



TUGAS AKHIR - RE 141581

# EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SINGGASANA HOTEL SURABAYA

HUTOMO DWI PRABOWO  
NRP 3312100062

Dosen Pembimbing  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

# **EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SINGGASANA HOTEL SURABAYA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
NRP 3312100062

Dosen Pembimbing  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

# **EVALUATION OF WASTE WATER TREATMENT IN SINGGASANA HOTEL SURABAYA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
NRP 3312100062

Supervisor  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute and Technology  
Surabaya 2017

**HALAMAN PENGESAHAN**

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
SINGGASANA HOTEL SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**HUTOMO DWI PRABOWO**  
NRP. 3312100062

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ipung Fitri Purwanti, S. T., M. T., Ph. D.  
NIP. 19711114 200312 2 001



# EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SINGGASANA HOTEL SURABAYA

Nama Mahasiswa : Hutomo Dwi Prabowo  
NRP : 3312100062  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

## ABSTRAK

Singgasana Hotel Surabaya merupakan salah satu hotel bintang 4 di Surabaya yang memiliki sarana pengolahan limbah cair dengan kualitas effluent masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013. Berdasarkan hasil pelaporan pengujian kualitas effluent Instalasi Pengoahan Air Limbah (IPAL) Singgasana Hotel Surabaya pada 11 Juni 2015 diketahui bahwa salah satu parameter dari kualitas effluent telah memenuhi baku mutu dimana parameter tersebut adalah parameter COD dengan konsentrasi sebesar 71,684 mg/l dimana baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013 yaitu 50 mg/l.

Berdasarkan kualitas effluent IPAL Singgasana Hotel Surabaya belum memenuhi baku mutu tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap IPAL yang ada.

Unit yang dievaluasi terdiri dari bak ekualisasi, tangki aerasi, dan bak pengendap 2 dengan sistem *activated sludge*. Unit-unit ini dievaluasi terhadap efisiensi dan efektivitas masing-masing bangunan. Sampel yang diuji diambil dari influent dan effluent tiap bangunan untuk mengetahui tingkat penyisihan dari tiap bangunan.

Sampel diambil pada hari tertentu dimana dicari hari dengan okupansi terbanyak pada *weekdays* dan *weekend*. Pengambilan sampel dilakukan selama 1 bulan. Sampel dianalisis sesuai parameter yang ada dalam baku mutu dan untuk perhitungan debit dari instalasi ditentukan dari okupansi Singgasana Hotel Surabaya. Dengan mengacu pada Peraturan

Menteri Kesehatan RI No. 80/MENKES/PER/II/1990 tentang persyaratan kapasitas air bersih untuk hotel bintang 4 yaitu 750 liter/orang/hari.

Hasil evaluasi berupa perubahan fungsi unit, modifikasi unit, dan juga penambahan unit baru.yang direncanakan agar kualitas effluent IPAL Singgasana Hotel Surabaya bisa memenuhi baku mutu. Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan sesuai hasil evaluasi adalah Rp. 297.960.000,-

**Kata Kunci : Evaluasi, IPAL, Hotel, Tangki Aerasi**

# EVALUATION OF WASTE WATER TREATMENT IN SINGGASANA HOTEL SURABAYA

Nama of Student : Hutomo Dwi Prabowo  
NRP : 3312100062  
Study Programme : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

## ABSTRACT

Singgasana Hotel Surabaya is one of 4 star hotel in Surabaya which it's waste water treatment effluent quality have not meet the requirement of regulation (*Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 2013*). According to annual report of Singgasana Hotel Surabaya effluent quality on 11 June 2015, COD parameter of effluent have not meet the requirement of regulation. COD concentration in annual report is 71,684 mg/l while the requirement according to *Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 2013* is 50 mg/l which means the effluent quality exceed the requirement of regulation.

In terms of Singgasana Hotel Surabaya effluent quality violating the regulation, there will be needed evaluation of Singgasana Hotel Surabaya waste water treatment.

The evaluated units consist of Equalization Tank, Aeration Tank, and Clarifier Unit using activated sludge system. Units is evaluated according to its efficiency and effectiveness of each unit. Sample being taken from influent and effluent of each unit are tested using laboratory procedural to obtain removal percentage from each unit. This study also evaluate Standart Operation Procedure (SOP) of Singgasana Hotel Surabaya Waste Water Treatment Plant.

