



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **KAJIAN IMPLEMENTASI INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA DI INDONESIA**

**NOVENDA CEMPAKA PUTRI  
3311 100 044**

**DOSEN PEMBIMBING  
Prof.Ir. Joni Hermana, M.ScES., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015**



**FINAL PROJECT - RE 141581**

# **STUDY OF FAECAL SLUDGE TREATMENT PLANT IMPLEMENTATION IN INDONESIA**

**NOVENDA CEMPAKA PUTRI  
3311 100 044**

**SUPERVISOR  
Prof.Ir. Joni Hermana, M.ScES., Ph.D**

**BACHELOR PROGRAM  
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015**

**KAJIAN IMPLEMENTASI INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR  
TINJA DI INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

OLEH:  
**NOVENDA CEMPAKA PUTRI**  
**NRP: 3311100044**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir



**Prof. Ir. Joni Hermana, M.ScES., PhD**  
**NIP: 19600618 198803 1 002**

**SURABAYA, JANUARI 2015**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. karena atas rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **"Kajian Implementasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia"**.

Tujuan dari kajian ini adalah memberikan informasi mengenai kondisi IPLT di Indonesia secara singkat serta memberikan saduran untuk kriteria desain dari unit IPLT yang dapat diaplikasikan di Indonesia.

Atas bimbingan, pengarahan, dan bantuan yang telah diberikan hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, M.ScES., PhD. selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT.dan Bapak Alfan Purnomo, ST.,MT selaku dosen penguji, terima kasih atas masukan dan bimbingannya
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. selaku dosen wali
4. Orang tua yang telah banyak mendoakan dan membantu penulis baik secaramateri maupun mental;
5. Ristra, Firda, Bonita, dan Aizar, yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menulis laporan kemajuan dan menyiapkan laporan tugas akhir.
6. Teman–teman Teknik Lingkungan angkatan 2011 yang telah bersama-sama berjuang dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir serta dukungan yang diberikan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis



**“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”**



## ABSTRAK

### Kajian Implementasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia

Nama Mahasiswa : Novenda Cempaka Putri  
NRP : 3311 100 044  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M.ScES., PhD

Indonesia memiliki 134 IPLT, namun hanya lima IPLT yang berjalan secara optimal. Kajian implementasi ini bertujuan untuk menentukan kriteria desain IPLT, mengetahui permasalahan teknis dan pemenuhan kriteria desain pada unit IPLT serta menentukan bangunan pengolahan yang sesuai.

Kajian kriteria desain dilakukan dengan membandingkan kriteria desain dari literatur, penelitian terdahulu, dan data perencanaan/DED IPLT. Pada 134 IPLT dilakukan analisa kuantitas terkait unit pengolahan terpakai, kapasitas bangunan, dan kondisi eksisting bangunan. Diambil 11 sampel IPLT untuk dikaji unit pengolahannya yang paling sesuai untuk diterapkan di Indonesia dan pemenuhan kriteria desain terhadap data teknis IPLT.

Hasil kajian berdasarkan aspek teknis seperti rasio panjang dan lebar, tinggi air, dan laju beban organik tidak terpenuhi, namun permasalahan utama dalam implementasi pengolahan IPLT saat ini ialah lumpur tinja yang masuk ke dalam IPLT lebih sedikit dari kapasitas desain yang menyebabkan waktu detensi terlalu lama dan efisiensi pengolahan menurun. Unit pengolahan pada proses stabilisasi dipilih berdasarkan jumlah penduduk terlayani di suatu Kota.

**Kata Kunci:** Kolam Stabilisasi, kriteria desain, dan lumpur tinja.

## **ABSTRACT**

### ***Study of Faecal Sludge Treatment Plant Implementation in Indonesia***

**Name** : Novenda Cempaka Putri  
**Student ID** : 3311 100 044  
**Department** : Teknik Lingkungan  
**Supervisor** : Prof. Ir. Joni Hermana, M.ScES., PhD

*Indonesia has 134 faecal sludge treatment plants but only five plants which run optimally. The implementation study aims to determine the faecal sludge treatment plant design criteria, knowing the technical problems and fulfillment of design criteria in faecal sludge treatment unit, also determine the appropriate treatment plant.*

*Study of design criteria was done by comparing the design criteria from the literatures, former research, and data planning or DED of faecal sludge treatment. At 134 treatment plants was done the analysis of quantity related to unit process which has been used, capacity and the existing condition of the treatment plants. As the samples we choose eleven treatment plants to be studied the unit processes which most appropriate to be applied in Indonesia and the fulfillment of the design criteria compare to technical data of faecal sludge treatment plant.*

*Result of the study which based on technical aspect such as the length and width ratio, high of the water, and the organic loading rate is not met with design criteria, but the major problem in the treatment plant implementation was the quantity of septage which enter the plant is lower than the capacity design of treatment plants then causing prolongs the detention time and decreases the removal efficiency. The unit of stabilization process was chosen based on the number of people which served in the city.*

**Keywords:** *Design criteria, faecal sludge, and Waste Stabilization Pond.*

## DAFTAR ISI

<b>URAIAN SINGKAT</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Definisi Air Limbah.....	5
2.2 Lumpur Tinja.....	5
2.2.1 Definisi Lumpur Tinja.....	5
2.2.2 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).....	6
2.2.3 Komposisi Lumpur Tinja.....	6
2.2.4 Karakteristik dan Kuantitas Lumpur Tinja.....	6
2.3 Sanitasi di Indonesia.....	8
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	10
2.5 Sistem Pengolahan Lumpur Tinja.....	11
2.6 Konsep Umum Pengolahan Lumpur.....	11
2.6.1 Proses <i>thickening</i> .....	12
2.6.2 Proses Stabilisasi .....	12
2.6.3 Proses <i>conditioning</i> atau <i>dewatering</i> .....	13
2.6.4 Proses pembuangan akhir.....	13
2.7 Teknologi Pengolahan Lumpur Tinja.....	13
2.7.1 Bak penampung lumpur .....	14
2.7.2 Tangki imhoff .....	14
2.7.3 <i>Solids seperation chamber</i> (SSC) dan <i>drying</i> <i>area</i> (DA).....	17
2.7.3.1 SSC .....	18
2.7.3.2 DA .....	18
2.7.4 Parit Oksidasi .....	18
2.7.5 Kolam Stabilisasi .....	18
2.7.5.1 Kolam Anaerobik .....	18
2.7.5.2 Kolam Fakultatif .....	21
2.7.5.3 Kolam Maturasi .....	23
2.7.6 Bak Pengendap II.....	24



2.7.7	Bak Pengering Lumpur atau <i>Sludge Drying Bed</i> (SDB) .....	24
2.8	Perencanaan Pembangunan IPLT .....	25
2.8.1	Kebutuhan dan pengumpulan data perencanaan IPLT .....	25
2.8.2	Penentuan daerah pelayanan IPLT .....	26
2.8.3	Penentuan lokasi IPLT.....	26
2.8.4	Penentuan kapasitas IPLT .....	27
2.9	Kapasitas IPLT Terpasang .....	28
2.10	Hubungan antara Debit dan Waktu Detensi .....	28
	<b>BAB 3 METODE STUDI.....</b>	<b>29</b>
3.1	Kerangka Studi .....	29
3.2	Tahapan Studi.....	29
3.2.1	Ide studi .....	29
3.2.2	Perumusan masalah.....	31
3.2.3	Studi literatur.....	31
3.2.4	Analisa dan pembahasan .....	31
	<b>BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1	Uraian Data IPLT di Indonesia.....	33
4.1.1	Penyebaran IPLT di Indonesia .....	33
4.1.2	Unit Sistem IPLT di Indonesia .....	34
4.1.3	Status kondisi bangunan IPLT di Indonesia .....	36
4.2	Analisa Kriteria Desain Unit Pengolahan.....	37
4.2.1	Review unit IPLT yang beroperasi optimal .....	37
4.2.1.1	IPLT Kalimulya, Kota Depok .....	37
4.2.1.2	IPLT Kerambitan, Kabupaten Tabanan .....	38
4.2.1.3	IPLT Puulongdiga, Kota Kendari.....	38
4.2.2	Kriteria desain Tangki Imhoff.....	37
4.2.3	<i>Solids Separation Chamber</i> dan <i>Drying Area</i> .....	42
4.2.4	Kolam Stabilisasi .....	43
4.2.4.1	Kolam Anaerobik .....	43
4.2.4.2	Kolam Fakultatif .....	47
4.2.4.3	Kolam Maturasi .....	48
4.2.5	<i>Oxidation Ditch</i> .....	53
4.2.6	Biodigester .....	55
4.2.5.1	Anaerobik Biodigester dengan pengadukan ...	55
4.2.5.2	Anaerobik Biodigester tanpa pengadukan .....	56
4.2.7	Bak pengering lumpur atau <i>Sludge Drying Bed</i> (SDB) .....	56

4.3	Analisa Ulasan Sampel IPLT .....	57
4.3.1	IPLT Degayu, Kota Pekalongan .....	57
4.3.2	IPLT Dumpoh, Kota Magelang .....	60
4.3.3	IPLT Kaliboto, Kabupaten Karanganyar .....	63
4.3.4	IPLT Kalimulya, Kota Depok .....	65
4.3.5	IPLT Keputih, Kota Surabaya .....	67
4.3.6	IPLT Kerambitan, Kabupaten Tabanan .....	68
4.3.7	IPLT Mojosari, Kabupaten Mojokerto .....	70
4.3.8	IPLT Ngembak, Kabupaten Grobogan .....	71
4.3.9	IPLT Puulongdiga, Kota Kendari .....	73
4.3.10	IPLT Sampit, Kabupaten Waringin Timur .....	75
4.3.11	IPLT Tambak Lorok, Kota Semarang .....	77
4.4	Pemilihan Teknologi Sistem Pengolahan .....	81
4.4.1	Analisa penduduk terlayani .....	81
4.4.2	Analisa unit pengolahan air limbah di negara berkembang .....	85
4.4.3	Analisa kelebihan dan kekurangan unit pengolahan .....	86
4.4.3.1	Unit pengendapan .....	87
4.4.3.2	Kolam pengolahan stabilisasi .....	89
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>91</b>
5.1	Kesimpulan .....	91
5.2	Saran .....	92
<b>DAFTAR TABEL .....</b>		<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>		<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>		<b>xiii</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>xv</b>



**“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Tinja dan Urin Manusia .....	7
Tabel 2.2	Komposisi Tinja Manusia .....	7
Tabel 2.3	Komposisi Urin Manusia .....	7
Tabel 2.4	Karakteristik Limbah Lumpur Tinja di Beberapa Sumber Di Indonesia .....	8
Tabel 2.5	Tipikal Konstituen Lumpur Tinja dan Air Limbah Domestik .....	8
Tabel 2.6	Kondisis Akses Sanitasi Perkotaan .....	9
Tabel 2.7	Baku Mutu Efluen IPLT .....	10
Tabel 4.1	Kriteria Desain Tangki Imhoff dari Berbagai sumber .....	40
Tabel 4.2	Dimensi Tangki Imhoff .....	40
Tabel 4.3	Resume Kriteria Desain Tangki Imhoff .....	41
Tabel 4.4	Kriteria Desain <i>Solids Separation Chamber + Drying Area</i> .....	42
Tabel 4.5	Variasi Removal BOD dengan BOD Loading dan Waktu Detensi tertentu pada Suhu 25°C di Timurlaut Brazil .....	44
Tabel 4.6	Kriteria Desain Waktu Detensi dan Efisiensi Penyisihan BOD Kolam Anaerobik berdasarkan Suhu .....	44
Tabel 4.7	Kriteria Desain Kolam Anaerobik dari Berbagai Sumber .....	45
Tabel 4.8	Dimensi Unit dan Kriteria Desain Kolam Anaerobik Beberapa IPLT .....	45
Tabel 4.9	Resume Kriteria Desain Kolam Anaerobik .....	46
Tabel 4.10	Dimensi Unit dan Kriteria Desain Kolam Fakultatif Beberapa IPLT .....	50
Tabel 4.11	Kriteria Desain Kolam Fakultatif dari Berbagai Sumber .....	50
Tabel 4.12	Resume Kriteria Desain Kolam Fakultatif .....	51
Tabel 4.13	Dimensi Unit dan Kriteria Desain Kolam Maturasi Beberapa IPLT .....	51
Tabel 4.14	Kriteria Desain Kolam Maturasi .....	52
Tabel 4.15	Resume Kriteria Desain Kolam Maturasi .....	52
Tabel 4.16	Kriteria Desain <i>Oxidation Ditch</i> di India dan Eropa .....	53



Tabel 4.17	Kriteria Desain <i>Oxidation Ditch</i> dari Berbagai Sumber.....	54
Tabel 4.18	Resume Kriteria Desain <i>Oxidation Ditch</i> .....	54
Tabel 4.19	Kriteria Desain Anaerobik Sludge Digester dengan Pengadukan.....	55
Tabel 4.20	Resume Kriteria Desain Anaerobik Sludge Digester dengan Pengadukan .....	56
Tabel 4.21	Kriteria Desain Anaerobik Sludge Digester tanpa Pengadukan.....	57
Tabel 4.22	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Degayu.....	59
Tabel 4.23	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Dumpoh.....	62
Tabel 4.24	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Kaliboto .....	64
Tabel 4.25	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Kalimulya.....	66
Tabel 4.26	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Kerambitan.....	69
Tabel 4.27	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Ngembak.....	72
Tabel 4.28	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Puulongdiga .....	74
Tabel 4.29	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Sampit.....	77
Tabel 4.30	Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Tambak Lorok .....	80
Tabel 4.31	Analisa Jumlah Penduduk Terlayani oleh IPLT .....	82
Tabel 4.32	Perbandingan Faktor Kepentingan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Negara Industri dan Berkembang.....	86
Tabel 4.33	Analisa Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolahan Stabilisasi.....	88

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Pengelolaan Lumpur .....	10
Gambar2.2 Diagram Alir Pengolahan Lumpur dan Unit Operasinya.....	12
Gambar 2.3 Potongan Tangki Imhoff.....	16
Gambar 2.4 Mekanisme Aliran Proses Pengolahan Tangki Imhoff .....	16
Gambar 2.5 Potongan Kolam Anaerobik .....	21
Gambar 2.6 Potongan Bak Pengerintg Lumpur.....	25
Gambar 3.1 Kerangka Metoda Studi .....	30
Gambar 4.1 Penyebaran IPLT di Indonesia.....	33
Gambar 4.2 Prosentase Unit Bangunan Pengendapan Awal....	34
Gambar 4.3 Prosentase Unit Bangunan Pengolahan Cairan ....	35
Gambar 4.4 Prosentase Kondisi Bangunan IPLT .....	36



**“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”**



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Setiap hari manusia menghasilkan limbah rumah tangga (*domestic wastewater*). Air limbah rumah tangga (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri dari tinja, air kemih, dan air buangan limbah lain (kamar mandi, dapur; cucian) yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat (Kusnoputran, 1997). Permasalahan tinja telah menjadi persoalan tersendiri, terutama berkaitan dengan kandungan jasad hidup berbentuk bakteri, fungi, dan jamur yang bersifat patogenik dan penghasil racun. Belum adanya peraturan perundangan yang mengatur pembuangan lumpur tinja seperti halnya pembuangan air limbah, menyebabkan pembuangan lumpur tinja masih belum mendapatkan perhatian penuh. Lumpur tinja masih mengandung bahan-bahan organik dan polutan, oleh karena itu harus ada pengolahan untuk lumpur tinja sebelum dibuang ke lingkungan.

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan sistem pengolahan tinja yang telah dioperasikan di Indonesia. Hasil studi Bantuan Teknis Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (Bantek IPLT) yang dilakukan Dit. PPLP memaparkan bahwa saat ini tercatat sebanyak 134 IPLT di 134 Kota/Kabupaten di Indonesia yang telah memiliki IPLT, namun, kurang dari 10% atau kurang lebih hanya 5 dari total IPLT tersebut yang berjalan secara optimal, baik dilihat dari aspek teknis maupun non teknisnya (Kementerian PU, 2012). Beberapa penyebabnya ialah kondisi Tangki Septik masyarakat banyak yang tidak sesuai standar sehingga lumpur tinja pada Tangki Septik sedikit atau bahkan tidak disedot dan dibawa ke IPLT, lumpur tinja yang telah dibawa truk tinja tidak dibuang di IPLT, dan lain – lain. Hal itu menyebabkan masukan debit lumpur tinja ke IPLT lebih kecil daripada kapasitas desain atau bahkan tidak adanya lumpur tinja yang masuk ke IPLT untuk diolah. Beberapa kelembagaan sudah ada namun fungsi regulator dan operator belum terpisah, dan anggaran daerah untuk mendukung pengelolaan lumpur tinja masih minim, belum didukung dengan regulasi yang mengatur tentang pengelolaan air limbah sehingga operasi IPLT tidak optimal (Budi, 2014). Timbulan lumpur tinja yang terlalu kecil



mengakibatkan waktu detensi pengolahan terlalu lama. Belum adanya peraturan yang mengatur kewajiban masyarakat untuk membuang lumpur tinja ke IPLT mempengaruhi debit lumpur tinja yang masuk ke IPLT. Pada kenyataannya, waktu detensi menjadi lebih cepat karena kondisi eksisting bak pengolahan saat ini dipenuhi dengan endapan lumpur yang seharusnya diambil secara berkala namun pada praktiknya pengurasan tersebut jarang atau bahkan tidak dilakukan. Tingginya sedimentasi lumpur pada kolam pengolahan biologis juga menjadi salah satu faktor penyebab tidak berjalannya proses penyisihan yang optimal (Wardhana dan Karunia, 2009; Purwono dkk, 2011).

Pengkajian evaluasi IPLT di Indonesia dari penelitian terdahulu dilakukan untuk mengetahui jika ada kesalahan pengelolaan yang selama ini dilakukan oleh pengelola IPLT di Indonesia. Hasil pengkajian dapat dijadikan sebagai acuan untuk merencanakan sistem pengolahan lumpur tinja yang sesuai dengan kondisi di Indonesia, serta dapat ditentukan tindakan optimalisasi yang diperlukan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah pada tugas akhir ini ialah:

1. Bagaimana kriteria desain untuk bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk digunakan sebagai acuan di Indonesia?
2. Apa permasalahan teknis bangunan pengolahan pada IPLT di Indonesia?
3. Bagaimana bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk diterapkan di Indonesia berdasarkan hasil kajian?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini ialah:

1. Mengkaji kriteria desain bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk digunakan sebagai acuan di Indonesia.
2. Mengkaji permasalahan teknis bangunan pengolahan IPLT di Indonesia berdasarkan.
3. Menentukan bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk diterapkan di Indonesia berdasarkan aspek teknis (bangunan).

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini ialah:

1. Memberikan saran mengenai kriteria desain bangunan pengolahan lumpur tinja yang dapat digunakan untuk bangunan IPLT
2. Memberikan informasi mengenai kondisi eksisting IPLT yang ada di Indonesia.
3. Memberikan kesimpulan dan saran bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk diterapkan di Indonesia.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup tugas akhir ini ialah:

1. Obyek kajian tugas akhir ini ialah 11 IPLT di Indonesia yang telah dievaluasi melalui jurnal, tugas akhir, dan tesis terdahulu serta laporan IPLT oleh Bantek IPLT.
2. Kajian IPLT ini meliputi aspek teknis (sistem pengolahan, kapasitas bangunan, dimensi bangunan, dan kondisi bangunan).
3. Hasil dari tugas ini ialah memberikan informasi mengenai kondisi IPLT di Indonesia dan saran sistem pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk diaplikasikan di Indonesia.



**“Halaman Ini Sengaja Dikосongkan”**



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Air Limbah

Air limbah adalah air buangan yang berasal dari rumah tangga termasuk tinja manusia dari lingkungan permukiman (PP no. 16 Tahun 2005). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 yang dimaksud dengan air limbah domestik yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik terdiri dari *grey* adalah air limbah *water* (air bekas cucian, dapur, dan mandi) dan *black water* (tinja, urin, dan air pembilasan). Air limbah ini jika tidak diolah dan langsung dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran sungai, turunnya derajat kesehatan, dan meningkatnya biaya pengolahan air minum.

Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri dari tinja, air kemih, dan air buangan limbah lain (kamar mandi, dapur, cucian) yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat yang ada terbagi atas lebih kurang 70% zat organik (terutama protein; karbohidrat; dan lemak) dan sisanya 30% zat organik terutama pasir, garam-garam dan logam. (Kusnoputranto, 1997).

Dari definisi air limbah dari beberapa sumber diatas, dapat disimpulkan bahwa air limbah ialah cairan yang terdapat di dalam saluran air buangan. Air limbah yang dimaksud dalam bahasan kali ini ialah air limbah yang berasal dari limbah tinja manusia yang terkumpul di Tangki Septik.

### 2.2 Lumpur Tinja

#### 2.2.1 Definisi lumpur tinja

Lumpur tinja (*septage*) adalah kumpulan lumpur, busa, cairan yang disedot dari sistem pengolahan secara *on-site individual* yang didapat selama proses pengosongan lumpur tinja (Metcalf dan Eddy, 1991). Berdasarkan Petunjuk Teknis Tata Cara Pembangunan IPLT (Departemen PU, 1999), Lumpur tinja adalah endapan lumpur yang berasal dari bangunan pengolah air limbah

rumah tangga. Sedangkan pengertian lumpur tinja Berdasarkan



Petunjuk Teknis Tata Cara Perencanaan IPLT (Departemen PU, 1999) ialah seluruh isi Tangki Septik, cubluk tunggal atau endapan lumpur dari underflow unit pengolah air limbah lainnya yang pembersihannya dilakukan dengan mobil.

Tinja terdiri dari sejumlah beras pasir dan minyak yang memiliki sifat diantaranya adalah bau yang sangat tajam, menghasilkan busa jika diasuk, kandungan zat padat dan zat organik yang tinggi, sukar mengendap dan sukar dipisahkan cairannya. Lumpur tinja merupakan hasil proses penguraian tinja manusia ke dalam tanki septik. Kebanyakan, tinja telah mengalami pengolahan secara alamiah di dalam Tangki Septik. Proses pengolahan utama yang terjadi dalam tanki septik adalah sebagai berikut: (Polprasert dan Rajput, 1982).

- a. Penyisihan padatan tersuspensi
- b. Pencernaan lumpur dan scum
- c. Stabilisasi cairan dan pertumbuhan mikroorganisme

### **2.2.2 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)**

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja yang selanjutnya akan disebut sebagai IPLT adalah instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang berasal dari sistem setempat yang diangkut melalui sarana pengangkut lumpur tinja (Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014). Lumpur akan diolah menjadi lumpur kering yang disebut dengan *cake* dan air olahan/efluen yang sudah aman dibuang ataupun dimanfaatkan kembali. Lumpur kering dapat dimanfaatkan menjadi pupuk dan air efluen dapat digunakan untuk keperluan irigasi.

### **2.2.3 Komposisi lumpur tinja**

Sesuai dengan sumber asanya, maka lumpur tinja mempunyai komposisi yang berbeda di setiap saatnya. Buangan tubuh manusia yang berupa tinja dan urin memiliki fraksi organik yang sangat tinggi, antara lain: karbohidrat, protein, dan lemak. Air limbah yang berasal dari Tangki Septik terdiri dari kotoran – kotoran yang sebagian besar berbentuk larutan dan zat padat tersuspensi yang mengandung bahan – bahan organik, yaitu tinja dan urin. Komposisi tinja dan urin manusia terdapat pada Tabel 2.1 hingga Tabel 2.3.

Tabel 2.1 Komposisi Tinja dan Urin Manusia

<b>Jenis Zat Organik</b>	<b>Tinja</b>	<b>Urin</b>
Kuantitas: basah (g/orang/hari)	135 – 270	1.000 – 1.300
Kuantitas: padatan kering (g/orang /hari)	35 – 70	50 -70

Sumber: Mara (2004)

Tabel 2.2. Komposisi Tinja Manusia

<b>Komponen (dari berat kering)</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Air	66-88
Bahan Organik	88-97
Nitrogen	5,7-7,0
Fosfor (sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,5-5,4
Potassium (sebagai K <sub>2</sub> O)	1,0-2,5
Karbon	40-55
Kalsium (sebagai CaO)	4-5
Rasio C/N	5-10

Sumber : Arifin, 2009

Tabel 2.3 Komposisi Urin Manusia

<b>Komponen (dari berat kering)</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Air	93-56
Bahan organik	65-85
Nitrogen	15-19
Fosfor (sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2,5-5
Potassium (sebagai K <sub>2</sub> O)	3,0-4,5
Karbon	11-17
Kalsium (sebagai CaO)	4,5-6

Sumber : Soeparman dan Suparmin, 2001

#### **2.2.4 Karakteristik dan kuantitas lumpur tinja**

Karakteristik lumpur tinja sangat bervariasi, tergantung dari masukan suatu Tangki Septik dan lamanya lumpur tinja tersebut di dalam Tangki Septik. Karakteristik lumpur tinja yang bervariasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jumlah pemakai, kebiasaan makan dan minum pemakai, sumber lumpur tinja (Tangki Septik/johkasu/cubluk), desain dan ukuran Tangki Septik, kondisi cuaca iklim, frekuensi penyedotan pengurasan lumpur tinja, serta adanya infiltrasi air hujan atau air

tanah. Pengetahuan tentang karakteristik lumpur tinja sangat diperlukan untuk menentukan metode dan jenis sarana pengolahan yang akan digunakan (Mangkono, 2002). Karakteristik limbah lumpur tinja di Indonesia belum ada nilai tipikal nya. Beberapa IPLT di Indonesia yang telah dievaluasi pada penelitian terdahulu telah dianalisis karakteristik nya yang terdapat pada Tabel 2.4. Tipikal data dari karakteristik lumpur tinja terdapat berdasarkan literatur terdapat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Karakteristik Limbah Lumpur Tinja pada Beberapa Sumber di Indonesia

Parameter	Satuan	Sumber	
		IPLT Degayu <sup>a)</sup>	IPLT Grobogan <sup>b)</sup>
pH		7,40/28	7,66
BOD	mg/L	3.560,22	2890,13
COD	mg/L	9.579,66	5350,35
TSS	mg/L	13.089,20	6780,60
Total Coliform	100 mL	2,6x10 <sup>8</sup>	7,7x10 <sup>7</sup>

Sumber: <sup>a)</sup>Wardana dan Karunia, 2009

<sup>b)</sup>Purwono dkk, 2011

Tabel 2.5 Tipikal Konstituen Lumpur Tinja dan Air Limbah Domestik

Konstituen	Konstituen (mg/L)	
	Range	Tipikal
BOD <sub>5</sub>	2.000 – 30.000	6.000
COD	5.000 – 80.000	30.000
TS	5.000 – 100.000	40.000
SS	4.000 – 100.000	15.000
VSS	1.200 – 14.000	7.000
TKN sebagai N	100 – 1.600	700
NH <sub>3</sub>	100 – 800	400
Total phospat	50 – 800	250
Logam berat	100 – 1.000	300

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1991

### 2.3 Sanitasi di Indonesia

Ketersediaan sanitasi di Indonesia cukup memperhatikan. Kementerian Kesehatan melansir sebanyak 7% penduduk Indonesia belum mendapatkan akses sanitasi dengan baik. Tabel 2.6 menunjukkan kondisi sanitasi perkotaan di Indonesia.



Tabel 2.6 Kondisi Akses Sanitasi Perkotaan

<b>Akses Sanitasi Perkotaan</b>	<b>Tahun 1990</b>	<b>Tahun 2011</b>
Layak	56%	73%
Bersama	8%	10%
Tidak layak	17%	3%
<i>Open defecation</i>	19%	14%
Total	100%	100%

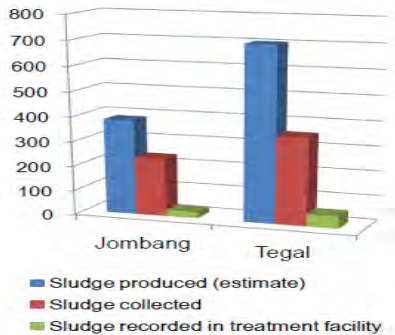
Sumber: IUWASH, 2013

Lebih dari 90% masyarakat Indonesia menggunakan sistem air limbah individual atau toilet, tapi belum semuanya dikelola dengan benar, banyak yang belum dilengkapi Tangki Septik sehingga lumpur tinja langsung dibuang ke badan air. Jika ada Tangki Septik pun ada yang jarang atau sama sekali tidak disedot sehingga menjadi penerus air limbah yang kemudian meresap dalam tanah dan mengkontaminasinya (Kementerian PU, 2012). Menurut Sjukrul Amin, Direktur Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman (PPLP), Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum (PU), saat membuka Sosialisasi Pengelolaan Lumpur Tinja, di Ruang Serba Guna Gedung Sumber Daya Air, Kementerian PU, mayoritas warga telah memiliki toilet pribadi, namun masih banyak yang belum dikelola dengan benar. Mayoritas rumah tangga dan fasilitas bisnis di daerah perkotaan di Indonesia menggunakan Tangki Septik untuk pembuangan air limbahnya. Walaupun akses terhadap sanitasi yang layak di daerah perkotaan Indonesia telah mencapai sekitar 73% pada tahun 2010, hal ini hanya berdasarkan pada ketersediaan akses sanitasi dasar seperti yang didefinisikan oleh World Health Organization (WHO) Joint Monitoring Program (JMP) dan belum menjamin tersedianya sistem pengumpulan dan pembuangan air limbah dan lumpur tinja yang aman. Hanya sekitar 1% air limbah dan 4% lumpur tinja yang dikumpulkan dan diolah secara aman (Australian AID, 2013).

Lumpur tinja yang tersimpan di Tangki Septik haruslah disedot secara rutin. Pengelolaan lumpur tinja di Indonesia masih kurang teratur. Kemungkinan masyarakat melakukan penyedotan lumpur tinja ada, tapi dibuangnya biasanya di badan sungai. Kurangnya pengetahuan tentang Tangki Septik yang standar, melakukan pengurusan hanya ketika WC tersumbat, kurangnya



pengetahuan masyarakat pentingnya pengurusan Tangki septik secara rutin, dan masih kurangnya kerjasama dari pihak swasta dengan pemerintah daerah merupakan penyebab dari tidak teraturnya penyaluran lumpur tinja oleh masyarakat (Mursito, 2013). Keberadaan jumlah lumpur pada Kota Jombang dan Kota Jember sebagai contoh kasus terdapat pada Gambar 2.1. Data IPLT di Indonesia terdapat pada lampiran.



