*Metcalf dan Eddy (2003)

Kandungan MLSS dipengaruhi oleh pencampuran limbah pada bak aerasi, tidak sempurnanya pencampuran limbah akan menurunkan kandungan MLSS sehingga kandungan MLSS akan menjadi rendah. Rendahnya nilai MLSS juga akan

mempengaruhi nilai *F/M ratio* yang akan menjadi rendah pula sehingga akan mempengaruhi proses pengolahan.

Berdasarkan hasil analisa yang didapat bahwa td 17 jam tidak sesuai dengan kriteria desain. Efisiensi removal pada kedua parameter COD 77% yang artinya sudah sesuai dengan standar baku mutu. Sedangkan parameter MLSS 3100 mg/l dimana sudah sesuai dengan standar. Kandungan MLVSS dipengaruhi oleh pencampuran limbah pada bak aerasi (Eckenfelder, 1989) tidak sempurnanya pencampuran limbah akan menurunkan kandungan MLSS sehingga kandungan MLSS akan menjadi rendah. Rendahnya nilai MLSS juga akan mempengaruhi nilai *F/M ratio* yang akan menjadi rendah pula sehingga akan mempengaruhi proses pengolahan (Linvil, 1980).

Berikut parameter yang dapat dianalisa sebagai berikut :

- a. Sludge Volume Index) (SVI)

Tabel 4.6 Nilai dari sludge volume index

Parameter		Nilai	Satuan
OD1	SVI	177,48	ml/L
OD2	SVI	133,64	
OD3	SVI	123,96	
OD4	SVI	118,27	
Total		553,35	
Rata – rata		138,33	

Sumber : Perhitungan IPAL, PT.SIER, 2019

- b. Dissolved oxygen (DO)

Tabel 4.7 Nilai dari sludge volume index

Parameter		Nilai	Satuan
OD1	DO	2,396	ppm
OD2	DO	1,124	
OD3	DO	0,916	
OD4	DO	0,476	
Total		4,912	
Rata – rata		1,228	

#### 4.1.5 Evaluasi Bak Pengendap II (*clarifier*)

Bak pengendap kedua berfungsi untuk mengendapkan lumpur limbah yang masih terdapat dalam air melalui *oxidation ditch*. Hasil analisa di bak pengendap II berada dibaku mutu air limbah yang ditetapkan di PT.SIER sehingga sudah layak

untuk dibuang ke Tambak Oso. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan hasil hitungan dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4.8 Hasil uji parameter bak pengendap II

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	pH	-	7,00
2	TSS	mg/L	99
3	COD	mg/L	90
5	Amonia	mg/L NH <sub>3</sub> -N	14

Sumber : Perhitungan IPAL, PT.SIER, 2019

Pada *final settling tank* dilakukan evaluasi kinerja unit seperti unit lainnya adalah sebagai berikut :

1. *Overflow rate*

a.  $Q_{rata-rata}$

Dimana :

$$Q_{rata-rata} = 5.672 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

$$D = 25 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi d^3}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times (25)^2}{4}$$

$$A = 490 \text{ m}^2$$

$$OFR = \frac{Q}{A}$$

$$OFR = \frac{5.672 \text{ m}^2/\text{hari}}{490 \text{ m}^2}$$

$$OFR = 11,58 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot \text{hari}$$

b.  $Q_{peak}$

Dimana :

$$Q = 10.000 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$h = 2,5 \text{ m}$$

$$d = 25 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \times (25 \text{ m}^2)}{4}$$

$$A = 490 \text{ m}^2$$

$$OFR = \frac{Q}{A}$$

$$OFR = \frac{10.000 \text{ m}^3/\text{hari}}{490 \text{ m}^2}$$

$$OFR = 20,41 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot \text{hari}$$

Berdasarkan kriteria desain yang ada diketahui bahwa nilai *overflow rate* dari *final settling tank* yaitu 25 – 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. Karena nilai OFR dari *final settling tank* berada dibawah nilai standar yaitu 11,58 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari pada debit rata – rata dan 20,41 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari pada debit puncak, maka untuk mengoptimalkan kinerja dari bak ini, debit air limbahnya yang akan diendapkan perlu dinaikkan.

## 2. Waktu detensi (td)

### a. Qrata – rata

Dimana :

$$\text{Debit} = 5.672 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= h \times A \\ &= 2,5 \text{ m} \times 490 \text{ m}^2 \\ &= 1225 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$td = \frac{V}{(1,5 \times Q)}$$

$$td = \frac{1225 \text{ m}^3}{(1,5 \times 5.672) \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$td = 0,14 \text{ hari} = 3,46 \text{ jam}$$

### b. Q peak

Dimana :

$$\text{Debit} = 10.000 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td = \frac{v}{(1,5 \times 10.000 \text{ m}^3/\text{hari})}$$

$$td = 0,08 \text{ hari} = 1,96 \text{ jam}$$

Tabel 4.9 Hasil bak pengendap II

Parameter	Kriteria Desain	Hasil	Keterangan
td (jam)*	1,5 – 2,6	2 jam	sesuai
OFR Qave (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari)*	25 – 30	30	sesuai
OFR Qpeak (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari)*	50 – 70	60	sesuai
pH	6,9	7	sesuai
Efisiensi TSS	50 – 65	49	tidak Sesuai
Efisiensi COD	30 – 40	50	sesuai
Efisiensi NH <sub>3</sub>	20	16	tidak sesuai

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003)

#### 4.1.6 Evaluasi Bak Efluen

Nilai HRT memiliki hasil diatas standar, artinya bak *final settling tank* masih menampung air limbah dengan debit jauh lebih besar daripada debit sekarang. Nilai OFR dan HRT berbanding terbalik, jika nilai HRT terlalu tinggi melebihi standar maka OFR akan memiliki nilai yang jauh dibawah standar pula.

Tabel 4.10 Hasil bak efluen

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Efisiensi			
pH	7		Sesuai
TSS	50	mg/L	Sesuai
COD	45	mg/L	Sesuai
NH <sub>3</sub>	12	mg/L	Sesuai

Sumber : Perhitungan IPAL, PT.SIER, 2019

#### 4.1.7 Penyisihan mass balance IPAL PT.SIER

##### 1. Efisiensi bak pengendap I

Berdasarkan hasil pengolahan

$$[TSS] = \frac{227 \text{ mg/l} - 165 \text{ mg/l}}{227 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$[TSS] = 27 \%$$

$$[COD] = \frac{623 \text{ mg/l} - 500 \text{ mg/l}}{625 \text{ mg/l}}$$

$$COD = 20 \%$$

$$[NH_3] = \frac{24 \text{ mg/l} - 19 \text{ mg/l}}{24 \text{ mg/l}}$$

$$= 20 \%$$

2. Efisiensi OD dan bak pengendap II

$$\text{Efisiensi TSS} = \frac{165 \text{ mg/l} - 50 \text{ mg/l}}{165 \text{ mg/l}} 100 \%$$

$$= 70 \%$$

$$\text{Efisiensi COD} = \frac{500 \text{ mg/l} - 45 \text{ mg/l}}{500 \text{ mg/l}} 100 \%$$

$$= 91 \%$$

$$\text{Efisiensi } NH_3 = \frac{19 \text{ mg/l} - 12 \text{ mg/l}}{19 \text{ mg/l}} 100 \%$$

$$= 37 \%$$

#### 4.1.8 Mass Balance

- Menghitung neraca massa (*mass balance*) untuk influen

Konsentrasi TSS yang diukur sebelum pengolahan adalah 227 mg/l

$$\begin{aligned} [TSS]_{in} &= Q \times C \\ &= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,227 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2270 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Konsentrasi COD yang diukur sebelum proses pengolahan adalah 623 mg/l

$$\begin{aligned} [COD]_{in} &= Q \times C \\ &= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,623 \text{ kg/m}^3 \\ &= 6230 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Konsentrasi  $NH_3$  yang diukur setelah pengolahan 24 mg/l

$$\begin{aligned} [NH_3] &= Q \times C \\ &= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,024 \text{ kg/m}^3 \\ &= 240 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Menghitung neraca massa (*mass balance*) untuk bak pengendap I

Konsentrasi TSS yang diukur sebelum pengolahan adalah 165 mg/l

$$\begin{aligned} [TSS]_{in} &= Q \times C \\ &= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,165 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1650 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Konsentrasi COD yang diukur sebelum proses pengolahan adalah 500 mg/l

$$\begin{aligned}
[\text{COD}]_{\text{in}} &= Q \times C \\
&= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5 \text{ kg/m}^3 \\
&= 5000 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang diukur setelah pengolahan 19 mg/l

$$\begin{aligned}
[\text{NH}_3] &= Q \times C \\
&= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,019 \text{ kg/m}^3 \\
&= 190 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