Sample taken on specified day which have the highest occupation rate on weekdays and weekend. Singgasana Hotel Surabaya only have high occupation rate on weekdays so the sampling process is done only on weekday for a whole month. Occupation rate data obtained from Singgasana Hotel Surabaya

administrator as reference to determine sampling day. Flow rate calculation is done according to Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 80/MENKES/PER/II/1990 about requirement capacity of clean water in 4 star hotel is 750 litre/person/day.

The result of evaluation consist of changes in units functions, units modification, and also addition of new unit. Therefore, the new planned unit can give an effluent quality which meet the standard of regulation. The fund needed for this program is Rp. 297.960.000,-

**Keyword : Evaluation, Waste Water Treatment, Hotel, Aeration Tank**



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT, untuk segala nikmat dan karunia yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Singgasana Hotel Surabaya" dengan baik. Selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini penulis mendapat banyak bantuan, masukan dan motivasi dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T.,M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir, atas bimbingan dan arahnya
2. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, M.Sc , Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D, dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM. selaku dosen penguji tugas akhir, atas masukan dan sarannya.
3. Pengelola Singgasana Hotel Surabaya sebagai pemberi izin atas dilakukannya penelitian terhadap fasilitas hotel.
4. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan mendoakan kelancaran pengerjaan tugas akhir ini.
5. Haristia Damayanti, Lucky Caesar, Bias Agatha, Rijal Fauzi, Rizkiy Amalia, dan Ahmad Shodiq sebagai teman yang senantiasa membantu dan memberi semangat kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.

Penulismenyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak yang membacanya.

Surabaya, 20 Januari 2017

Penulis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
<b>BAB I</b> PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	2
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB II</b> TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Definisi Air Limbah .....	5
2.2 Karakteristik Air Limbah .....	5
2.2.1 Kuantitas Air Limbah .....	5
2.2.2 Kualitas Air Limbah .....	6
2.3 Baku Mutu Kualitas Limbah Hotel.....	9
2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Hotel.....	10
2.4.1 Bak Ekualisasi .....	10
2.4.2 Bak Pengendap 1 .....	11
2.4.3 Tangki Aerasi .....	11
2.4.4 Clarifier .....	14
2.4.5 Sludge Drying Bed .....	14
<b>BAB III</b> GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN .....	17
3.1 Lokasi Perencanaan .....	17
3.2 Kondisi Eksisting IPAL Hotel Singgasana Surabaya .....	17
3.3 Hasil Uji Effluen IPAL Singgasana Hotel Surabaya .....	20
<b>BAB IV</b> METODE PERENCANAAN .....	23
4.1 Kerangka Perencanaan .....	25
4.2 Tahapan Perencanaan.....	25
4.2.1 Ide Tugas Akhir .....	25
4.2.2 Studi Literature .....	25
4.2.3 Pengumpulan Data .....	25
4.2.4 Analisa dan Pembahasan .....	27

	4.2.5	Kesimpulan dan Saran .....	27
BAB V		HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
5.1		Penelitian Pendahuluan .....	29
	5.1.1	Hasil Analisa Kualitas .....	30
	5.1.2	Hasil Analisa Kuantitas .....	33
5.2		Analisa Unit Bangunan.....	33
	5.2.1	Layout .....	33
	5.2.2	Bak Ekualisasi .....	35
	5.2.3	Perhitungan Bak Pengendap 1 .....	37
		5.2.3.1 Tangki aerasi.....	37
		5.2.3.2 Clarifier....	40
		5.2.3.3 Sludge Tank.....	42
5.3		Perencanaan Ulang.....	42
	5.3.1	Perencanaan Ulang Bak Ekualisasi.....	42
		5.3.1.1 Perhitungan Bak Pengumpul....	42
		5.3.1.2 Perhitungan Bak Ekualisasi....	43
		5.3.1.3 Perhitungan Bak Pengendapan 1.....	37
	5.3.2	Perencanaan Ulang Pengolahan Biologis .....	42
		5.3.2.1 Aeration Tank.....	42
		5.3.2.2 Clarifier.....	54
	5.3.3	Sludge Drying Bed .....	56
	5.3.4	Profil Hidrolis.....	63
BAB VI		BOQ dan RAB .....	59
6.1		<i>Bill of Quantity</i> (BOQ).....	59
6.2		Harga Satuan .....	60
6.3		Rincian Pekerjaan .....	61
6.1		Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	64
BAB VII		PENUTUP .....	67
7.1		Kesimpulan.....	67
7.2		Saran .....	67
DAFTAR		PUSTAKA .....	70