Gambar 2.1 Perbandingan Pengelolaan Lumpur

Sumber: IUWASH, 2013

## 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu merupakan suatu patokan/standar yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum beberapa parameter tertentu yang terkandung dalam air limbah sebelum dibuang ke badan penerima, agar tetap masuk dalam daya tampung badan penerima sehingga dinilai tidak mencemari badan penerima tersebut. Baku mutu yang digunakan sebagai baku mutu efluen IPLT adalah baku mutu air limbah domestik, karena untuk limbah perumahan dapat dikategorikan dalam limbah sejenis domestik. Baku mutu air limbah yang digunakan terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Baku Mutu Efluen IPLT

Parameter	Satuan	Kadar Maks	Sumber Baku Mutu
pH	mg/L	6 – 9	KepMen LH No. 112 Tahun 2003
BOD	mg/L	100	KepMen LH No. 112 Tahun 2003
TSS	mg/L	100	KepMen LH No. 112 Tahun 2003

Sumber: KepMen LH No. 112 Tahun 2003

## 2.5 Sistem Pengolahan Lumpur Tinja

Tangki Septik dan cubluk merupakan sistem sanitasi setempat, dimana pada pengolahan lumpur tinja kota dari pengolahan setempat ini akan dibawa menuju sistem pengolahan terpusat. Tangki Septik ialah bangunan. Sarana pembuangan individual seperti Tangki Septik, memerlukan pemeliharaan berupa pengurasan pada interval yang teratur, biasanya tiap 1-5 tahun. Hal ini disebabkan karena meskipun padatan yang terendap dan terdekomposisi, beberapa bagian akan terakumulasi (Mara, 2004).

Sistem sanitasi terpusat yang dimaksud disini ialah Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). Pengolahan lumpur tinja dilakukan dengan tujuan utama, yaitu :

1. Menurunkan kandungan zat organik dari dalam lumpur tinja.
2. Menghilangkan atau menurunkan kandungan mikroorganisme patogen (bakteri, virus, jamur dan lain sebagainya)

IPLT merupakan bagian dari unsur/komponen sistem setempat (on site) atau sistem terdesentralisasi (*decentralized sistem*) yang dikembangkan untuk menggantikan pendekatan sistem konvensional dan/atau sistem terpusat (*centralized sistem*) yang dinilai kurang berhasil mengatasi masalah pencemaran air di daerah perkotaan (Bakir, 2001; Kootatep dkk, 2003; Parkinson dan Tayler, 2003).

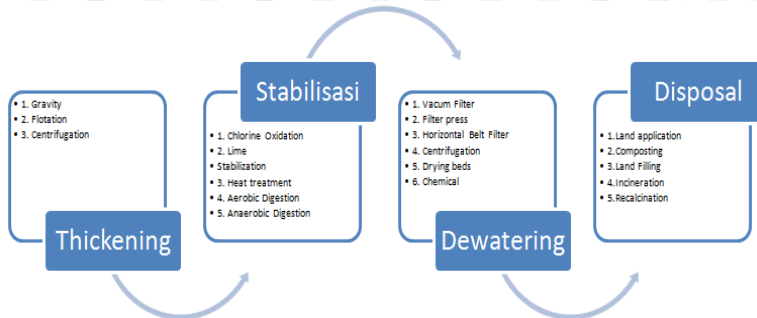
Pengolahan lumpur tinja di IPLT tersebut merupakan pengolahan lanjutan karena lumpur tinja yang telah diolah di Tangki Septik, belum layak dibuang ke media lingkungan. Bahan baku IPLT adalah lumpur tinja yang terakumulasi di cubluk dan Tangki Septik yang secara reguler dikuras atau dikosongkan kemudian diangkut ke IPLT dengan menggunakan truk tinja.

## 2.6 Konsep Umum Pengolahan Lumpur

Produk akhir dari pengolahan air minum dan air limbah ialah air efluen dan lumpur (Fair dkk, 1968). Secara umum, proses pengolahan lumpur dan metode pembuangan akhir meliputi *thickening*, stabilisasi, *conditioning* atau *dewatering*, dan pembuangan akhir (Qasim, 1985). Gambar 2.2 menyajikan diagram alir pengolahan lumpur dan alternatif unit operasinya.

### 2.6.1 Proses *thickening* (pemekatan)

Kondisi lumpur awal mengandung air yang sangat banyak. Thickening adalah proses yang dilakukan untuk mengurangi volume lumpur sekaligus meningkatkan konsentrasi padatan di dalam lumpur. Proses pengentalan (*thickening*) lumpur membutuhkan kapasitas tangki yang cukup kecil, dosis bahan kimia untuk menstabilkan lumpur, perpipaan yang lebih kecil, dan peralatan pompa untuk membawa lumpur. Proses ini dapat dilakukan menggunakan peralatan antara lain gravity thickener, gravity belt thickener, rotary drum, separator, centrifuge, dan flotator (Qasim, 1985)



Gambar 2.2 Diagram Alir Pengolahan Lumpur dan Unit Operasinya  
Sumber: Qasim, 1985

### 2.6.2 Proses stabilisasi

Tujuan utama dari proses stabilisasi ialah untuk mengurangi kandungan bakteri pathogen, menghilangkan bau, dan menghindari, mengurangi, atau menghilangkan potensi pembusukan. Kunci sukses untuk mencapai tujuan dari proses stabilisasi ialah berhubungan dengan efektivitas dari operasi stabilisasi atau proses penguapan atau fraksi organik lumpur. Stabilisasi tidak digunakan pada semua bangunan pengolahan air limbah, tetapi digunakan untuk bangunan pengolahan yang lengkap dengan berbagai ukuran. Stabilisasi dapat mereduksi volume, produksi gas yang dapat didaur ulang (gas metana), dan meningkatkan kemampuan menghilangkan air (Metcalf dan Eddy, 2014).



### **2.6.3 Proses *conditioning* dan *dewatering***

Proses *conditioning* lumpur dibutuhkan untuk destabilisasi suspensi lumpur. Proses *dewatering* pada lumpur dibutuhkan untuk menghilangkan kelembaban lumpur, maka lumpur kering dapat dipindahkan ke truk dan juga dapat dikomposkan atau ditimbun di pembuangan akhir atau diinsenerasi. Partikel padat pada lumpur kota sangat baik, terhidrasi, dan membawa kandungan elektrostatis. Proses *dewatering* meliputi pengolahan fisika atau kimia dari lumpur untuk meningkatkan removal nya. Terdapat beberapa teknik proses *dewatering* lumpur yang sudah sering digunakan. Pemilihan teknik pengolahan ini bergantung pada beberapa faktor, yakni karakteristik lumpur nya, lahan yang tersedia, dan kelembaban dari lumpur kering yang dibutuhkan untuk pembuangan akhir. Sistem pengolahan yang dapat dipilih ketika tersedia lahan yang luas jumlah lumpur nya sedikit ialah *drying beds* dan *drying lagoons*, sedangkan ketika luas lahan yang tersedia kecil digunakan mekanikal *dewatering* yang meliputi *centrifugal dewatering*, *vacuum filter*, *filter press*, dan *horizontal belt filter* (Qasim, 1985).

### **2.6.4 Proses pembuangan akhir**

Pembuangan akhir lumpur yang seharusnya meliputi proses konversi (insenerasi, *wet oxidation*, pirolisis, komposting, dan lain – lain) dan lahan pembuangan akhir. Pembuangan akhir lumpur yang aman pada pemukiman antara lain ialah penyaringan, pasir, dan penyaring busa. Kedua proses pembuangan akhir, proses konversi dan lahan pembuangan akhir harus melalui proses pengolahan lumpur sebelumnya, yakni *thickening*, stabilisasi, *conditioning* atau *dewatering* (Qasim, 1985).

### **2.7 Teknologi Pengolahan Lumpur Tinja**

Pengolahan lumpur tinja pada IPLT dibuat untuk dapat menstabilkan senyawa organik dan meningkatkan padatan yang terkandung dalam lumpur tinja sampai memenuhi persyaratan untuk dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan untuk kepentingan tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut, IPLT harus memenuhi seluruh komponen utama yang harus ada yakni



unit pengumpul, unit penyaringan, unit pemisah partikel diskrit, unit pemekatan, unit stabilisasi, dan unit pengering lumpur.

Unit Pengumpul untuk mengumpulkan lumpur tinja dari truk tangki penyedot lumpur tinja sebelum masuk ke sistem pengolahan. Unit penyaringan untuk memisahkan atau menyaring benda-benda kasar didalam lumpur tinja. Pemisahan atau penyaringan dapat dilakukan dengan menggunakan *bar screen* manual atau mekanik. Unit pemisahan partikel diskrit: Untuk memisahkan partikel diskrit agar tidak mengganggu proses selanjutnya. Unit pemekatan untuk memisahkan padatan dengan cairan yang dikandung lumpur tinja, sehingga konsentrasi padatannya akan meningkat atau menjadi lebih kental/pekat. Unit stabilisasi untuk menurunkan kandungan organik dari lumpur tinja, baik secara anaerobik maupun aerobik dengan menggunakan sistem pengolahan biologis seperti pada pengolahan air limbah. Unit pengeringan lumpur untuk menurunkan kandungan air dari lumpur hasil olahan, baik dengan mengandalkan proses penguapan atau proses mekanis (Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014). Pada IPLT saat ini standarnya adalah terdapat unit pengumpul, unit pemekatan dan unit stabilisasi.

## **Unit Pengumpul**

### **2.7.1 Bak penampung lumpur**

Bak ini berfungsi untuk menerima lumpur dari Tangki Septik yang datang dari truk tinja. Menurut Metcalf dan Eddy (1991), Bak ekualisasi digunakan untuk mencegah agar aliran dalam proses pengolahan air tidak berfluktuasi. Bak ini dapat digunakan bila pipa ujung saluran air buangan tidak terlalu dalam. Apabila terlalu dalam, maka harus dibuat sumur pengumpul terlebih dahulu sebelum masuk ke bak ekualisasi.

## **Unit Pemekatan**

### **2.7.2 Tangki Imhoff**

Bangunan bak pengendap ini digunakan untuk memisahkan *suspended solid* dari fase *liquid* dengan menggunakan gaya gravitasi. Bangunan ini dapat digunakan untuk dua hal, yakni sebagai satu - satunya bangunan untuk pengendapan yang mana fungsinya untuk menghilangkan

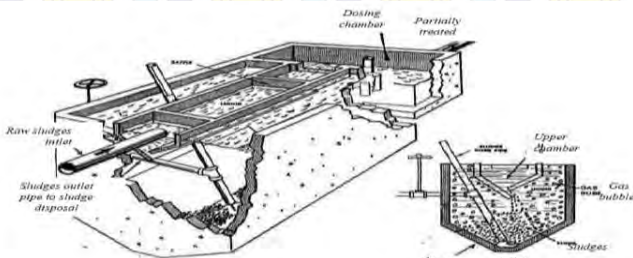
padatan, minyak, lemak, dan material lain yang mengapung serta sedikit beban organik atau dapat juga digunakan untuk unit pengendapan dan pengolahan biologis yang mana juga dapat mereduksi beban organik. Bangunan yang dapat digunakan untuk memisahkan sekaligus mengolah lumpur ialah Tangki Imhoff. Tangki Imhoff pada dasarnya adalah Tangki Septik yang disempurnakan. Fungsi utama dari Tangki Imhoff ialah sebagai alat pemisah antara zat padat dengan cairan, sekaligus sebagai alat pengurai dari zat organik yang terdapat dalam lumpur yang sudah dipisahkan melalui proses anaerobik. Proses ini terjadi karena terdapat bakteri – bakteri yang bersifat anaerobik atau fakultatif anaerob dan prosesnya akan terjadi pada keadaan bebas oksigen. Pada proses ini zat – zat karbon, asam – asam organik, metan, protein serta zat lainnya yang mengandung sulfur akan terurai dan membentuk ammonia, asam amino, amides, indole, dan skatol. Sedangkan zat – zat yang mengandung sulfur akan terurai menjadi hydrogen sulfida serta bau tak sedap yang menjadi tanda dari kotoran manusia. Proses ini umumnya berlangsung lambat antara satu minggu hingga satu bulan, namun untuk daerah tropis biasanya waktu proses lumpur lebih pendek yakni satu hingga tujuh hari. Hasil dari pengolahan ini ialah terbentuknya zat berwarna gelap dan relatif tidak berbau yang disebut humus.

Detail konstruksi Tangki Imhoff menurut Garg (1979) yakni terdiri dari dua ruang berbentuk persegi. Tangki dibagi menjadi dua kompartemen (ruangan) yang diberi sekat. Kompartemen bagian (tengah) atas berfungsi sebagai ruang pengendap/sedimentasi (*settling compartment*) dimana limbah mengalir dengan kecepatan yang sangat lambat dan kompartemen bagian bawah berfungsi sebagai ruang pencernaan (*digestion compartment*) dimana lumpur akan dicerna dengan proses anaerobik. Bentuk Tangki Imhoff dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Proses pengolahan yang terjadi pada Tangki Imhoff dimulai dari ruang sedimentasi dimana lumpur tinja segar dialirkan sebagai influen pada unit ini. Selanjutnya, padatan yang terpisah akan mengendap pada bagian dasar ruang sedimentasi yang diberi bukaan (*opening*) sehingga padatan tersebut dapat langsung bergerak menuju ke ruang pencernaan.



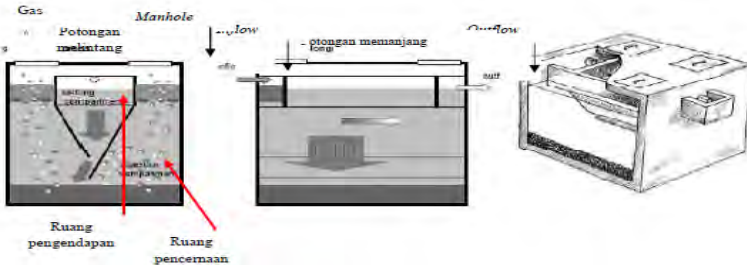
Proses yang terjadi pada Tangki Imhoff akan menghasilkan *scum* pada bagian permukaan tangki dan biogas dari proses pencernaan (*digestion*). Biogas yang terbentuk akan terkumpul pada pipa *vent* yang disediakan sehingga tidak mengganggu proses pengendapan pada ruang sedimentasi. Frasa cairan (*liquid fraction*) yang telah terpisah hanya tinggal selama beberapa jam saja di dalam Tangki Imhoff yang selanjutnya dialirkan menuju unit pengolahan berikutnya. Sementara itu, padatan yang terbentuk dan telah stabil akan tetap tinggal di dalam tangki selama beberapa tahun namun tetap memerlukan pengurusan secara berkala yang selanjutnya dapat dikeringkan pada unit pengering lumpur.



Gambar 2.3 Potongan Tangki Imhoff

Sumber: Kementerian PU, 2012

Adanya sekat mencegah padatan tersebut masuk kembali ke ruang sedimentasi. Pada ruang pencernaan, padatan akan terdekomposisi secara anaerobik (tanpa kehadiran oksigen) sehingga menjadi lebih stabil dalam waktu 2-4 jam. Mekanisme aliran proses yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme Aliran Proses Pengolahan Tangki Imhoff

Sumber: WSP-EAP, 2012

Kelebihan dari Tangki Imhoff:

1. Tidak membutuhkan tenaga operator yang terampil, Perawatan mudah dan murah
2. Dapat meremoval 70-80% solid dan meremoval 40–70% BOD, dan tak terdapat masalah untuk membuang lumpur seperti yang terdapat pada tangki sedimentasi pada umumnya.
3. Menyisihkan padatan dari lumpur tinja sebelum melewati jaringan perpipaan selanjutnya sehingga tidak hanya mengurangi potensi penyumbatan juga dapat membantu mengurangi dimensi pipa.
4. Tidak memerlukan pengolahan primer (*primary treatment*) pada pengolahan selanjutnya (*secondary treatment*).
5. Mampu bertahan terhadap aliran debit masuk yang sangat berfluktuasi (*resistant against shock loads*).

Kekurangan dari Tangki Imhoff:

1. Jika terdapat pasir atau batu yang besar yang sulir dicerna akan membuat kedalaman tangki jadi berkurang sehingga menjadi tidak ekonomis.
2. Jika tidak dioperasikan dan dirawat dengan baik, maka resiko penyumbatan pada pipa pengaliran. Pemeliharaan merupakan suatu keharusan.
3. Dapat menimbulkan bau yang tidak sedap jika penanganannya tidak sesuai
4. Operasi akan terganggu jika berada kalam kondisi asam yang tinggi
5. Tangki cenderung berbuih akibat busa yang naik ke atas permukaan tangki. Hal tersebut juga dapat memungkinkan adanya partikel lumpur memasuki ruang sedimentasi melewati slot dan tentu akan menghasilkan efluen dengan kualitas rendah.

### **2.7.3 Solids Separation Chamber (SSC) dan Drying Area (DA)**

Proses penyinaran dan pengeringan sinar matahari merupakan prinsip dari SSC dan DA. Prinsip kerja SSC dan DA, sebagai alternatif pengganti Tanki Imhoff, sangat sederhana karena hanya mengandalkan proses fisik untuk pemisahan



padatan dari cairan lumpurnya, serta proses sinar matahari untuk desinfeksi dan angin untuk proses pengurangan kelembaban atau pengeringan.

### **2.7.2.1 Solids Separation Chamber (SSC)**

Fungsi dari bangunan SSC untuk memisahkan fraksi padatan (TSS) dari fraksi cairan dalam lumpur tinja, secara fisik. Lumpur tinja yang dihamparkan secara merata di atas media SSC akan mengalami pemisahan, antara padatan di bagian bawah dan cairan di bagian atas. Disamping itu, sebagian cairan dapat terpisah dari lumpur tinja melalui proses perembasan media SSC sehingga kemudian dapat disalurkan bersama cairan yang telah dipisahkan di bagian atas lumpur tinja, untuk diolah bersama lebih lanjut dalam unit IPAL. Sementara padatan yang telah mengalami penirisan akan dikeringkan lebih lanjut di unit DA. Padatan yang terakumulasi ini pada dasarnya sudah cukup kering, karena dalam hal ini dipisahkan dalam waktu 5-10 hari tapi belum cukup kering untuk diaplikasikan untuk pembuangan lingkungan.

### **2.7.2.2 Drying Area (DA)**

Drying area, merupakan proses pengeringan padatan lumpur yang sudah setengah kering dan sekaligus proses desinfeksi mikroorganisma yang masih terkandung dalam lumpur melalui sinar matahari (ultra violet). Proses pengeringan ini pada dasarnya dihitung berdasarkan koefisien laju kematian mikroorganisma, yang apabila dihitung berada pada kisaran KD.

### **2.7.3 Oxidation Ditch (OD)**

Oxidation Ditch merupakan modifikasi dari proses *activated sludge*, dimana penanganan dan pengolahan sludge hampir dapat diabaikan karena buangan sludgenya hanya sedikit dan dapat dikeringkan tanpa menimbulkan bau. Keuntungan dari sistem ini adalah :

- a. Operasionalnya tergolong mudah
- b. Tahan terhadap dalam *shock loading*;
- c. Dapat diterapkan dalam removal nutrien;
- d. Mampu menghasilkan effluent yang sesuai dengan baku mutu
- e. Produksi biosolids terbatas

Secara umum oxidation ditch dioperasikan berdasarkan extended aeration process, dimana operasi berlangsung pada F/M rasio rendah dan ditandai pula dengan waktu aerasi yang lama. Akibat dari F/M rasio yang rendah maka terjadi proses *endogeneous respiration* yang menyebabkan excess sludge berkurang dan relatif stabil.

Oxidation ditch dapat digambarkan sebagai plug-flow sistem, yang dalam operasinya kemungkinan dapat menjadi complete mixed. Pada oxidation ditch ini terdapat tingkat kandungan oksigen (OD gradien) yang diantaranya akan menciptakan zona anoksik yang dapat menjadi tempat berlangsungnya denitrifikasi. Berdasarkan DO levelnya, sebuah *Oxidation Ditch* terdiri dari beberapa zona, yaitu zona anoksik, zona aerobik, yang kemudian kembali lagi seperti semula. Bangunan *Oxidation Ditch* selalu diikuti dengan Bak Pengendap II (*Clarifier*) dan saling berkaitan satu sama lain dalam desain maupun perhitungan (Metcalf dan Eddy, 2014).

## **2.7.4 Kolam Stabilisasi atau *Waste Stabilization Pond***

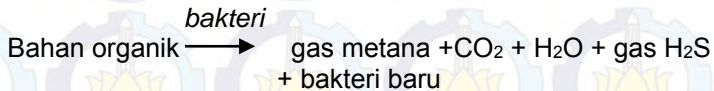
Terdapat tiga tahapan proses dalam menempuh stabilisasi air limbah, yakni dengan melalui Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi atau pematangan. Ketiga kolam ini harus dipasang secara seri untuk mendapatkan hasil efluen yang baik sehingga dapat memenuhi baku mutu efluen yang telah ditetapkan. Unit pengolahan ini merupakan serangkaian unit yang membutuhkan lahan besar.

### **2.7.4.1 Kolam Anaerobik**

Kolam Anaerobik berfungsi untuk menguraikan kandungan zat organik (BOD) dan padatan tersuspensi (SS) dengan cara anaerobik atau keadaan tanpa oksigen. Benefield dan Randall (1980) menyatakan bahwa kolam dapat dikondisikan menjadi anaerobik dengan cara menambahkan beban BOD yang melebihi kemampuan fotosintesis secara alami dalam memproduksi oksigen. Kolam ini dibuat dengan kedalaman yang tinggi dengan harapan kondisi anaerob benar-benar terjadi karena dengan kedalaman kolam yang tinggi dan timbulnya *scum* (busa) dipermukaan kolam memungkinkan tumbuhan alga tidak



dapat hidup di kolam ini agar tidak ada oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO = 0). Pada Kolam Anaerobik terjadi proses sebagai berikut.



Proses fotosintesis yang terjadi di dalam kolam dapat diperlambat dengan mengurangi luas permukaan dan menambah kedalaman kolam. Kolam Anaerobik biasanya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) dan sesuai untuk air limbah dengan konsentrasi BOD yang tinggi (*high strength wastewater*). Oleh karena itu, Kolam Anaerobik diletakkan sebelum Kolam Fakultatif dan berfungsi sebagai pengolahan awal/pendahuluan. Selain itu, reaksi penguraian (*degradasi*) yang terjadi di dalam Kolam Anaerobik lebih cepat terjadi pada wilayah dengan temperatur yang panas/hangat. Kolam Anaerobik sesuai bila diaplikasikan di Indonesia mengingat Indonesia memiliki temperatur yang hangat dan relatif konstan sepanjang tahun.

Lumpur tinja tergolong *high-strenght wastewater* dengan konsentrasi BOD minimal 1.500 mg/L sesuai jika diolah dengan menggunakan Kolam Anaerobik. Penurunan konsentrasi material organik terjadi seiring dengan meningkatnya aktivitas mikroba saat memproduksi gas (biogas) dan lumpur. Produksi biogas dapat terlihat dengan adanya gelembung-gelembung udara pada bagian permukaan kolam. Kondisi kolam yang hangat, pH normal tanpa oksigen, maka jenis mikroba yang dominan adalah mikroba pembentuk methane. Gambar potongan Kolam Anaerobik dapat dilihat pada Gambar 2.5. Lumpur yang terbentuk merupakan hasil dari pemisahan padatan yang terlarut di dalam influen yang kemudian akan mengendap pada bagian dasar kolam. Selanjutnya, material organik yang masih tersisa akan diuraikan/didegradasi lebih lanjut pada pengolahan selanjutnya. Lumpur hanya dihasilkan pada Kolam Anaerobik saja, jadi lumpur tidak terbentuk pada unit kolam yang selanjutnya seperti Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi.





Gambar 2.5 Potongan Kolam Anaerobik

Kelebihan dari Kolam Anaerobik

1. Dapat membantu memperkecil dimensi/ukuran Kolam Fakultatif dan maturasi
2. Dapat mengurangi penumpukan lumpur pada unit pengolahan berikutnya
3. Biaya operasional murah
4. Mampu menerima limbah dengan konsentrasi yang tinggi

Kekurangan dari Kolam Anaerobik

1. Menimbulkan bau yang dapat mengganggu
2. Proses degradasi berjalan lambat
3. Memerlukan lahan yang luas

### 2.7.5.2 Kolam Fakultatif

Kolam Fakultatif berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik yang ada di dalam limbah yang telah diolah pada Kolam Anaerobik. Proses yang terjadi pada kolam ini adalah campuran antara proses anaerob dan aerob. Secara umum Kolam Fakultatif terstratifikasi menjadi tiga zona atau lapisan yang memiliki kondisi dan proses degradasi yang berbeda. Oksigen yang berlimpah berasal dari udara pada permukaan kolam, proses fotosintesis algae dan adanya agitasi atau pengadukan akibat tiupan angin. Zona aerobik juga berfungsi sebagai penghalang bau hasil produksi gas dari aktivitas mikroba pada zona dibawahnya.

Zona tengah kolam disebut dengan zona fakultatif atau zona aerobik-anaerobik. Pada zona ini, kondisi aerob dan

anaerob ditemukan bergelut pada jenis mikroba yang tumbuh. Dan zona paling bawah disebut dengan zona aerobik dimana oksigen sudah tidak ditemukan lagi. Pada zona ini ditemukan lapisan lumpur yang terbentuk dari padatan yang terpisahkan dan mengendap pada dasar kolam. Proses degradasi material organik dilakukan oleh bakteri dan organisme mikroskopis (protozoa, cacing dan lain sebagainya).

Pada kondisi aerob, material organik akan diubah oleh mikroba (bakteri) menjadi karbon dioksida, amonia, dan fosfat. Selanjutnya, fosfat akan digunakan oleh algae sebagai sumber nutrisi sehingga terjadi simbiosis yang saling menguntungkan. Sementara itu, pada kondisi anaerob, materi organik akan diubah menjadi gas seperti methane, hidrogen sulfida, dan amonia serta lumpur sebagai produk sisa. Gas yang dihasilkan oleh mikroba anaerob selanjutnya digunakan oleh mikroba aerob dan algae yang berada pada zona di atasnya. Gambaran proses yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 23 di bawah ini.

Lumpur yang terbentuk sangat kaya akan mikroba anaerob yang akan terus mencerna (*digest*) dan memperlambat proses pengendapan lumpur ke dasar kolam. Lumpur yang mengendap harus dikuras secara periodik bergantung pada iklim, disain kolam dan program pemeliharaan yang dijalankan. Namun sebagai patokan umum, periode pengurasan dilakukan antara 5-10 tahun.

#### Kelebihan Kolam Fakultatif

1. Sangat efektif menurunkan jumlah atau konsentrasi bakteri patogen hingga (60-99)%
2. Mampu menghadapi beban yang berfluktuasi
3. Operasi dan perawatan mudah sehingga tidak memerlukan keahlian tinggi
4. Biaya operasi dan perawatan murah

#### Kelemahan Kolam Fakultatif

1. Kolam Fakultatif ini memerlukan luas lahan yang besar
2. Waktu tinggal yang lama, bahkan beberapa literatur menyarankan waktu tinggal antara (20- 150) hari



3. Jika tidak dirawat dengan baik, maka kolam dapat menjadi sarang bagi serangga seperti nyamuk
4. Berpotensi mengeluarkan bau
5. Memerlukan pengolahan lanjutan terutama akibat pertumbuhan algae pada kolam

Di dalam sistem Kolam Fakultatif, air limbah berada pada kondisi aerobik dan anaerobik pada waktu yang bersamaan. Zona aerobik terdapat pada lapisan atas atau permukaan sedangkan zona anaerobik berada pada lapisan bawah atau dasar kolam. Waktu tinggal di dalam Kolam Fakultatif 6-10 hari.

### **2.7.5.3 Kolam Maturasi**

Kolam Maturasi digunakan untuk mengolah air limbah yang berasal dari Kolam Fakultatif dan biasanya disebut sebagai kolam pematangan. Kolam ini merupakan rangkaian akhir dari proses pengolahan aerobik air limbah sehingga dapat menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi (SS) dan BOD yang masih tersisa didalamnya. Fungsi utama Kolam Maturasi adalah untuk menghilangkan mikroba patogen yang berada di dalam limbah melalui perubahan kondisi yang berlangsung dengan cepat serta pH yang tinggi. Proses degradasi terjadi secara aerobik melalui kerjasama antara mikroba aerobik dan algae. Alga melakukan fotosintesis membantu meningkatkan konsentrasi oksigen di dalam air olahan yang digunakan oleh mikroba aerob.

Kolam Maturasi dirancang untuk mengolah limbah (*septage*) dengan konsentrasi organik yang sudah jauh lebih rendah dibandingkan konsentrasi limbah awal saat masuk IPLT. Pada umumnya Kolam Maturasi terdiri dari dua kolam yang disusun seri. Jumlah dan ukuran kolam bergantung pada kualitas *effluent* yang diinginkan. Dinding kolam diberi perkerasan selain untuk memperkuat juga untuk mencegah/menghindari terjadinya rembesan ke samping atau arah horisontal dinding kolam.

Kelebihan

1. Biaya operasi rendah karena tidak menggunakan aerator
2. Mampu menyisahkan nitrogen hingga 80% dan amonia hingga 95%
3. Mampu menyisahkan mikroba patogen



Kelemahan

1. Hanya mampu menyisihkan BOD dalam konsentrasi yang kecil

### **2.7.6 Bak Pengendap II**

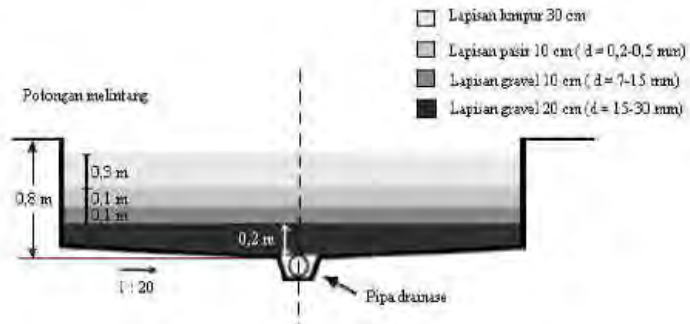
*Secondary clarifier* (bak pengendap II) berfungsi untuk memisahkan lumpur aktif dari MLSS. Lumpur yang mengandung mikroorganisme (bakteri) yang masih aktif akan diresirkulasi kembali ke *activated sludge* (tangki aerasi) dan sludge yang mengandung mikroorganisme yang sudah mati atau tidak aktif lagi dalirkan ke pengolahan lumpur. Langkah ini merupakan langkah akhir untuk menghasilkan efluen yang stabil dengan konsentrasi BOD dan SS yang rendah. Dengan adanya volume yang besar dari solid yang menggumpal dalam MLSS, maka diperlukan pertimbangan khusus untuk mendesain bak pengendap kedua.