- Menghitung neraca massa (*mass balance*) efluen

Konsentrasi COD yang diukur sebelum proses pengolahan adalah 45 mg/l

$$\begin{aligned}
[\text{COD}]_{\text{in}} &= Q \times C \\
&= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,045 \text{ kg/m}^3 \\
&= 450 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Konsentrasi TSS yang diukur sebelum pengolahan adalah 50 mg/l

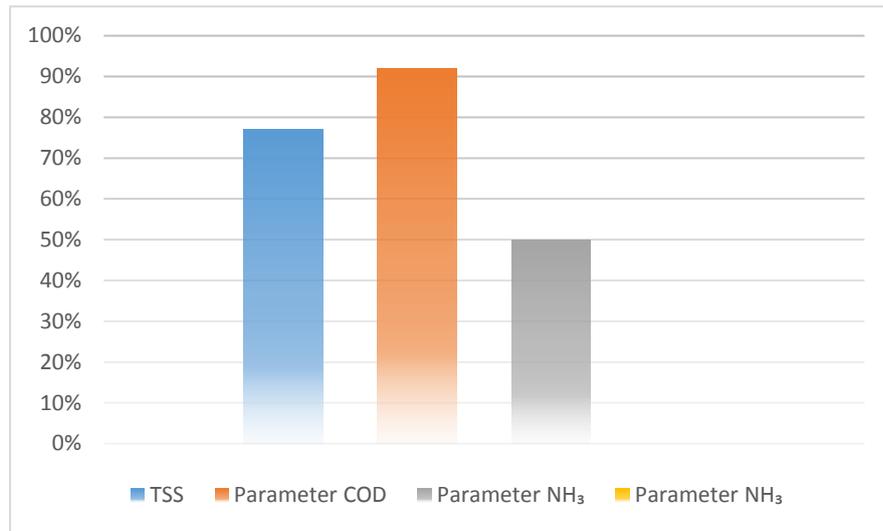
$$\begin{aligned}
[\text{TSS}]_{\text{in}} &= Q \times C \\
&= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,05 \text{ kg/m}^3 \\
&= 500 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang diukur setelah pengolahan 12 mg/l

$$\begin{aligned}
[\text{NH}_3] &= Q \times C \\
&= 10.000 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,0012 \text{ kg/m}^3 \\
&= 120 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

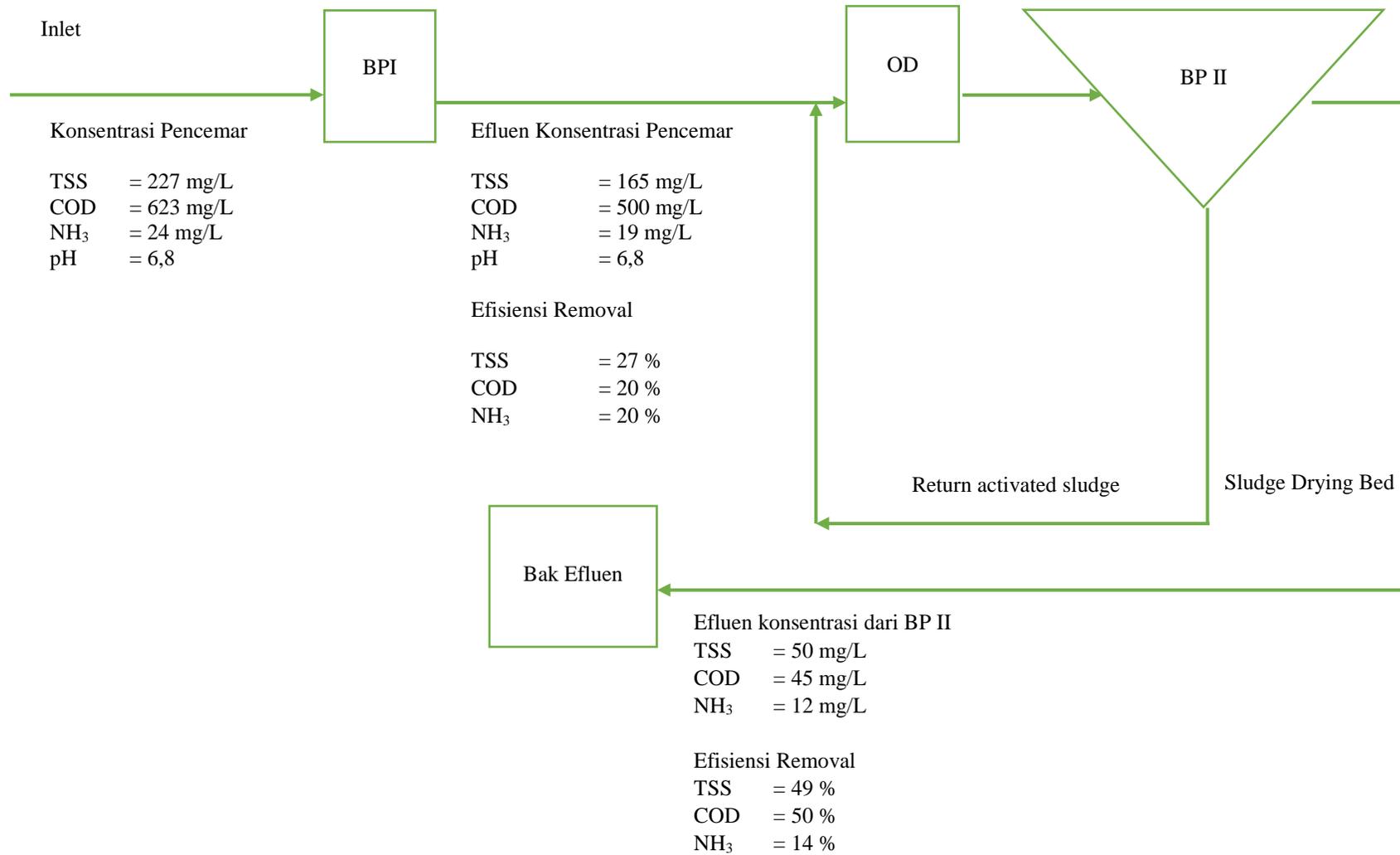
- Efisiensi Total inlet dan outlet TSS =  $\frac{227 \text{ mg/l} - 50 \text{ mg/l}}{227 \text{ mg/l}} 100 \%$   
= 77 %
- Efisiensi Total inlet dan outlet COD =  $\frac{623 \text{ mg/l} - 45 \text{ mg/l}}{623 \text{ mg/l}} 100 \%$   
= 92 %
- Efisiensi Total inlet dan outlet  $\text{NH}_3$  =  $\frac{24 \text{ mg/l} - 12 \text{ mg/l}}{24 \text{ mg/l}} 100 \%$   
= 50 %

### Total bak influen dan bak efluen



Gambar 4.1 Total efisiensi removal

Berdasarkan Gambar diatas bahwa total efisiensi removal di masing – masing unit menunjukkan jika efisiensi di influen dan bak efluen efisiensinya seperti TSS 77 % sedangkan untuk efisiensi COD nilainya adalah 92 % dan untuk amonia efisiensinya 50 %.



Gambar 4.2 Efisiensi Pengolahan Air Limbah PT.SIER

## **4.2 Aspek kelembagaan**

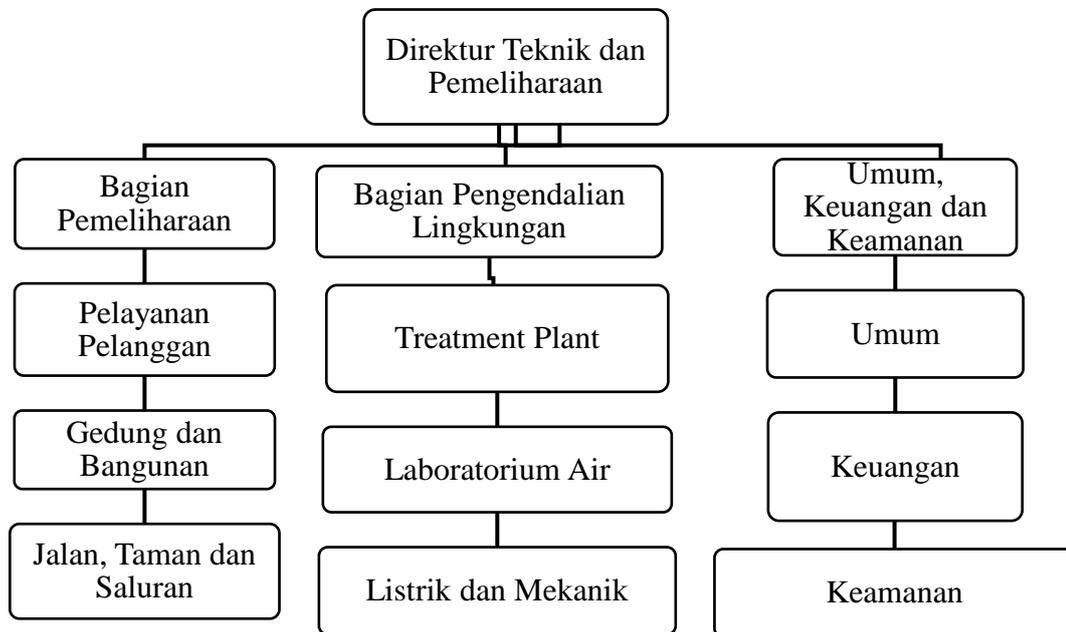
### **4.2.1 Analisa komparatif dalam pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero).**

Instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) di PT.SIER dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berbentuk perseroan terbatas dengan nama PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER). Berdasarkan Guna mengelola kawasan ini maka pada tanggal 28 Februari 1974 didirikan suatu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berbentuk perseroan terbatas dengan nama PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER). Sedangkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2005 tentang Kedudukan Tugas, Fungsi, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Kementerian Negara Republik Indonesia sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 62 Tahun 2005. Kajian kelembagaan ini bertujuan untuk menjelaskan kelembagaan yang terlibat dalam kawasan industri IPAL di PT.SIER (Persero), struktur kelembagaannya serta sumber daya manusia dalam manajemen pengelolaan air limbah di SIER. Sebagai pengelola kawasan industri yang memperhatikan lingkungan, PT. SIER (persero) dalam menjalankan tugasnya menyusun struktur organisasi PT. SIER (Persero). Seluruh program dan keputusan yang telah ditetapkan, secara penuh dilimpahkan kepada Dewan Direksi selaku pimpinan operasional perusahaan. Berdasarkan SK Direksi No.01/SKD/1/1975 Tanggal 2 Januari 1975 dinyatakan bahwa kegiatan perusahaan sehari – hari dilakukan oleh seorang Direktur Utama. Struktur organisasi dapat dilihat bahwa setiap kepala divisi memiliki staf masing – masing, yang mana setiap staf melaksanakan tugasnya yang sudah ada.

### **4.2.2 Kinerja Organisasi**

Kinerja organisasi adalah hasil yang dapat dicapai atas pelaksanaan tugas yang menjadi tanggung jawab organisasi melalui hasil kerja seseorang dan/atau kelompok orang dalam suatu organisasi dalam kurun waktu tertentu. Tugas dan wewenang masing – masing bagian dan seksi pada direktorat teknik dan pemeliharaan adalah sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Adapun tugas dan wewenang masing – masing bagian dan seksi pada Direktorat Teknik dan Pemeliharaan sebagai berikut :



Gambar 4.3 Struktur Organisasi IPAL di PT.Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER), Persero

Tabel 4.11 Tugas dan fungsi IPAL di PT.SIER (Persero)

No	Tugas	Fungsi
1	Sebagai Direktur Teknik dan Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyusun Master Plan kawasan.</li> <li>• Membuat rencana detail kegiatan pemeliharaan kawasan.</li> <li>• Mencatat dan melaporkan perkembangan fisik kawasan Komisaris PT. SIER (Persero).</li> <li>• Mengeluarkan peraturan tentang syarat bangunan</li> </ul>
2	Bagian Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membuat rencana pemeliharaan kawasan</li> <li>• Mengawasi kegiatan pemeliharaan kawasan</li> <li>• Bertanggung jawab atas kondisi fisik kawasan</li> </ul>

3	Bagian pengendalian lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan pengawasan terhadap kondisi buangan atau limbah dari tiap – tiap pabrik yang ada di kawasan indistrial</li> <li>• Melakukan penanganan limbah untuk seluruh pabrik di kawasan</li> <li>• Membuat peraturan tentang limbah pabrik atau SOP</li> <li>• Melakukan perhitungan atas biaya pemeliharaan dan operasional (BPO) tiap – tiap pabrik yang ada di kawasan</li> </ul> <p>Bertanggung jawab atas kondisi ai limbah dari kawasan</p>
4	Laboatorium IPAL di PT.SIER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan analisa air limbah setiap hari di setiap unit – unit IPAL</li> <li>• Melakukan analisa terhadap parameter air limbah untuk perhitungan BPO</li> <li>• Melakukan pengujian air limbah ke Balai Teknik dan Kesehatan Lingkungan (BTKL)</li> <li>• Melaporkan kondisi air limbah setiap harinya seperti temperatur, pH, warna, DO, BOD, COD, dan sebagai kepada bagian Kepala Treatment Plan PT. SIER (Persero)</li> </ul>

#### 4.2.3 Analisis Jabatan

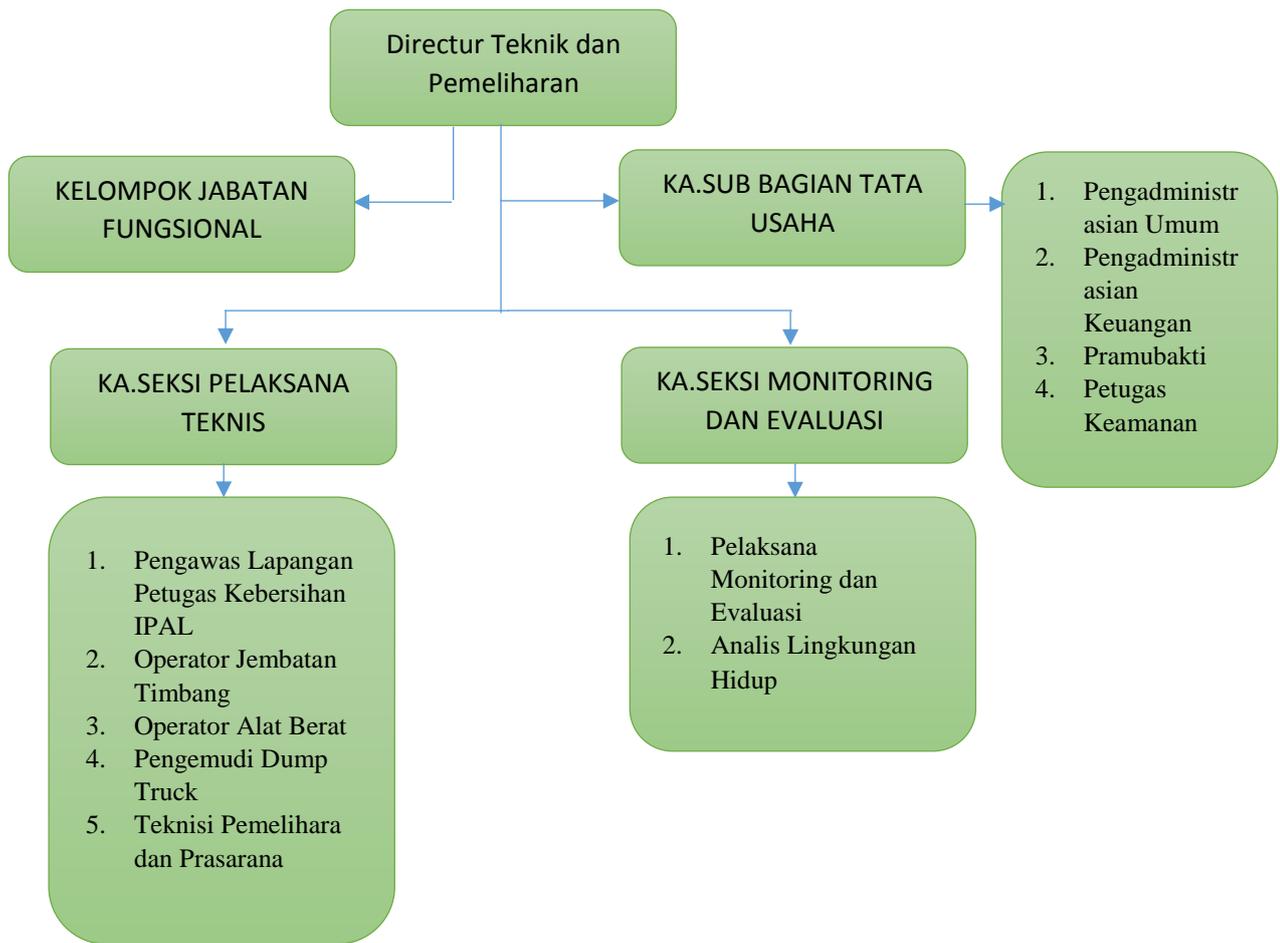
Analisis Jabatan adalah proses pengumpulan, pencatatan, pengolahan, dan penyusunan data jabatan menjadi informasi jabatan. Informasi yang akan didapat adalah identifikasi kegiatan yang akan dilakukan dan penanggungjawab tugas dan nomenklatur jabatannya. Tugas jabatan dan uraian tugas tiap jabatan akan digunakan untuk menghitung beban kerja dari tiap jabatan.