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah untuk Indsutri Perhotelan....	9
Tabel 3.1 Data Lapangan Pelayanan IPAL .....	21
Tabel 3.2 Hasil Uji Effluen IPAL .....	22
Tabel 4.1 Metode Pengujian Parameter.....	26
Tabel 5.1 Data Okupansi Pemilihan Hari Sampling .....	29
Tabel 5.2 Jadwal Pengambilan Sampel .....	29
Tabel 5.3 Hasil Analisa COD.....	31
Tabel 5.4 Hasil Analisa BOD <sub>5</sub> .....	31
Tabel 5.5 Hasil Analisa TSS.....	32
Tabel 5.6 Hasil Analisa pH .....	32
Tabel 5.7 Hasil Analisa Suhu .....	32
Tabel 5.8 Hasil Analisa Suhu .....	34
Tabel 6.1 Daftar Harga Upah .....	60
Tabel 6.2 Daftar Harga Bahan .....	60
Tabel 6.3 Pekerjaan Penggalian Lumpur .....	61
Tabel 6.4 Pekerjaan Pengangkutan Lumpur dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m .....	61
Tabel 6.5 Pekerjaan Pembongkaran Beton .....	61
Tabel 6.6 Pekerjaan Pengurugan Tanah dengan Pemadatan .....	62
Tabel 6.7 Pekerjaan Plat Lantai Beton.....	62
Tabel 6.8 Pekerjaan Beton K-200 .....	62
Tabel 6.9 Pekerjaan Balok Beton Bertulang (200Kg besi + bekisting).....	63
Tabel 6.10 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (150Kg besi + bekisting).....	63
Tabel 6.11 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (200Kg besi + bekisting).....	64
Tabel 6.12 Pekerjaan Lapangan “Ringan” dan Peralatan....	64
Tabel 6.13 Rencana Anggaran Biaya .....	67

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir IPAL Singgasana Hotel Surabaya	18
Gambar 3.2 Unit Bak Ekualisasi.....	19
Gambar 3.3 Unit Tangki Aerasi .....	19
Gambar 3.4 Unit Sludge Tank.....	20
Gambar 3.5 Unit Clarifier.....	20
Gambar 4.1 Diagram Alir Metodologi Perencanaan .....	24
Gambar 5.1 Titik Pengambilan Sampel.....	30
Gambar 5.2 Layout IPAL berdasarkan Perencanaan .....	34
Gambar 5.3 Layout IPAL pada Tahap Operasional .....	34
Gambar 5.4 Bak Ekualisasi .....	35
Gambar 5.5 Sketsa Perforated Baffle .....	48
Gambar 5.6 Hubungan % Removal Terhadap Waktu Detensi.....	48
Gambar 5.6 Sketsa Modifikasi Bak Ekualisasi .....	50

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Kota Surabaya adalah ibukota dari Provinsi Jawa Timur yang merupakan kota metropolitan terbesar di Provinsi Jawa Timur yang memiliki kemajuan yang sangat pesat dalam berbagai sektor. Hal tersebut membuat Kota Surabaya mendapatkan banyak kunjungan dari banyak pihak, baik untuk tujuan bisnis maupun untuk tujuan yang lain seperti pariwisata maupun akademik. Salah satu sektor yang berkembang pesat adalah sektor bisnis utamanya bisnis perhotelan.

Berdasarkan Surat Keputusan Menparpostel No. KM 37/PW. 340/MPPT-86 mengenai Peraturan Usaha dan Penggolongan Hotel menjelaskan bahwa hotel merupakan suatu jenis akomodasi yang mempergunakan sebagian atau seluruh bangunan untuk menyediakan jasa penginapan, makanan dan minuman serta jasa penunjang lainnya bagi umum yang dikelola secara komersial.

Dengan adanya bisnis perhotelan ini, tentunya memiliki dampak negatif yang salah satunya adalah meningkatnya produksi limbah cair. Apabila permasalahan limbah cair ini tidak ditangani dengan benar tentu akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang berdampak kepada makhluk hidup. Umumnya, effluent instalasi pengolahan limbah cair akan dibuang ke badan air yaitu air permukaan.