Prinsip operasi yang berlangsung di dalam *secondary clarifier* ini adalah pemisahan dari suatu suspensi ke dalam fase-fase padat (*sludge*) dan cair dari komponen-komponennya. Operasi ini dipakai dimana cairan yang mengandung zat padat ditempatkan dalam suatu bak tenang dengan desain tertentu sehingga akan terjadi pengendapan secara gravitasi (Metcalf dan Eddy, 2014)

### **Unit Pengering Lumpur**

#### **2.7.7 Bak pengering lumpur atau *Sludge Drying Bed* (SDB)**

Unit pengering lumpur berfungsi untuk menampung endapan lumpur dari unit pengolahan biologis. Lumpur selanjutnya dikeringkan secara alami dengan bantuan sinar matahari dan angin untuk mengeringkan dan mengurangi kadar air pada lumpur. Lumpur yang sudah kering dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk kompos. Lumpur diangkat dan diletakkan di atas lapisan pasir sehingga cairan akan turun ke pasir dibawahnya. Pasir berfungsi sebagai media penyaring untuk memisahkan cairan dan padatan pada lumpur. Supernatan (cairan yang tertelah terpisah dari padatan) hasil proses pengeringan lumpur ditampung pada saluran drainase yang berada di bawah bak pengering untuk diresirkulasi menuju ke bak ekualisasi sebagai bahan pengencer. Potongan bak pengering lumpur atau SDB dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Potongan Bak Pengering Lumpur

#### Kelebihan

1. Biaya investasi pembangunan bak/unit dan operasional murah
2. Tidak memerlukan listrik karena proses pengeringan lumpur berjalan secara alami dengan
3. menggunakan sinar matahari

#### Kelemahan

1. Memerlukan lahan yang luas mengingat lapisan lumpur yang diaplikasikan tidak boleh tebal (maksimum 20 cm) untuk mempercepat proses pengeringan
2. Membutuhkan waktu detensi yang lama
3. Berpotensi menjadi sarang bagi serangga
4. Mengeluarkan bau

## 2.8 Perencanaan Pembangunan IPLT

### 2.8.1 Kebutuhan dan pengumpulan data dalam perencanaan IPLT

Perencanaan IPLT yang baik memerlukan data yang baik pula. Jenis data yang dibutuhkan tidak hanya data sekunder tetapi juga data primer. Proses pengumpulan data pada dasarnya tidak mudah terutama pada daerah-daerah yang sistem pencatatan dan pelaporannya belum berjalan dengan baik. Secara umum, data yang diperlukan untuk perencanaan IPLT diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Peta wilayah yang dilengkapi dengan data topografi
- b. Data sosial dan ekonomi

- c. Data geologi, hidrologi dan hidrogeologi seperti:
- Jenis tanah (pasir, lempung, lanau) dan angka permeabilitas di lokasi IPLT.
  - Sungai atau badan air yang dipakai sebagai pembuangan akhir air efluen IPLT yang dapat menunjukkan letak, debit dan kualitas air.
  - Jarak antara kegiatan lain dengan IPLT dan pemanfaatannya terkait dengan penyelenggaraan penyediaan air bersih/minum.
  - Elevasi muka air tanah dan arah alirannya Penggunaan air tanah bagi penduduk di sekitar lokasi IPLT.
- d. Data lainnya yang relevan dengan perencanaan IPLT

### **2.8.2 Penentuan daerah pelayanan IPLT**

Perencanaan IPLT sangat bergantung pada penentuan rencana daerah pelayanan IPLT. Untuk itu perlu dilakukan pengumpulan data dan kajian terhadap rencana induk sistem penanganan air limbah yang ada di daerah yang bersangkutan serta data lainnya seperti yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. IPLT pada dasarnya hanya akan menerima lumpur tinja yang berasal dari tangki septik saja bukan campuran lumpur tinja dengan air limbah industri, rumah sakit ataupun limbah laboratorium. Dalam menentukan wilayah/daerah layanan, perlu ditetapkan target pelayanan IPLT. Umumnya target tersebut berupa persentasi dari jumlah penduduk kota yang akan dilayani oleh sarana IPLT misalnya target pelayanan ditetapkan 60% dari jumlah penduduk daerah tersebut (Departemen PU, 2012). Rencana induk (*master plan*) air limbah dan target pelayanan IPLT digunakan sebagai data bagi perencanaan dalam membuat peta rencana daerah pelayanan sarana IPLT yang akan dibangun.

### **2.8.3 Penentuan lokasi IPLT**

Setelah daerah pelayanan ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan lokasi IPLT yang akan dibangun. Beberapa aspek penting dalam menentukan lokasi IPLT diantaranya:

- a. Efisiensi dan efektifitas sistem IPLT (investasi, operasi dan pemeliharaan).



- b. Kemudahan transportasi lumpur tinja dari daerah layanan ke lokasi IPLT.
- c. Aman terhadap lingkungan disekitarnya (banjir, gempa bumi, resiko polusi, gunung merapi).
- d. Dapat dikembangkan pada waktu yang akan datang seiring dengan berkembangnya kota atau daerah layanan

#### 2.8.4 Penentuan kapasitas IPLT

Kapasitas IPLT ditentukan dengan menghitung jumlah sarana sanitasi setempat yang berada di daerah pelayanan. Bila data jumlah sanitasi setempat sulit didapat atau diinventarisasi, maka dapat digunakan pendekatan (50-60)% dari jumlah penduduk yang ada di dalam daerah layanan yang memiliki sanitasi setempat. Perhitungan kapasitas IPLT memerlukan informasi perkiraan jumlah penghuni atau pengguna sistem setempat dan periode pengurusan lumpur dari sistem setempat tersebut. Tahun perencanaan pada IPLT sangat mempengaruhi kapasitas desain dari IPLT. Tahun perencanaan berpengaruh terhadap jumlah penduduk terlayani pada akhir tahun perencanaan berkisar dari 5-10 tan. Tahapan yang dimaksud disini ialah tahun dan bisa dalam tahapan pembangunan dan pelayanan, namun biasanya perencana merencanakan pembangunan hanya sekali. Hal tersebut dilakukan mempercepat waktu proyek pembangunan dan biaya investasi cukup keluar satu kali saja. Kapasitas (debit) IPLT dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-1)

$$\begin{aligned} V &= (\%_{\text{pelayanan}} \times P \times Q) / 1000 \\ P &= (V \times 1000) : (\%_{\text{pelayanan}} \times Q) \end{aligned} \quad (2-1)$$

Keterangan:

V = Debit total (kapasitas) yang akan masuk ke IPLT (m<sup>3</sup>)

P = Jumlah penduduk yang dilayani pada akhir periode desain (orang)

Q = Debit lumpur tinja dalam L/hari atau dibagi dengan 1.000 untuk konversi menjadi m<sup>3</sup>/hari adalah jumlah lumpur yang akan masuk dan diolah di IPLT setiap harinya. (0,5 L/orang.hari)

% = Persentasi pelayanan dapat menggunakan pendekatan (50-60)%

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Air Limbah

Air limbah adalah air buangan yang berasal dari rumah tangga termasuk tinja manusia dari lingkungan permukiman (PP no. 16 Tahun 2005). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 yang dimaksud dengan air limbah domestik yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik terdiri dari *grey* adalah air limbah *water* (air bekas cucian, dapur, dan mandi) dan *black water* (tinja, urin, dan air pembilasan). Air limbah ini jika tidak diolah dan langsung dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan terjadinya pencemaran sungai, turunnya derajat kesehatan, dan meningkatnya biaya pengolahan air minum.

Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri dari tinja, air kemih, dan air buangan limbah lain (kamar mandi, dapur, cucian) yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat yang ada terbagi atas lebih kurang 70% zat organik (terutama protein; karbohidrat; dan lemak) dan sisanya 30% zat organik terutama pasir, garam-garam dan logam. (Kusnoputranto, 1997).

Dari definisi air limbah dari beberapa sumber diatas, dapat disimpulkan bahwa air limbah ialah cairan yang terdapat di dalam saluran air buangan. Air limbah yang dimaksud dalam bahasan kali ini ialah air limbah yang berasal dari limbah tinja manusia yang terkumpul di Tangki Septik.

### 2.2 Lumpur Tinja

#### 2.2.1 Definisi lumpur tinja

Lumpur tinja (*septage*) adalah kumpulan lumpur, busa, cairan yang disedot dari sistem pengolahan secara *on-site individual* yang didapat selama proses pengosongan lumpur tinja (Metcalf dan Eddy, 1991). Berdasarkan Petunjuk Teknis Tata Cara Pembangunan IPLT (Departemen PU, 1999), Lumpur tinja adalah endapan lumpur yang berasal dari bangunan pengolah air limbah

rumah tangga. Sedangkan pengertian lumpur tinja Berdasarkan



Petunjuk Teknis Tata Cara Perencanaan IPLT (Departemen PU, 1999) ialah seluruh isi Tangki Septik, cubluk tunggal atau endapan lumpur dari underflow unit pengolah air limbah lainnya yang pembersihannya dilakukan dengan mobil.

Tinja terdiri dari sejumlah beras pasir dan minyak yang memiliki sifat diantaranya adalah bau yang sangat tajam, menghasilkan busa jika diasuk, kandungan zat padat dan zat organik yang tinggi, sukar mengendap dan sukar dipisahkan cairannya. Lumpur tinja merupakan hasil proses penguraian tinja manusia ke dalam tanki septik. Kebanyakan, tinja telah mengalami pengolahan secara alamiah di dalam Tangki Septik. Proses pengolahan utama yang terjadi dalam tanki septik adalah sebagai berikut: (Polprasert dan Rajput, 1982).

- a. Penyisihan padatan tersuspensi
- b. Pencernaan lumpur dan scum
- c. Stabilisasi cairan dan pertumbuhan mikroorganisme

### **2.2.2 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)**

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja yang selanjutnya akan disebut sebagai IPLT adalah instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang berasal dari sistem setempat yang diangkut melalui sarana pengangkut lumpur tinja (Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014). Lumpur akan diolah menjadi lumpur kering yang disebut dengan *cake* dan air olahan/efluen yang sudah aman dibuang ataupun dimanfaatkan kembali. Lumpur kering dapat dimanfaatkan menjadi pupuk dan air efluen dapat digunakan untuk keperluan irigasi.

### **2.2.3 Komposisi lumpur tinja**

Sesuai dengan sumber asanya, maka lumpur tinja mempunyai komposisi yang berbeda di setiap saatnya. Buangan tubuh manusia yang berupa tinja dan urin memiliki fraksi organik yang sangat tinggi, antara lain: karbohidrat, protein, dan lemak. Air limbah yang berasal dari Tangki Septik terdiri dari kotoran – kotoran yang sebagian besar berbentuk larutan dan zat padat tersuspensi yang mengandung bahan – bahan organik, yaitu tinja dan urin. Komposisi tinja dan urin manusia terdapat pada Tabel 2.1 hingga Tabel 2.3.



Tabel 2.1 Komposisi Tinja dan Urin Manusia

<b>Jenis Zat Organik</b>	<b>Tinja</b>	<b>Urin</b>
Kuantitas: basah (g/orang/hari)	135 – 270	1.000 – 1.300
Kuantitas: padatan kering (g/orang /hari)	35 – 70	50 -70

Sumber: Mara (2004)

Tabel 2.2. Komposisi Tinja Manusia

<b>Komponen (dari berat kering)</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Air	66-88
Bahan Organik	88-97
Nitrogen	5,7-7,0
Fosfor (sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,5-5,4
Potassium (sebagai K <sub>2</sub> O)	1,0-2,5
Karbon	40-55
Kalsium (sebagai CaO)	4-5
Rasio C/N	5-10

Sumber : Arifin, 2009

Tabel 2.3 Komposisi Urin Manusia

<b>Komponen (dari berat kering)</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Air	93-56
Bahan organik	65-85
Nitrogen	15-19
Fosfor (sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2,5-5
Potassium (sebagai K <sub>2</sub> O)	3,0-4,5
Karbon	11-17
Kalsium (sebagai CaO)	4,5-6

Sumber : Soeparman dan Suparmin, 2001

#### **2.2.4 Karakteristik dan kuantitas lumpur tinja**

Karakteristik lumpur tinja sangat bervariasi, tergantung dari masukan suatu Tangki Septik dan lamanya lumpur tinja tersebut di dalam Tangki Septik. Karakteristik lumpur tinja yang bervariasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jumlah pemakai, kebiasaan makan dan minum pemakai, sumber lumpur tinja (Tangki Septik/johkasu/cubluk), desain dan ukuran Tangki Septik, kondisi cuaca iklim, frekuensi penyedotan pengurasan lumpur tinja, serta adanya infiltrasi air hujan atau air

tanah. Pengetahuan tentang karakteristik lumpur tinja sangat diperlukan untuk menentukan metode dan jenis sarana pengolahan yang akan digunakan (Mangkono, 2002). Karakteristik limbah lumpur tinja di Indonesia belum ada nilai tipikal nya. Beberapa IPLT di Indonesia yang telah dievaluasi pada penelitian terdahulu telah dianalisis karakteristik nya yang terdapat pada Tabel 2.4. Tipikal data dari karakteristik lumpur tinja terdapat berdasarkan literatur terdapat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Karakteristik Limbah Lumpur Tinja pada Beberapa Sumber di Indonesia

Parameter	Satuan	Sumber	
		IPLT Degayu <sup>a)</sup>	IPLT Grobogan <sup>b)</sup>
pH		7,40/28	7,66
BOD	mg/L	3.560,22	2890,13
COD	mg/L	9.579,66	5350,35
TSS	mg/L	13.089,20	6780,60
Total Coliform	100 mL	2,6x10 <sup>8</sup>	7,7x10 <sup>7</sup>

Sumber: <sup>a)</sup>Wardana dan Karunia, 2009

<sup>b)</sup>Purwono dkk, 2011

Tabel 2.5 Tipikal Konstituen Lumpur Tinja dan Air Limbah Domestik

Konstituen	Konstituen (mg/L)	
	Range	Tipikal
BOD <sub>5</sub>	2.000 – 30.000	6.000
COD	5.000 – 80.000	30.000
TS	5.000 – 100.000	40.000
SS	4.000 – 100.000	15.000
VSS	1.200 – 14.000	7.000
TKN sebagai N	100 – 1.600	700
NH <sub>3</sub>	100 – 800	400
Total phospat	50 – 800	250
Logam berat	100 – 1.000	300

Sumber: Metcalf dan Eddy, 1991

### 2.3 Sanitasi di Indonesia

Ketersediaan sanitasi di Indonesia cukup memperhatikan. Kementerian Kesehatan melansir sebanyak 7% penduduk Indonesia belum mendapatkan akses sanitasi dengan baik. Tabel 2.6 menunjukkan kondisi sanitasi perkotaan di Indonesia.

Tabel 2.6 Kondisi Akses Sanitasi Perkotaan

<b>Akses Sanitasi Perkotaan</b>	<b>Tahun 1990</b>	<b>Tahun 2011</b>
Layak	56%	73%
Bersama	8%	10%
Tidak layak	17%	3%
<i>Open defecation</i>	19%	14%
Total	100%	100%

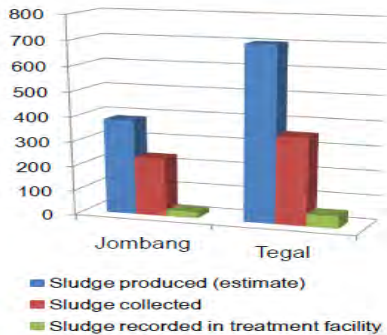
Sumber: IUWASH, 2013

Lebih dari 90% masyarakat Indonesia menggunakan sistem air limbah individual atau toilet, tapi belum semuanya dikelola dengan benar, banyak yang belum dilengkapi Tangki Septik sehingga lumpur tinja langsung dibuang ke badan air. Jika ada Tangki Septik pun ada yang jarang atau sama sekali tidak disedot sehingga menjadi penerus air limbah yang kemudian meresap dalam tanah dan mengkontaminasinya (Kementerian PU, 2012). Menurut Sjukrul Amin, Direktur Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman (PPLP), Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum (PU), saat membuka Sosialisasi Pengelolaan Lumpur Tinja, di Ruang Serba Guna Gedung Sumber Daya Air, Kementerian PU, mayoritas warga telah memiliki toilet pribadi, namun masih banyak yang belum dikelola dengan benar. Mayoritas rumah tangga dan fasilitas bisnis di daerah perkotaan di Indonesia menggunakan Tangki Septik untuk pembuangan air limbahnya. Walaupun akses terhadap sanitasi yang layak di daerah perkotaan Indonesia telah mencapai sekitar 73% pada tahun 2010, hal ini hanya berdasarkan pada ketersediaan akses sanitasi dasar seperti yang didefinisikan oleh World Health Organization (WHO) Joint Monitoring Program (JMP) dan belum menjamin tersedianya sistem pengumpulan dan pembuangan air limbah dan lumpur tinja yang aman. Hanya sekitar 1% air limbah dan 4% lumpur tinja yang dikumpulkan dan diolah secara aman (Australian AID, 2013).

Lumpur tinja yang tersimpan di Tangki Septik haruslah disedot secara rutin. Pengelolaan lumpur tinja di Indonesia masih kurang teratur. Kemungkinan masyarakat melakukan penyedotan lumpur tinja ada, tapi dibuangnya biasanya di badan sungai. Kurangnya pengetahuan tentang Tangki Septik yang standar, melakukan pengurusan hanya ketika WC tersumbat, kurangnya



pengetahuan masyarakat pentingnya pengurusan Tangki septik secara rutin, dan masih kurangnya kerjasama dari pihak swasta dengan pemerintah daerah merupakan penyebab dari tidak teraturnya penyaluran lumpur tinja oleh masyarakat (Mursito, 2013). Keberadaan jumlah lumpur pada Kota Jombang dan Kota Jember sebagai contoh kasus terdapat pada Gambar 2.1. Data IPLT di Indonesia terdapat pada lampiran.



Gambar 2.1 Perbandingan Pengelolaan Lumpur

Sumber: IUWASH, 2013

## 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu merupakan suatu patokan/standar yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum beberapa parameter tertentu yang terkandung dalam air limbah sebelum dibuang ke badan penerima, agar tetap masuk dalam daya tampung badan penerima sehingga dinilai tidak mencemari badan penerima tersebut. Baku mutu yang digunakan sebagai baku mutu efluen IPLT adalah baku mutu air limbah domestik, karena untuk limbah perumahan dapat dikategorikan dalam limbah sejenis domestik. Baku mutu air limbah yang digunakan terdapat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Baku Mutu Efluen IPLT

Parameter	Satuan	Kadar Maks	Sumber Baku Mutu
pH	mg/L	6 – 9	KepMen LH No. 112 Tahun 2003
BOD	mg/L	100	KepMen LH No. 112 Tahun 2003
TSS	mg/L	100	KepMen LH No. 112 Tahun 2003

Sumber: KepMen LH No. 112 Tahun 2003

## 2.5 Sistem Pengolahan Lumpur Tinja

Tangki Septik dan cubluk merupakan sistem sanitasi setempat, dimana pada pengolahan lumpur tinja kota dari pengolahan setempat ini akan dibawa menuju sistem pengolahan terpusat. Tangki Septik ialah bangunan. Sarana pembuangan individual seperti Tangki Septik, memerlukan pemeliharaan berupa pengurasan pada interval yang teratur, biasanya tiap 1-5 tahun. Hal ini disebabkan karena meskipun padatan yang terendap dan terdekomposisi, beberapa bagian akan terakumulasi (Mara, 2004).

Sistem sanitasi terpusat yang dimaksud disini ialah Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). Pengolahan lumpur tinja dilakukan dengan tujuan utama, yaitu :

1. Menurunkan kandungan zat organik dari dalam lumpur tinja.
2. Menghilangkan atau menurunkan kandungan mikroorganisme patogen (bakteri, virus, jamur dan lain sebagainya)

IPLT merupakan bagian dari unsur/komponen sistem setempat (on site) atau sistem terdesentralisasi (*decentralized sistem*) yang dikembangkan untuk menggantikan pendekatan sistem konvensional dan/atau sistem terpusat (*centralized sistem*) yang dinilai kurang berhasil mengatasi masalah pencemaran air di daerah perkotaan (Bakir, 2001; Kootatep dkk, 2003; Parkinson dan Talyer, 2003).

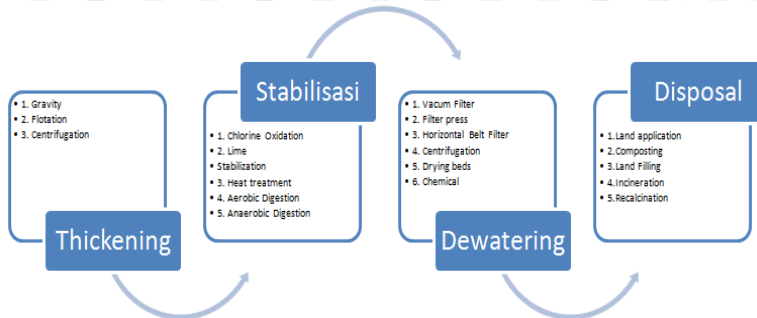
Pengolahan lumpur tinja di IPLT tersebut merupakan pengolahan lanjutan karena lumpur tinja yang telah diolah di Tangki Septik, belum layak dibuang ke media lingkungan. Bahan baku IPLT adalah lumpur tinja yang terakumulasi di cubluk dan Tangki Septik yang secara reguler dikuras atau dikosongkan kemudian diangkut ke IPLT dengan menggunakan truk tinja.

## 2.6 Konsep Umum Pengolahan Lumpur

Produk akhir dari pengolahan air minum dan air limbah ialah air efluen dan lumpur (Fair dkk, 1968). Secara umum, proses pengolahan lumpur dan metode pembuangan akhir meliputi *thickening*, stabilisasi, *conditioning* atau *dewatering*, dan pembuangan akhir (Qasim, 1985). Gambar 2.2 menyajikan diagram alir pengolahan lumpur dan alternatif unit operasinya.

### 2.6.1 Proses *thickening* (pemekatan)

Kondisi lumpur awal mengandung air yang sangat banyak. Thickening adalah proses yang dilakukan untuk mengurangi volume lumpur sekaligus meningkatkan konsentrasi padatan di dalam lumpur. Proses pengentalan (*thickening*) lumpur membutuhkan kapasitas tangki yang cukup kecil, dosis bahan kimia untuk menstabilkan lumpur, perpipaan yang lebih kecil, dan peralatan pompa untuk membawa lumpur. Proses ini dapat dilakukan menggunakan peralatan antara lain gravity thickener, gravity belt thickener, rotary drum, separator, centrifuge, dan flotator (Qasim, 1985)



Gambar 2.2 Diagram Alir Pengolahan Lumpur dan Unit Operasinya  
Sumber: Qasim, 1985

### 2.6.2 Proses stabilisasi

Tujuan utama dari proses stabilisasi ialah untuk mengurangi kandungan bakteri pathogen, menghilangkan bau, dan menghindari, mengurangi, atau menghilangkan potensi pembusukan. Kunci sukses untuk mencapai tujuan dari proses stabilisasi ialah berhubungan dengan efektivitas dari operasi stabilisasi atau proses penguapan atau fraksi organik lumpur. Stabilisasi tidak digunakan pada semua bangunan pengolahan air limbah, tetapi digunakan untuk bangunan pengolahan yang lengkap dengan berbagai ukuran. Stabilisasi dapat mereduksi volume, produksi gas yang dapat didaur ulang (gas metana), dan meningkatkan kemampuan menghilangkan air (Metcalf dan Eddy, 2014).



### **2.6.3 Proses *conditioning* dan *dewatering***

Proses *conditioning* lumpur dibutuhkan untuk destabilisasi suspensi lumpur. Proses *dewatering* pada lumpur dibutuhkan untuk menghilangkan kelembaban lumpur, maka lumpur kering dapat dipindahkan ke truk dan juga dapat dikomposkan atau ditimbun di pembuangan akhir atau diinsenerasi. Partikel padat pada lumpur kota sangat baik, terhidrasi, dan membawa kandungan elektrostatis. Proses *dewatering* meliputi pengolahan fisika atau kimia dari lumpur untuk meningkatkan removal nya. Terdapat beberapa teknik proses *dewatering* lumpur yang sudah sering digunakan. Pemilihan teknik pengolahan ini bergantung pada beberapa faktor, yakni karakteristik lumpur nya, lahan yang tersedia, dan kelembaban dari lumpur kering yang dibutuhkan untuk pembuangan akhir. Sistem pengolahan yang dapat dipilih ketika tersedia lahan yang luas jumlah lumpur nya sedikit ialah *drying beds* dan *drying lagoons*, sedangkan ketika luas lahan yang tersedia kecil digunakan mekanikal *dewatering* yang meliputi *centrifugal dewatering*, *vacuum filter*, *filter press*, dan *horizontal belt filter* (Qasim, 1985).

### **2.6.4 Proses pembuangan akhir**

Pembuangan akhir lumpur yang seharusnya meliputi proses konversi (insenerasi, *wet oxidation*, pirolisis, komposting, dan lain – lain) dan lahan pembuangan akhir. Pembuangan akhir lumpur yang aman pada pemukiman antara lain ialah penyaringan, pasir, dan penyaring busa. Kedua proses pembuangan akhir, proses konversi dan lahan pembuangan akhir harus melalui proses pengolahan lumpur sebelumnya, yakni *thickening*, stabilisasi, *conditioning* atau *dewatering* (Qasim, 1985).

### **2.7 Teknologi Pengolahan Lumpur Tinja**

Pengolahan lumpur tinja pada IPLT dibuat untuk dapat menstabilkan senyawa organik dan meningkatkan padatan yang terkandung dalam lumpur tinja sampai memenuhi persyaratan untuk dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan untuk kepentingan tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut, IPLT harus memenuhi seluruh komponen utama yang harus ada yakni

unit pengumpul, unit penyaringan, unit pemisah partikel diskrit, unit pemekatan, unit stabilisasi, dan unit pengering lumpur.

Unit Pengumpul untuk mengumpulkan lumpur tinja dari truk tangki penyedot lumpur tinja sebelum masuk ke sistem pengolahan. Unit penyaringan untuk memisahkan atau menyaring benda-benda kasar didalam lumpur tinja. Pemisahan atau penyaringan dapat dilakukan dengan menggunakan *bar screen* manual atau mekanik. Unit pemisahan partikel diskrit: Untuk memisahkan partikel diskrit agar tidak mengganggu proses selanjutnya. Unit pemekatan untuk memisahkan padatan dengan cairan yang dikandung lumpur tinja, sehingga konsentrasi padatannya akan meningkat atau menjadi lebih kental/pekat. Unit stabilisasi untuk menurunkan kandungan organik dari lumpur tinja, baik secara anaerobik maupun aerobik dengan menggunakan sistem pengolahan biologis seperti pada pengolahan air limbah. Unit pengeringan lumpur untuk menurunkan kandungan air dari lumpur hasil olahan, baik dengan mengandalkan proses penguapan atau proses mekanis (Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014). Pada IPLT saat ini standarnya adalah terdapat unit pengumpul, unit pemekatan dan unit stabilisasi.

## **Unit Pengumpul**

### **2.7.1 Bak penampung lumpur**

Bak ini berfungsi untuk menerima lumpur dari Tangki Septik yang datang dari truk tinja. Menurut Metcalf dan Eddy (1991), Bak ekualisasi digunakan untuk mencegah agar aliran dalam proses pengolahan air tidak berfluktuasi. Bak ini dapat digunakan bila pipa ujung saluran air buangan tidak terlalu dalam. Apabila terlalu dalam, maka harus dibuat sumur pengumpul terlebih dahulu sebelum masuk ke bak ekualisasi.

## **Unit Pemekatan**

### **2.7.2 Tangki Imhoff**

Bangunan bak pengendap ini digunakan untuk memisahkan *suspended solid* dari fase *liquid* dengan menggunakan gaya gravitasi. Bangunan ini dapat digunakan untuk dua hal, yakni sebagai satu - satunya bangunan untuk pengendapan yang mana fungsinya untuk menghilangkan



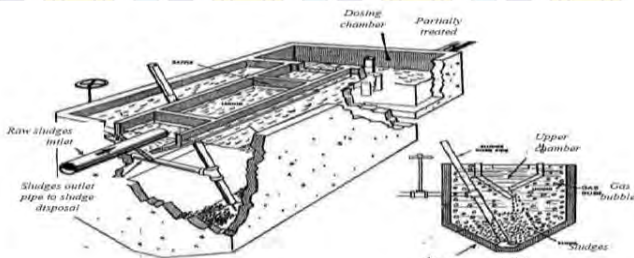
padatan, minyak, lemak, dan material lain yang mengapung serta sedikit beban organik atau dapat juga digunakan untuk unit pengendapan dan pengolahan biologis yang mana juga dapat mereduksi beban organik. Bangunan yang dapat digunakan untuk memisahkan sekaligus mengolah lumpur ialah Tangki Imhoff. Tangki Imhoff pada dasarnya adalah Tangki Septik yang disempurnakan. Fungsi utama dari Tangki Imhoff ialah sebagai alat pemisah antara zat padat dengan cairan, sekaligus sebagai alat pengurai dari zat organik yang terdapat dalam lumpur yang sudah dipisahkan melalui proses anaerobik. Proses ini terjadi karena terdapat bakteri – bakteri yang bersifat anaerobik atau fakultatif anaerob dan prosesnya akan terjadi pada keadaan bebas oksigen. Pada proses ini zat – zat karbon, asam – asam organik, metan, protein serta zat lainnya yang mengandung sulfur akan terurai dan membentuk ammonia, asam amino, amides, indole, dan skatol. Sedangkan zat – zat yang mengandung sulfur akan terurai menjadi hydrogen sulfida serta bau tak sedap yang menjadi tanda dari kotoran manusia. Proses ini umumnya berlangsung lambat antara satu minggu hingga satu bulan, namun untuk daerah tropis biasanya waktu proses lumpur lebih pendek yakni satu hingga tujuh hari. Hasil dari pengolahan ini ialah terbentuknya zat berwarna gelap dan relatif tidak berbau yang disebut humus.

Detail konstruksi Tangki Imhoff menurut Garg (1979) yakni terdiri dari dua ruang berbentuk persegi. Tangki dibagi menjadi dua kompartemen (ruangan) yang diberi sekat. Kompartemen bagian (tengah) atas berfungsi sebagai ruang pengendap/sedimentasi (*settling compartment*) dimana limbah mengalir dengan kecepatan yang sangat lambat dan kompartemen bagian bawah berfungsi sebagai ruang pencernaan (*digestion compartment*) dimana lumpur akan dicerna dengan proses anaerobik. Bentuk Tangki Imhoff dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Proses pengolahan yang terjadi pada Tangki Imhoff dimulai dari ruang sedimentasi dimana lumpur tinja segar dialirkan sebagai influen pada unit ini. Selanjutnya, padatan yang terpisah akan mengendap pada bagian dasar ruang sedimentasi yang diberi bukaan (*opening*) sehingga padatan tersebut dapat langsung bergerak menuju ke ruang pencernaan.