#### 4.2.4 Analisis Beban Kerja

Analisis Beban Kerja adalah suatu teknik manajemen yang dilakukan secara sistematis untuk memperoleh informasi mengenai efektivitas dan efisiensi kerja organisasi berdasarkan volume kerja (Dit.PPLP, 2017). Penamaan Jabatan disesuaikan dengan arahan dari Direktorat PPLP (2017) dan Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 2016. Jumlah pegawai didapatkan dari hasil pembagian Jumlah Jam Kerja Efektif dengan Jam kerja Efektif per Tahun. Jumlah Jam Kerja Efektif didapatkan dari perkalian antara Beban Kerja tiap penugasan, Norma Waktu, dan Hasil Kerja dari tiap penugasan.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Kebutuhan Pegawai UPT Pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero)

No	Jabatan	Jumlah Pegawai
1	Kepala UPTD Pengelolaan Limbah bagian pengendalian lingkungan	1
2	Kepala Sub Bagian Tata Usaha	1
3	Kepala Seksi Pelaksana Teknis	1
4	Kepala Seksi Monitoring dan Evaluasi	1
5	Pengadministrasian Umum	4
6	Pengadministrasian Keuangan	2
7	Petugas Treatment Plant	1
8	Petugas Laboratorium	1
9	Petugas Listrik dan Mekanik	4
10	Petugas bagian pemeliharaan	4
11	Pelayanan Pelanggan	2
12	Petugas gedung dan bangunan	4
13	Petugas Jalan, Taman dan Saluran	4
<b>JUMLAH PEGAWAI</b>		<b>28</b>



Gambar 4.4 Usulan Struktur Organisasi UPTD Pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero)

Tabel 4.13 Tugas dan Fungsi Kinerja Organisasi

Direktorat dan Pemeliharaan	Bagian Pemeliharaan	Bagian Pengendalian Lingkungan	Seksi Saluran	Seksi Treatment Plan dan Pengendalian Lingkungan	Monitor dan Operator Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	Laboratorium IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
<p>Menyusun master plan kawasan</p> <p>Membuat rencana detail kegiatan pemeliharaan kawasan.</p> <p>Mencatat dan melaporkan perkembangan fisik kawasan pada komisariss PT. SIER.</p> <p>Mengeluarkan peraturan tentang syarat bangunan</p>	<p>Manajemen Kinerja mempunyai tugas melakukan penyiapan bahan koordinasi penyusunan, penyelarasan, pemantauan, dan evaluasi manajemen kinerja organisasi, serta penyusunan kebijakan teknis manajemen kinerja individu sumber daya manusia aparatur.</p> <p>Membuat rencana pemeliharaan kawasan</p> <p>Mengawasi kegiatan pemeliharaan kawasan</p> <p>Bertanggung jawab atas kondisi fisik kawasan</p>	<p>Melakukan pengawasan terhadap kondisi buangan atau limbah dari tiap – tiap pabrik yang ada di kawasan.</p> <p>Melakukan penanganan limbah untuk seluruh pabrik di kawasan</p> <p>Membuat peraturan tentang limbah pabrik</p>	<p>Melakukan perawatan dan pembersihan pada saluran air hujan (drainase) dan saluran air limbah</p> <p>Perawatan pada waduk – waduk di kawasan</p> <p>Perbaikan saluran</p> <p>Mencatat ketinggian air waduk</p>	<p>Pengolahan air limbah</p> <p>Melakukan perhitungan atas biaya pemeliharaan dan operasional (BPO) tiap – tiap pabrik pabrik</p> <p>Bertanggung jawab atas kondisi air limbah dari kawasan</p>	<p>Pengawasan kondisi air limbah tiap – tiap pabrik</p> <p>Pengambilan sampel untuk perhitungan BPO</p> <p>Memastikan kelancaran proses pengolahan air limbah di IPAL</p> <p>Melakukan perawatan pada mesin dan peralatan IPAL</p>	<p>Melakukan analisa air limbah setiap hari</p> <p>Melakukan analisa terhadap parameter air limbah untuk perhitungan BPO</p> <p>Melakukan pengujian air limbah ke BTKL (Balai Teknik dan Kesehatan Lingkungan)</p>	<p>Merupakan tempat penampungan serta penanganan limbah domestik maupun limbah proses produksi dari seluruh pabrik dan perkantoran yang ada dikawasan industri SIER</p>

Berdasarkan Tabel 4.12 diketahui jumlah bahwa UPTD pengelolaan limbah di PT.SIER (Persero) sebanyak 28 orang. Sehingga dibutuhkan tambahan pegawai sebagai berikut :

- 4 Operasional IPAL dengan waktu kerja efektif sebesar 8,30 jam per hari dari waktu kerja yang tersedia sebesar 14,5 jam per hari dengan waktu istirahat 1 jam dan 2 shift.
- 5 Pada bagian seksi treatment plant, selain ada bagian monitoring dan operator IPAL dan laboratorium, perlu ditambahkan bagian pengelola dan pengawasan limbah B3. Hal ini perlu dilakukan agar penanganan dan pengawasan limbah B3 dapat dilakukan secara optimal oleh PT.SIER (Persero).
- 6 Jumlah tenaga kerja untuk bagian laboratorium hanya ada dua orang dengan jam kerja mulai 08.00 – 17.00 WIB. PT.SIER (Persero) perlu menambahkan jumlah tenaganya untuk jam kerja.

### 4.3 Aspek Lingkungan

Pada dasarnya limbah cair yang dihasilkan oleh industrial berasal dari bermacam – macam bahan pencemar yang tidak terbatas sehingga penyebabnya merusak lingkungan, dan untuk hasil efluen parameter COD, BOD, TSS, NH<sub>3</sub> sudah memenuhi standar baku mutu yang berpedoman pada Kepmen LHK nomor 68 tahun 2016 tentang limbah cair industri sehingga limbah cair pada efluen sudah layak dibuang ke lingkungan. PerMen MENLHK nomor 102 2016 tentang Pedoman Penyusunan Dokumen Lingkungan Hidup bagi Usaha dan/atau kegiatan yang telah memiliki izin Usaha dan/atau Kegiatan Tetapi Belum Memiliki Dokumen Lingkungan Hidup. Kondisi efluen dari pengolahan limbah cair sudah layak dibuang ke badan air atau lingkungan disekitar Sungai Tambak Oso. Dapat dilihat pada Tabel 4.14, Tabel 4.15, dan Tabel 4.16.

Tabel 4.14 Hasil Uji Bak BPI

Parameter	Nilai	Satuan	Kriteria Desain
TSS	196	mg/L	150
COD	408	mg/L	100
NH <sub>3</sub>	25,3	mg/L	20
pH	7,0		6 – 9

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.15 Hasil uji bak BP II

Parameter	Nilai	Satuan	Kriteria Desain	Keterangan
pH	7		6 – 9	Sesuai
TSS	52,00	mg/L	150	Sesuai
COD	20,00	mg/L	100	Sesuai
NH <sub>3</sub>	14,7	mg/L	20	Sesuai

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 maka dapat dihitung sebagai berikut :

1. Efisiensi removal bak pengendap I dan bak pengendap II (hasil Perhitungan, 2019) sebagai berikut :

$$a. [TSS] = \frac{BP\ I - BP\ II}{BP\ I} \times 100$$

$$[TSS] = \frac{196\ mg/L - 52\ mg/L}{196\ mg/L} \times 100$$

$$[TSS] = 73\ \%$$

$$b. [COD] = \frac{408\ mg/l - 20\ mg/l}{408\ mg/l} \times 100$$

$$[COD] = 95\ \%$$

$$c. [NH_3] = \frac{25,3\ mg/l - 14,7\ mg/l}{25,3\ mg/l} \times 100$$

$$[NH_3] = 41\ \%$$

2. Efisiensi removal bak pengendap I dan bak pengendap II (hasil Perhitungan IPAL PT. SIER, 2019), (Halaman No. 55 dan 59) sebagai berikut :

$$a. [TSS] = \frac{BP\ I - BP\ II}{BP\ I} \times 100$$

$$[TSS] = \frac{165\ mg/L - 99\ mg/L}{165\ mg/L} \times 100$$

$$[TSS] = 40\ \%$$

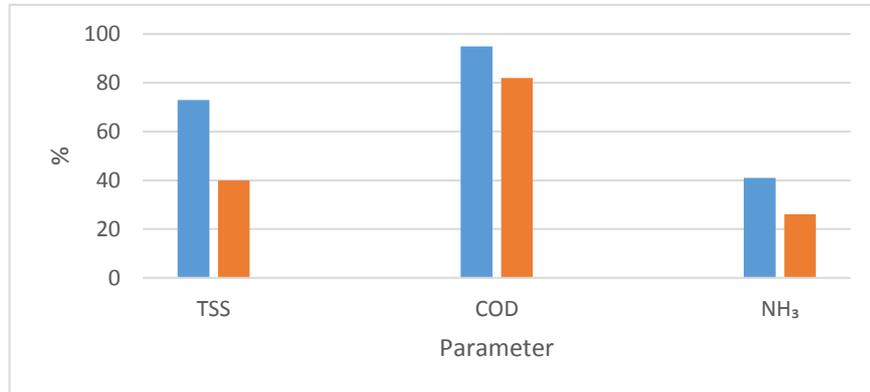
$$b. [COD] = \frac{500\ mg/l - 90\ mg/l}{500\ mg/l} \times 100$$

$$[COD] = 82\ \%$$

$$c. [NH_3] = \frac{19\ mg/l - 14\ mg/l}{19\ mg/l} \times 100$$

$$[NH_3] = 26\ \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat menentukan nilai efisiensi dari bak enfluen data primer dan bak efluen data sekunder untuk efisiensi removalnya sebagai berikut :