Singgasana Hotel Surabaya merupakan salah satu hotel bintang 4 di Surabaya yang memiliki sarana pengolahan limbah cair domestik sebagai bentuk perhatiannya kepada lingkungan dan sebagai upaya untuk memenuhi ijin lingkungan. Namun berdasarkan survey pendahuluan yang dilakukan, didapatkan bahwa kualitas effluent dari unit pengolahan tersebut masih belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013. Dari hasil pelaporan Singgasana Hotel Surabaya kepada BLH Jatim pada bulan Juni 2015 dapat diketahui bahwa salah satu parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu parameter COD dengan konsentrasi sebesar 71,684 mg/L dimana baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013 yaitu 50 mg/L. Dengan kualitas effluent

instalasi pengolahan air limbah Singgasana Hotel Surabaya terhadap baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013 yang belum terpenuhi, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap instalasi tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang menjadi dasar dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana kinerja IPAL Singgasana Hotel Surabaya?
2. Bagaimana cara meningkatkan efisiensi kinerja IPAL Singgasana Hotel Surabaya?
3. Bagaimana rencana pembiayaan dari hasil perencanaan ulang IPAL Singgasana Hotel Surabaya?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari adanya perencanaan ini adalah :

1. Mengevaluasi kinerja IPAL Singgasana Hotel Surabaya.
2. Membuat perencanaan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas unit IPAL
3. Merencanakan BOQ dan RAB untuk IPAL Singgasana Hotel Surabaya sesuai dengan hasil evaluasi.

## **1.4 Ruang Lingkup**

1. Lokasi studi adalah Singgasana Hotel Surabaya yang terletak di Jalan Gunungsari Surabaya
2. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan biaya
3. Data sekunder yang akan digunakan berupa hasil pelaporan kualitas effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah Singgasana Hotel Surabaya dan jumlah okupansi kamar Singgasana Hotel Surabaya
4. Data primer yang akan diambil yaitu observasi lapangan terhadap unit IPAL dan sampling kualitas air influent dan effluent tiap unit IPAL
5. Unit yang akan dievaluasi adalah 1 unit Equalization Tank, 1 unit tangki aerasi, 1 unit Sludge Tank, dan 1 unit Clarifier
6. BOQ dan RAB

7. Data Pendukung (Okupansi Hotel, Diagram Alir IPAL Singgasana Hotel Surabaya, dan Gambar teknik IPAL Singgasana Hotel Surabaya)

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari perencanaan ini adalah:

1. Dapat menjadi pertimbangan Singgasana Hotel Surabaya dalam perbaikan kinerja instalasi pengolahan air limbah agar effluent dari instalasi tersebut dapat memenuhi baku mutu.
2. Dapat menjadi rujukan terhadap penelitian lain yang membutuhkan informasi mengenai instalasi pengolahan air limbah industri perhotelan.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Limbah**

Air limbah adalah air buangan dari suatu lingkungan masyarakat dimana bahan ini dapat seluruhnya berasal dari rumah tangga atau dapat juga mengandung air buangan dari industri atau pertanian (Mara, 1975). Air limbah rumah tangga terdiri dari buangan tubuh manusia (tinja dan air seni), buangan dapur dan buangan kamar mandi yang berasal dari pembersihan badan, pencucian pakaian, penyiapan makanan, dan pencucian peralatan dapur. Sedangkan air limbah industri biasanya terdiri dari bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi, lumpur dari unit pengolahan air dan gas buang, logam berat, pelarut organik, minyak, dan lain-lain. Air limbah pertanian biasanya mengandung bahan-bahan kimia berupa pestisida dan pupuk (Trihardiningrum, 2000).

#### **2.2 Karakteristik Air Limbah**

Karakteristik air limbah industri perhotelan kurang lebih memiliki karakteristik yang sama dengan air limbah domestik sebab kegiatan dalam industri hotel seperti kegiatan dalam kegiatan rumah sehari-hari.