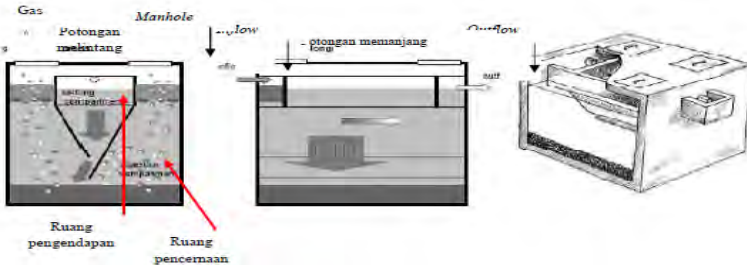
Proses yang terjadi pada Tangki Imhoff akan menghasilkan *scum* pada bagian permukaan tangki dan biogas dari proses pencernaan (*digestion*). Biogas yang terbentuk akan terkumpul pada pipa *vent* yang disediakan sehingga tidak mengganggu proses pengendapan pada ruang sedimentasi. Frasa cairan (*liquid fraction*) yang telah terpisah hanya tinggal selama beberapa jam saja di dalam Tangki Imhoff yang selanjutnya dialirkan menuju unit pengolahan berikutnya. Sementara itu, padatan yang terbentuk dan telah stabil akan tetap tinggal di dalam tangki selama beberapa tahun namun tetap memerlukan pengurusan secara berkala yang selanjutnya dapat dikeringkan pada unit pengering lumpur.



Gambar 2.3 Potongan Tangki Imhoff

Sumber: Kementerian PU, 2012

Adanya sekat mencegah padatan tersebut masuk kembali ke ruang sedimentasi. Pada ruang pencernaan, padatan akan terdekomposisi secara anaerobik (tanpa kehadiran oksigen) sehingga menjadi lebih stabil dalam waktu 2-4 jam. Mekanisme aliran proses yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme Aliran Proses Pengolahan Tangki Imhoff

Sumber: WSP-EAP, 2012

Kelebihan dari Tangki Imhoff:

1. Tidak membutuhkan tenaga operator yang terampil, Perawatan mudah dan murah
2. Dapat meremoval 70-80% solid dan meremoval 40–70% BOD, dan tak terdapat masalah untuk membuang lumpur seperti yang terdapat pada tangki sedimentasi pada umumnya.
3. Menyisihkan padatan dari lumpur tinja sebelum melewati jaringan perpipaan selanjutnya sehingga tidak hanya mengurangi potensi penyumbatan juga dapat membantu mengurangi dimensi pipa.
4. Tidak memerlukan pengolahan primer (*primary treatment*) pada pengolahan selanjutnya (*secondary treatment*).
5. Mampu bertahan terhadap aliran debit masuk yang sangat berfluktuasi (*resistant against shock loads*).

Kekurangan dari Tangki Imhoff:

1. Jika terdapat pasir atau batu yang besar yang sulir dicerna akan membuat kedalaman tangki jadi berkurang sehingga menjadi tidak ekonomis.
2. Jika tidak dioperasikan dan dirawat dengan baik, maka resiko penyumbatan pada pipa pengaliran. Pemeliharaan merupakan suatu keharusan.
3. Dapat menimbulkan bau yang tidak sedap jika penanganannya tidak sesuai
4. Operasi akan terganggu jika berada kalam kondisi asam yang tinggi
5. Tangki cenderung berbuih akibat busa yang naik ke atas permukaan tangki. Hal tersebut juga dapat memungkinkan adanya partikel lumpur memasuki ruang sedimentasi melewati slot dan tentu akan menghasilkan efluen dengan kualitas rendah.

### **2.7.3 Solids Separation Chamber (SSC) dan Drying Area (DA)**

Proses penyinaran dan pengeringan sinar matahari merupakan prinsip dari SSC dan DA. Prinsip kerja SSC dan DA, sebagai alternatif pengganti Tanki Imhoff, sangat sederhana karena hanya mengandalkan proses fisik untuk pemisahan

padatan dari cairan lumpurnya, serta proses sinar matahari untuk desinfeksi dan angin untuk proses pengurangan kelembaban atau pengeringan.

### **2.7.2.1 Solids Separation Chamber (SSC)**

Fungsi dari bangunan SSC untuk memisahkan fraksi padatan (TSS) dari fraksi cairan dalam lumpur tinja, secara fisik. Lumpur tinja yang dihamparkan secara merata di atas media SSC akan mengalami pemisahan, antara padatan di bagian bawah dan cairan di bagian atas. Disamping itu, sebagian cairan dapat terpisah dari lumpur tinja melalui proses perembasan media SSC sehingga kemudian dapat disalurkan bersama cairan yang telah dipisahkan di bagian atas lumpur tinja, untuk diolah bersama lebih lanjut dalam unit IPAL. Sementara padatan yang telah mengalami penirisan akan dikeringkan lebih lanjut di unit DA. Padatan yang terakumulasi ini pada dasarnya sudah cukup kering, karena dalam hal ini dipisahkan dalam waktu 5-10 hari tapi belum cukup kering untuk diaplikasikan untuk pembuangan lingkungan.

### **2.7.2.2 Drying Area (DA)**

Drying area, merupakan proses pengeringan padatan lumpur yang sudah setengah kering dan sekaligus proses desinfeksi mikroorganisma yang masih terkandung dalam lumpur melalui sinar matahari (ultra violet). Proses pengeringan ini pada dasarnya dihitung berdasarkan koefisien laju kematian mikroorganisma, yang apabila dihitung berada pada kisaran KD.

### **2.7.3 Oxidation Ditch (OD)**

Oxidation Ditch merupakan modifikasi dari proses *activated sludge*, dimana penanganan dan pengolahan sludge hampir dapat diabaikan karena buangan sludgenya hanya sedikit dan dapat dikeringkan tanpa menimbulkan bau. Keuntungan dari sistem ini adalah :

- a. Operasionalnya tergolong mudah
- b. Tahan terhadap dalam *shock loading*;
- c. Dapat diterapkan dalam removal nutrien;
- d. Mampu menghasilkan effluent yang sesuai dengan baku mutu
- e. Produksi biosolids terbatas



Secara umum oxidation ditch dioperasikan berdasarkan extended aeration process, dimana operasi berlangsung pada F/M rasio rendah dan ditandai pula dengan waktu aerasi yang lama. Akibat dari F/M rasio yang rendah maka terjadi proses *endogeneous respiration* yang menyebabkan excess sludge berkurang dan relatif stabil.

Oxidation ditch dapat digambarkan sebagai plug-flow sistem, yang dalam operasinya kemungkinan dapat menjadi complete mixed. Pada oxidation ditch ini terdapat tingkat kandungan oksigen (OD gradien) yang diantaranya akan menciptakan zona anoksik yang dapat menjadi tempat berlangsungnya denitrifikasi. Berdasarkan DO levelnya, sebuah *Oxidation Ditch* terdiri dari beberapa zona, yaitu zona anoksik, zona aerobik, yang kemudian kembali lagi seperti semula. Bangunan *Oxidation Ditch* selalu diikuti dengan Bak Pengendap II (*Clarifier*) dan saling berkaitan satu sama lain dalam desain maupun perhitungan (Metcalf dan Eddy, 2014).

## **2.7.4 Kolam Stabilisasi atau *Waste Stabilization Pond***

Terdapat tiga tahapan proses dalam menempuh stabilisasi air limbah, yakni dengan melalui Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi atau pematangan. Ketiga kolam ini harus dipasang secara seri untuk mendapatkan hasil efluen yang baik sehingga dapat memenuhi baku mutu efluen yang telah ditetapkan. Unit pengolahan ini merupakan serangkaian unit yang membutuhkan lahan besar.

### **2.7.4.1 Kolam Anaerobik**

Kolam Anaerobik berfungsi untuk menguraikan kandungan zat organik (BOD) dan padatan tersuspensi (SS) dengan cara anaerobik atau keadaan tanpa oksigen. Benefield dan Randall (1980) menyatakan bahwa kolam dapat dikondisikan menjadi anaerobik dengan cara menambahkan beban BOD yang melebihi kemampuan fotosintesis secara alami dalam memproduksi oksigen. Kolam ini dibuat dengan kedalaman yang tinggi dengan harapan kondisi anaerob benar-benar terjadi karena dengan kedalaman kolam yang tinggi dan timbulnya *scum* (busa) dipermukaan kolam memungkinkan tumbuhan alga tidak

dapat hidup di kolam ini agar tidak ada oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO = 0). Pada Kolam Anaerobik terjadi proses sebagai berikut.



Proses fotosintesis yang terjadi di dalam kolam dapat diperlambat dengan mengurangi luas permukaan dan menambah kedalaman kolam. Kolam Anaerobik biasanya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) dan sesuai untuk air limbah dengan konsentrasi BOD yang tinggi (*high strength wastewater*). Oleh karena itu, Kolam Anaerobik diletakkan sebelum Kolam Fakultatif dan berfungsi sebagai pengolahan awal/pendahuluan. Selain itu, reaksi penguraian (*degradasi*) yang terjadi di dalam Kolam Anaerobik lebih cepat terjadi pada wilayah dengan temperatur yang panas/hangat. Kolam Anaerobik sesuai bila diaplikasikan di Indonesia mengingat Indonesia memiliki temperatur yang hangat dan relatif konstan sepanjang tahun.

Lumpur tinja tergolong *high-strenght wastewater* dengan konsentrasi BOD minimal 1.500 mg/L sesuai jika diolah dengan menggunakan Kolam Anaerobik. Penurunan konsentrasi material organik terjadi seiring dengan meningkatnya aktivitas mikroba saat memproduksi gas (biogas) dan lumpur. Produksi biogas dapat terlihat dengan adanya gelembung-gelembung udara pada bagian permukaan kolam. Kondisi kolam yang hangat, pH normal tanpa oksigen, maka jenis mikroba yang dominan adalah mikroba pembentuk methane. Gambar potongan Kolam Anaerobik dapat dilihat pada Gambar 2.5. Lumpur yang terbentuk merupakan hasil dari pemisahan padatan yang terlarut di dalam influen yang kemudian akan mengendap pada bagian dasar kolam. Selanjutnya, material organik yang masih tersisa akan diuraikan/didegradasi lebih lanjut pada pengolahan selanjutnya. Lumpur hanya dihasilkan pada Kolam Anaerobik saja, jadi lumpur tidak terbentuk pada unit kolam yang selanjutnya seperti Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi.





Gambar 2.5 Potongan Kolam Anaerobik

Kelebihan dari Kolam Anaerobik

1. Dapat membantu memperkecil dimensi/ukuran Kolam Fakultatif dan maturasi
2. Dapat mengurangi penumpukan lumpur pada unit pengolahan berikutnya
3. Biaya operasional murah
4. Mampu menerima limbah dengan konsentrasi yang tinggi

Kekurangan dari Kolam Anaerobik

1. Menimbulkan bau yang dapat mengganggu
2. Proses degradasi berjalan lambat
3. Memerlukan lahan yang luas

### 2.7.5.2 Kolam Fakultatif

Kolam Fakultatif berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik yang ada di dalam limbah yang telah diolah pada Kolam Anaerobik. Proses yang terjadi pada kolam ini adalah campuran antara proses anaerob dan aerob. Secara umum Kolam Fakultatif terstratifikasi menjadi tiga zona atau lapisan yang memiliki kondisi dan proses degradasi yang berbeda. Oksigen yang berlimpah berasal dari udara pada permukaan kolam, proses fotosintesis algae dan adanya agitasi atau pengadukan akibat tiupan angin. Zona aerobik juga berfungsi sebagai penghalang bau hasil produksi gas dari aktivitas mikroba pada zona dibawahnya.

Zona tengah kolam disebut dengan zona fakultatif atau zona aerobik-anaerobik. Pada zona ini, kondisi aerob dan



anaerob ditemukan bergelut pada jenis mikroba yang tumbuh. Dan zona paling bawah disebut dengan zona aerobik dimana oksigen sudah tidak ditemukan lagi. Pada zona ini ditemukan lapisan lumpur yang terbentuk dari padatan yang terpisahkan dan mengendap pada dasar kolam. Proses degradasi material organik dilakukan oleh bakteri dan organisme mikroskopis (protozoa, cacing dan lain sebagainya).

Pada kondisi aerob, material organik akan diubah oleh mikroba (bakteri) menjadi karbon dioksida, amonia, dan fosfat. Selanjutnya, fosfat akan digunakan oleh algae sebagai sumber nutrisi sehingga terjadi simbiosis yang saling menguntungkan. Sementara itu, pada kondisi anaerob, materi organik akan diubah menjadi gas seperti methane, hidrogen sulfida, dan amonia serta lumpur sebagai produk sisa. Gas yang dihasilkan oleh mikroba anaerob selanjutnya digunakan oleh mikroba aerob dan algae yang berada pada zona di atasnya. Gambaran proses yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 23 di bawah ini.

Lumpur yang terbentuk sangat kaya akan mikroba anaerob yang akan terus mencerna (*digest*) dan memperlambat proses pengendapan lumpur ke dasar kolam. Lumpur yang mengendap harus dikuras secara periodik bergantung pada iklim, disain kolam dan program pemeliharaan yang dijalankan. Namun sebagai patokan umum, periode pengurasan dilakukan antara 5-10 tahun.

#### Kelebihan Kolam Fakultatif

1. Sangat efektif menurunkan jumlah atau konsentrasi bakteri patogen hingga (60-99)%
2. Mampu menghadapi beban yang berfluktuasi
3. Operasi dan perawatan mudah sehingga tidak memerlukan keahlian tinggi
4. Biaya operasi dan perawatan murah

#### Kelemahan Kolam Fakultatif

1. Kolam Fakultatif ini memerlukan luas lahan yang besar
2. Waktu tinggal yang lama, bahkan beberapa literatur menyarankan waktu tinggal antara (20- 150) hari

3. Jika tidak dirawat dengan baik, maka kolam dapat menjadi sarang bagi serangga seperti nyamuk
4. Berpotensi mengeluarkan bau
5. Memerlukan pengolahan lanjutan terutama akibat pertumbuhan algae pada kolam

Di dalam sistem Kolam Fakultatif, air limbah berada pada kondisi aerobik dan anaerobik pada waktu yang bersamaan. Zona aerobik terdapat pada lapisan atas atau permukaan sedangkan zona anaerobik berada pada lapisan bawah atau dasar kolam. Waktu tinggal di dalam Kolam Fakultatif 6-10 hari.

### **2.7.5.3 Kolam Maturasi**

Kolam Maturasi digunakan untuk mengolah air limbah yang berasal dari Kolam Fakultatif dan biasanya disebut sebagai kolam pematangan. Kolam ini merupakan rangkaian akhir dari proses pengolahan aerobik air limbah sehingga dapat menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi (SS) dan BOD yang masih tersisa didalamnya. Fungsi utama Kolam Maturasi adalah untuk menghilangkan mikroba patogen yang berada di dalam limbah melalui perubahan kondisi yang berlangsung dengan cepat serta pH yang tinggi. Proses degradasi terjadi secara aerobik melalui kerjasama antara mikroba aerobik dan algae. Alga melakukan fotosintesis membantu meningkatkan konsentrasi oksigen di dalam air olahan yang digunakan oleh mikroba aerob.

Kolam Maturasi dirancang untuk mengolah limbah (*septage*) dengan konsentrasi organik yang sudah jauh lebih rendah dibandingkan konsentrasi limbah awal saat masuk IPLT. Pada umumnya Kolam Maturasi terdiri dari dua kolam yang disusun seri. Jumlah dan ukuran kolam bergantung pada kualitas *effluent* yang diinginkan. Dinding kolam diberi perkerasan selain untuk memperkuat juga untuk mencegah/menghindari terjadinya rembesan ke samping atau arah horisontal dinding kolam.

Kelebihan

1. Biaya operasi rendah karena tidak menggunakan aerator
2. Mampu menyisihkan nitrogen hingga 80% dan amonia hingga 95%
3. Mampu menyisihkan mikroba patogen



Kelemahan

1. Hanya mampu menyisihkan BOD dalam konsentrasi yang kecil

### **2.7.6 Bak Pengendap II**

*Secondary clarifier* (bak pengendap II) berfungsi untuk memisahkan lumpur aktif dari MLSS. Lumpur yang mengandung mikroorganisme (bakteri) yang masih aktif akan diresirkulasi kembali ke *activated sludge* (tangki aerasi) dan sludge yang mengandung mikroorganisme yang sudah mati atau tidak aktif lagi dalirkan ke pengolahan lumpur. Langkah ini merupakan langkah akhir untuk menghasilkan efluen yang stabil dengan konsentrasi BOD dan SS yang rendah. Dengan adanya volume yang besar dari solid yang menggumpal dalam MLSS, maka diperlukan pertimbangan khusus untuk mendesain bak pengendap kedua.

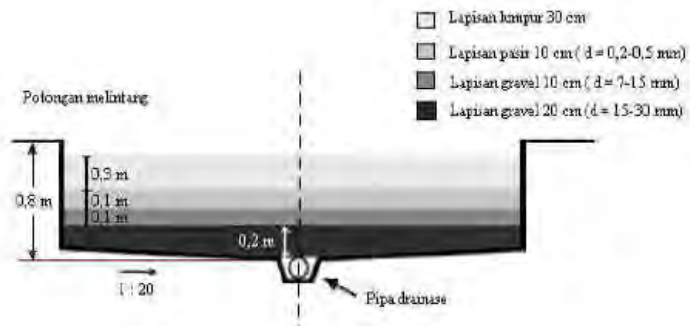
Prinsip operasi yang berlangsung di dalam *secondary clarifier* ini adalah pemisahan dari suatu suspensi ke dalam fase-fase padat (*sludge*) dan cair dari komponen-komponennya. Operasi ini dipakai dimana cairan yang mengandung zat padat ditempatkan dalam suatu bak tenang dengan desain tertentu sehingga akan terjadi pengendapan secara gravitasi (Metcalf dan Eddy, 2014)

### **Unit Pengering Lumpur**

#### **2.7.7 Bak pengering lumpur atau *Sludge Drying Bed* (SDB)**

Unit pengering lumpur berfungsi untuk menampung endapan lumpur dari unit pengolahan biologis. Lumpur selanjutnya dikeringkan secara alami dengan bantuan sinar matahari dan angin untuk mengeringkan dan mengurangi kadar air pada lumpur. Lumpur yang sudah kering dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk kompos. Lumpur diangkat dan diletakkan di atas lapisan pasir sehingga cairan akan turun ke pasir dibawahnya. Pasir berfungsi sebagai media penyaring untuk memisahkan cairan dan padatan pada lumpur. Supernatan (cairan yang tertelah terpisah dari padatan) hasil proses pengeringan lumpur ditampung pada saluran drainase yang berada di bawah bak pengering untuk diresirkulasi menuju ke bak ekualisasi sebagai bahan pengencer. Potongan bak pengering lumpur atau SDB dapat dilihat pada Gambar 2.6.





Gambar 2.6 Potongan Bak Pengering Lumpur

#### Kelebihan

1. Biaya investasi pembangunan bak/unit dan operasional murah
2. Tidak memerlukan listrik karena proses pengeringan lumpur berjalan secara alami dengan
3. menggunakan sinar matahari

#### Kelemahan

1. Memerlukan lahan yang luas mengingat lapisan lumpur yang diaplikasikan tidak boleh tebal (maksimum 20 cm) untuk mempercepat proses pengeringan
2. Membutuhkan waktu detensi yang lama
3. Berpotensi menjadi sarang bagi serangga
4. Mengeluarkan bau

## 2.8 Perencanaan Pembangunan IPLT

### 2.8.1 Kebutuhan dan pengumpulan data dalam perencanaan IPLT

Perencanaan IPLT yang baik memerlukan data yang baik pula. Jenis data yang dibutuhkan tidak hanya data sekunder tetapi juga data primer. Proses pengumpulan data pada dasarnya tidak mudah terutama pada daerah-daerah yang sistem pencatatan dan pelaporannya belum berjalan dengan baik. Secara umum, data yang diperlukan untuk perencanaan IPLT diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Peta wilayah yang dilengkapi dengan data topografi
- b. Data sosial dan ekonomi

- c. Data geologi, hidrologi dan hidrogeologi seperti:
- Jenis tanah (pasir, lempung, lanau) dan angka permeabilitas di lokasi IPLT.
  - Sungai atau badan air yang dipakai sebagai pembuangan akhir air efluen IPLT yang dapat menunjukkan letak, debit dan kualitas air.
  - Jarak antara kegiatan lain dengan IPLT dan pemanfaatannya terkait dengan penyelenggaraan penyediaan air bersih/minum.
  - Elevasi muka air tanah dan arah alirannya Penggunaan air tanah bagi penduduk di sekitar lokasi IPLT.
- d. Data lainnya yang relevan dengan perencanaan IPLT

### **2.8.2 Penentuan daerah pelayanan IPLT**

Perencanaan IPLT sangat bergantung pada penentuan rencana daerah pelayanan IPLT. Untuk itu perlu dilakukan pengumpulan data dan kajian terhadap rencana induk sistem penanganan air limbah yang ada di daerah yang bersangkutan serta data lainnya seperti yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya. IPLT pada dasarnya hanya akan menerima lumpur tinja yang berasal dari tangki septik saja bukan campuran lumpur tinja dengan air limbah industri, rumah sakit ataupun limbah laboratorium. Dalam menentukan wilayah/daerah layanan, perlu ditetapkan target pelayanan IPLT. Umumnya target tersebut berupa persentasi dari jumlah penduduk kota yang akan dilayani oleh sarana IPLT misalnya target pelayanan ditetapkan 60% dari jumlah penduduk daerah tersebut (Departemen PU, 2012). Rencana induk (*master plan*) air limbah dan target pelayanan IPLT digunakan sebagai data bagi perencanaan dalam membuat peta rencana daerah pelayanan sarana IPLT yang akan dibangun.

### **2.8.3 Penentuan lokasi IPLT**

Setelah daerah pelayanan ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan lokasi IPLT yang akan dibangun. Beberapa aspek penting dalam menentukan lokasi IPLT diantaranya:

- a. Efisiensi dan efektifitas sistem IPLT (investasi, operasi dan pemeliharaan).

- b. Kemudahan transportasi lumpur tinja dari daerah layanan ke lokasi IPLT.
- c. Aman terhadap lingkungan disekitarnya (banjir, gempa bumi, resiko polusi, gunung merapi).
- d. Dapat dikembangkan pada waktu yang akan datang seiring dengan berkembangnya kota atau daerah layanan

#### 2.8.4 Penentuan kapasitas IPLT

Kapasitas IPLT ditentukan dengan menghitung jumlah sarana sanitasi setempat yang berada di daerah pelayanan. Bila data jumlah sanitasi setempat sulit didapat atau diinventarisasi, maka dapat digunakan pendekatan (50-60)% dari jumlah penduduk yang ada di dalam daerah layanan yang memiliki sanitasi setempat. Perhitungan kapasitas IPLT memerlukan informasi perkiraan jumlah penghuni atau pengguna sistem setempat dan periode pengurusan lumpur dari sistem setempat tersebut. Tahun perencanaan pada IPLT sangat mempengaruhi kapasitas desain dari IPLT. Tahun perencanaan berpengaruh terhadap jumlah penduduk terlayani pada akhir tahun perencanaan berkisar dari 5-10 tan. Tahapan yang dimaksud disini ialah tahun dan bisa dalam tahapan pembangunan dan pelayanan, namun biasanya perencana merencanakan pembangunan hanya sekali. Hal tersebut dilakukan mempercepat waktu proyek pembangunan dan biaya investasi cukup keluar satu kali saja. Kapasitas (debit) IPLT dihitung dengan menggunakan Persamaan (2-1)

$$\begin{aligned} V &= (\%_{\text{pelayanan}} \times P \times Q) / 1000 \\ P &= (V \times 1000) : (\%_{\text{pelayanan}} \times Q) \end{aligned} \quad (2-1)$$

Keterangan:

V = Debit total (kapasitas) yang akan masuk ke IPLT (m<sup>3</sup>)

P = Jumlah penduduk yang dilayani pada akhir periode desain (orang)

Q = Debit lumpur tinja dalam L/hari atau dibagi dengan 1.000 untuk konversi menjadi m<sup>3</sup>/hari adalah jumlah lumpur yang akan masuk dan diolah di IPLT setiap harinya. (0,5 L/orang.hari)

% = Persentasi pelayanan dapat menggunakan pendekatan (50-60)%



## 2.9 Kapasitas IPLT Terpasang

Dalam tahap pegeroperasian banyak kendala terjadi di lapangan. Perbandingan kapasitas terolah dan kapasitas terpasang atau desain. Kapasitas lumpur tinja yang masuk ke IPLT dan terolah dapat dihitung menggunakan perkiraan volume lumpur tinja yang masuk ke IPLT berdasarkan jumlah truk yang mmmasuj,terdapat pada persamaan (2-2).

$$Q = n \text{ truk} \times \text{volumen truk} \times \text{ritasi perhari} \quad (2-2)$$

Keterangan:

P = dalam L/hari atau dibagi dengan 1.000 untuk konversi menja/haridi m<sup>3</sup>/hari adalah jumlah lumpur yang akan masuk dan diolah di IPLT setiap harinya.

Ritasi = jumlah truk melakukan pelayanan penyedotan /hari

V = Debit kapasitas yang akan masuk ke IPLT (m<sup>3</sup>)

n Truk = Jumlah truk untuk menyedot lumpur tinja.(unit)

Q = Debit lumpur masuk ke IPLT. Debit pada tahap sedimentasi yang akan masuk ke IPLT (m<sup>3</sup>)

Rit = Jumlah ritasi per satu truk.

## 2.10 Hubungan antara Debit dan Waktu Detensi

Hubungan kedua hal ini sangatlah penting dalam proses operasi unit pengolahan. Jumlah debit lumpur tinja terolah akan mempengaruhi waktu detensi dalam satu unit pengolahan. Hubungan antara debit dan waktu detensi terdapat pada persamaan (2-3).

$$\theta = \frac{V}{Q} \quad (2-3)$$

Keterangan:

$\theta$  = waktu detensi (hari)

Q = Debit lumpur masuk ke IPLT. Debit pada tahap sedimentasi yang akan masuk ke IPLT (m<sup>3</sup>/hari)

Volume = volume lahan yang dibutuhkan (m<sup>3</sup>)

## **BAB 3 METODA STUDI**

Tugas akhir ini ialah kajian implementasi IPLT di Indonesia. Metoda studi yang akan bertujuan untuk memberi arahan atau sebagai acuan dalam melakukan kajian mengenai studi yang akan dilakukan. Kajian ini dilakukan untuk memberikan informasi mengenai kondisi IPLT di Indonesia serta usulan sistem pengolahan lumpur tinja yang dianalisa paling berhasil untuk diaplikasikan di Indonesia.

Metode studi kajian ini dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder dari berbagai sumber mengenai 134 IPLT di Indonesia. Diambil 11 data sampel IPLT untuk dikaji sistem pengolahannya, dan lima sampel IPLT merupakan IPLT dengan kondisi bangunan baik dan operasional berjalan baik, enam lainnya merupakan IPLT yang dipilih secara acak namun dengan kriteria memiliki data lengkap mengenai dimensi dan waktu detensi pengolahan untuk dikaji pemenuhan kriteria desain pada bangunan IPLT tersebut.

### **3.1 Kerangka Studi**

Penyusunan kerangka studi sebagai Gambaran tahapan studi dan penulisan laporan yang dilakukan dalam kajian ini. Kerangka metoda studi diuraikan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.

### **3.2 Tahapan Studi**

Tahapan kajian ini menjelaskan mengenai urutan kerja yang akan dilakukan dalam kajian ini. Langkah penelitian ini bersifat sistematis sehingga urutan kerja dalam kajian dapat dipahami dengan baik.

#### **3.2.1 Ide studi**

Ide tugas akhir ini berawal dari fakta bahwa IPLT yang ada di Indonesia banyak yang belum optimal operasionalnya dan sebagian besar masih tidak berjalan dengan baik. IPLT yang tidak berjalan baik ini perlu diketahui sebabnya dan jika ada IPLT yang operasinya berhasil juga perlu diketahui sebabnya, sehingga untuk pembangunan IPLT baru selanjutnya dapat ada

pertimbangan untuk memilih unit pengolahan yang aplikatif dan kemungkinan berhasil pengoperasiannya tinggi.



Gambar 3.1 Kerangka Metoda Studi



### **3.2.2 Perumusan masalah**

Perumusan masalah dalam tugas akhir ini meliputi tiga hal, yaitu permasalahan yang ada pada sistem bangunan pengolahan pada IPLT di Indonesia secara aspek teknis bangunan, sistem bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai untuk diterapkan di Indonesia berdasarkan hasil kajian, usulan petunjuk teknis yang sesuai untuk diterapkan dalam sistem operasi dan perawatan bangunan pengolahan lumpur tinja yang sesuai.

### **3.2.3 Studi literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi yang dapat mendukung studi literatur mengenai IPLT di Indonesia.

Pustaka yang akan digunakan berasal dari berbagai literatur, jurnal, tugas akhir, dan tesis hasil penelitian maupun studi kepustakaan terdahulu, analisa studi kasus berupa evaluasi dan optimasi IPLT pada penelitian terdahulu, serta pengumpulan informasi dari dinas PU pusat mengenai laporan ulasan IPLT yang ada di Indonesia. Literatur yang digunakan memiliki bahasan mengenai:

- 1 Dasar perencanaan dan konsep desain bangunan pengolahan air limbah dan pengolahan lumpur serta kriteria desain bangunan pengolahan air limbah dan lumpur tinja
- 2 Kondisi IPLT di Indonesia
  - Jumlah IPLT di Indonesia dan penyebarannya
  - Sistem pengolahan yang digunakan di beberapa IPLT di Indonesia
  - Kondisi IPLT di Indonesia dan permasalahannya (keadaan eksistingnya, resume evaluasi teknis)
- 3 Pembahasan studi kasus evaluasi dan optimasi IPLT dalam penelitian terdahulu

### **3.2.4 Analisa dan pembahasan**

Analisa dan pembahasan dilakukan untuk menjelaskan kajian yang telah dilakukan dan informasi yang telah dikumpulkan. Analisa kriteria desain unit pengolahan, permasalahan umum IPLT di Indonesia, sistem pengolahan apa yang digunakan sebagian besar, status kondisi IPLT beserta

keterangannya yang meliputi aspek teknis. Analisa kriteria desain yang tepat untuk perencanaan unit pengolahan berdasarkan iklim dan kondisi negara. Analisa 11 sampel IPLT yang ada untuk ditelaah jumlah penduduk terlayani, kemudian dianalisa dimensi bangunannya untuk mengetahui pemenuhan kriteria desain bangunan yang digunakan. Analisa unit pengolahan untuk digunakan di Indonesia berdasarkan penduduk terlayani dengan menyadur dari literatur dengan pendekatan karakteristik iklim, lahan, dan biaya (pembangunan dan perawatan). Kegiatan ini bertujuan untuk penarikan kesimpulan dari hasil pembahasan yang merupakan jawaban dari rumusan masalah dan tujuan. Kesimpulan berupa sistem pengolahan lumpur tinja yang dipertimbangkan berdasarkan aspek teknis yang dapat diterapkan kembali untuk pembangunan IPLT.

#### **Analisa Sistem Pengolahan**

Jumlah sampel IPLT yang akan dikaji kondisi eksisting dan analisa sistem pengolahan ialah semu sampel IPLT yang berjumlah 11. Lima sampel IPLT pertama merupakan IPLT dengan kondisi bangunan dan operasional baik, enam sampel yang lain merupakan IPLT yang dipilih secara acak namun dengan kriteria memiliki data lengkap mengenai dimensi dan waktu retensi pengolahan untuk dikaji pada analisa yang selanjutnya. Analisa sistem pengolahan membandingkan unit pengolahan terpakai di Indonesia berdasarkan jumlah penduduk yang dapat terlayani, kebutuhan lahan, biaya investasi, biaya operasi serta perawatan, dan kemudahan operasi dan perawatan.