Gambar 4.5 Bak Efluen untuk total efisiensi removal

Efisiensi Total dari hasil perhitungan bak pengendap II dan efluen. Hasil data dari Laboratorium IPAL di PT.SIER, 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut :

Tabel 4.16 Total efisiensi bak pengendap II dan bak efluen

Parameter Bak Pengedap II			Parameter Bak Efluen		
TSS	COD	NH <sub>3</sub>	TSS	COD	NH <sub>3</sub>
49 %	50 %	16 %	77 %	92 %	50 %

Sumber : Hasil Perhitungan IPAL PT.SIER, 2019

a. Hasil data dari Laboratorium MKL, TL Lingkungan ITS dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut :

- Bak pengendap II

$$[TSS] = \frac{BP\ II - Efluen}{BP\ II} \times 100$$

$$[TSS] = \frac{52\ mg/L - 52\ mg/L}{52\ mg/L} \times 100$$

$$[TSS] = 0\ %$$

$$[COD] = \frac{20 \text{ mg/l} - 32 \text{ mg/l}}{20 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$[COD] = -60 \%$$

$$[NH_3] = \frac{14,7 \text{ mg/l} - 13,5 \text{ mg/l}}{14,7 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$[NH_3] = 8 \%$$

- Bak Efluen

$$[TSS] = \frac{\text{Influen} - \text{Efluen}}{\text{BP II}} \times 100$$

$$[TSS] = \frac{196 \text{ mg/L} - 52 \text{ mg/L}}{196 \text{ mg/L}} \times 100$$

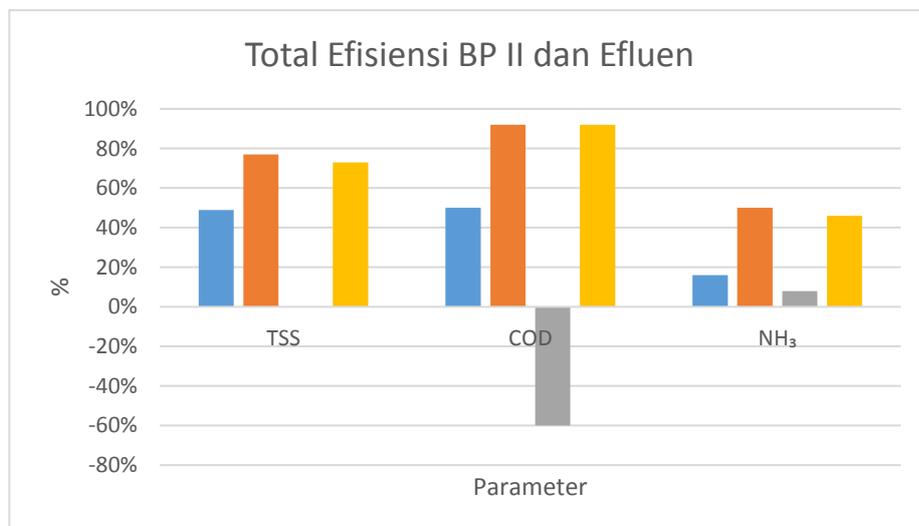
$$[TSS] = 73 \%$$

$$[COD] = \frac{308 \text{ mg/l} - 32 \text{ mg/l}}{408 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$[COD] = 92 \%$$

$$[NH_3] = \frac{25,3 \text{ mg/l} - 13,5 \text{ mg/l}}{25,3 \text{ mg/l}} \times 100$$

$$[NH_3] = 46 \%$$



Gambar 4.6 Total efisiensi BP II dan Efluen

Tabel 4.17 Hasil bak efluen

Parameter	Nilai	Satuan	Kriteria Desain	Keterangan
pH	7		6 – 9	Sesuai
TSS	52,00	mg/L	150	Sesuai
COD	32,00	mg/L	100	Sesuai
NH <sub>3</sub>	13,49	mg/L	20	Sesuai

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.18 Hasil bak efluen

Parameter	Nilai	Efisiensi	Satuan	Keterangan
pH	7			
TSS	50		mg/L	Sesuai
COD	45		mg/L	Sesuai
NH <sub>3</sub>	12		mg/L	Sesuai

Sumber : Hasil Perhitungan IPAL PT.SIER, 2019

Berdasarkan grafik efluen diatas menunjukkan bahwa parameter TSS, COD dan NH<sub>3</sub> yang ada di data primer dan data sekunder berbeda – beda dan dari hasil grafik diatas bahwa nilai parameter efluen A lebih besar dibandingkan dengan parameter B. Penyisihan TSS masih mempunya nial efisiensinya

Gambaran kegiatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT. SIER (Persero) adalah sebagai berikut :

1. Parameter kualitas limbah cair yang di uji setiap hari yaitu DO, COD, TSS, SS, dan SVI.
2. Metode pemantauan limbah cair sebagai berikut :
  - a. Metode pengumpulan dan analisis data di Laboratorium Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT.SEIR (Persero) yaitu melakukan pengambilan sampel limbah setiap hari pada bak Influen sampai bak efluen, kemudian sampel tersebut dianalisis di laboratorium PT.SIER (Persero).
  - b. Melaporkan kondisi limbah cair setiap hari seperti pH, warna, DO, BOD, COD, TSS, SVI dan sebagainya kepada Kepala Bagian Treatment Plant PT. SIER (Persero).
  - c. Hasil analisis parameter yang telah di uji kemudian sesuai dengan baku mutu air limbah yang yang ditetapkan yang mengacu pada Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 dan Permen LHK No. 5 Tahun 2014.

3. Lokasi Pemantauan limbah cair di PT.SIER (Persero)
  - a. Untuk pengambilan sampel dilakukan di bak Influen sampai Efluen dan dianalisis setiap hari. Parameter yang dianalisis seperti TSS, COD, SS, DO, NH<sub>3</sub>, pH, TDS, Fe, Ni, Cr, Cu, Cn, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub>.
  - b. Parameter BOD hanya dilakukan analisis tiap bulan sekali dan di labkan di laboratorium yang sudah terakreditasi dan Balai Teknik dan Kesehatan Lingkungan (BTKL).
4. Jangka waktu dan frekuensi pemantauan
  - a. Pemantauan limbah cair di PT.SIER (Persero) dilakukan pada saat kegiatan disetiap unit IPAL dimana penggurasan dilakukan 2 hari sekali.
  - b. Pemeliharaan rutin terhadap unit IPAL sehingga tidak terjadi hambatan pada jam kerja.
  - c. Pembersihan rutin terhadap manhole sehingga tidak terjadi banjir.
5. Penurunan kualitas udara

Penurunan kualitas udara akibat peningkatan kegiatan pengolahan limbah setiap hari.
6. Penurunan kualitas air permukaan

Pnegolahan limbah bekerja tidak maksimal dalam mengolah lumpur menjadi salah satu sumber dampak, dimana efluen menuju sungai tambak Oso di sekitar IPAL PT.SIER.
7. Penurunan kualitas air tanah

Sumber dampak adalah adanya air lumpur yang menyerap ke dalam tanah dalam waktu lama. Hal ini disebabkan IPAL yang tidak didesain sesuai dengan syarat *sanitary landfill*.
8. Terganggunya kesehatan masyarakat

Sebagai akibat dari penurunan kualitas udara, penurunan kualitas air permukaan dan air tanah, sanitasi lingkungan.
9. Genangan di IPAL PT.SIER

Apabila saluran drainase yang ada di IPAL PT.SIER tidak berfungsi optimal, berdampak terhadap genangan yang terjadi di IPAL pada saat musim hujan dan meyebabkan bau yang sangat menyengat.