##### **2.2.1 Kuantitas Air Limbah**

Dalam menentukan debit air limbah suatu industri perhotelan, perlu diketahui okupansi / jumlah kamar dari hotel tersebut. Debit air limbah yang dihasilkan dapat diketahui dari pemakaian air bersihnya, umumnya 80% dari penggunaan air bersih akan menjadi air limbah. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 80/MENKES/PER/II/1990 tentang persyaratan kapasitas air bersih untuk hotel telah diatur asumsi penggunaan air bersih pada suatu hotel sesuai dengan kualitas bintang hotel tersebut. Berikut adalah asumsi penggunaan air bersih:

- Hotel bintang 1 : 150 L/orang/hari
- Hotel bintang 2 : 300 L/orang/hari
- Hotel bintang 3 : 500 L/orang/hari
- Hotel bintang 4 & 5 : 750 L/orang/hari
- Hotel Melati & Pondok Wisata : 150 L/orang/hari

### 2.2.2 Kualitas Air Limbah

Menurut Tchobanoglous *et al* (2003), karakteristik air limbah dibagi menjadi tiga yaitu fisik, kimia dan biologis. Karakter fisik yang paling penting adalah kandungan total solids yang terdiri dari material yang mengapung, mengendap, koloid, dan terlarut. Bagian lain yang termasuk dalam karakteristik fisik antara lain:

1. Total Solid  
Merupakan zat-zat yang tertinggal sebagai residu dari penguapan pada temperatur  $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ .
2. Temperatur  
Pada umumnya temperatur air limbah lebih tinggi daripada air bersih karena adanya penambahan air dengan temperaturnya lebih hangat yang berasal dari aktivitas rumah tangga dan industri. Temperatur memberikan efek yang penting diantaranya:
  - Reaksi kimia dan laju reaksi.
  - Kehidupan di dalam air.
  - Pemanfaatan air sesuai dengan fungsinya.
3. Warna  
Air limbah yang masih segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan. Namun, semakin lama waktu tinggalnya didalam sistem pengumpulan dan kondisi anaerobik yang semakin meningkat, warna dari air limbah akan berubah dari abu-abu menjadi abu-abu gelap dan akhirnya menjadi hitam. Warna air limbah yang hitam disebut dengan septik.
4. Bau  
Bau yang timbul dari limbah domestik disebabkan adanya gas yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik. Bau khas dari air limbah adalah  $\text{H}_2\text{S}$  yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerobik dengan mengubah sulfat menjadi sulfida.

- Ditinjau dari segi kimia, terdapat tiga jenis karakteristik air limbah. Diantaranya adalah sebagai berikut:
  1. Senyawa Organik  
Senyawa organik pada air limbah tersusun atas beberapa komponen, diantaranya:
    - Protein: 40% - 60%
    - Karbohidrat: 25% - 50%
    - Minyak dan lemak: 8% - 12%

Selain senyawa tersebut, biasanya juga ditemukan beberapa jenis material sintetik organik dengan struktur yang sederhana hingga kompleks.
  2. Senyawa Anorganik  
Terdiri atas pH, klorida, alkalinitas, fosfor, logam berat dan senyawa beracun.
  3. Gas  
Pada umumnya gas yang terdapat pada air limbah adalah nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), asam sulfat ( $H_2S$ ), ammonia ( $NH_3$ ), dan metana ( $CH_4$ ). Ketiga gas pertama adalah gas yang dapat ditemukan pada atmosfer and semua air yang kontak dengan udara sedangkan tiga gas selanjutnya terbentuk dari hasil penguraian material organik.
- Ditinjau dari segi biologis, karakteristik air limbah terbagi menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

- Kelompok tumbuh-tumbuhan
- Kelompok hewan
- Kelompok virus

Sedangkan untuk parameter dari kualitas air limbah yang menjadi penting dalam penelitian ini adalah:

### 1. **BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

Adalah banyaknya oksigen dalam PPM atau milligram/liter yang diperlukan untuk menguraikan benda

organik oleh bakteri pada suhu 20°C selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari, sebanyak 60 – 70 % kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai. Kebutuhan oksigen biologi (*Biological oxygen demand*) hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (Mulia, 2005).

## 2. **COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

COD merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat (kalium dikromat/K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) dalam suasana asam. Dengan penggunaan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95%-100% bahan organik dapat dioksidasi. Keuntungan utama uji COD adalah sedikitnya waktu yang dibutuhkan untuk mengevaluasi, 96% hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit akan setara dengan hasil uji BOD selama 5 hari (Sukawati, 2008)

## 3. **TSS (*Total Suspended Solid*)**

Padatan tidak terlarut (*Suspended Solid*) merupakan jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membrane berukuran 0,45 mikron. *Suspended solid* (material tersuspensi) dapat dibagi menjadi zat padat dan koloid. Selain *suspended solid* ada juga istilah *dissolved solid* (padatan terlarut) (Mulia, 2005).