#### **Analisa Kriteria Desain**

Analisa ini dilakukan dengan membandingkan beberapa kriteria desain unit pengolahan berdasarkan penelitian terdahulu, buku teks, dan lain – lain. Kriteria desain yang terpilih akan digunakan sebagai acuan untuk menganalisa sampel IPLT.

Membandingkan dimensi unit pengolahan yang ada dengan kriteria desain untuk mencari tahu permasalahan teknis yang terjadi pada sampel IPLT. Jumlah sampel IPLT yang akan dikaji ialah sembilan yang terdiri dari tiga IPLT yang beroperasi baik dan enam IPLT yang dipilih secara acak. IPLT yang beroperasi baik hanya diambil tiga karena dua lainnya tidak memiliki data mengenai dimensi dan waktu detensi.

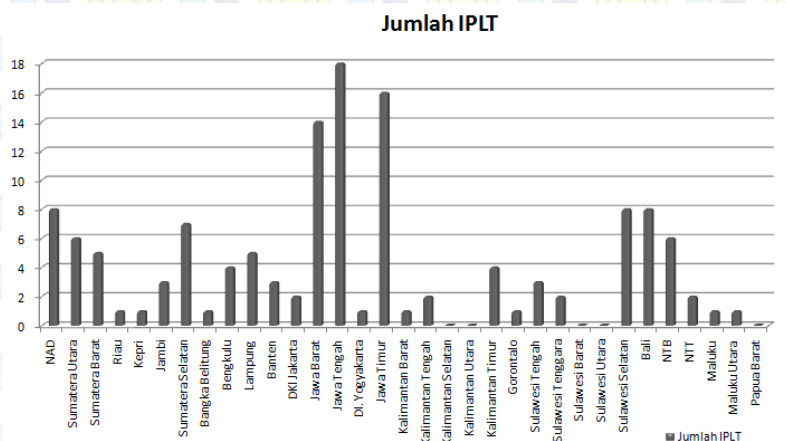
## BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Kajian implementasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) ini meliputi resume sistem pengolahan lumpur tinja, unit pengolahan lumpur tinja, dan studi kriteria desain bangunan pengolahan lumpur tinja sampel IPLT. Data IPLT yang digunakan untuk studi ini merupakan data sekunder hasil evaluasi "Pendataan Infrastruktur IPLT Total yang diperoleh dari Direktorat PPLP Dit.Jen Cipta Karya, Kementerian PU di Jakarta. Selebihnya data literatur diperoleh dari buku teks, jurnal, prosiding, dan buku panduan dari Dit.Jen Cipta Karya, Kementerian PU. Data primer juga diambil dengan melakukan interview langsung dengan pengelola IPLT Keputih Surabaya yang merupakan salah satu IPLT yang berfungsi dan beroperasi optimal di Indonesia.

### 4.1 Uraian Data IPLT di Indonesia

#### 4.1.1 Penyebaran IPLT di Indonesia

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Indonesia tersebar di 29 provinsi dari total 34 provinsi. Grafik penyebaran IPLT di Indonesia terdapat pada Gambar 4.1 dan rincian jumlah IPLT di setiap provinsi terdapat pada lampiran.



Gambar 4.1 Penyebaran IPLT di Indonesia  
Sumber: Kementerian PU, 2014

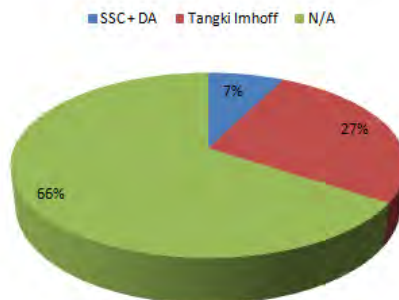


Provinsi yang tidak memiliki IPLT ialah Provinsi Kalimantan Utara, Sulawesi Barat, Sulawesi Utara, dan Papua Barat. Jumlah penyebaran IPLT terbesar berturut – turut berada di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah, dengan jumlah IPLT berturut – turut ialah 14, 16, dan 17. Belum adanya IPLT di Kalimantan Utara karena provinsi ini baru terbentuk pada akhir 2012 dan belum ada data lengkap mengenai kependudukan dan kondisi sanitasi pada Provinsi Kalimantan Utara.

#### 4.1.2 Unit sistem IPLT di Indonesia

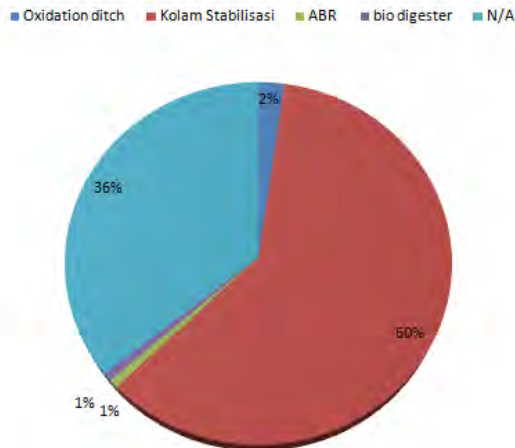
Sistem IPLT dibuat untuk dapat menstabilkan senyawa organik dan meningkatkan padatan yang terkandung dalam lumpur tinja sampai memenuhi persyaratan untuk dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan untuk kepentingan tertentu. Komponen utama untuk pengolahan lumpur tinja ialah unit pengolahan pemisahan atau pemekatan, unit pengolahan cairan atau stabilisasi, dan unit pengeringan lumpur.

Terdapat beberapa sistem pengolahan yang digunakan untuk mengolah lumpur tinja di Indonesia. Pada tahap pengendapan, bangunan yang sering digunakan ialah Tangki Imhoff dan SSC – DA. Bangunan pengolahan cairan atau stabilisasi secara biologis yang digunakan ialah Kolam Stabilisasi, OD, *Anaerobic Digester*, ABR, dan lain – lain. Gambar 4.2 dan 4.3 berturut – turut menunjukkan prosentase unit bangunan pengolahan yang digunakan untuk proses pemekatan dan pengolahan stabilisasi cairan lumpur tinja.



Gambar 4.2 Prosentase Unit Bangunan Pemekatan

Sumber: Kementerian PU, 2014



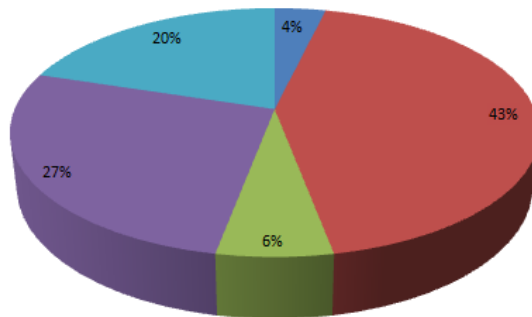
Gambar 4.3 Prosentase Unit Bangunan Pengolahan Stabilisasi  
 Sumber: Kementerian PU, 2014

Dari total 134 IPLT di Indonesia yang terdata dan yang telah dievaluasi oleh Direktorat PPLP DitJen Cipta Karya, Kementerian PU di Jakarta, terdapat 38 IPLT yang tidak tercatat sistem pengolahannya. Terdapat 96 IPLT yang tercatat sistem pengolahannya, 36 diantaranya menggunakan Tangki Imhoff sebagai bangunan pengolahan untuk proses pengendapannya dan 10 diantaranya menggunakan SSC dan DA, sedangkan sisanya tidak tercatat sistem pengolahan yang digunakan dalam proses pengendapan. Proses pengolahan biologis yang digunakan ialah 60% menggunakan Kolam Stabilisasi, 2% menggunakan OD, 1% menggunakan ABR, 1% menggunakan *biodigester*, 1% dengan bangunan lainnya, dan 36% tidak tercatat sistem pengolahannya. Pengolahan lanjutan untuk padatan atau lumpur hasil pengolahan biologis menggunakan *Sludge Drying Bed* (SDB) yang tercatat sebanyak 16%, sisanya tidak terdata namun pengolahan lumpur yang sangat mungkin diterapkan di Indonesia ialah dengan menggunakan SDB. Kombinasi sistem pengolahan yang paling banyak digunakan ialah Tangki Imhoff sebagai pengolahan fisik, Kolam Stabilisasi sebagai pengolahan biologis untuk cairan dari lumpur tinja, dan SDB untuk pengolahan lanjutan dari padatan lumpur yang telah terendapkan.

### 4.1.3 Status kondisi bangunan IPLT

IPLT di Indonesia yang terdata dan yang telah dievaluasi oleh Direktorat PPLP DitJen Cipta Karya, Kementerian PU di Jakarta sebanyak 134 IPLT, hanya 7 IPLT yang berfungsi dan beroperasi optimal. Analisa status kondisi bangunan menggunakan data pendukung sekunder Pendataan Infrastruktur IPLT Total yang diperoleh dari Direktorat PPLP DitJen Cipta Karya, Kementerian PU di Jakarta. Data kondisi bangunan IPLT dapat dilihat pada Gambar 4.4 IPLT yang kondisi bangunannya baik dan sistemnya berjalan optimal, yakni IPLT Kalimulya Depok, IPLT Keputih Surabaya, IPLT Mojokerto kota Mojokerto, IPLT Jekanraya kota Palangkaraya, IPLT Kota Sampit Kabupaten Kota Waringin Timur, IPLT Tabanan Bali, dan IPLT Kabupaten Kelungking Bali.

- Bangunan Baik: Operasi Optimal
- Bangunan Baik: Operasi Tidak Optimal
- Bangunan Baik: Blm/tidak beroperasi
- Bangunan Rusak: Operasi Tidak Optimal
- Bangunan Rusak: Tidak Beroperasi



Gambar 4.4 Prosentase Kondisi Bangunan IPLT  
Sumber: Kementerian PU, 2014

Hasil pendataan infrastruktur IPLT oleh Direktorat PPLP DitJen Cipta Karya, Kementerian PU menyatakan bahwa dari lima IPLT yang bangunannya baik dan beroperasi optimal tiga diantaranya menggunakan Kolam Stabilisasi sebagai unit stabilisasi supernatan lumpur tinja. Data unit pengolahan terpakai



dan status kondisi bangunan 134 IPLT di Indonesia terdapat pada halaman lampiran.

## **4.2. Analisa Kriteria Desain Unit Pengolahan**

Dalam suatu proses desain penting untuk dipertimbangkan sejak awal bagaimana bangunan pengolahan air limbah dirancang agar proses pengolahan air limbah dapat menghasilkan efluen sesuai dengan baku mutu yang ditentukan. Berbagai sumber literatur telah memberikan referensi untuk kriteria desain bangunan pengolahan air limbah dan lumpur. Berbagai faktor menjadi pertimbangan penting agar suatu unit pengolahan dapat menghasilkan efluen yang ditentukan, faktor tersebut yang akhirnya menjadi kriteria desain suatu unit pengolahan.

Telah terdapat Rancangan Peraturan Menteri PU tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah, IPLT yang dimana memuat beberapa kriteria desain untuk unit bangunan pengolahan lumpur tinja. Selain itu Kementerian PU juga telah memiliki petunjuk teknis *tata cara perencanaan IPLT Sistem Kolam*, CT/ALRE-TC/001/98 dan buku Perencanaan Pengolahan Limbah Setempat.

### **4.2.1 Review unit IPLT yang beroperasi optimal**

#### **4.2.1.1 IPLT Kalimulya, Kota Depok**

Kapasitas desainnya ialah 22 m<sup>3</sup>. Unit pengolahan pada IPLT Kalimulya ialah bak Penampung, Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, Kolam Maturasi, dan lahan terbuka untuk pengeringan lumpur. Dimensi unit Bak Pengumpul, Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi berturut – turut ialah 26 m x 10 m x 2 m, 24 m x 6,5 m x 2,5 m dengan tinggi jagaan 0,4 m, 38 m x 24 m x 2 m dengan tinggi jagaan 0,4 m, dan 38 m x 14 m 1,5 m dengan tinggi jagaan 0,4 m (Bantek IPLT, 2010). Waktu detensi desain dapat dihitung dengan persamaan (2-3).

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(24 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{70 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{390 \text{ m}^3}{70 \text{ m}^3/\text{hari}} = 5,6 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(38 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 2 \text{ m})}{70 \text{ m}} = \frac{1.824 \text{ m}}{70 \text{ m}} = 26 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(38 \text{ m} \times 14 \text{ m} \times 1,5 \text{ m})}{70 \text{ m}} = \frac{1.064 \text{ m}}{70 \text{ m}} = 15,2 \text{ hari}$$

#### 4.2.1.2 IPLT Kerambitan, Kabupaten Tabanan

Unit pengolahannya ialah satu unit SSC, dua unit Kolam Anaerobik, dulahan pengering lumpur. Dimensi unit Tangki Imhoff, Kolam Stabilisasi, dan lahan pengering lumpur berturut – turut ialah 11 m x 10 m x 3 m; 11 m x 8,5 m x 3 m; 19m x 15 m x 3 m; 14 m x 9 m x 3 m; dan 19 m x 8 m (Bantek IPLT, 2012). Waktu detensi desain dihitung dengan persamaan (2-3).

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(11 \text{ m} \times 8,5 \text{ m} \times 3 \text{ m})}{27 \text{ m}} = \frac{280,5 \text{ m}}{27 \text{ m}} = 10,4 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(19 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m})}{27 \text{ m}} = \frac{855 \text{ m}}{27 \text{ m}} = 31,7 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(14 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 3 \text{ m})}{27 \text{ m}} = \frac{378 \text{ m}}{27 \text{ m}} = 14 \text{ hari}$$

#### 4.2.1.3 IPLT Puulongdiga, Kota Kendari

Unit pengolahan pada IPLT Puulongdiga ialah satu unit Tangki Imhoff, masing – masing satu unit Kolam Stabilisasi, dan empat unit SDB. Dimensi dari Tangki Imhoff, Kolam Stabilisasi, dan SDB berturut – turut ialah 20 m x 12 m x 2,5 m; 15,4 m x 8,4 m x 2,5 m; 20,4 m x 15,4 m x 2,5 m; 15,4 m x 6,4 m x 2,5 m; dan

8,4 m x 5,6 m x 2,5 m (Bantek IPLT, 2012). Waktu detensi desain dapat dihitung dengan persamaan (2-3).

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(15,4 \text{ m} \times 8,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{323,4 \text{ m}^3}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} = 9,2 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(20,4 \text{ m} \times 15,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{785,4 \text{ m}^3}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} = 22,4 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(15,4 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{240 \text{ m}^3}{35 \text{ m}^3/\text{hari}} = 6,9 \text{ hari}$$

#### 4.2.2 Kriteria desain Tangki Imhoff

Tangki Imhoff secara tipikal digunakan untuk mengolah air limbah domestik atau air limbah campuran. Desain Tangki Imhoff dikendalikan untuk sebagian besar oleh faktor – faktor yang mengatur semua proses sedimentasi primer, seperti tingkat overflow, waktu detensi, dan kecepatan horizontal (Lee, 2007). tingkat meluap permukaan didefinisikan sebagai rasio aliran air limbah, dan kecepatan horisontal sebagai rasio aliran air limbah dengan produk lebar dan kedalaman.

Kriteria desain Tangki Imhoff dari berbagai literatur ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Kriteria desain menurut Crites (1999) telah diadaptasi dengan berhasil oleh Herrera (2006) dan Mikelonis (2007) oleh karena itu dipilih sebagai salah satu pembanding. Tabel 4.3 menunjukkan resume kriteria desain terpilih untuk desain Tangki Imhoff berdasarkan pertimbangan keberhasilan penerapan kriteria desain oleh Herrera (2006) dan Mikelonis (2007) dan kriteria desain yang telah ditetapkan Departemen PU (1998). Kriteria desain IPLT eksisting seperti IPLT Kerambitan dan IPLT Puulongdiga menunjukkan perbandingan P:L berturut – turut 1,1:1 dan 1,7:1. Rentan perbandingan P:L IPLT eksisting tidak masuk dalam kriteria desain literature yang ada, oleh karena itu tidak dijadikan bahan pertimbangan.



Tabel 4.1 Kriteria Desain Tangki Imhoff dari Berbagai Sumber

Parameter Kriteria Desain	Sasse, 1998	Crites, 1999	Departemen PU, 1999	EPA, 1999
<b>Zona Sedimentasi</b>				
Waktu detensi ruang sedimentasi (jam)	≤ 2	2-4	≥ 1,5	2-4
Rasio P:L	-	(2-5) : 1	(2-4) : 1	(2-5) : 1
Tinggi zona sedimentasi (m)	-	-	1,5-2	-
Tinggi zona netral (m)	-	-	≥ 0,54	-
Kedalaman tangki total (m)	-	7-9,5	6-9	≤ 10
Tinggi jagaan air (m)	-	0,45-0,6	0,2-0,3	-
Jumlah unit	-	-	≤ 2	-
Efisiensi pemisahan padatan tersuspensi ruang sedimentasi (%)	40-60	-	40-60	-
<b>Zona Gas</b>				
Area (% area total)	-	15-30	25-30	-
Lebar ventilasi gas (mm)	-	450-760	450-600	-
<b>Zona Lumpur</b>				
Waktu detensi (bulan)	-	4-8	1-2	-
Diameter pipa lumpur (mm)	150	200-300	≥ 150	-

Catatan: \* Selama jam puncak

Tabel 4.2 Dimensi Tangki Imhoff

Penduduk dilayani	Jumlah (Unit)	Zona Sedimentasi (m)			Zona Lumpur Kapasitas (m)		Lumpur Terbuang m <sup>3</sup> /hari
		P	L	H	Kapasitas	H	
100.000	1	7	5,3	2	180	5	4
200.000	1 atau 2	10	5	2	360	6	12
		7	3,5	2			
300.000	2	10	5	2	540	6	18

Sumber: Departemen PU, 1998

Tabel 4.3 Resume Kriteria Desain Tangki Imhoff

Parameter	Kriteria Desain	Resume
<b>Zona Sedimentasi</b>		
Waktu detensi ruang sedimentasi (jam)	$\geq 1,5^a$	$\geq 1,5^a$
Rasio P:L	$(2-5) : 1^b$	$(2-5) : 1^b$
Tinggi zona sedimentasi (m)	$1,5-2^a$	$1,5-2^a$
Tinggi zona netral (m)	$\geq 0,54^a$	$\geq 0,54^a$
Kedalaman tangki total (m)	$6-9^a$	$6-9^a$
Tinggi jagaan air (m)	$0,2-0,3^a$	$0,2-0,3^a$
Jumlah unit	$\leq 2^a$	$\leq 2^a$
Efisiensi pemisahan padatan tersuspensi ruang sedimentasi (%)	$40-60^a$	$40-60^a$
<b>Zona Gas</b>		
Area (% area total)	$15-30^b$	$15-30^b$
Lebar ventilasi gas (mm)	$450-600^a$	$450-600^a$
<b>Zona Lumpur</b>		
Waktu detensi (bulan)	$1-2^a$	$1-2^a$
Diameter pipa lumpur (mm)	$\geq 150^a$ $200-300^b$	$150-300$

Sumber: <sup>a)</sup> Departemen PU (1999)

<sup>b)</sup> Crites (1999)



Dari hasil perbandingan kriteria desain oleh Departemen PU (1998), Sasse (1998), EPA (1999) dan McLean (2009) terdapat beberapa kemiripan. Hal ini dikarenakan dalam petunjuk teknis yang diterbitkan oleh Kementerian PU (1998) beberapa kriteria desain disadur dari literatur yang telah ada. Berdasarkan perbandingan kriteria desain yang ada maka kriteria desain yang dapat digunakan untuk perencanaan selanjutnya yakni kriteria desain oleh Departemen PU (1999).

#### 4.2.3 *Solids Separation Chamber dan Drying Area*

Unit bangunan ini merupakan alternatif pengolahan pemekatan yang diusung oleh Hermana (2008) untuk diterapkan di IPLT Keputih pada pengembangan IPLT Keputih tahun 1998. Unit ini pertama kali dicetuskan pada tahun 1998, namun buku yang memuat mengenai desain SSC dan DA baru dipublikasikan pada tahun 2008. Kriteria desain SSC dan DA diadaptasi langsung dari perencanaan desain yang kemudian telah dijadikan acuan desain yang akan dimuat di Rancangan Peraturan Menteri PU tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah, IPLT. Tabel 4.4 menunjukkan kriteria desain SSC + DA

Tabel 4.4 Kriteria Desain *Solids Separation Chamber dan Drying Area*

Parameter	Besaran	Satuan
<b>SSC</b>		
Tebal lapisan pasir	20 - 30	cm
Tebal lapisan kerikil	20 - 30	cm
Waktu pengisian truk tinja	5	Hari
H lumpur tinja diatas pasir	30 - 50	cm
Waktu pengeringan	5 - 12	hari
<b>DA</b>		
waktu pengeringan <i>cake</i> -di DA	7 -5	hari
waktu pengambilan <i>cake</i> matang	1	hari
Ketebalan <i>cake</i>	10 - 30	cm
Tebal lapisan pasir	15 - 30	cm
Kadar air	20	%
Kadar <i>solid</i>	80	%

Sumber: Hermana, 2008



Kriteria desain yang digunakan untuk analisa SSC dan DA pada analisa implementasi IPLT ialah kriteria desain menurut Hermana (2008).

#### **4.2.4 Kolam Stabilisasi (WSP)**

Spesifikasi kriteria desain yang dipilih mempertimbangkan kondisi negara berkembang yang umumnya beriklim tropis. Parr and Horan (1994) menemukan bahwa terdapat tiga alasan utama kegagalan Kolam Stabilisasi: kurangnya pengetahuan teknikal, kegagalan dalam mempertimbangkan faktor lokal yang relevan pada tahap pra-desain; dan debit masukan yang melewati standar.

##### **4.2.4.1 Kolam Anaerobik**

Parameter utama dalam desain Kolam Anaerobik ialah beban organik volumetrik, waktu detensi, tinggi air, serta rasio panjang dan lebar (von Sperling, 2005). Kondisi lingkungan yang lebih hangat dapat mengijinkan kolam menampung beban yang lebih besar dan dengan volume kolam yang lebih kecil (von Sperling, 2005).

Beberapa kriteria desain dari Kolam Anaerobik terdapat pada Tabel 4.5 hingga Tabel 4.7 dari berbagai literatur. Berbagai kriteria desain tersebut kemudian dibandingkan dengan dari beberapa hasil penelitian terdahulu dan aplikasi penggunaan kriteria desain dari beberapa IPLT di Indonesia. Perbandingan panjang dan lebar sebanding dengan efisiensi penyisihan BOD dan berbanding terbalik dengan kandungan oksigen, namun nilai tersebut tidak signifikan, rasio panjang dan lebar yang efektif ialah 4:1. (Abbas dkk, 2006). Menurut Al Salem (1987), tinggi dan waktu detensi efektif untuk Kolam Anaerobik ialah 3 m dan 4,2 hari. Menurut Papadopoulos (2007) tinggi efektif pada Kolam Anaerobik ialah 4 m, rasio P:L efektif ialah 3:1, dan tinggi jagaan efektif ialah 0,5 m. Pemilihan kriteria desain juga dengan membandingkan hasil perencanaan IPLT yang operasionalnya baik, seperti IPLT Kalimulya Kota Depok, IPLT Kerambitan Tabanan Bali, dan IPLT Puulongdiga Kota Kendari. *Detail Engineering Design* (DED) pada perencanaan IPLT Kabupaten Sawolangun dan IPLT Kota Jambi. Resume kriteria desain beberapa IPLT dan yang dipilih terdapat pada Tabel 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.5 Variasi Removal BOD dengan BOD Loading dan Waktu Detensi tertentu pada suhu 25°C di Timurlaut Brazil

<b>Waktu Detensi (hari)</b>	<b>Volumetrik loading (g/m<sup>3</sup>.hari)</b>	<b>BOD Removal (%)</b>
0,8	306	76
1,0	215	76
1,9	129	80
2,0	116	75
4,0	72	68
6,8	35	74

Sumber: Silva, 1982

Tabel 4.6 Kriteria Desain Waktu Detensi dan Efisiensi Penyisihan BOD Kolam Anaerobik berdasarkan Suhu

<b>Parameter</b>	<b>Besaran</b>	<b>Efisiensi Penyisihan BOD (%)</b>
Waktu detensi (hari)		
T <10	5	0-10
T 15–20°C	2-3	40-50
T 20–25°C	1-2	40-60
T 25–30°C	1–2	60-80

Sumber: Balai Pelatihan Air Bersih dan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2000



Tabel 4.7 Kriteria Desain Kolam Anaerobik dari Berbagai Sumber

Parameter	Sasse, 1998	Departemen PU, 1999	Von Sperling, 2005	WSP, 2007	Metcalf dan Eddy, 2014
Tinggi air (m)	2-6	1,8-2,5	3,5-5	2-5	2,4-4,9
Tinggi jagaan (m)	-	0,3-0,5	-	-	-
Rasio P : L	-	(2-4) : 1	3 : 1	-	-
Beban BOD volumetric (g BOD/m <sup>3</sup> .hari)	300-500	500-800	-	100-400	-
Efisiensi penyisihan BOD (%)	50-70	≥ 60	-	> 60	50-85
Waktu detensi (hari)	1-30	-	3-6	2-5	20-50

Tabel 4.8 Dimensi Unit and Kriteria Desain Beberapa IPLT

Parameter	Kalimulya	Kerambitan	Puulongdiga	Jambi	Sawolangun
P : L	3,7 : 1	1,3 : 1	1,8 : 1	1,6:1	2:1
Tinggi air (m)	2,5	3	2,5	3	2,5
Tinggi jagaan (m)	0,4	-	-	-	0,5
Waktu detensi (hari)	5,6	10,4	9,2	2	2



Tabel 4.9 Resume Kriteria Desain Kolam Anaerobik

Parameter	Kriteria Desain
Tinggi air (m)	2-5 <sup>c)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Rasio P : L	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Beban BOD volumetric (g BOD/m <sup>3</sup> .hari)	500-800 <sup>a)</sup>
Efisiensi penyisihan BOD (%)	50-70 <sup>a)</sup>
Waktu detensi (hari)	1-30 <sup>b)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Departemen PU, 1999

<sup>b)</sup> Sasse, 1998

<sup>c)</sup> WSP, 2007

Dari hasil perbandingan kriteria desain oleh Sasse (1998), Departemen PU (1999), von Sperling (2005), WSP (2007), dan Metcalf dan Eddy (2014), secara keseluruhan mayoritas penggunaan kriteria desain mendekati dengan kriteria desain oleh Departemen PU (1999). Hal ini dikarenakan dalam petunjuk teknis yang diterbitkan oleh Departemen PU (1999) beberapa kriteria desain disadur dari literatur yang telah ada. Berdasarkan perbandingan kriteria desain yang ada maka kriteria desain yang dapat digunakan untuk perencanaan selanjutnya yakni kriteria desain oleh Departemen PU (1999).

#### **4.2.4.2 Kolam Fakultatif**

WSP (2007) menyatakan bahwa Kolam Fakultatif didesain dengan tujuan penghancuran bakteri patogen dan pengolahan beban organik. Menurut von Sperling (2005), parameter utama dalam desain Kolam Fakultatif ialah beban organik permukaan, tinggi air, waktu detensi, serta rasio panjang dan lebar. Mara dan Pearson (1998) menyatakan bahwa Kolam Fakultatif dirancang untuk menghilangkan BOD pada beban permukaan yang rendah (tidak seperti Kolam Anaerobik yang dirancang untuk beban volumetrik).

Resume kriteria desain beberapa IPLT dan beberapa kriteria desain dari Kolam Fakultatif terdapat pada Tabel 4.10 dan 4.11. Berbagai kriteria desain tersebut kemudian dibandingkan dengan dari beberapa hasil penelitian terdahulu dan aplikasi penggunaan kriteria desain dari beberapa IPLT di Indonesia. Abbas dkk (2006) menyatakan bahwa perbandingan panjang dan lebar sebanding dengan efisiensi penyisihan BOD dan berbanding terbalik dengan kandungan oksigen, namun nilai tersebut tidak signifikan, rasio panjang dan lebar yang efektif ialah 4:1. Tinggi dan waktu detensi efektif untuk Kolam Fakultatif ialah 1,5 m dan 4,8 hari (Al Salem, 1987). Menurut Gloyna (1971), Kolam Fakultatif dapat menampung beban sekitar 100 kg BOD<sub>5</sub>/Ha.hari. Tinggi Kolam Fakultatif yang sesuai menurut Hosetti dan Frost (2010) ialah maksimal 2 m. Papadopoulos (2007) menyatakan bahwa tinggi efektif pada Kolam Fakultatif ialah 1,75 m, rasio P:L ialah 3:1, dan tinggi jagaan ialah 0,5 m. Sedangkan Pearson dkk (1995) menyatakan tinggi efektif dari Kolam Fakultatif ialah 2 m dengan waktu detensi selama 6 hari.



Pemilihan kriteria desain juga dengan membandingkan hasil perencanaan beberapa IPLT yang operasionalnya baik, seperti IPLT Kalimulya Kota Depok, IPLT Kerambitan Tabanan Bali, dan IPLT Puulongdiga Kota Kendari. *Detail Engineering Design* (DED) pada perencanaan IPLT Kabupaten Sawolangun dan IPLT Kota Jambi. Resume kriteria desain yang dipilih terdapat pada Tabel 4.12.

Dari hasil perbandingan kriteria desain oleh Sasse Departemen PU (1999), Pena Varon (2004), von Sperling (2005), WSP (2007), dan Metcalf dan Eddy (2014), secara keseluruhan mayoritas penggunaan kriteria desain mendekati dengan kriteria desain oleh von Sperling (2005) berdasarkan faktor kriteria yang paling penting untuk Kolam Fakultatif. Seperti yang diungkapkan oleh von Sperling (2005), bahwa parameter utama dalam desain Kolam Fakultatif ialah beban organik permukaan, tinggi air, waktu detensi, serta rasio panjang dan lebar. Parameter yang lain dapat menggunakan resume criteria desain pada Tabel 4.12

#### **4.2.4.3 Kolam Maturasi**

Kolam Maturasi didesain untuk menyisihkan bakteri dan virus yang dapat dipresentasikan dengan coliform sebagai indikator. Mekanisme ini akan terjadi lebih efektif dengan ketinggian kolam yang lebih rendah, karena kolam ini tipikalnya bernuansa aerobik untuk proses degradasi bakteri dan virus. Mekanisme utama untuk menghilangkan bakteri faecal di kolam pematangan adalah waktu retensi, suhu, pH tinggi (>9), dan intensitas cahaya yang tinggi. Faecal bakteri dan patogen lainnya mati karena suhu tinggi, pH tinggi atau radiasi dari matahari menuju desinfeksi oleh sinar matahari (Curtis dkk,1992).