Dampak yang sudah dijelaskan sebelumnya perlu dilakukan pengelolaan dan pemantauan lingkungan. Upaya pengelolaan lingkungan hidup berisi dampak yang ditimbulkan baik dampak positif maupun negatif, tolak ukur dampak, mengukur komponen yang terkena dampak berdasarkan baku mutu jika ada, tujuan pengelolaan, lokasi kegiatan pengelolaan, periode pengelolaan dan institusi pengelola yang memuat pelaksana dan bertanggung jawab melaksanakan pengelolaan lingkungan dan pengawasan lingkungan hidup. Upaya pengelolaan lingkungan dijelaskan pada Tabel 4.20. Sedangkan upaya pemantauan lingkungan akan menguraikan dampak yang ditimbulkan, parameter lingkungan hidup yang dipantau, tujuan pemantauan lingkungan hidup, metode pemantauan lingkungan hidup yang memuat metode pengumpulan dan analisis data, lokasi pemantauan lingkungan hidup, jangka waktu dan frekuensi pemantauan dan institusi pemantau lingkungan hidup yang memuat pelaksana yang bertanggung jawab melaksanakan pemantauan dan pengawas pemantauan. Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Kegiatan lainnya di Jawa Timur. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Jenis Rencana Usaha dan/atau Kegiatan yang Wajib Dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup. Usaha dan/atau kegiatan wajib UKL/UPL pasal 34 UU 32/2009. Izin PPLH (izin perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup). Izin PPLH merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari izin lingkungan. Izin PPLH antara lain mencakup

Tabel 4.19 Upaya Pemantauan Lingkungan

NO	DAMPAK LINGKUNGAN YANG HARUS DIKELOLA	SUMBER DAMPAK	TOLAK UKUR	TUJUAN PENGELOLAAN	UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN			INSTITUSI PENGELOLA LINGKUNGAN		
					CARA/ TEKNIK MENGELOLA	LOKASI PENGELOLAAN	PERIODE	PELAKSANA	PENGAWAS	PELAPORAN
1	Penurunan kualitas udara akibat peningkatan debu lokal dan bau	Operasional Pengolahan air limbah	Konsentrasi debu yang timbul tidak melebihi baku udara ambien berdasarkan PP No.41 Tahun 1999 yaitu $230 \mu g/m^3$	Tercipta kualitas udara yang baik bagi pengelola IPAL dan masyarakat yang tinggal di sekitar IPAL PT. SIER	Melakukan bimbingan dan pelatihan kepada petugas UPTD Pengelolaan Sampah IPAL PT.SIER tentang SOP Pengelolaan IPAL	Di sekeliling IPAL PT.SIER (Persero)	Penyiraman terutama saat musim kemarau untuk pohon/ rumput/ tanaman di sekitar IPAL PT.SIER  Pemangkasan tiap 3 bulan sekali untu dahan yang kering/mati Penyiraman debu pada jalan dilakukan sesuai kebutuhan pada saat musim kemarau	UPTD Pengelolaa n Limbah PT.SIER (Persero)	Aparatur pemerintah setempat  Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya
2	Kestabilan tumpukan lumpur	Curah hujan yang tinggi akan mengakibatkan ketinggian maksimum timbunan limbah yang diterapkan serta kepadatan lumpur menjadi tidak stabil sehingga diperkirakan bisa terjadi longsoran di sekitar IPAL PT.SIER	Tidak ada longsoran lumpur	Mencegah longsoran sampah di IPAL PT.SIER	Penumpukan lumpur disusun secara terasering untuk mencegah terjadinya longsoran lumpur Area IPAL dilengkapi dengan tanggul pengaman untuk mencegah kelongsoran IPAL Melakukan bimbingan dan pelatihan kepada petugas UPTD Pengelolaan Limbah PT.SIER tentang SOP pengelolaan IPAL	Lokasi pengelolaan di lakukan di area IPAL dan Lumpur	Pengelolaan dilakukan setiap hari secara terus menerus terutama pada musim hujan	UPTD Pengelolaa n air limbah Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya
3	Penurunan kualitas air permukaan	Adanya limpasan air limbah dan lumpur ke air permukaan secara langsung	terjadi penambahan parameter pada pH, BOD, COD, TSS, TDS Fe, Ni, Cr, Cu, Cn, PO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , dan NO <sub>2</sub> yang berasal dari air limbah	Menjaga kualitas air permukaan di area sekitar IPAL		Lokasi pengelolaan dilakukan di seluruh area IPAL PT.SIER	Setiap 6 bulan sekali secara rutin melakukan sampling dan analisa air tanah	UPTD Pengelolaa n Sampah Dinas Lingkungan Hidup	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya

							mengikuti standar kualitas	Provinsi Surabaya		
4	Penurunan kualitas air tanah	Adanya limpasan lumpur ke air tanah secara langsung		Menjaga kualitas air tanah di sekitar IPAL PT.SIER	Membuat sumur pantau supaya bisa melihat kondisi badan air dan prediksi daerah yang berpotensi tercemar oleh air limbah dan lumpur Pemantauan rutin	Lokasi pengelolaan dilakukan di area IPAL dan sumur warga terdekat dengan lokasi IPAL di PT.SIER	Pengelolaan dilakukan setiap hari secara terus menerus terutama pada musim hujan	UPTD Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya
5	Genangan di TPA	Sebagai akibat dari kurang optimalnya saluran drainase yang ada di Surabaya	Tidak adanya genangan di IPAL Limpasan air hujan melewati saluran drainase menuju tempat penampungan air hujan / badan air terdekat	Limpasan air hujan tidak mengganggu aktivitas IPAL	Melakukan perbaikan apabila ada saluran yang retak/rusak Memastikan tidak ada genangan air hujan di sekitar IPAL Melakukan pembersihan saluran apabila ada sedimentasi	Saluran drainase di IPAL	3 bulan sekali dan setiap selesai hujan lebat	UPTD Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya	Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Surabaya

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Aspek Teknis
  - a. Total Efisiensi untuk BP II memiliki TSS 70 %, COD 91 % dan NH<sub>3</sub> 37 %
  - b. Untuk bak pengendap I hanya OFR belum standar baku mutu jika di tinjau secara teknis, nilai *overflow rate* yang lebih kecil dari kriteria desain tidak terlalu berbahaya terhadap efisiensi penyisihan parameter pencemar yaitu dengan nilai OFR<sub>peak</sub> 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari dan OFR rata – rata 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari.
2. Pengelolaan IPAL di PT.SIER menjadi kewenangan Pemerintah BUMN. Jumlah pegawai/personil yang dimiliki IPAL di PT.SIER masih kurang dari 50 orang.
3. Aspek Lingkungan  
Total efisiensi pada BP I dan BP II adalah TSS 70 %, COD 91 % dan NH<sub>3</sub> 37 %.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah :

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai upaya pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero).

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai upaya pengolahan limbah yang masuk ke IPAL di PT.SIER (Persero).
2. Pembagian kewenangan pengelolaan IPAL di PT.SIER (Persero) harus dilakukan dengan koordinasi atau pembahasan yang lebih intens dan melibatkan pengambil keputusan yang berwenang, sehingga peran masing – masing pihak menjadi jelas.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi Offset : Yogyakarta
- Andhika, L. 2015. *Efektifitas Unit Primary Treatment di Instalasi Pengolahan Air Limbah* PT. Suarabya Industri Estate Rungkut – Management Of Pasuruan Industrial Estate Rembang (PT. SIER-PIER) dalam Penurunan Padatan Total. Malang : Universitas Brawijaya Malang
- Alaerts, G dan Santika S. 2007. *Metode Penelitian Air*, Surabaya: Usaha Nasional
- Masduqi, A. 2018, Aspek Lingkungan dalam study kelayakan
- Asmadi dan Suharno. 2012. **Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah**.Gosyen Publishing: Yogyakarta.
- Butler, 2011. Penelitian Terdahulu tentang Pengujian BOD menggunakan Metode *Winkler-Alkali iodide azida*
- Effendi dan Hefni, 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Erwin, Muhammad. (2011) Hukum Lingkungan dalam Sistem Kebijakan Pembangunan Lingkungan Hidup. Bandung, Refika Aditama.
- Esparza, R. U. (2014). Selecting a Sustainable Disinfection Technique for Wastewater Reuse Projects. *Water*, 2732-2747.
- Farooq S, Velioglu SG. 1989. Physico-chemical treatment of domestic Wastewater. V: Cheremisinoff PN, Banning W, Bari A, et al. Encyclopedia of environmental control technology. Vol 3. Houston, Texas: Gulf Publishing Company, 1989: 29-54.
- Gerrady, 2002. *Settleability Problems and Loss of Solids in the Activated Sludge Process*. Environmental Protection Magazine Series. United State of America.
- Ginting dan Perdana. 2007. Sistem pengolahan Lingkungan dan Limbah Industri. Bandung: Yrama Widya.
- Gunawan, Y. 2006. Peluang penerapan produksi bersih pada sistem pengolahan air limbah domestik. Program Magister Ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.