## 4. **DO (*Dissolved Oxygen*)**

DO merupakan jumlah oksigen yang terlarut dalam larutan yang ditunjukkan dalam konsentrasi. DO berasal dari udara maupun proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan air (Setiarini dan Mangkoediharjo, 2013).



## 5. Temperatur

Temperatur air buangan sedikit lebih tinggi dibandingkan temperatur air biasa. Temperatur air buangan dipengaruhi adanya aktivitas mikroba, kelarutan gas dan viskositas (Qasim,1985)

## 6. pH

pH merupakan derajat keasaman limbah (ion  $H^+$ ) dalam air yang membentuk suasana dalam reaksi kimiawi (Sawyer et al.,2003).

### 2.3 Baku Mutu Kualitas Air Limbah Hotel

Agar kualitas air permukaan tidak dicemari oleh suatu industri, maka diperlukan sebuah standar yang merata dan seimbang sehingga dengan adanya standar ini kualitas badan air / air permukaan tidak tercemar. Salah satu sistem standardisasi yang tepat dan berlaku di Indonesia adalah baku mutu. Baku mutu untuk air limbah kawasan perhotelan sudah diatur dalam PERGUB JATIM No.72 tahun 2013. Baku mutu yang harus dikeluarkan oleh industri perhotelan berdasarkan kegiatan produksinya di area Propinsi Jawa Timur yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Perhotelan

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK Volume Limbah Cair Maximum 120 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/L)
BOD	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6 - 9

Sumber : PERGUB JATIM No 72 Tahun 2013

## 2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Hotel

Dalam menentukan pilihan pengolahan air limbah, diperlukan kesesuaian antara karakteristik air limbah yang diolah dengan jenis pengolahan yang digunakan. Umumnya, jenis pengolahan yang digunakan yaitu secara fisik ataupun biologis. BOD/ COD ratio merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan pilihan jenis pengolahan air limbah. Batas BOD/COD ratio untuk pengolahan biologis adalah lebih dari 0,1 dan apabila BOD/COD ratio dari air limbah yang diolah kurang dari 0,1 maka pengolahan fisik lebih cocok digunakan. Air limbah yang memiliki BOD/COD ratio kurang dari 0,1 akan bersifat toksik terhadap mikroorganisme sehingga pengolahan biologis tidak cocok digunakan (Samudro,2010).

### 2.4.1 Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi merupakan bak yang digunakan untuk menampung air influent sebelum diolah di unit selanjutnya. Tujuan dibangunnya unit ini adalah untuk menyetarakan debit dan konsentrasi air sebelum masuk ke unit selanjutnya. (Tchobanoglous *et al*,2003)

Kriteria Desain:

- Kedalaman: 1,5 m – 2m
- Waktu detensi: 4-8 jam
- Jangkauan mixer :  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{2}{3}$  kedalaman

### 2.4.2 Bak Pengendap 1

Bak Pengendap 1 bertujuan untuk meremoval partikel yang mudah mengendap dan benda yang terapung serta mengurangi kandungan *suspended solid* (Tchobanoglous *et al*,2003). Bak Pengendap 1 dibagi atas 4 zona yaitu, inlet, pengendapan, lumpur, dan outlet.

Kriteria Desain Bak Pengendap 1 Bentuk Rectangular:

- Kedalaman = 1-3m
- HLR = 80-120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Rasio P:L = 2:1
- Td = 1-3 jam

- Nre aliran = < 2000 (agar aliran laminier)
- Nfr = >  $10^{-5}$  (agar tidak terjadi aliran pendek)
- $V_h < V Sc$  = Agar tidak terjadi penggerusan

### 2.4.3 Tangki Aerasi

*Aeration tank* atau tangki aerasi merupakan unit pengolahan air limbah yang menggunakan sistem activated sludge yang diinjeksi dengan udara (aerasi) agar polutan dalam air akan berpindah fase dari *soluble* menjadi materi yang *unsoluble* sehingga bisa diendapkan. Tangki aerasi biasanya dibangun dalam beton dan dalam kondisi terbuka dan berbentuk persegi ataupun lingkaran. Untuk unit dengan kapasitas 0,22 hingga 0,44  $m^3$ /detik, setidaknya dibutuhkan 2 tangki aerasi, sedangkan untuk kapasitas 0,44 hingga 2,2  $m^3$ /detik membutuhkan setidaknya 4 tangki aerasi. (Tchobanoglous *et al*,2003)