Resume kriteria desain beberapa IPLT dan beberapa kriteria desain dari Kolam Maturasi terdapat pada Tabel 4.13 4.14. Berbagai kriteria desain tersebut kemudian dibandingkan dengan dari beberapa hasil penelitian terdahulu dan aplikasi penggunaan kriteria desain dari beberapa IPLT di Indonesia. Abbas dkk (2006) menyatakan bahwa perbandingan panjang dan lebar sebanding dengan efisiensi penyisihan BOD dan berbanding terbalik dengan kandungan oksigen, namun nilai tersebut tidak signifikan. Menurut Abbas dkk (2006), rasio panjang dan lebar yang efektif ialah 4:1. Al Salem (1987)



menyatakan bahwa tinggi dan waktu detensi efektif untuk Kolam Maturasi ialah 1,25 m dan 3,4 hari. Tinggi efektif dari Kolam Maturasi ialah 1 m dan paling tidak harus memiliki waktu detensi 7-10 hari (Gloyna, 1971) Menurut Hosetti, dan Frost (2010) tinggi efektif dari Kolam Maturasi ialah <1 m. Papadopoulos (2007) menyatakan bahwa tinggi efektif pada Kolam Maturasi ialah 1,25 m, rasio P:L ialah 3:1, dan tinggi jagaan ialah 0,5 m. Sedangkan menurut Pearson dkk (1995) bahwa tinggi efektif dari Kolam Fakultatif ialah 0,6 m dengan waktu detensi selama 4,2 hari dan beban 34 kg BOD<sub>5</sub>/Ha.hari. Resume kriteria desain beberapa IPLT dan yang dipilih terdapat pada Tabel 4.11 dan 4.12.

Pemilihan kriteria desain juga dengan membandingkan hasil perencanaan beberapa IPLT yang operasionalnya baik, seperti IPLT Kalimulya Kota Depok, IPLT Kerambitan Tabanan Bali, dan IPLT Puulongdiga Kota Kendari. *Detail Engineering Design* (DED) pada perencanaan IPLT Kabupaten Sawolungan dan IPLT Kota Jambi juga digunakan sebagai pembandingan untuk pemilihan kriteria desain. Tinggi air pada Kolam Maturasi IPLT Kerambitan dan Puulongdiga sangat jauh dari kriteria desain yang ada, hal itu dapat terjadi mungkin karena kesalahan pendataan dari dimensi unit Kolam Stabilisasi untuk tinggi airnya. Pemilihan kriteria desain lebih condong dengan mempertimbangkan aplikasi pada IPLT lokal yang nilainya. Resume kriteria desain yang dipilih terdapat pada Tabel 4.15.

Dari hasil perbandingan kriteria desain oleh Sasse Departemen PU (1999), Pena Varon (2004), von Sperling (2005), WSP (2007), dan Metcalf dan Eddy (2014), secara keseluruhan mayoritas mendekati dengan kriteria desain oleh Departemen PU (1999), namun berdasarkan faktor kriteria yang paling penting untuk Kolam Maturasi seperti waktu detensi dan tinggi air yang sesuai dengan aplikasi pada beberapa IPLT di Indonesia ialah menurut Metcalf dan Eddy (2014). Seperti yang diungkapkan oleh Curtis dkk (1992), mekanisme utama untuk menghilangkan bakteri faecal di kolam pematangan adalah waktu retensi, suhu, pH tinggi (>9), dan intensitas cahaya yang tinggi karena faecal bakteri dan patogen lainnya mati karena suhu, pH tinggi atau radiasi dari matahari menuju desinfeksi oleh sinar matahari. Parameter yang lain dapat menggunakan resume kriteria desain yang terdapat pada Tabel 4.12

Tabel 4.10 Dimensi Unit and Kriteria Desain Kolam Fakultatif Beberapa IPLT

Parameter	Kalimulya	Kerambitan	Puulongdiga	Jambi	Sawolangun
P : L	1,6 : 1	1,3 : 1	1,8 : 1	3:1	2:1
Tinggi air (m)	2	3	2,5	1,7	2
Tinggi jagaan (m)	0,4	-	-	-	0,5
Waktu detensi (hari)	26	31,7	22,4	16	20

Tabel 4.11 Kriteria Desain Kolam Fakultatif dari Berbagai Sumber

Parameter	Departemen PU, 1999	Pena Varon, 2004	von Sperling, 2005	WSP, 2007	Metcalf dan Eddy, 2014
Tinggi air (m)	1,2-1,8	1-2	1,5-2	1-2	1,2-2,4
Tinggi jagaan (m)	0,3-0,5	-	-	-	-
Rasio P : L	(2-4) : 1	-	2 : 1	-	-
Beban BOD permukaan (kg BOD <sub>5</sub> /Ha.hari)	-	80-400	240-300	-	56-202
Efisiensi penyisihan BOD (%)	≥ 70	-	-	70-90	80-95
Waktu detensi (hari)	-	-	15-45	5-30	5-30



Tabel 4.12 Resume Kriteria Desain Kolam Fakultatif

Parameter	Kriteria Desain
Tinggi air (m)	1,5-2 <sup>c)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Rasio P : L	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Beban BOD volumetric (kg BOD <sub>5</sub> /Ha.hari)	80-400 <sup>b)</sup>
Efisiensi penyisihan BOD (%)	70-90 <sup>a)</sup>
Waktu detensi (hari)	15-45 <sup>c)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Departemen PU, 1998

<sup>b)</sup> Pena Varon, 2004

<sup>c)</sup> von Sperling, 2005

Tabel 4.13 Dimensi Unit and Kriteria Desain Kolam Maturasi Beberapa IPLT

Parameter	Kalimulya	Kerambitan	Puulongdiga	Jambi	Sawolangun
P : L	2,7 : 1	1,3 : 1	2,4 : 1	3:1	2:1
Tinggi air (m)	1,5	3	2,5	1,5	1,5
Tinggi jagaan (m)	0,4	-	2,4 : 1	-	0,5
Waktu detensi (hari)	15,2	14	6,9	5,3	5



Tabel 4.14 Kriteria Desain Kolam Maturasi

Parameter	Departemen PU, 1998	Pena Varon, 2004	Von Sperling, 2005	WSP, 2007	Metcalf dan Eddy, 2014
Tinggi air (m)	0,8-1,2	1-1,5	0,8-1	1-1,15	0,9-1,5
Tinggi jagaan (m)	0,3-0,5	-	-	-	-
Rasio P : L	(2-4) : 1	-	3 : 1	-	-
Beban BOD volumetric (g BOD/m <sup>3</sup> .hari)	40-60	-	-	-	≤ 16,8
Efisiensi penyisihan BOD (%)	≥ 70	-	-	60-80	60-80
Efisiensi penyisihan Coliform (%)	≥ 95	-	≥ 90	-	-
Waktu detensi (hari)	-	-	10-20	15-20	5-20

Tabel 4.15 Resume Kriteria Desain Kolam Maturasi

Parameter	Kriteria Desain
Tinggi air (m)	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Rasio P : L	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Beban BOD volumetric (g BOD/m <sup>3</sup> .hari)	40-60 <sup>a)</sup>
Efisiensi penyisihan BOD (%)	≥ 70 <sup>a)</sup>
Efisiensi penyisihan Coliform (%)	≥ 95 <sup>a)</sup>
Waktu detensi (hari)	5-20 <sup>b)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Departemen PU, 1999

<sup>b)</sup> Metcalf dan Eddy, 2014

#### 4.2.5 *Oxidation Ditch* (OD)

*Oxidation Ditch* memiliki desain yang empiris. Kriteria desain parit oksidasi untuk IPLT di Indonesia dapat mempertimbangkan kriteria desain yang dipakai di Negara India, yang cenderung memiliki kondisi iklim yang sama dengan Indonesia dan juga merupakan negara berkembang. Di iklim yang hangat loadingnya lebih tinggi sehingga waktu detensinya lebih rendah/cepat (Arceivala dan Alagarsamy, 1970). Parit oksidasi digunakan di negara berkembang hanya untuk debit yang besar (atau hanya untuk yang sangat besar) oleh karena itu tingginya harus cukup tinggi paling tidak 3 meter namun minimal 2 meter.

Tabel 4.16 menunjukkan perbandingan kriteria desain parit oksidasi di India dan Eropa yang menunjukkan bahwa perbedaan suhu dan iklim sangat berpengaruh terhadap desain unit OD menurut Arceivala dan Alagarsamy (1970). Terdapat beberapa kriteria desain lain yang dapat dijadikan pertimbangan untuk menentukan kriteria desain OD, kriteria desain ini merupakan data pendekatan dari penelitian terdahulu. Kriteria desain OD dari berbagai sumber untuk perbandingan terdapat pada Tabel 4.17. Sumber yang digunakan sebagai perbandingan kriteria desain ialah JSWA (2013), Moore (2003), U.S EPA (2000), serta Xia dan Liu (2004).

Tabel 4.16 Kriteria Desain *Oxidation Ditch* di India dan Eropa

Parameter	India	Eropa	Satuan
Faktor loading lumpur	0,1–0,3	0,05	/hari
Kebutuhan aerasi	1,5–2,0	2,0	Kg O <sub>2</sub> /kg BOD
Kelebihan produksi lumpur	5–10	25–30	g/Ha.hari
Area SDB	0,025	0,35	m <sup>2</sup> /Ha
Kebutuhan lahan	0,125	1,2	m <sup>2</sup> /Ha
Tinggi	2 - 3	-	m

Sumber: Arceivala dan Alagarsamy, 1970

Resume kriteria desain yang dipilih terdapat pada Tabel 4.18. Kriteria desain tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan pendekatan nilai dari beberapa hasil penelitian terdahulu. Rancangan atau draft Peraturan Menteri PU disini ikut dimuat karena rancangan perundangan ini akan segera dipublikasikan untuk menjadi pedoman perencanaan IPLT oleh Kementerian PU.



Tabel 4.17 Kriteria Desain *Oxidation Ditch* dari Berbagai Sumber

Parameter	JSWA, 2013	Moore, 2003	Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014	U.S EPA, 2000	Xia dan Liu, 2004
SRT (hari)	-	27	-	4-48	20-40
HRT (jam)	24-36	-	-	6-30	-
MLSS (mg/L)	3000-4000	2700	3000-6000	-	1900-4900
MLVSS (mg/L)	-	1800	-	-	-
Tinggi air (m)	1-5	-	1-1,5	-	2,5-3
Kebutuhan oksigen (kg O <sub>2</sub> /kg BOD)	1,4-2,2	-	-	-	-
Rasio F:M	-	-	0,03-0,15	-	0,06

Tabel 4.18 Resume Kriteria Desain *Oxidtion Ditch*

Parameter	Kriteria Desain
SRT (hari)	4-48 <sup>d)</sup>
HRT (jam)	6-30 <sup>d)</sup>
MLSS (mg/L)	1900-4900 <sup>e)</sup>
MLVSS (mg/L)	1800 <sup>b)</sup>
Tinggi air (m)	1-1,5 <sup>d)</sup>
Kebutuhan oksigen (kg O <sub>2</sub> /kg BOD)	1,5-2 <sup>a)</sup>
Rasio F:M	0,03-0,15 <sup>d)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Arceivala dan Alagarsamy, 1970

<sup>b)</sup> Moore, 2003

<sup>c)</sup> Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014

<sup>d)</sup> U.S. EPA, 2000

<sup>e)</sup> Xia dan Liu, 2004



## 4.2.6 Biodigester

### 4.2.6.1 *Anaerobic Digester* (AD) dengan pengadukan

Proses anaerobik digester membutuhkan pencampuran yang baik antara biomass anaerob dengan air limbah, maka diperlukan sistem pengadukan. Sistem Anaerobik Digester berfungsi untuk menguraikan senyawa organik yang terdapat di lumpur tinja menggunakan mikroba anaerobik berupa kolam tertutup dengan mixer sebagai pengaduk. Unit ini harus diikuti oleh unit pengolahan aerobik sebagai pelengkap. Lumpur biologis yang terbentuk dipisahkan dari air pada tahapan selanjutnya yakni pemekatan/pemisahan padatan dan cairan. Lumpur biologis selanjutnya diolah di unit pengolahan lumpur.

Pemilihan kriteria desain mempertimbangkan beberapa hasil penelitian terdahulu mengenai kriteria desain terkait. Menurut Nazarof dan Cohen (2001) rentang waktu detensi pada unit ASD ini ialah 10-20 hari. *Hydraulic Retention Time* (HRT) atau bisa disebut waktu detensi yang efektif pada suhu 21,6 °C ialah 8,5 jam sedangkan pada suhu 23 °C ialah 6,9 jam, *Solid Retention Time* (SRT) ialah 50-80 hari (Alvares dkk, 2008). Efisiensi penyisihan BOD dapat mencapai 70-90% (Qian dkk, 2007). Ketinggian ASD yang digunakan oleh El Hamaori dkk (2007) ialah 0,8 m. Kriteria desain *Anaerobik Digester* menurut Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014 terdapat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Kriteria Desain *Anaerobic Digester* dengan Pengadukan

Parameter	Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014
SRT (hari)	20 - 40
HRT (jam)	6
Efisiensi penyisihan BOD (%)	70 - 90
Efisiensi penyisihan coliform (%)	60 - 99
Kedalaman kolam (m)	1,5 - 2,5
Rasio P:L	(2-4) : 1
Periode pengurasan (tahun)	5 - 10

Sumber: Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014

Resume kriteria desain yang dipilih terdapat pada Tabel 4.20. Kriteria desain tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan pendekatan nilai dari beberapa hasil penelitian terdahulu. Rancangan atau draft Peraturan Menteri PU disini ikut dimuat

karena rancangan perundangan ini akan segera dipublikasikan untuk menjadi pedoman perencanaan IPLT oleh Kementerian PU.

Tabel 4.20 Resume Kriteria Desain *Anaerobik Digester* dengan Pengadukan

Parameter	Kriteria Desain
SRT (hari)	50-80 <sup>a)</sup>
HRT (jam)	6-8,5 <sup>a)</sup>
Efisiensi penyisihan BOD (%)	70-90 <sup>b)</sup>
Efisiensi penyisihan coliform (%)	60-99 <sup>b)</sup>
Kedalaman kolam (m)	1,5-2,5 <sup>b)</sup>
Rasio P:L	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>
Periode pengurusan (tahun)	5 - 10 <sup>a)</sup>

Sumber: a) Alvares dkk, 2008

b) Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014

#### 4.2.6.2 *Anaerobic Digester* tanpa pengadukan

Teknologi pengolahan yang digunakan adalah sistem pengolahan *Anaerobic Digester* tanpa bantuan alat mekanis. *Anaerobic Digester* non Listrik berupa kolam tertutup. Unit ini harus diikuti oleh unit pengolahan aerobik sebagai pelengkap. Lumpur biologis yang terbentuk akan dipisahkan dengan air di unit ini. Lumpur biologis selanjutnya diolah di unit pengolahan lumpur. Filtrat atau air hasil olahan diolah kembali melalui unit pengolahan cairan sebelum filtrat dibuang ke badan air penerima.

Unit anaerobik (tanpa bantuan oksigen) tidak menggunakan alat pengaduk (mixer). Di unit anaerobik, lumpur mikroba akan mengendap kebawah karena tidak ada pengadukan, sehingga bagian bawah dasar bak dirancang berbentuk kerucut agar mudah mengendap. Lumpur yang terbentuk akan mengendap ke bawah secara gravitasi. Tabel 2.1 menunjukkan kriteria desain *Anaerobic Digester* tanpa Pengadukan menurut Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014. Rancangan draft Peraturan Menteri PU dimuat karena rancangan perundangan ini akan dipublikasikan menjadi pedoman perencanaan IPLT.

#### 4.2.7 Bak pengering lumpur atau *Sludge Drying Bed* (SDB)

Kriteria desain SDB menggunakan Rancangan Peraturan Menteri PU (2014) yang diadaptasi dari Qasim (1985).



Tabel 4.21 Kriteria Desain *Anaerobic Digester* tanpa Pengadukan

Parameter	Besaran	Satuan
BOD	5,0	kg/m <sup>3</sup>
SS	20	kg/m <sup>3</sup>
VSS loading	1–3	kg VSS/hari
Solid Retention Time	10–25	Hari
Hidrolis Retention Time	10–25	Hari
Rasio P:L	2:1	-
%removal SS	50–75	%
Kedalaman	>6	m

Sumber: Rancangan Peraturan Menteri PU, 2014

### 4.3 Analisa Review Sampel IPLT

Analisa IPLT dilakukan terhadap 11 sampel IPLT. Dari kesebelas IPLT ini, lima IPLT dipilih karena memiliki kondisi bangunan baik dan operasional optimal. Terdapat tiga IPLT yang memiliki data lengkap mengenai kondisi operasional, sistem pengolahan, dan dimensi unit pengolahannya, sedangkan dua IPLT lainnya hanya memiliki data kondisi operasional dan sistem pengolahan terpakai. IPLT yang memiliki kondisi bangunan yang cukup baik dan operasional yang cukup optimal dengan data lengkap ialah IPLT Kalimulya, IPLT Puulongdiga, dan IPLT Kerambitan, sedangkan dua IPLT yang lain namun laporan datanya kurang lengkap, yakni IPLT Mojosari dan IPLT Keputih.

Sampel IPLT yang lain sebanyak 7 IPLT dipilih secara acak berdasarkan kelengkapan data yang menunjang analisa. Kelengkapan data tersebut telah dievaluasi dari jurnal dan laporan hasil survey dari Bantek IPLT tahun 2010 dan tahun 2012. IPLT tersebut merupakan IPLT dengan kondisi baik dan rusak ringan dan beroperasi tidak optimal. IPLT yang dipilih ialah IPLT Degayu, IPLT Dumpoh, IPLT Jekan Raya, IPLT Kaliboto, IPLT Ngembak, IPLT Sampit, dan IPLT Tambak Lorok.

#### 4.3.1 IPLT Degayu, Kota Pekalongan

Kapasitas desain IPLT Degayu di Kota Pekalongan ialah 47,75 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, empat truk milik Pemerintah Daerah dan dua truk milik pihak swasta dengan kapasitas masing – masing 3 m<sup>3</sup> dan rata – rata 2 ritasi per hari



(Wardhana dan Karunia, 2009). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= 6 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 2 \text{ ritasi/hari} \\ &= 36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan pada IPLT Degayu ialah, satu unit Tangki Imhoff, empat unit Bak Penampung, satu unit Kolam Anaerobik, dua unit Kolam Fakultatif yang tersusun secara seri, dan satu unit Kolam Maturasi. Unit Tangki Imhoff mengalami kerusakan pada bagian penutupnya. Penggelontoran pada unit Tangki Imhoff tidak menggunakan air bersih melainkan menggunakan air hasil pengolahan lindi dari pengolahan TPA, namun kondisi unit ini masih baik dan dapat dioperasikan (Wardhana dan Karunia, 2009). Unit Bak Pengumpul mengalami kebocoran kecil pada lantainya. Dimensi unit Tangki Imhoff dan Bak Pengumpul dalam panjang, lebar, dan tinggi (P x L x t) masing – masing ialah 15 m x 5 m x 2 m dan 6,5 m x 5 m x 2 m (Bantek IPLT, 2010).

Unit Kolam Anaerobik mengalami kebocoran pada lantainya. Kondisi fisik Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi dalam kondisi baik. Dimensi unit Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi dalam panjang, lebar, dan tinggi (P x L x t) masing – masing ialah 15 m x 5 m x 3,4 m, 11,5 m x 8 m x 2 m, 16 m x 8 m x 2 m, dan 20 m x 12 m x 0,5 m (Bantek IPLT, 2010). Waktu detensi Kolam Stabilisasi berturut – turut 8 hari, 5 hari, dan 6 hari. Waktu detensi pengolahan dipengaruhi oleh proses pengolahan dan kondisi bak yang dipenuhi lumpur endapan, jadi seakan – akan kolam telah penuh lebih cepat. (Wardhana dan Karunia, 2009). Kondisi fisik unit SDB baik, namun tidak dimanfaatkan seperti yang seharusnya karena endapan lumpur hanya diletakkan dipinggir kolam saat akan dilakukan pengurasan secara manual. Hal ini juga dipicu oleh rusaknya beberapa pompa penguras lumpur pada Kolam Stabilisasi (Wardhana dan Karunia, 2009). Analisa perbandingan data teknis dari Wardhana dan Karunia (2009) dan Bantek (2010) dengan kriteria desain pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain pada IPLT Degayu

Parameter	Tangki Imhoff		Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
Kompartemen	2	≤ 2 <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-	-
Td (hari)	-	-	8	1-30 <sup>e)</sup>	5	15-45 <sup>f)</sup>	5	5-20 <sup>c)</sup>
P : L	3 : 1	(2-5):1 <sup>a)</sup>	3 : 1	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>	1,4 : 1 2 : 1	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>	1,7 : 1	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>
Tinggi air (m)	2	6 – 9 <sup>b)</sup>	3,4	2-5 <sup>g)</sup>	2	1,5-2 <sup>f)</sup>	1,4	0,9-1,5 <sup>c)</sup>
Tinggi jagaan (m)	-	-	0,4	0,3-0,5 <sup>b)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>b)</sup>	0,5	0,3-0,5 <sup>b)</sup>
Efisiensi BOD (%)	-	-	15%	50-70 <sup>b)</sup>	48%	70-90 <sup>b)</sup>	69%	>70 <sup>b)</sup>
Efisiensi Coliform (%)	-	-	-	-	-	-	0%	> 90 <sup>b)</sup>

- Sumber:
- a) Crites, 1999
  - b) Dept. PU, 1999
  - c) Metcalf dan Eddy, 2014
  - d) Pena Varon, 2004
  - e) Sasse, 1998
  - f) von Sperling, 2005
  - g) WSP, 2007



Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.22 untuk desain fisik kedalaman unit Tangki Imhoff tidak memenuhi kriteria desain menurut Dept. PU (1999), desain fisik Kolam Anaerobik memenuhi kriteria desain dari berbagai sumber, desain panjang dan lebar Kolam Fakultatif bak pertama dan Kolam Maturasi tidak memenuhi kriteria desain. Analisa waktu detensi, efisiensi peyisihan BOD dan Coliform pada Kolam Stabilisasi semuanya tidak memenuhi kriteria desain dari Dept. PU (1999). Tidak terpenuhinya waktu detensi, efisiensi penyisihan BOD dan Coliform sesuai kriteria desain disebabkan oleh desain fisik yang tidak sesuai kriteria desain dan debit lumpur yang masuk pengolahan lebih kecil daripada kapasitas desain yang ada. Hal ini mengacu pada persamaan (2-3) yang menunjukkan bahwa rendahnya debit akan menyebabkan waktu detensi pada tiap unit pengolahan menjadi lebih lama. Waktu detensi lapangan yang tidak sesuai dengan kriteria desain berdampak pada efisiensi penyisihannya yang menjadi lebih kecil daripada yang seharusnya (Wardhana dan Karunia, 2009).

#### **4.3.2 IPLT Dumpoh, Kota Magelang**

Kapasitas desain IPLT Dumpoh, Kota Magelang ini ialah 20,5 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, 1 truk milik Pemerintah Daerah dan 1 truk milik pihak swasta dengan kapasitas masing – masing 3 m<sup>3</sup> dan rata – rata 1 ritasi per hari (Sudarno dan Ekawati, 2006). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= 2 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ritasi/hari} \\ &= 6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Saat ini masih 29% dari kapasitas desain yang terpakai untuk mengolah lumpur tinja di IPLT Dumpoh. Kapasit desain eksisting dipengaruhi oleh desain perencanaan, tahun perencanaan dari IPLT. Unit pengolahan pada IPLT Dumpoh ialah satu unit Bak Penampung, dua unit Kolam Anaerobik, satu unit Kolam Fakultatif, satu unit Kolam Maturasi, dan satu unit SDB (Sudarno dan Ekawati, 2006).

Unit Bak Penampung lumpur tinja yang baru masuk diencerkan dengan ditambahkan air dari saluran pengencer yang



bersumber dari Sungai Kalibening. Sampah padat dibersihkan secara manual pada Bak Penampung agar tidak mengganggu pengolahan di unit selanjutnya. Waktu detensi pada Kolam Anaerobik mencapai 90 hari dimana seharusnya waktu detensi ialah maksimumnya pun 50 hari jika di negara bersuhu rendah. Waktu detensi pada Kolam Fakultatif ialah 10 hari dan Kolam Maturasi selama 92 hari. Hal ini dipengaruhi faktor operasional yang mana petugas operator berpedoman bahwa apabila isi kolam telah melebihi tinggi jagaan baru itu saatnya lumpur tinja dialirkan ke pengolahan selanjutnya, jadi butuh waktu yang lebih lama untuk mengalirkan dan mengolah lumpur ke unit selanjutnya. Waktu pengeringan SDB antara 1-2 minggu. Belum ada pompa penguras lumpur pada unit SDB, sehingga tidak dilakukan pengurasan lumpur kering dari bak ini. Permukaan *cake* pada unit SDB banyak ditumbuhi rumput liar. Lumpur kering dari pengolahan unit SDB belum dimanfaatkan. Bak ini terkadang dimanfaatkan untuk menampung lumpur tinja dari truk tinja yang baru datang (Sudarno dan Ekawati, 2006). Analisa pemenuhan data teknis dari Sudarno dan Ekawati (2006) dan kriteria desain dari unit IPLT Dumpoh erdapat pada Tabel 4.19.

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.23 untuk desain fisik Kolam Anaerobik memenuhi kriteria desain dari berbagai sumber. Desain fisik Kolam Fakultatif dan Maturasi dari data yang ada memenuhi kriteria desain. Analisa waktu detensi yang memenuhi kriteria desain hanya Kolam Fakultatif, Kolam Anaerobik dan Maturasi tidak memenuhi kriteria desain. Efisiensi peyisihan BOD pada Kolam Stabilisasi semuanya memenuhi kriteria desain. Tidak terpenuhinya waktu detensi ini salah satu penyebabnya ialah kecilnya debit lumpur yang masuk ke unit pengolahan, hal ini sesuai dengan persamaan (2-3). Waktu detensi lapangan yang tidak sesuai dengan kirteria desain juga dapat berdampak pada efisiensi penyisihan BOD yang akan menjadi lebih kecil daripada yang seharusnya (Sudarno dan Ekawati, 2006). Namun, saat dibandingkan efisiensi penyisihan BOD di semua kolam memenuhi kriteria desain, hal ini bisa juga terjadi karena lamanya waktu detensi lumpur di kolam.

Tabel 4.23 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Dumpoh

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
Waktu detensi (hari)	90	1-30 <sup>d)</sup>	10	15-45 <sup>e)</sup>	92	5-20 <sup>b)</sup>
P : L	-	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	-	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	-	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi air (m)	2,5	2-5 <sup>f)</sup>	1,5	1,5-2 <sup>e)</sup>	-	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,3	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,3	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,3	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Efisiensi BOD (%)	75%	50-70 <sup>a)</sup>	75%	70-90 <sup>a)</sup>	75%	>70 <sup>a)</sup>
Efisiensi Coliform (%)		-		-		> 90 <sup>a)</sup>

Sumber: a) Dept. PU, 1999  
 b) Metcalf dan Eddy, 2014  
 c) Pena Varon, 2004  
 d) Sasse, 1998  
 e) von Sperling, 2005  
 f) WSP, 2007



#### 4.3.3 IPLT Kaliboto, Kabupaten Karanganyar

Kapasitas desain IPLT Kaliboto, Kabupaten Karanganyar ialah 100 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, satu truk milik Pemerintah Daerah dengan kapasitas 3 m<sup>3</sup> dan rata – rata 0,5 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= (1 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 0,5 \text{ ritasi}) \\ &= 1,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan IPLT Kaliboto ialah satu unit Bak Penampung, masing – masing satu unit Kolam Stabilisasi, dan satu unit SDB. Unit Bak Pengumpul dalam kondisi baik, dimensi Bak Pengumpul dalam ialah 5 m x 2,5 m x 2 m. Kolam Anaerobik dalam kondisi baik, dimensi Kolam Anaerobik ialah 12 m x 6 m x 3,4 m. Kolam Fakultatif kondisi permukaannya tertutup lumpur, kondisi operasionalnya tidak optimal. Dimensi Kolam Fakultatif ialah 33 m x 16,5 m x 2 m. Unit Kolam Maturasi saat ini tidak beroperasi, dimensi Kolam Maturasi ialah 20 m x 10 m x 1,5 m. Tinggi jagaan Kolam Stabilisasi ialah 0,4 m. Unit SDB ini memiliki 8 sekat, masing – masing berdimensi 5 m x 2,5 m. Lumpur kering dari unit SDB dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk kompos pada TPA Karanganyar (Bantek IPLT, 2010). Waktu detensi eksisting dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-3)

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(12 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})}{1,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{163,2 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 163,2 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(33 \text{ m} \times 16,5 \text{ m} \times 2 \text{ m})}{1,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{1.089 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 726 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(20 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 1,5 \text{ m})}{1,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{300 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 200 \text{ hari}$$

Analisa data teknis dari Bantek IPLT (2010) dengan kriteria desain unit IPLT Kaliboto terdapat pada Tabel 4.24.



Tabel 4.24 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Kaliboto

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
P : L	2 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	2 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	2 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi air (m)	2	2-5 <sup>d)</sup>	2	1,5-2 <sup>c)</sup>	1,5	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Waktu detensi (hari)	163,2	1-30 <sup>e)</sup>	726	15-45 <sup>d)</sup>	200	5-20 <sup>b)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Dept. PU, 1999

<sup>b)</sup> Metcalf dan Eddy, 2014

<sup>c)</sup> Sasse, 1998

<sup>d)</sup> von Sperling, 2005

<sup>e)</sup> WSP, 2007

Berdasarkan pada Tabel 4.24 rasio P:L, tinggi air dan tinggi jagaan pada Kolam Stabilisasi memenuhi kriteria desain. Unit pengolahan pada IPLT Kaliboto secara desain fisik telah memenuhi kriteria desain yang ada, namun proses operasionalnya debit lumpur yang masuk pengolahan lebih kecil daripada kapasitas desain menyebabkan terhambatnya proses pengolahan untuk unit yang selanjutnya. Hal ini mengacu pada persamaan (2-3).

#### 4.3.4 IPLT Kalimulya, Kota Depok

Kapasitas desain IPLT Kalimulya ialah 70 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk berjumlah 8 truk dengan kapasitas masing – masing 3 m<sup>3</sup> serta rata – rata 2 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= 8 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 2 \text{ ritasi} \\ &= 48 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

IPLT ini mulai berfungsi tahun 2000. Kondisi bangunan IPLT secara fisik dalam kondisi masih berfungsi, walaupun beberapa saluran antar kolam mengalami kerusakan ringan (Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi). Terkadang truk pengumpul lumpur tinja yang baru masuk, langsung mengalirkan lumpur tinja yang dibawa ke Kolam Anaerobik. Waktu detensi eksisting dapat dihitung dengan menggunakan data pada bagian 4.2.1.1 dan persamaan (2-3).

Contoh perhitungan waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(24 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{48 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{390 \text{ m}^3}{48 \text{ m}^3/\text{hari}} = 8,1 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif dan Maturasi ialah 38 hari dan 22,2 hari.