- Harjiyatni, F.R. (2009) Izin Lingkungan sebagai Pencegahan Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup Berdasarkan UU Nomor 32 Tahun 2009. *Social* [Internet], 11(1) September, pp.85-94. Diunduh dari: <http://jurnal.pdii.lipi.go.id> [Accessed 14 Mei 2019].
- Hammer, 2004. *Water and Wastewater Technology*. Prentic Hall. Singapore
- Handayani, 2012. *Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPLC) Gedung Perkantoran Pt Pacific Paint dalam Penurunan Amonia*. Universitas Indonesia. Depok.
- Djabu, U. 1991. Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah pada Institusi Pendidikan, Sanitasi dan Kesehatan Lingkungan. Pusdiknakes Depkes RI. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara KLH No. 5 Tahun 2014 tentang *Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Jakarta: Kementrian KLH*
- Laura. 2012. <http://kebutuhanoksigenbiologiBOD.htm>. Diakses tanggal 16 Juli 2015
- Mardana, M. Y. A. 2007. *Pengolahan yang Tepat bagi Limbah Cair*. (<http://akademik.che.itb.ac.id/labtek/wpcontent/upload/2007/08/modulpengolahan-air.pdf>, diakses pada 19 Maret 2017
- Metcalf dan Eddy, 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. New Delhi: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy, 2003. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill Book Company. New Delhi.
- Metcalf & Eddy. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGrawHill, New York.
- Metcalf & Eddy. 2013. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGrawHill, New York.
- Metcalf & Eddy. 2008 dan Sandy, S. A., 2012. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse (4th ed)*. McGraw-Hill Book. New York.
- Metcalf & Eddy. 2014. *Wastewater Engineering, Treatment and Resource Recovery (5th ed)*. McGraw-Hill Book (Asia). Singapore.
- Peavy, H. S., 1985. Donald R. Rowe, dan George T., *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book. Singapore.

- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang *Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Jenis Rencana Usaha dan/atau Kegiatan yang Wajib Dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
- Peraturan MENLH No.05/2012. Kegiatan berdampak penting terhadap lingkungan hidup
- Peraturan MENLH, Pasal 34 UU 32/2009 tentang Usaha dan/atau kegiatan wajib UKL/UPL
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2005 tentang Kedudukan Tugas, Fungsi, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Kementerian Negara Republik Indonesia sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 62 Tahun 2005
- Pranata dan Widya, 2012. BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah (BOD and CD As A Parameter *Water Pollution and Wastewater Quality Standards*) (online), (<http://widyapranata.wordpress.com> diakses: 14 Februari 2016).
- Suharto, 2011. Limbah Kimia dalam pencemaran udara dan air. Penerbit Andi, Yogyakarta
- Qasim, S. R., 1994. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. Lancaster, Pennsylvania, U.S.A.: Technomic Publishing Company.
- Qasim, S. R. 1985. *Wastewater Treatment Plant (Planning, Design, and Operation)*. CBS College Publishing. USA
- Rahmawati. 2007. <http://Rahmawati perbedaan COD dan BOD.htm>. Diakses tanggal 16 Juli 2019.
- Reynolds, T. D. dan Richards, P. A., *Unit Operational and Processes in environmental Engineering*, 2<sup>nd</sup> edition, PWS Publishing Company, Boston, 1996
- Sawyer, C.M, Perry L. 2003. *Chemistry for Environment Engineering and Science (5th Ed)*. McGraw-Hill Book. Singapore.

- Sandy, S. A., 2012. Definisi Limbah. <http://seftianandriasandi.wordpress.com>. Diakses 12 Juli 2015.
- Sincero, A. P. dan Sincero, G. A., *Environmental Engineering*, Prentice Hall, 1996
- Scundaria, 2000. Definisi Limbah Cair dan fungsinya
- Siregar A. dan Sakti. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kansius. Yogyakarta.
- Sugiharto, 2008. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- SNI 06-6989-3-2004. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri.* ([http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/6894.pdf](http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/6894.pdf), diakses 3 June 2019)
- SNI 6774-2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Kriteria Unit Sedimentasi (Bak Pengendap)
- SNI 06-6989-11-2004. *Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH meter.* ([http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/6894.pdf](http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/6894.pdf), diakses 3 June 2019)
- SNI 6989-3-2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand, COD).* ([http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/6894.pdf](http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/6894.pdf), diakses 3 April 2017)
- SNI 6989-3-2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand, COD).* ([http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/6894.pdf](http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/6894.pdf), diakses 3 June 2019)
- Wardana. 2004. *Karakteristik Limbah Cair BOD (Biochemical Oxygen Demand)*. Tugas Akhir dan Perencanaan Jurusan Teknik Lingkungan. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Zulkifli dan Ami. 2007. *Nilai BOD (Biochemical Oxygen Demand)*. Tugas Akhir dan Perencanaan Jurusan Teknik Lingkungan. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

## LAMPIRAN – LAMPIRAN

### 1. Bak Pengendap I

Inlet				BP 1			
	Parameter (mg/L)				Parameter (mg/L)		
	TSS	COD	NH <sub>3</sub>		TSS	COD	NH <sub>3</sub>
1	264	655	25	1	228	336	21
2	271	744	23	2	205	650	19
3	210	872	25,5	3	131	660	18
4	450	624	27	4	121	536	18
5	280	584	25,5	5	148	685	21
6	221	776	26	6	132	304	18
7	311	728	25	7	124	392	19
8	123	480	25	8	111	216	18
9	105	390	27	9	166	304	19
10	176	450	26	10	172	355	21
11	317	552	23	11	155	245	19
12	285	555	24	12	221	700	21
13	202	400	27	13	175	455	18
14	203	755	23	14	145	590	17
15	307	480	21	15	225	647	19
16	194	525	20	16	239	650	18
17	141	584	22	17	198	555	17
18	189	500		18	175	654	20

19	155	775	21		19	165	567	18
20	165	835	23,5		20	145	476	21
21	223	768	22,7		21	132	492	19
22	207	688	21,9		22	130	545	20
Total	4999	13720	528,1		Total	3643	11014	419
Rata2	227,2273	623,6364	24,00455		Rata2	165,5909	500,6364	19,04545

Oxydation Ditch I								
Parameter								
NO	SS	TSS	SVI	pH	DO	Temp	COD (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
	ml/L	gr/L	ml/gr		ppm	°C		
1	110	3,255	116,211	7	4,346	27		
2	860	4,231	120,676	7	3,173	27	COD	NH <sub>3</sub>
3	775	3,772	561,994	7	3,856	27	336	18
4	700	5,321	121,555	7	3,036	27	300	21
5	670	2,312	129,871	7	1,185	27	200	21
6	670	3,244	151,048	7	0,692	27	536	18
7	820	3,212	187,214	7	1,679	27	685	18
8	800	4,211	190,023	7	0,946	27	300	22
9	790	4,821	163,628	7	1,549	27	392	20
10	970	5,121	113,367	7	0,546	27	400	19
11	950	4,212	104,544	7	0,135	27	304	16
12	920	5,664	100,908	7	0,273	27	355	18
13	920	4,213	113,802	7	0,997	27	240	17
14	600	4,955	127,668	7	3,705	27	500	21
15	700	5,809	113,228	7	4,767	27	455	17
16	660	5,546	113,555	7	4,767	27	590	15
17	710	6,325	109,686	7	3,675	27	500	16
18	690	4,902	224,667	7	2,399	27	500	17
19	800	3,212	232,876	7	2,866	27	350	18
20	850	6,308	231,865	7	1,876	27	300	17

21	750	4,323	231,676	7	3,388	27	300	16
22	710	6,656	344,433	7	2,876	27	476	21
Total	16425	101,625	3904,495	154	52,732	594	500	19
Rata2	746,5909	4,619318	177,477	7	2,396909	27	300	15

Oxydation Ditch II								
Parameter								
No	SS	TSS	SVI	pH	DO	Temp	COD	NH <sub>3</sub>
	ml/L	gr/L	ml/gr		ppm	°C		
1	940	4,212	155,682	7	1,188	27	336	18
2	930	2,232	148,752	7	0,867	27	300	21
3	900	2,212	155,979	7	1,059	27	200	21
4	910	5,078	179,204	7	1,462	27	536	18
5	900	3,231	178,784	7	0,929	27	685	18
6	890	3,221	173,489	7	1,503	27	300	22
7	870	5,016	173,444	7	1,646	27	392	20
8	800	4,544	176,056	7	1,264	27	400	19
9	800	1,342	159,172	7	0,847	27	304	16
10	280	3,804	113,322	7	0,581	27	355	18
11	270	3,516	100,543	7	0,703	27	240	17
12	350	3,164	111,654	7	0,785	27	500	21
13	290	4,202	112,432	7	0,717	27	455	17
14	898	5,689	117,421	7	1,321	27	590	15
15	920	3,212	110,432	7	1,422	27	500	16
16	600	2,321	109,543	7	1,422	27	500	17

17	600	5,876	111,543	7	1,422	27	350	18
18	700	5,876	100,112	7	0,847	27	300	17
19	650	5,632	112,123	7	0,58	27	300	16
20	650	5,234	110,121	7	1,422	27	476	21
21	600	5,321	105,678	7	1,321	27	500	19
22	550	4,111	124,556	7	1,422	27	300	15
Total	15298	89,046	2940,042	154	24,73	594	8819	400
Rata2	695,3636	4,047545	133,6383	7	1,124091	27	400,8636	18,18182