Dalam sistem aerasi yang menggunakan activated sludge, ada beberapa tipe aerasi yang dapat digunakan, yaitu *bubble aeration*, *mechanical aeration*, dan *air sparging*. Prinsip dasar dari sistem aerasi adalah kemampuan mentransfer oksigen ke dalam cairan pada puncak kebutuhan oksigen yang dapat disebut juga sebagai kebutuhan berat oksigen per volume per waktu ( $kg O_2/m^3 \cdot waktu$ ) (Winkler,1981).

Kriteria Desain:

- F/M Ratio : 0,2-0,4
- *Organic Loading Rate* : 0,4 – 1  $m^3/m^2 \cdot hari$
- *Sludge Retention Time* : 5 – 15 hari
- MLSS (X) : 1500 – 4000 mg/L
- MLSS return (Xr) : 6000 – 12000 mg/L
- HRT : 3 – 10 jam
- Rasio Resirkulasi : 25% – 50%

Perhitungan *Aeration Tank*:

- HRT

$$\frac{\text{volume}}{Q} \quad (2.1)$$

Dimana

Volume : Volume tangki aerasi

Q : Debit puncak air limbah (m<sup>3</sup>/hari)

- SRT

$$\frac{\text{volume} \times X}{((Q-Q_w) \times X_e) + (Q_w \times X_r)} \quad (2.2)$$

Dimana

Volume : Volume tangki aerasi

X : MLVSS dalam reaktor (mg/L)

Q : Debit puncak air limbah (m<sup>3</sup>/hari)

Q<sub>w</sub> : Debit buangan lumpur (m<sup>3</sup>/hari)

X<sub>e</sub> : MLVSS effluent tangki aerasi (mg/L)

X<sub>r</sub> : MLVSS resirkulasi ke tangki aerasi

- F/M Ratio

$$\frac{Q \times S_o}{\text{Volume} \times \text{MLVSS}} \quad (2.3)$$

Dimana

Q : Debit puncak air limbah (m<sup>3</sup>/hari)

S<sub>o</sub> : BOD<sub>c</sub> influen tangki aerasi (mg/L)

Volume : Volume tangki aerasi

MLVSS : 70% dari MLSS (mg/L)

- OLR

$$\frac{Q \times S_o}{Volume} \quad (2.4)$$

Dimana

Q : Debit puncak air limbah (m<sup>3</sup>/hari)

S<sub>o</sub> : BOD influen tangki aerasi (kg/m<sup>3</sup>)

Volume : Volume tangki aerasi

- Resirkulasi

$$r = \frac{Qr}{Q} \quad (2.5)$$

Dimana :

r = rasio resirkulasi

Q<sub>r</sub> = debit lumpur dari Clarifier resirkulasi (m<sup>3</sup>/detik)

Q = debit air limbah yang diolah (m<sup>3</sup>/detik)

- Produksi Lumpur

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+(b \times SRT)} \quad (2.6)$$

Dimana :

Y : 0,6 g VSS / g BOD

b : Koefisien endogenous (0,06 - 0,15 g VSS/g VSS.hari)

f<sub>d</sub> : Fraksi biomassa (0,10 – 0,15 g VSS / g VSS)

$$P_x = \frac{Y_{obs} \times Q \times (S_o - S)}{1000 \text{ kg/g}} \quad (2.7)$$

Dimana :

Q : Debit puncak air limbah ( $m^3/hari$ )

So : BOD influen tangki aerasi (mg/L)

S : BOD efluen tangki aerasi (mg/L)

- Kebutuhan Oksigen

$$O_2 \text{ (kg/hari)} = (Q \times (S_o - S)) - (1,42 \times P_x) \quad (2.8)$$

Dimana :

Q = Debit air limbah

So = konsentrasi BOD influen

S = Konsentrasi BOD effluent

Px = Produksi Lumpur

#### 2.4.4 Clarifier

*Clarifier* atau Bak Pengendap II berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang berasal dari *aeration tank* agar lumpur dan air bisa dipisahkan. Unit *Clarifier* memiliki fungsi yang penting karena pengendapan lumpur utama terjadi di unit ini. Sebagian *sludge* dari unit ini akan dipompa kembali ke *aeration tank* sebagai return *activated sludge* untuk meningkatkan konsentrasi biomassa dalam *aeration tank*.