Operasional IPLT dapat dioptimalkan, karena lumpur di Kolam Anaerobik selalu dikeruk dan dikeringkan untuk digunakan sebagai bahan pupuk kompos. Analisa perbandingan data teknis dari Bantek IPLT (2010) unit IPLT Kalimulya, Kota Depok terdapat pada Tabel 4.25.



Tabel 4.25 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Kalimulya

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
P : L	3,7 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,6 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	2,7 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi air (m)	2,5	2-5 <sup>e)</sup>	2	1,5-2 <sup>d)</sup>	1,5	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Waktu detensi (hari)	8,1	1-30 <sup>e)</sup>	38	15-45 <sup>d)</sup>	22,2	5-20 <sup>b)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Dept. PU, 1999

<sup>b)</sup> Metcalf dan Eddy, 2014

<sup>c)</sup> Sasse, 1998

<sup>d)</sup> von Sperling, 2005

<sup>e)</sup> WSP, 2007



Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.25 rasio P:L pada unit Kolam Anaerobik dan Maturasi memenuhi kriteria desain oleh Departemen PU (1999), namun untuk Kolam Fakultatif tidak memenuhi kriteria desain. Desain fisik tinggi air dan tinggi jagaan pada semua unit Kolam Stabilisasi memenuhi kriteria desain dari berbagai sumber. Debit lumpur yang masuk pengolahan masih berjumlah 69% dari kapasitas desain yang ada menyebabkan waktu detensi pengolahan lebih lama, namun sari waktu detensi eksisting masih memenuhi kriteria desain pada unit Kolam Anaerobik dan Kolam Fakultatif, sedangkan pada Kolam Maturasi waktu detensinya melebihi kriteria desain yang ditetapkan dan mungkin bisa menyebabkan efisiensi pengolahan masih kurang. Hal ini mengacu pada persamaan (2-3) yang menunjukkan bahwa rendahnya debit akan menyebabkan waktu detensi pada tiap unit pengolahan menjadi lebih lama.

#### **4.3.5 IPLT Keputih, Kota Surabaya**

IPLT Keputih di Kota Surabaya merupakan salah satu IPLT yang berjalan dengan baik pengoperasiannya. Kapasitas desain instalasi pengolahan ini ialah 400 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, 27 truk milik swasta dengan kapasitas 3,7 – 5,6 m<sup>3</sup> dan rata – rata 1 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= (27 \text{ truk} \times 3,7 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ritasi}) \\ &= 99,9 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jumlah lumpur tinja yang masuk ke pengolahan rata – rata ialah 100 m<sup>3</sup>/hari pada saat musim kemarau dan 150 m<sup>3</sup>/hari pada musim penghujan. Kapasitas terpakai pada IPLT Keputih baru 37,5% namun sistem operasi cukup optimal. Seluruh bangunan saat ini masih berfungsi dengan baik untuk mengolah lumpur tinja, sekitar minimal 30 ritasi dengan rata-rata 100 m<sup>3</sup>/hari. Jam

Unit pengolahan yang digunakan ialah SSC + DA, Bak Penampung, OD, Bak Pengendap II, dan SDB. Lumpur dari SSC 60%nya dibawa ke pengolahan bak ekualisasi dan (30–40)% nya masuk ke SDB. Bak ekualisasi terdapat 2 bangunan paralel masing – masing kapasitasnya ialah 200 m<sup>3</sup>. Instalasi ini juga

memiliki 4 bangunan OD paralel dengan debit masing – masing 100 m<sup>3</sup>. Bak pengendap ada 2 bangunan yang disusun secara paralel. Pengambilan sampel efluen limbah dilakukan selama 3 bulan sekali untuk mengetahui kualitas efluen dari pengolahan ini. Efluen dari instalasi ini belum memenuhi baku mutu air buang oleh karena itu air hasil efluen digunakan sebagai bahan pengencer dan untuk siram tanaman di sekitaran IPLT. Dimensi SSC 18 m x 8 m x 2,75 m. Dimensi OD 60,2 m x 4 m, tinggi permukaan ialah 1,85 m dan tinggi lumpur = 1,35 m.

#### 4.3.6 IPLT Kerambitan, Kabupaten Tabanan

IPLT Kerambitan dibangun pada tahun 2011 dan beroperasi pada tahun 2012. Kapasitas desain IPLT Kerambitan, Kabupaten Tabanan ialah 27 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk berjumlah satu truk milik Pemerintah Daerah dan dua truk milik swasta dengan kapasitas masing – masing 3 m<sup>3</sup> dan rata – rata 2,5 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Terdapat juga armada penyedot lumpur tinja milik swasta, namun tidak terdapat detail jumlah dan kapasitas serta ritasinya. Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$Q \text{ terolah} = (1 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ rit}) + (2 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ rit}) \\ = 22,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Analisa perbandingan data teknis dari Bantek IPLT (2012) dengan kriteria desain dari berbagai sumber unit IPLT Kerambitan terdapat pada Tabel 4.26. Waktu detensi eksisting dapat dihitung dengan menggunakan data pada bagian 4.2.1.2 dan persamaan (2-3)

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(11 \text{ m} \times 8,5 \text{ m} \times 3 \text{ m})}{22,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{280,5 \text{ m}^3}{22,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 12,5 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(19 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m})}{22,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{855 \text{ m}^3}{22,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 38 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(14 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 3 \text{ m})}{22,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{378 \text{ m}^3}{22,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 16,8 \text{ hari}$$



Tabel 4.26 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Kerambitan

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
P : L	1,3 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,3 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,3 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi air (m)	3	2-5 <sup>e)</sup>	3	1,5-2 <sup>d)</sup>	3	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Waktu detensi (hari)	12,5	1-30 <sup>e)</sup>	38	15-45 <sup>d)</sup>	16,8	5-20 <sup>b)</sup>

Sumber: a) Dept. PU, 1999  
 b) Metcalf dan Eddy, 2014  
 c) Sasse, 1998  
 d) von Sperling, 2005  
 e) WSP, 2007



Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.26 desain fisik rasio P : L pada semua unit Kolam Stabilisasi tidak memenuhi kriteria desain menurut Dept. PU (1998). Tinggi air hanya terpenuhi pada unit Kolam Anaerobik. Saat ini kondisi operasional masih tergolong baik meskipun dimensi unit bangunan tidak memenuhi kriteria desain yang ada. Waktu detensi dari ketiga Kolam Stabilisasi memenuhi kriteria desain yang ada. Kondisi fisik IPLT masih bagus karena tergolong baru konstruksinya jadi belum ada permasalahan yang berarti pada sistem operasionalnya. Jika tidak ada rehabilitasi kedepannya kemungkinan tidak optimalnya efluen dari pengolahan IPLT ini dapat terjadi.

#### **4.3.7 IPLT Mojosari, Kabupaten Mojokerto**

Kapasitas desain IPLT Mojosari, Kabupaten Mojokerto ialah 25 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, satu truk milik Pemerintah Daerah dan dua truk milik pihak swasta dengan kapasitas masing – masing 4 m<sup>3</sup> serta rata – rata 1 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= 3 \text{ truk} \times 4 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ritasi} \\ &= 12 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan pada IPLT Mojosari ialah *Anaerobic Digester*. Unit Bak Pengumpul bisa untuk paralel 2 truk tinja yang memiliki penyaring untuk memisahkan sampah padat dan lumpur dengan kecepatan 5 L/detik, dua unit *Anaerobic Digester* dengan masing - masing volume sebesar 30 m<sup>3</sup> dan unit SDB dengan kedalaman 590 cm. Produksi lumpur kering dari unit SDB IPLT Mojosari sebesar 134 ton/tahun (Bantek IPLT, 2010). IPLT ini tergolong baru, dibangun pada tahun 2004 dan mulai dioperasikan tahun 2005. Kondisi unit bangunan IPLT Mojosari dalam keadaan baik semuanya. Perlu dibuat *Standard Operating Procedure* (SOP) internal untuk standar operasi dan perawatan IPLT Mojosari, karena SOP nasional yang ada ialah untuk IPLT sistem kolam. Perlu peningkatan pelayanan penyedotan lumpur tinja kapasitas terpasang pada unit IPLT dapat terpakai hingga 100% (Bantek IPLT, 2010).

#### 4.3.8 IPLT Ngembak, Kabupaten Grobogan

Kapasitas desain IPLT Ngembak di Kabupaten Grobogan ialah  $15 \text{ m}^3$ . Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, 1 truk milik Pemerintah Daerah dengan kapasitas  $2,5 \text{ m}^3/\text{ritasi}$  dan rata – rata 8 ritasi per bulan (Purwono dkk, 2011). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= 1 \text{ truk} \times 2,5 \text{ m}^3 \times (8 \text{ ritasi/bulan} : 30) \\ &= 0,67 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan pada IPLT Ngembak ialah satu unit Bak Penampung, masing- masing satu unit Kolam Stabilisasi, dan dua unit SDB. Unit Bak Pengumpul tidak memiliki penyaring untuk menghambat masuknya sampah ke unit selanjutnya, namun unit ini sudah tidak difungsikan lagi. Desain fisik rasio panjang dan lebar (P:L) unit Kolam Stabilisasi ialah 1,54:1, 1,54:1, dan 1,67 :1. Waktu detensi pada masing – masing Kolam Stabilisasi berturut – turut ialah 862 hari, 854 hari, dan 383 hari. Tinggi pada masing – masing Kolam Stabilisasi berturut – turut ialah 2,6 m, 1,5 m, dan 1,5 m. Tinggi jagaan semua unit Kolam Stabilisasi ialah 0,3 m. Tidak ada pompa penguras lumpur pada IPLT Ngembak serta tidak ada jadwal pengurasan manual berkala, hal ini mengakibatkan tingginya volume endapan lumpur pada Kolam Stabilisasi. Unit SDB terkadang difungsikan untuk menampung lumpur tinja hasil penyedotan dari truk tinja. Unit ini dikuras secara manual sebanyak dua kali dalam satu tahun (Purwono dkk, 2011). Analisa pemenuhan data teknis dari Purwono dkk, (2011) dan kriteria desain terdapat pada Tabel 4.27.

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.27 rasio P:L pada semua unit Kolam Stabilisasi tidak memenuhi kriteria desain menurut Dept. PU (1998). Tinggi air dan tinggi jagaan pada unit Kolam Anaerobik dan Fakultatif memenuhi kriteria desain. Kriteria waktu detensi, efisiensi penyisihan BOD dan Coliform tidak memenuhi kriteria desain yang ada. Tidak terpenuhinya waktu detensi, efisiensi penyisihan BOD dan Coliform sesuai kriteria desain disebabkan oleh tidak sesuai desain fisik kolam dengan kriteria desain dan debit lumpur yang masuk lebih kecil daripada kapasitas desain yang ada yang mengacu pada persamaan (2-3).



Tabel 4.27 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Ngembak

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
Waktu detensi (hari)	862	1-30 <sup>d)</sup>	854	15-45 <sup>e)</sup>	383	5-20 <sup>b)</sup>
P : L	1,5 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,5 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,7 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi air (m)	2,6	2-5 <sup>f)</sup>	1,5	1,5-2 <sup>e)</sup>	1,5	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,3	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,3	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,3	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Efisiensi BOD (%)	31%	50-70 <sup>a)</sup>	49%	70-90 <sup>a)</sup>	46%	>70 <sup>a)</sup>
Efisiensi Coliform (%)	-	-	-	-	0%	> 90 <sup>a)</sup>

Sumber: a) Dept. PU, 1999  
 b) Metcalf dan Eddy, 2014  
 c) Pena Varon, 2004  
 d) Sasse, 1998  
 e) von Sperling, 2005  
 f) WSP, 2007



#### 4.3.9 IPLT Puulongdiga, Kota Kendari

IPLT Puulongdiga dibangun pada tahun 2009 dan beroperasi awal tahun 2010. Kapasitas desain dari IPLT ialah 35 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada yang masuk, dua truk milik Pemerintah Daerah dengan kapasitas 4,5 m<sup>3</sup> dan rata – rata 2 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2012)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= 2 \text{ truk} \times 4,5 \text{ m}^3 \times 2 \text{ ritasi} \\ &= 18 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan pada IPLT Puulongdiga ialah satu unit Tangki Imhoff, masing – masing satu unit Kolam Stabilisasi, dan empat unit SDB. Semua unit pengolahan dalam kondisi baik, hanya pada Kolam Stabilisasi pinggiran kolam tertutupi tanaman liar, namun tidak mempengaruhi kinerjanya. Permukaan unit SDB ditumbuhi oleh tanaman liar.

Waktu detensi eksisting dapat dihitung dengan menggunakan data pada bagian 4.2.1.3 dan persamaan (2-3).

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(15,4 \text{ m} \times 8,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{18 \text{ m}} = \frac{323,4 \text{ m}}{18 \text{ m}} = 18 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(20,4 \text{ m} \times 15,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{18 \text{ m}} = \frac{785,4 \text{ m}}{18 \text{ m}} = 43,6 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(15,4 \text{ m} \times 6,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})}{18 \text{ m}} = \frac{240 \text{ m}}{18 \text{ m}} = 13,3 \text{ hari}$$

Analisa perbandingan data teknis IPLT Puulongdiga dari Bantek IPLT (2012) dengan kriteria desain terpilih dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Puulongdiga

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
P : L	1,8 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,8 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	2,4 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi air (m)	2,5	2-5 <sup>e)</sup>	2,5	1,5-2 <sup>d)</sup>	2,5	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Waktu detensi (hari)	18	1-30 <sup>e)</sup>	43,6	15-45 <sup>d)</sup>	13,3	5-20 <sup>b)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Dept. PU, 1999

<sup>b)</sup> Metcalf dan Eddy, 2014

<sup>c)</sup> Sasse, 1998

<sup>d)</sup> von Sperling, 2005

<sup>e)</sup> WSP, 2007

Berdasarkan hasil Tabel 4.28 desain fisik rasio P:L unit Tangki Imhoff, Kolam Anaerobik, dan Kolam Fakultatif tidak memenuhi kriteria desain. Tinggi air hanya terpenuhi pada unit Kolam Anaerobik. Saat ini operasional tergolong baik meski dimensi unit bangunan tak memenuhi kriteria desain, karena tergolong baru konstruksinya jadi belum ada permasalahan yang berarti pada sistem operasionalnya. Waktu detensi eksisting juga memenuhi kriteria desain yang ada. Namun jika tidak ada rehabilitasi atau monitoring dan evaluasi kedepannya, efluen dari pengolahan IPLT ini bisa menjadi kurang baik, karena prinsip Kolam Stabilisasi ketinggian air sangat mempengaruhi proses pengolahan berkaitan dengan kebutuhan oksigen dalam pengolahan.

#### **4.3.10 IPLT Sampit, Kabupaten Kotawaringin Timur**

Kapasitas desain IPLT Sampit, Kabupaten Kotawaringin Timur ialah 50 m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk berjumlah satu truk milik Pemerintah Daerah dan satu truk milik pihak swasta dengan kapasitas masing – masing 3 m<sup>3</sup> dan 2 m<sup>3</sup> serta rata – rata 0,6 ritasi per hari dan 1 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Debit terolah dihitung dengan persamaan (2-2).

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= (1 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 0,6 \text{ ritasi}) + (1 \text{ truk} \times 2 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ritasi}) \\ &= 3,8 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan IPLT Sampit ialah satu unit Tanki Imhoff dengan ukuran panjang dan lebar 30 m x 6,5 m, satu unit Kolam Anaerob ukuran panjang dan lebar 10 m x 14 m, satu unit Kolam Fakultatif ukuran panjang dan lebar 21,5 m x 36 m, satu unit Kolam Maturasi ukuran panjang dan lebar 17 m x 26,5 m, dan satu unit SDB ukuran panjang dan lebar 10,5 m x 16 m.

Bak penampung berbentuk persegi, merupakan tempat penampungan lumpur tinja setelah dimasukkan dari mobil tinja, untuk kemudian diencerkan dengan penambahan air yang berasal dari air hujan/parit terdekat melalui saluran pengencer. Jumlah air untuk pengenceran yang ditambahkan adalah 20m<sup>3</sup>/hari. Pengenceran dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi bau yang ditimbulkan pada tiap – tiap



unit pengolahan,. Sampah padat seperti plastik, kayu, dan karet yang terdapat dalam lumpur diambil secara manual agar tidak mengganggu pada proses pengolahan selanjutnya. Setelah mengalami pengenceran, selanjutnya lumpur dialirkan ke Kolam Anaerobik.

Unit Kolam Anaerobik memiliki kedalaman 1,8 m, dan waktu detensi 7-15 hari, beban hidrolisnya 1,5-4 cm/hari, efisiensi pengurangan BOD 80-90%, kualitas effluent BOD 20 mg/L, total zat padat terlarut / Suspended Solid (SS) 30 mg/L, dan temperatur rata – rata 22 °C.

Unit Kolam Fakultatif tidak terdapat ganggang, alga ataupun tanaman lain, dan tidak terbentuk scum dilapisan atas kolam. Kondisi lumpur di Kolam Fakultatif hampir sama dengan kondisi lumpur pada Kolam Anaerobik. Hal ini terjadi dikarenakan terlalu banyak pengenceran pada awal pengolahan, sehingga kondisi kolam menjadi cenderung anaerob. Efisiensi pada penyisihan BOD pada Kolam Fakultatif mencapai 75%.

SDB berfungsi untuk mengeringkan lumpur yang dihasilkan dari Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi. Lamanya waktu yang diperlukan untuk mengeringkan lumpur adalah 1-2 minggu, tergantung pada ketebalan lumpur yang tertampung, dan cuaca. Bak ini tidak dilengkapi dengan pompa khusus untuk penguras pada setiap unit pengolahannya. Kondisi saat ini dalam keadaan yang kurang baik karena lumpur kering tidak di keluarkan secara berkala, jadi terlihat menumpuk dan bahkan sudah ditumbuhi gulma. Hal ini terjadi karena belum adanya upaya sosialisasi dengan masyarakat setempat untuk memanfaatkan lumpur kering sebagai sisa akhir pengolahan IPLT untuk keperluan seperti pupuk pertanian. Pada prakteknya dilapangan terkadang Bak pengering Lumpur ini difungsikan sebagai bak penampung ketika pipa outlet di bak penampung tidak bisa dibuka. dan hal ini merupakan kesalahan operasional.

Analisa perbandingan data teknis dari Bantek IPLT (2010) dengan kriteria desain unit IPLT Sampit, Kabupaten Kotawaringin Timur terdapat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Sampit

Parameter	Tangki Imhoff		Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
Waktu detensi (hari)	-	-	7,5-15	1-30 <sup>e)</sup>	-	15-45 <sup>f)</sup>	-	5-20 <sup>e)</sup>
P : L	4,6 : 1	(2-5):1 <sup>a)</sup>	1,4 : 1	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>	1,7 : 1	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>	1,6 : 1	(2-4) : 1 <sup>b)</sup>
Tinggi air (m)	-	6 – 9 <sup>b)</sup>	-	2-5 <sup>g)</sup>	-	1,5-2 <sup>f)</sup>	-	0,9-1,5 <sup>c)</sup>
Tinggi jagaan (m)	-	-	1,8	0,3-0,5 <sup>b)</sup>	-	0,3-0,5 <sup>b)</sup>	-	0,3-0,5 <sup>b)</sup>
Efisiensi BOD (%)	-	-	80%	50-70 <sup>b)</sup>	75%	70-90 <sup>b)</sup>	-	>70 <sup>b)</sup>

Sumber: a) Crites, 1999  
 b) Dept. PU, 1999  
 c) Metcalf dan Eddy, 2014  
 d) Pena Varon, 2004  
 e) Sasse, 1998  
 f) von Sperling, 2005  
 g) WSP, 2007



Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.29 desain fisik rasio P:L pada semua unit tidak memenuhi kriteria desain menurut Dept. PU (1999). Desain fisik tinggi air pada unit Kolam Anaerobik memenuhi kriteria desain dari Dept. PU (1999). Efisiensi pengolahan pada Kolam Anaerobik dan Fakultatif memenuhi kriteria desain yang ada.

#### **4.3.11 IPLT Tambak Lorok, Kota Semarang**

Kapasitas desain IPLT Tambak Lorok, Kota Semarang ialah 70m<sup>3</sup>. Debit lumpur tinja yang terolah dihitung berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang masuk, satu truk milik Pemerintah Daerah dan 29 truk milik pihak swasta dengan kapasitas masing – masing 3 m<sup>3</sup> dan 2 m<sup>3</sup> serta rata – rata 1 ritasi per hari (Bantek IPLT, 2010). Debit terolah dihitung menggunakan persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} Q \text{ terolah} &= (1 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ritasi}) + (29 \text{ truk} \times 3 \text{ m}^3 \times 1 \text{ ritasi}) \\ &= 61 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Unit pengolahan pada IPLT Tambak Lorok ialah, satu unit Bak Penampung, satu unit Kolam Anaerobik, satu unit Kolam Fakultatif, satu unit Kolam Maturasi, dan lahan terbuka sebagai lahan pengering lumpur.

Unit Bak Pengumpul dalam kondisi baik, dimesi Bak Pengumpul dalam panjang, lebar, dan tinggi (P x L x T) ialah 16 m x 7,5 m x 2 m. Waktu pengurasan yang seharusnya untuk Kolam Anaerobik adalah 4–10 bulan sedangkan waktu pengurasan eksisting Kolam Anaerobik saat ini adalah 1 tahun 25 hari. Hal ini menyebabkan volume Kolam Anaerobik yang digunakan untuk mengolah air buangan dan lumpur tinja dari Tangki Septik berkurang setiap hari dan pengolahan yang terjadi tidak optimal, demikian pula dengan dimensi pengolahannya. Dimensi Kolam Anaerobik ialah 65 m x 42 m x 2 m dan dengan tinggi jagaan 0,4 m. Unit Kolam Fakultatif kondisi permukaannya tertutup lumpur, tidak bisa dioperasikan lagi dan dinding harus ditinggikan supaya air dalam Kolam Fakultatif tidak merambat ke permukaan tanah. Dimensi Kolam Fakultatif ialah 67 m x 40 m x 2 m dan tinggi jagaan 0,4 m. Unit Kolam Maturasi saat ini tidak beroperasi lagi dan dinding harus ditinggikan supaya tidak merambat ke permukaan tanah. Dimensi Kolam Maturasi



ialah 80 m x 35 m x 1,5 m dan dengan tinggi jagaan 0,4 m. Proses pengeringan lumpur dari Kolam Anaerobik dikeringkan di tempat terbuka, lumpur kering ini kemudian akan dimanfaatkan sebagai pembuatan pupuk kompos (Bantek IPLT, 2010).

Waktu detensi eksisting dapat dihitung dengan persamaan (2-3).

Waktu detensi Kolam Anaerobik:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(65 \text{ m} \times 42 \text{ m} \times 2 \text{ m})}{61 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{5.460 \text{ m}^3}{61 \text{ m}^3/\text{hari}} = 89,5 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Fakultatif:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(67 \text{ m} \times 40 \text{ m} \times 2 \text{ m})}{61 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{5.360 \text{ m}^3}{61 \text{ m}^3/\text{hari}} = 87,9 \text{ hari}$$

Waktu detensi Kolam Maturasi:

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{(80 \text{ m} \times 35 \text{ m} \times 1,5 \text{ m})}{61 \text{ m}^3/\text{hari}} = \frac{4.200 \text{ m}^3}{61 \text{ m}^3/\text{hari}} = 68,8 \text{ hari}$$

Analisa perbandingan data teknis IPLT Tambak Lorok, Kota Semarang dari Bantek IPLT (2010) dengan kriteria desain terdapat pada Tabel 4.30.

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.30, desain fisik rasio P : L pada semua unit Kolam Stabilisasi memenuhi kriteria desain menurut Dept. PU (1999). Desain fisik tinggi air dan tinggi jagaan pada semua unit Kolam Stabilisasi memenuhi kriteria desain dari berbagai sumber. Waktu detensi eksisting sangat jauh dari kriteria desain yang ada.

Unit pengolahan pada IPLT Tambak Lorok secara desain fisik telah memenuhi kriteria desain yang ada, namun pada proses operasionalnya banyak bangunan yang kondisinya telah mengalami kerusakan. Kurang berfungsinya Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi, lumpur tinja menumpuk, lumpur dari Kolam Anaerobik sangat besar jumlahnya, waktu pengurasan tidak teratur, dilakukan pengomposan untuk mengurangi beban pencemar (Bantek IPLT, 2010).

Tabel 4.30 Analisa Pemenuhan Kriteria Desain IPLT Tambak Lorok

Parameter	Kolam Anaerobik		Kolam Fakultatif		Kolam Maturasi	
	Lapangan	KD	Lapangan	KD	Lapangan	KD
P : L	1,6 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	1,7 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>	2,3 : 1	(2-4) : 1 <sup>a)</sup>
Tinggi (m)	2	2-5 <sup>e)</sup>	2	1,5-2 <sup>d)</sup>	1,5	0,9-1,5 <sup>b)</sup>
Tinggi jagaan (m)	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>	0,4	0,3-0,5 <sup>a)</sup>
Waktu detensi (hari)	89,5	1-30 <sup>e)</sup>	87,9	15-45 <sup>d)</sup>	68,8	5-20 <sup>b)</sup>

Sumber: <sup>a)</sup> Dept. PU, 1999

<sup>b)</sup> Metcalf dan Eddy, 2014

<sup>c)</sup> Sasse, 1998

<sup>d)</sup> von Sperling, 2005

<sup>e)</sup> WSP, 2007



#### 4.4 Pemilihan Teknologi Sistem Pengolahan

##### 4.4.1 Analisa Jumlah Penduduk Terlayani

Berdasarkan Rancangan Peraturan Menteri PU tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah, IPLT dirancang untuk melayani kurang lebih 50–60 % penduduk disekitaran IPLT tersebut. Jumlah penduduk terlayani dapat dianalisis dengan mengolah data kapasitas desain dari IPLT. Analisa jumlah penduduk terlayani dilakukan untuk perbandingan efektivitas pemilihan unit pengolahan berdasarkan penelitian terdahulu. Beberapa jurnal menyatakan bahwa pemilihan unit pengolahan salah satunya adalah mempertimbangkan populasi terlayani. Data kapasitas desain ke 11 IPLT dapat dilihat pada Tabel 4.28. Jumlah penduduk terlayani dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.1)

Contoh perhitungan:

IPLT Kalimulya, Kota Depok, Jawa Barat dengan  $V = 70 \text{ m}^3$  dan % pelayanan disamaratakan sebesar 60%.

$$P = (70 \text{ m}^3 \times 1000) : (60\% \times 0,5) \\ = 233.333 \text{ orang}$$

Total penduduk disekitar IPLT Kalimulya ialah 233.333, maka jumlah penduduk terlayani ialah

$$P' = 60\% \times P \\ = 60\% \times 233.333 \text{ orang} \\ = 140.000 \text{ orang}$$

Jumlah penduduk terlayani terhitung masing – masing 11 IPLT terdapat pada Tabel 4.31 (perhitungan pada lampiran). Berdasarkan perhitungan jumlah penduduk yang telah dilakukan didapatkan laporan bahwa mayoritas IPLT yang menggunakan Kolam Stabilisasi sebagai unit pengolahannya melayani kurang lebih penduduk 30.000 – 200.000 jiwa penduduk. IPLT dengan unit OD melayani hingga 800.000 jiwakan dengan unit penduduk, sedangkan dengan unit *Anaerobic Digester* melayani kurang lebih 50.000 jiwa penduduk. Berdasarkan Tabel 4.31 OD digunakan pada kota metropolitan seperti Kota Surabaya, Kolam Stabilisasi digunakan oleh mayoritas kota kecil hingga sedang seperti Magelang, Pekalongan, Semarang, dan lain – lain. *Anaerobic Digester* digunakan untuk melayani daerah yang termasuk kota kecil seperti Kabupaten Mojokerto.



Tabel 4.31 Analisa Jumlah Penduduk Terlayani oleh IPLT

Kab. / Kota	Lokasi IPLT	Unit Pengolahan	Q Desain (m <sup>3</sup> /hr)	Jumlah Penduduk disekitar IPLT	Penduduk terlayani (% pelayanan 60%)	Jenis Kota (UU No. 26, 2007)
Kab. Pekalongan	IPLT Degayu	Tangki Imhoff & Kolam Stabilisasi	39.4	131333	78800	Kota Sedang
Kota Magelang	IPLT Dumpoh	Kolam stabilisasi	20.5	68333	41000	Kota Kecil
Kab. Karanganyar	IPLT Kaliboto	Kolam Stabilisasi	100	333333	200000	Kota Sedang
Kota Depok	IPLT Kali mulya	Kolam Stabilisasi	70	233333	140000	Kota Sedang
Kab. Tabanan	IPLT Kerambitan	SSC & Kolam Stabilisasi	27	90000	54000	Kota Kecil
Kota Surabaya	Keputih	SSC & <i>Oxidation Ditch</i>	400	1333333	800000	Kota Metropolitan
Kab. Mojokerto	IPLT Mojosari	<i>Anaerobic Digester</i>	25	83333	50000	Kota Kecil
Kab. Grobogan	IPLT Ngembak	Kolam Stabilisasi	15	50000	30000	Kota Kecil
Kota Kendari	IPLT Puulongdiga	Tangki Imhoff & Kolam Stabilisasi	35	116667	70000	Kota Kecil

Lanjutan Tabel 4.31

Kab. / Kota	Lokasi IPLT	Unit Pengolahan	Q Desain (m <sup>3</sup> /hr)	Jumlah Penduduk disekitar IPLT	Penduduk terlayani (% pelayanan 60%)	Jenis Kota (UU No. 26, 2007)
Kab. Kotawaringin Timur	IPLT Kota Sampit	Tanki Imhoff & Kolam Stablisasi	50	166667	100000	Kota Sedang
Kota Semarang	IPLT Tambak Lorok	Kolam Stablisasi	70	233333	140000	Kota Sedang



Hal ini sesuai dengan yang telah disampaikan oleh Gloyna (1971), penerapan Kolam Stabilisasi di India bahwa 1 kolam dengan luasan 1 Ha digunakan untuk melayani 5.000 – 10.000 jiwa. Menurut Soaresdkk (1996) di iklim yang lebih hangat atau beriklim tropis (Asia Timur Tengah, Afrika, Asia dan Amerika Latin) kolam stabilisasi biasa digunakan untuk populasi yang besar kurang lebih 50.000 – 100.000 jiwa bahkan bisa sampai 1 juta jiwa. Kolam Stabilisasi juga umum digunakan di negara berkembang, dimana unit pengolahan ini dapat melayani populasi yang besar, contohnya Kolam Stabilisasi di dekat Nairobi, Kenya melayani populasi sekitar 1 juta dan Kolam Stabilisasi Al Samra dekat Amman, Jordania melayani sekitar 2,6 juta jiwa (Mara, 2004). Kolam Stabilisasi yang merupakan pengolahan dengan proses natural sesuai dengan buatan manusia sesuai diterapkan untuk populasi kecil dan besar yang memiliki biaya modal yang rendah, sederhana dalam operasi dan pemeliharaan dan memiliki kinerja yang tinggi (Omenka, 2010).