Oxydation Ditch III								
Parameter								
No	SS	TSS	SVI	pH	DO	Temp	COD 336	NH <sub>3</sub> 18
	ml/L	gr/L	ml/gr		ppm	°C		
1	125	1,096	155,682	7	1,098	27	300	21
2	100	1,26	148,752	7	1,121	27	200	21
3	90	1,074	155,979	7	1,111	27	536	18
4	180	1,516	100,121	7	2,963	27	685	18
5	295	1,818	178,784	7	2,337	27	300	22
6	385	2,892	121,111	7	0,673	27	392	20
7	640	3,822	155,212	7	0,852	27	400	19
8	760	4,218	176,056	7	0,213	27	304	16
9	750	4,648	111,212	7	1,058	27	355	18
10	260	3,728	113,322	7	0,213	27	240	17
11	290	4,088	100,543	7	0,703	27	500	21

12	360	4,582	111,654	7	0,785	27	455	17
13	340	4,584	111,654	7	0,717	27	590	15
14	340	3,221	117,421	7	1,321	27	500	16
15	340	2,345	110,432	7	0,703	27	500	17
16	340	3,213	109,543	7	0,785	27	350	18
17	340	2,543	111,543	7	0,717	27	300	17
18	340	2,432	100,112	7	1,321	27	300	16
19	340	4,212	112,123	7	0,235	27	476	21
20	340	4,678	110,121	7	0,234	27	500	19
21	340	4,863	105,678	7	0,768	27	300	15
22	340	3,765	110,112	7	0,234	27	8819	400
	Total	70,598	2727,167	154	20,162			
	Rata-rata	3,209	123,9621	7	0,916455		400,8636	18,18182

Oxydation Ditch IV								
Parameter								
No	SS	TSS	SVI	pH	DO	Temp	COD (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
	ml/L	gr/L	ml/gr		ppm	°C		
1	960	1,096	100,121	7	0,135	27		
2	975	1,212	178,784	7	0,231	27	336	18
3	975	1,074	121,111	7	0,213	27	300	21
4	975	1,516	155,212	7	0,212	27	200	21
5	930	1,818	176,056	7	0,211	27	536	18
6	910	2,892	111,212	7	0,111	27	685	18
7	930	3,822	113,322	7	0,998	27	300	22
8	940	1,234	100,543	7	0,987	27	392	20
9	910	3,212	111,654	7	0,212	27	400	19
10	310	3,728	111,654	7	0,256	27	304	16
11	390	3,232	117,421	7	0,518	27	355	18
12	580	2,543	110,432	7	0,654	27	240	17
13	250	2,431	109,543	7	0,213	27	500	21
14	250	1,231	111,543	7	0,703	27	455	17
15	250	2,345	112,123	7	0,785	27	590	15
16	250	3,213	110,121	7	0,717	27	500	16
17	250	2,543	105,678	7	0,542	27	500	17
18	250	2,432	110,432	7	0,703	27	350	18
19	250	1,432	109,543	7	0,785	27	300	17
20	250	2,432	113,322	7	0,717	27	300	16
21	250	2,321	100,543	7	0,345	27	476	21
22	250	3,765	111,654		0,235		500	19
	Total	51,524	2602,024		10,48 3		300	15
	Rata rata	2,342	118,2738		0,476 5		400,863 6	18,181 8

2. Bak Pengendap II

Bak Pengendap II						
Parameter						
	TSS (mg/L)	DO	COD (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)	Temp	pH
	influen	ppm efluen	influen	Influen	°C	
1	110	0,485	98	15	28	6
2	110	0,191	100	15	28	6
3	100	0,403	100	15	28	6
4	100	0,314	95	17	32	6
5	100	0,54	92	14	28	7
6	100	0,615	90	16	28	7
7	100	0,492	78	15	28	7
8	100	0,49	90	13	28	6
9	110	0,662	90	15	28	7
10	100	0,573	100	15	28	7
11	100	0,368	100	15	28	7
12	100	0,951	90	14	28	7
13	100	0,819	90	15	28	7
14	100	0,819	90	16	28	7
15	110	0,819	100	15	28	7
16	111	0,819	98	15	28	7
17	112	0,819	100	15	28	7
18	113	0,819	99	15	28	7
19	100	0,819	89	15	28	7
20	100	0,819	95	15	28	7
21	111	0,819	100	10	28	7
22	2187	13,455	1984	310	592	142
Rata2	99,40909	0,611591	90,18182	14,09091	26,90909	6,454545

### 3. Bak efluen

Bak efluen						
Parameter						
	TSS (mg/L)	DO	COD (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)	Temp	pH
	efluen	ppm	efluen	efluen	°C	
		efluen				
1	38	0,485	24	11	28	6
2	30	0,191	24	11	28	6
3	24	0,403	24	11	28	6
4	35	0,314	40	12	32	6
5	30	0,54	48	12	28	7
6	35	0,615	24	12	28	7
7	27	0,492	20	14	28	7
8	70	0,49	24	11	28	6
9	65	0,662	50	14	28	7
10	55	0,573	56	14	28	7
11	56	0,368	56	12	28	7
12	55	0,951	40	11	28	7
13	49	0,819	56	11	28	7
14	55	0,819	56	14	28	7
15	65	0,819	56	12	28	7
16	50	0,819	56	12	28	7
17	60	0,819	56	12	28	7
18	65	0,819	56	11	28	7
19	75	0,819	56	11	28	7
20	45	0,819	56	12	28	7
21	55	0,819	56	12	28	7
22	65	0,819	56	12	28	7
Total	1104	14,274	990	264	620	149
Rata2	50,18182	0,648818	45	12	28,18182	6,772727

**4. Alat dan bahan yang digunakan untuk 4 parameter dalam penelitian ini adalah :**

a. Alat yang digunakan untuk analisis zat padat suspensi terlarut (TSS) penelitian seperti (Sawyer dkk, 2003) :

- Furnace (alat penggerus)
- Oven
- Cawan porselin/petridis
- Timbangan analitis
- Desikator
- Kertas saring
- Vacum filter
- Hitung jumlah zat padat tersuspensi (TSS) (SNI 06-6989-3-2004) dengan rumus berikut :

$$\text{Zat Padat Total Tersuspensi (mg/L)} = \frac{(f-e)}{g} \times 1000 \times 1000$$

Dimana :

e = cawan kosong setelah difurnace 550° dan dioven 105°

f = cawan dan residu setelah dioven 105°

g = volume sampel

- Alat dan bahan yang digunakan untuk analisis COD adalah (Alaerts, G dan Sri Santika. 2007) :
  - Larutan kalium dikromat  $K_2Cr_2O_7$
  - Kristal perak sulfat ( $Ag_2SO_4$ ) dicampur dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ )
  - Kristal merkuri sulfat ( $Hg_2SO_4$ )
  - Larutan standar fero amonium sulfat 0,05 N
  - Larutan indikator fenantrolin sulfat fero sulfat (feroin)
  - Buret 50 ml 1 buah
  - Erlenmeyer COD 2 buah
  - Alat refluks dan pemanasnya
  - Pipet 10 ml, 5 ml
  - Beker glass 50 ml 1 buah
  - Hitung COD (SNI 6989-3-2009) sampel dengan rumus berikut :

$$COD = \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} O_2 \right) \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{vol sampel}} \times f \times p$$

Dimana :

a = mL FAS titrasi blanko

N = normalitas larutan FAS

F = faktor (20 : titran blanko ke dua)

P = pengenceran

- Alat dan bahan yang digunakan untuk analisis BOD adalah :

- Botol Winkler lengkap dengan tutupnya
- Gelas Ukur 100 mL
- Inkubator
- DO meter
- Pipet Ukur
- Labu ukur
- Aerator
- Larutan MgSO<sub>4</sub>
- Larutan Buffer phosphat
- Larutan FeCl<sub>3</sub>
- Larutan CaCl<sub>2</sub>
- Aquades

Penentuan BOD :

$$BOD = DO_0 - DO_5$$

$$DO_0 = \frac{V \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{BE } O_2 \times 1000}{\text{Volume Sampel}}$$

- Menghitung Nilai NH<sub>3</sub>

$$\text{Kadar NH}_3 = \frac{\text{ml} \times N \times \text{NH}_3}{\text{mg sampel}} \times 100 \%$$

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## Biografi Penulis



Joantina Paula de Araujo nama dari Penulis Tesis ini. Penulis dilahirkan di Posto Administrativo Lete-Foho pada tanggal 26 Juni 1985 sebagai anak sulung dari 2 bersaudara pasangan dari Domingos de Araujo Pinheiro dan Clementina de Deus. Penulis Menempuh Pendidikan dimulai dari SD Nusantara Posto Administrativo Lete-Foho (lulus 1998), Melanjutkan SMP Negeri Posto Administrativo Lete-Foho (1998), Kemudian Pindah Ke SMP Katolik Sta. Madalena de Canossa Has-Laran Dili, Timor-Leste (2000), dan SMA Katolik São Pedro Comoro, Dili (2002). Melanjutkan Kuliah di Universidade Nasional Timor-Leste (UNTL) 2005 kemudian 2007 pindah kuliah ke Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta (STTNAS) Indonesia dan lulus S1 Teknik Pertambangan 2012, yang sudah menjadi Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) dan sekarang menempuh Magister Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jawa Timur, Indonesia