Hal ini juga didukung oleh buku Petunjuk Teknis Tata Cara Perencanaan IPLT Sistem Kolam yang diterbitkan oleh Ditjen Cipta Karya, Kementerian PU, ada 3 alternatif yang diberikan dengan penggunaan sistem kolam untuk melayani kurang lebih 50.000 – 100.000 jiwa dengan alternatif Kolam Stabilisasi dipasang secara seri. Pemilihan unit bangunan pengolahan sangat erat kaitannya dengan jumlah penduduk terlayani, hal ini dikarenakan beberapa kriteria desain terkait seperti *organik loading* nya yang telah ada ketetapan *range* nya. Organik loading dapat berpengaruh karena beban BOD yang terkandung dalam kesatuan debt lumpur tinja akan semakin tinggi seiring dengan semakin banyaknya jumlah penduduk yang terlayani karena nilai beban terhitung persatuan orang. Menurut Metcalf dan Eddy (2002), parit oksidasi digunakan untuk komunitas yang berjumlah kecil. Parit oksidasi dikembangkan di negeri Belanda untuk melayani komunitas kecil sejumlah 200 – 15.000 jiwa, parit oksidasi dikembangkan dengan harga *plant* sama per orang nya dengan konvensional *activated sludge* dengan pelayanan terhadap jumlah populasi yang lebih banyak. Saat ini terdapat beberapa parit oksidasi di negara berkembang di samping pemilihan Kolam Stabilisasi karena dipertimbangkan sangat baik penggunaannya dalam hal harga dan *faecal removal*



dimana terdapat ketersediaan listrik tetapi lahan tidak cukup untuk pengadaan kolam. Menurut Arthur, 1983, parit oksidasi menjadi pengolahan paling murah dibandingkan *Aerated Lagoons* dan Biofilter dan juga lebih murah dari pada Kolam Stabilisasi ketika harga lahan melebihi Rp 500.000.000 – Rp 1.500.000.000 per Ha.

#### **4.4.2 Analisa unit pengolahan air limbah di Negara berkembang**

Keberhasilan sanitasi sering tergantung dari berbagai faktor budaya dan faktor alam: kesediaan penggunaan fasilitas dan produk, kekurangan atau ketersediaan air, dan kondisi iklim. Kondisi dimana langkanya ketersediaan air, sanitasi kering harus diperhitungkan (Krekeler, 2008).

Menurut Mara (2004), keberlangsungan secara terus menerus (*sustainability*) sangat dipertimbangkan dalam pemilihan unit pengolahan air limbah yang sesuai untuk diterapkan di negara berkembang, faktor yang mempengaruhi *sustainability* ialah:

- a. Biaya yang rendah dalam terminologi pembangunan, operasi, dan pemeliharaan
- b. Kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan
- c. Penggunaan bahan kimia (contoh: klorin) yang rendah
- d. Efisiensi yang tinggi dalam pendegradasian polutan organik
- e. Produksi lumpur yang rendah

Tabel 4.32 menunjukkan faktor kepentingan pertimbangan unit pengolahan limbah di negara berkembang. Faktor – faktor diatas seharusnya dijadikan konsiderasi dalam pemilihan unit sistem pengolahan, namun sayangnya terlalu banyak teknisi atau tenaga professional yang tidak mendapat info ini di negara berkembang. Negara berkembang juga terkadang merekrut konsultan dari luar negeri dengan pengharapan dapat mengadopsi instalasi pengolahan air limbah dari negara industri atau negara maju yang secara umum merupakan kesalahan berpikir bahwa adopsi instalasi pengolahan air limbah dari negara industri dipandang sebagai teknologi yang paling tepat untuk diterapkan di negara berkembang. Terkadang hal itu memang benar sesuai dalam beberapa kondisi, yakni dalam pelayanan kota besar (Mara, 2004).

Menurut Mara (2004), negara berkembang banyak yang bersuhu hangat atau beriklim tropis dan seringkali memiliki lahan yang cukup besar, pernyataan ini sangat sesuai dengan kondisi fisik negara Indonesia. Indonesia harus dapat memanfaatkan dengan maksimal keadaan ini untuk pemilihan *WWTP*. Oleh karena itu Mara (2004) menyatakan bahwa pengolahan air limbah yang sangat sesuai dan tepat untuk diterapkan di negara berkembang dan beriklim tropis ialah sebagai berikut:

- a. Menggunakan proses anaerobik, seperti Kolam Anaerobik (Kolam Anaerobik *high-rate*) dan mungkin UASB
- b. Menggunakan proses fotosintesis seperti Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi dan bisa juga lahan basah / *constructed wetlands*

Tabel 4.32 Perbandingan Faktor Kepentingan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Negara Industri dan Berkembang

Faktor	Negara industri	Negara Berkembang
Efisiensi	C*****	****
Realibilitas	C*****	C*****
Produksi lumpur	***	C*****
Kebutuhan lahan	C*****	**
Pengaruh ke lingkungan	****	**
Biaya operasional	***	C*****
Biaya konstruksi	**	C*****
Keberlanjutan	***	C*****
Kemudahan	*	C*****

Catatan: C kritis  
 \*\*\*\*\* sangat penting  
 \* tidak ada pengaruh

Krekeler (2008) juga menyatakan bahwa Kolam Stabilisasi, Tangki Septik dan juga terkadang lahan basah (*wetland*) adalah sistem pengolahan umum yang digunakan di negara berkembang. Salah satu aspek negatif dari "Natural" sistem adalah jumlah koleksi besar ruang yang dibutuhkan.

#### 4.4.3 Analisa kelebihan dan kekurangan unit pengolahan

Kelebihan dan kekurangan setiap unit mencakup beberapa aspek, yakni ketahanan unit pengolahan terhadap beban air limbah, jumlah penduduk yang dapat terlayani, biaya



investasi (pembangunan, operasi, dan perawatan), kebutuhan lahan, kemudahan operasi dan perawatan, kebutuhan energi, lumpur yang dihasilkan, serta gangguan dan keuntungan yang dihasilkan selain aspek sebelumnya. Tabel 4.33 menunjukkan klasifikasi kelebihan dan keuntungan unit pengolahan stabilisasi supernatan lumpur tinja.

#### **4.4.3.1 Unit pengendapan**

Tangki Imhoff dan SSC memiliki fungsi yang sama yakni merupakan unit pengolahan pemekatan. SSC + DA merupakan sebuah unit pengolahan yang dirancang sebagai alternatif pengganti Tangki Imhoff.

Proses pengolahan di Tangki Imhoff sangatlah sempurna dan efisiensinya tinggi. Dalam pengoperasian dan pemeliharannya membutuhkan tenaga kerja yang paham betul mengenai prosesnya dan untuk pemeliharannya harus dicek secara berkala untuk menghindari penyumbatan pada pipa, namun kenyataan di lapangan operator yang ada tidak terlalu paham dan tidak ahli mengenai proses dari Tangki Imhoff serta pemeliharaan tidak rutin, sehingga sering terjadi penyumbatan dan pengendapan berlebih pada unit ini yang mengakibatkan tidak dapat berjalannya IPLT secara keseluruhan. Waktu detensi unit ini cenderung lama dalam hitungan bulan.

SSC + DA didesain sedemikian rupa yang sebenarnya hampir mirip dengan SDB karena bangunan ini memiliki beberapa media. Bangunan ini merupakan penyempurnaan untuk unit pengendapan awal namun adanya SSC harus bersamaan dengan adanya DA sebagai unit tampung lumpur yang telah mengeras pada unit SSC. SSC dan DA membutuhkan lahan yang cukup luas untuk pembangunannya, waktu detensi dari unit ini kurang dari 1 bulan (kurang lebih 25 hari) namun sangat bergantung pada cuaca dan atap dari SSC yang harus tetap melindungi dari cuaca ekstrem yang mungkin terjadi. Secara efektifitas SSC + DA cukuplah bagus seperti pada IPLT Keputih, Kota Surabaya dengan adanya penambahan unit ini saat ini IPLT Keputih, Kota Surabaya dapat berjalan lebih optimal karena unit pengendapan ini sangat membantu untuk pengolahan selanjutnya.



Tabel 4.33 Analisa Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolahan Stabilisasi

	<b>Kolam Stabilisasi</b>	<b>Oxidation Ditch</b>	<b>Anaerobic Digestion</b>
<b>Ketahanan Beban</b>	+	+++	+++
<b>Penduduk Terlayani</b>	30.000 - 200.000	10.000 - 1.000.000	50.000
<b>Biaya Investasi</b>	++	+++	++
<b>Kebutuhan Lahan</b>	+++	++	++
<b>Kebutuhan Energi</b>	-	+++	++
<b>Operasi &amp; Perawatan</b>	+	+++	+
<b>Gangguan</b>	Menimbulkan bau dan dapat menyebabkan tumbuhnya nyamuk , waktu pengolahan lama	waktu pengolahan cepat	waktu pengolahan lama, menimbulkan bau
<b>Kelebihan</b>	-	-	Menghasilkan biogas

#### 4.4.3.2 Unit pengolahan stabilisasi

World Bank Report (Shuval dkk. 1986) menyatakan bahwa Kolam Stabilisasi adalah proses yang sering dipilih untuk pengolahan air limbah di negara Berkembang, dimana seringkali lahan tersedia dan alasan yang wajar untuk keterbatasan biaya dan tenaga kerja terampil. Kolam Stabilisasi (*WSPs*) merupakan metode yang paling tepat untuk digunakan sebagai pengolahan air limbah domestik di Negara Berkembang, dimana iklim sangat mendukung untuk operasi mereka (Varon, 2004). Secara umum dua proses natural yang baik digunakan secara seri, dengan proses anaerobik dahulu baru kemudian dengan proses fotosintesis. Kolam Stabilisasi dalam rangkaian seri (Kolam Anaerobik, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi) sangatlah sesuai untuk diterapkan di Indonesia mengingat beberapa kriteria pertimbangan faktor *sustainability* di negara berkembang (Mara, 2004).

Menurut Ujang dkk (2001), Kolam Stabilisasi (*WSPs*) secara luas digunakan untuk Melayani Penduduk Perkotaan di Negara Tropis, contohnya mulai dari 5.000 hingga 450.000 penduduk terlayani di Malaysia. Sistem anaerobik tingkat tinggi merupakan teknologi pengolahan dengan biaya rendah dan berkelanjutan untuk pengolahan limbah domestik, karena biaya konstruksi, biaya operasi dan pemeliharaan yang rendah, kebutuhan lahan yang cukup, produksi lumpur dan biogas yang rendah. Pengolahan air limbah secara anaerobik untuk air limbah domestik telah berhasil dioperasikan di negara tropis seperti Meksiko, Kolombia, India, dan China (Tare dkk, 1997).

Pada kenyataannya banyak IPLT yang telah menggunakan unit pengolahan Kolam Stabilisasi namun kondisi pengoperasian IPLT masih belum maksimal bahkan ada yang rusak dan tidak beroperasi. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor non teknis, seperti kurangnya debit lumpur tinja yang masuk ke IPLT karena belum adanya peraturan yang mengatur kewajiban masyarakat untuk menguras Tangki Septik, belum sistematisnya proses pemindahan lumpur tinja dari rumah penduduk ke IPLT, terbatasnya personil sebagai operator di lapangan, kurang teraturnya pemeliharaan IPLT, dari segi bangunan sipil yang kurang memadai (kerusakan bangunan), sistem pendukung tak berjalan optimal, dan lain – lain. Sesungguhnya dalam proses



perencanaan dan segi desain bangunan IPLT kurang lebih tidak bermasalah, namun saat eksekusi pengoperasian dan pemeliharaan yang justru banyak menyebabkan kendala. Hal ini serupa dengan pernyataan Ujang dkk (2001) bahwa sebagian besar sistem *WSPs* tidak berfungsi dengan baik di Malaysia. Ini disebabkan oleh overloading, tetapi juga seringkali karena faktor desain yang tidak benar, desain yang kurang bagus dan tepat, atau karena jeleknya sistem pemeliharaan. Efek pemeliharaan yang tidak memadai dapat sangat menimbulkan dampak yang signifikan, seperti: a) timbulnya bau dari Kolam Anaerobik dan Kolam Fakultatif b) serangga berkembang biak dalam sistem kolam c) timbulnya tumbuhan terapung atau vegetasi muncul di Kolam Fakultatif dan maturasi yang dapat menimbulkan adanya sarang nyamuk, dalam kasus yang ekstrim lumpur akan terakumulasi dan dapat tak beroperasi sepenuhnya.

Keberhasilan dari beberapa IPLT yang ada ditunjang oleh susunan kelembagaan yang sudah sistematis dan jelas sehingga eksekusi pemeliharaan dan pengoperasian dapat berjalan lancar, seperti di IPLT Keputih Surabaya.



## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari kajian dan analisa data yang telah diuraikan sebelumnya maka didapatkan kesimpulan:

1. Kriteria desain yang dapat diterapkan dalam perencanaan IPLT di Indonesia untuk unit Tangki Imhoff menurut Departmen PU (1999), unit SSC + DA menurut Hermana (2008), Kolam Anaerobik menurut PU (1999), Kolam Fakultatif menurut von Sperling (2005), Kolam Maturasi menurut Metcalf dan Eddy (2014), *Oxidation Ditch* dan *Anaerobic Digester* menurut Rancangan Menteri PU (2014), dan *Sludge Drying Bed* menurut Qasim (1985).
2. Dari total 134 IPLT di Indonesia hanya 5 IPLT yang berfungsi baik dan beroperasi optimal. Review IPLT dilakukan pada 11 sampel IPLT dimana termasuk lima IPLT yang berfungsi baik dan beroperasi optimal dan enam lainnya dipilih secara acak berdasarkan kelengkapan data. Beberapa masalah teknis yang terjadi pada IPLT secara umum ialah:
  - Debit lumpur tinja yang masuk ke IPLT lebih sedikit dari kapasitas desain, hal ini disebabkan oleh berbagai faktor yakni, banyak Tangki Septik dari masyarakat yang belum terkuras secara rutin, belum ada regulasi yang mengatur kewajiban masyarakat menguras Tangki Septik, lumpur tinja yang telah disedot oleh truk tinja ada yang tidak dibuang ke IPLT, dan jumlah armada truk penyedot tinja yang sangat sedikit. Hal tersebut berlanjut menyebabkan pengoperasian IPLT tidak berjalan dengan baik karena waktu detensinya menjadi terlalu lama.
  - Beberapa unit pengolahan mengalami kerusakan fisik dan tidak beroperasi.
  - Belum adanya pompa penguras lumpur untuk memompa lumpur dari unit Kolam Anaerobik ke unit SDB ataupun lahan pengering lumpur.
  - Pengoperasian dan pemeliharaan unit pengolahan IPLT belum teratur karena standar operasional perawatan IPLT belum diterapkan secara terpadu di IPLT setempat.

3. Unit pemekatan dan unit pengering lumpur yang sesuai untuk diterapkan pada IPLT di Indonesia secara umum berdasarkan segi teknis, biaya, dan poperasian - perawatan ialah SSC + DA dan SDB. Unit pengolahan stabilisasi yang sesuai untuk diterapkan pada IPLT di Indonesia berdasarkan jumlah penduduk terlayani yakni Kolam Stabilisasi untuk wilayah kota sedang, *Oxidation Ditch* untuk wilayah kota metropolitan, dan untuk wilayah kota kecil dengan *Anaerobic Digester*.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil kajian ini adalah:

- Penentuan cakupan pelayanan sebaiknya diperkuat dengan survei lapangan atas kepemilikan Tangki Septik yang memenuhi standar (dikuras setiap 2-5 tahun sekali) sehingga debit yang diperhitungkan menjadi kapasitas terolah dapat lebih tepat dan pasti dapat terolah di IPLT setempat
- Mengenai masalah tidak efektifnya pengoperasian unit pengolahan karena sedikitnya debit lumpur yang masuk, maka disarankan untuk perencanaan pembangunan IPLT dibuat bertahap, pembangunan unit dibangun secara bertahap 2–4 kali agar unit pengolahan yang terbangun tidak terlalu besar dan dapat dikembangkan pembangunannya jika kapasitas desain eksisting telah terpakai 100%.
- Pembuatan regulasi daerah untuk mengatur pembuangan dan pengurusan lumpur tinja dari Tangki Septik
- Perencanaan unit pengolahan IPLT selantutnya sebaiknya menggunakan kriteria desain yang telah disarankan pada bagian kesimpulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011a. Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kota Surabaya 2011. Surabaya : Badan Lingkungan Hidup.
- Anonim. 2012. Meteorologi Kota Surabaya. Surabaya: Badan Meteorologi Geofisika I Juanda.
- Anonim. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta.
- Anonim. 2014. *Tentang Meteorologi?*. ([http://www.meteorologi.juanda.info/index.php?option=com\\_content&view=article&id=36&Itemid=34](http://www.meteorologi.juanda.info/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=34)). Diakses pada Tanggal 4 September 2014, Surabaya.
- Anonim. 2014. *Why The Air Gets Trapped*. ([http://www.valleyair.org/newsed/ca\\_primer/bigpicture/iii4.html](http://www.valleyair.org/newsed/ca_primer/bigpicture/iii4.html)). Diakses pada Tanggal 2 September 2014, Surabaya.
- Arianto, A. 2001. *Toksikologi Lingkungan in Khairiah. Analisis Konsentrasi Debu Dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Sekitar Pabrik Semen Di Desa Kuala Indah Kecamatan Sei Suka Kabupaten Batu Bara Tahun 2012*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Atash, F. 2007. *The Deterioration of Urban Environments in Developing Countries: Mitigating the Air Pollution Crisis in Tehran, Iran* in Vafa-Arani, Hamed., Jahani, Salman., Dashti, Hossein., Heydari, Jafar., Moazen, Saeed. *A System Dynamics Modeling for Urban Air Pollution: A Case Study of Tehran, Iran*. Transportation Research Part D : Transport and Environment Volume 31, 21-36.
- Bachtiar, V.S., Davies, F., Danson, F.M.2014. *A Combined Model For Improving Estimation Of Atmospheric Boundary Layer Height*. Atmospheric Environment 98, 461-473.
- Barlow, Janet F. 2014. *Progress in Observing And Modelling The Urban Boundary Layer*. Urban Climate Volume 10, 216-240.
- Baxter, Robert. 1990. *Determination of Mixing Heights From Data Collected during the 1985 SCCAMP Field Program*. Journal Of Applied Meteorology Volume 30, 598 – 605.



- Briney, Amanda. 2014. *Temperature Inversion Layers*. (<http://geography.about.com/od/climate/a/inversionlayer.html>). Diakses pada Tanggal 2 September 2014. Surabaya.
- Boubel, R.W., Fox D. L., Turner, D.B., Stern A.C. 1994 *Fundamental of Air Pollution*. London: Academic Press.
- Colette, Augustin., Chow, Fotini Katopodes., Street, Robert L. 2003. *A Numerical Study of Inversion-Layer Breakup and the Effects of Topographic Shading in Idealized Valleys*. California : Stanford University.
- Corsmeiera, U., Behrendta, R., Drobinskib, Ph., Kottmeiera, Ch. 2005. *The Mistral And Its Effect On Air Pollution Transport And Vertical Mixing*. Atmospheric Research Volume 74, 275-302.
- David, Liji Mary., Nair, Prabha R. 2013. *Tropospheric Column O3 And NO2 Over The Indian Region Observed By Ozone Monitoring Instrument (OMI): Seasonal Changes And Long-Term Trends*. Atmospheric Environment Volume 65, 25-39.
- Day, D.E., Malm, W.C., Kreidenweis, S.M., 2000. *Aerosol light scattering measurements as a function of relative humidity*. Journal AirWaste Manag. Assoc. Volume 50, 710-716.
- Devasthale, Abhay., Thomas, Manu Anna. 2012. *An Investigation of Statistical Link Between Inversion Strength and Carbon Monoxide Over Scandinavia in Winter using AIRS Data*. Atmospheric Environment Volume 56, 109-114.
- Dian J. Seidel, Chi O. Ao, Kun Li. 2010. *Estimating Climatological Planetary Boundary Layer Heights From Radiosonde Observations: Comparison Of Methods And Uncertainty Analysis*. Journal Of Geophysical Research Volume 115, 1-15
- Fadholi, Akhmad. 2012. *Analisa Kondisi Atmosfer pada Kejadian Cuaca Ekstrem Hujan Es (Hail)*. Simetri Jurnal Ilmu Fisika Indonesia Volume 1, 74-80.
- Ferrero, L., Riccio, A., Perrone M. G., Sangiorgi, G., Ferrini B. S., Bolzacchini, E. 2011. *Mixing Height Determination By Tethered Balloon-Based Particle Soundings And*

- Modeling Simulations*. Atmospheric Research Volume 102, 145-156
- Gaffen, D.J., Elliot, W.P., Robock, A., 1992. *Relationship between tropospheric water vapour and surface temperature as observed by radiosondes*. Geophys. Res. Lett. Volume 19, 1839–1842.
- Griffin, Steve. 2014. *Temperature Inversions*. (<http://www.Brisbanehotairballooning.com.au/faqs/education/121-temperature-inversions.html>). Diakses pada Tanggal 2 September 2014. Surabaya.
- Grundstorm, M., Linderholm, H. W., Klingberg, J., Pleijel, H. 2011. *Urban NO<sub>2</sub> And NO Pollution In Relation To The North Atlantic Oscillation NAO*. Atmospheric Environment Volume 45, 883-888.
- Hastuadi, Harsa. 2014. *Data BMKG Juanda dan Perak I Kota Surabaya*. Surabaya.
- Helmis, C.G., Sgouros, G., Flocas, H., Schäfer, K., Jahn C., Hoffmann, M., Heyder, Ch., Kurtenbach, R., Niedojadlo, A., Wiesen, P., O'Connor d, M., Anamaterou E. 2011. *The Role Of Meteorology On The Background Air Quality At The Athens International Airport*. Atmospheric Environment Volume 45, 5561-5571.
- Huber, Anna., Agus. 2004. *Inversion Layer*. ([http://www.csun.edu/~hmc60533/CSUN\\_103/weather\\_exercises/soundings/smog\\_and\\_inversions/Inversions.html](http://www.csun.edu/~hmc60533/CSUN_103/weather_exercises/soundings/smog_and_inversions/Inversions.html)). Diakses pada Tanggal 2 September 2014. Surabaya.
- Johnsen, K.P., Rockel, B., 2001. *Validation of a regional weather forecastmodel with GPS data*. *Phys. Chem. Earth B Hydrol. Oceans Atmos.* Volume 26, 415–419.
- Li, Yuning., Yan, Jiping., Sui, Xingbin. 2012. *Tropospheric Temperature Inversion Over Central China*. Atmospheric Research Volume 116, 105–115.
- Mamtimin, B., dan Meixner, F.X. 2011. *Air Pollution and Meteorological Process in The Growing Dryland City of Urumqi (Xinjiang, China)*. Science of Total Environment Volume 409, 1277-1290.
- Mukono. 2005. *Toksikologi Lingkungan in Khairiah. Analisis Konsentrasi Debu Dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Sekitar Pabrik Semen Di Desa Kuala*

- Indah Kecamatan Sei Suka Kabupaten Batu Bara Tahun 2012*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Mulia, R. M. 2005. *Kesehatan Lingkungan in Khairiah. Analisis Konsentrasi Debu Dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Sekitar Pabrik Semen Di Desa Kuala Indah Kecamatan Sei Suka Kabupaten Batu Bara Tahun 2012*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Muzayanah. 2012. *Rencana Disertasi Serapan Karbon Dioksida Oleh Green Barrier (Studi Kasus Jalan Bebas Hambatan Surabaya-Sidoarjo)*. Malang : Universitas Brawijaya Malang.
- Mycock, John.C., McKenna, John.D., Theodore, Louis. 1995. *Handbook of Air Polution Control Engineering and Technology*. New York : Lewis Publisher, Inc.
- Sari, Novi Kartika. 2015. *Penentuan Korelasi Perubahan Tekanan Udara dan Curah Hujan Terhadap Lapisan Inversi dan Hubungannya Dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya*. ITS : Surabaya.
- Sarwono, Jonathan. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change*. Wiley : USA.
- Seinfeld, J.H. 1986. *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Polution*. California: Wiley Interscience Publication.
- Srivastava, Shuchita., Lal, S., Subrahmanyam, D. Bala., Gupta, S., Venkataramani, S., Rajesh, T.A. 2010. *Seasonal variability in mixed layer height and its impact on trace gas distribution over a tropical urban site: Ahmedabad*. Atmospheric Research Volume 96, 79–87.
- Stull, R.B. 1998. *An Introduction to Boundary Layer Metereology* in Wang, X. Y., Wang K.C. *Estimation of Atmospheric Mixing Layer Height from Radiosonde Data*. Atmospheric Measurement Techniques Volume 7, 1701-1709.
- Sudjana. 1995. *Metode Statistika*. Bandung : L Tarsito
- Susanto, Joko Prayitno. 2005. *Kualitas Udara Beberapa Kota di Asia (Monitoring Kandungan Udara Ambien dengan Passive Sampler)*. Jurnal Elektronik BPPT Volume 1, 324-329.



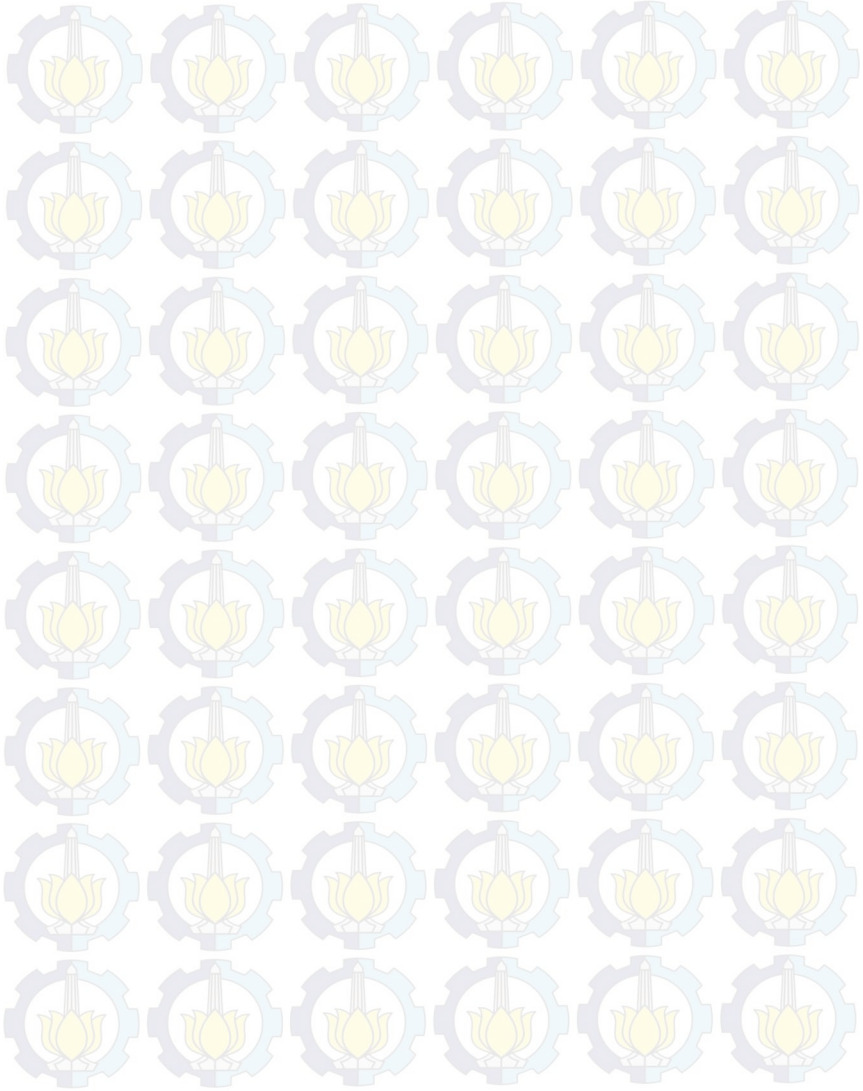
Tennekes, H. 1973. *A Model for the Dynamics of the Inversion Above a Convective Boundary Layer*. Journal of the Atmospheric Sciences Volume 30, 558-567.

Wikandari, Ni Putu Isana. 2015. *Penentuan Korelasi Kecepatan Angin dan Kekuatan Radiasi Terhadap Ketinggian Lapisan Inversi dan Hubungannya dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya*. ITS : Surabaya.

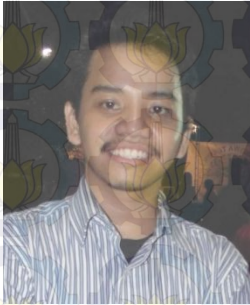
Yates, Emma L., Iraci, Laura T., Austerberry, David., Pierce, R. Bradley., Roby, Matthew., Tadi, Jovan M., Loewenstein, Max., Gore, Warren. 2014. *Characterizing The Impacts Of Vertical Transport And Photochemical Ozone Production On An Exceedance Area*. Atmospheric Environment Volume XXX, 1-9.

Za, Adlan. 2013. *Atmosfer dan Hidrosfer*. ([http:// dzakibelajar .blogspot.com /2013 /06/ atmosfer -dan-hidrosfer.html](http://dzakibelajar.blogspot.com/2013/06/atmosfer-dan-hidrosfer.html)). Diakses pada Tanggal 4 September 2014, Surabaya.

***Halaman ini Sengaja Dikosongkan***



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Surabaya, pada tanggal 8 Mei 1993 dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis memulai pendidikan di TK Sekar Melati Kota Surabaya pada tahun 1997, kemudian melanjutkan pendidikan dasar di SDN Kendang Sari V Kota Surabaya pada 1999. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Surabaya mulai 2005-2008, lalu melanjutkan pendidikan ke SMAN 16 Surabaya pada tahun 2008-2011. Pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikannya dibangku perkuliahan sebagai mahasiswa di ITS. Penulis melanjutkan kuliah di jurusan Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Di masa kampus, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan maupun akademik. Kegiatan kemahasiswaan yang diikuti saat menjadi mahasiswa adalah Staf Bidang Kaderisasi Departemen PSDM HMTL FTSP ITS 2012-2013, staf Divisi Keilmiah KPPL HMTL 2012-2013, Ketua Komisi Kerja DPM ITS 2012-2013, Ketua Komisi Kontrolling DPM ITS 2013-2014, dan Steering Comitte Pengkaderan HMTL 2014-2015. Penulis mendapatkan beasiswa Bidik Misi ITS yang diperoleh dari DIKTI sejak tahun 2011-2015. Penulis pernah *on job training* PT. Chevron Pacific Indonesia di Duri, Riau, selama 1 bulan di tahun 2014. Penulis berpengalaman dalam mengerjakan 2 dokumen UKL UPL dan pernah menjadi Asisten Project Manager dalam Studi Kelayakan Laboratorium Kimia PDAM Surya Sembada Surabaya. Penulis terbuka untuk diskusi melalui email [alvinsyahrasydi@gmail.com](mailto:alvinsyahrasydi@gmail.com).