Kriteria Desain:

- *Solid Loading Rate average* = 4-6 ( $kg / m^2 \cdot hari$ )
- *Solid Loading Rate peak* = 10 ( $kg / m^2 \cdot hari$ )
- *Surface Overflow Rate average* = 16 – 28  $m^3/m^2 \cdot hari$
- *Surface Overflow Rate peak* = 34  $m^3/m^2 \cdot hari$

#### 2.4.5 Sludge Drying Bed

*Dewatering* atau pengeringan lumpur adalah penyisihan sejumlah air dari lumpur dengan tujuan untuk mengurangi volume lumpur. Metode *dewatering* meliputi *filter pressed*, *belt pressed*, *centrifugation*, *vacum filtration* dan *sludge drying bed*. *Sludge drying bed* merupakan salah satu metode *dewatering* dengan ukuran terkecil hingga medium (maksimum setara dengan 25000 orang). Pada unit ini proses *dewatering* terjadi karena evaporasi

dan *drain* (peresapan). Pada musim kemarau untuk mencapai kadar solid 30-40% diperlukan waktu 2-4 minggu. (Tchobanoglous *et al*,2003)

Kriteria desain:

- Tebal Lapisan Pasir (cm) = 23 - 30
- Tebal Lapisan Kerikil (cm) = 20 - 30
- *Sludge Loading Rate* (Kg/m<sup>2</sup>.tahun) = 100 – 300
- Tebal *Bed* (cm) = 20 – 30
- Lebar *Bed* (m) = 5 – 8
- Panjang *Bed* (m) = 6 – 30
- Waktu Pengeringan ( hari ) = 10 – 15
- *Uniformity coeficient* = < 4
- Effective size ( mm ) = 0,3 – 0,75
- Kecepatan air dalam *drain* ( m/detik ) = < 0,75

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **BAB III**

### **GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN**

#### **3.1 Lokasi Perencanaan**

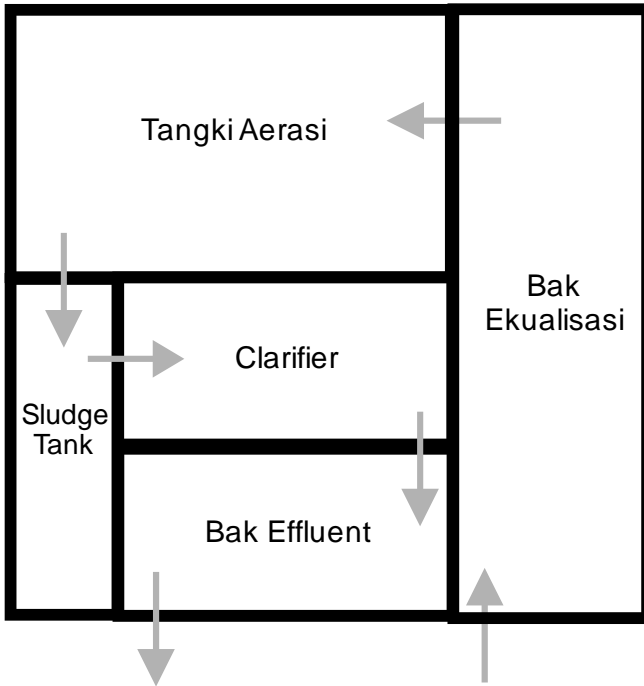
Singgasana Hotel Surabaya adalah salah satu hotel bintang 4 yang ada di Surabaya. Hotel ini berlokasi di Jalan Gunungsari Surabaya. Hotel ini menawarkan konsep hotel berupa resort di tengah kota yang memiliki jargon “It’s always good to come home”. Fasilitas yang ditawarkan oleh hotel ini yakni kolam renang, kamar, villa, spa, karaoke, bar, dan *outbound*.

#### **3.2 Kondisi Eksisting IPAL Singgasana Hotel Surabaya**

Berdasar hasil survey yang dilakukan terhadap lokasi perencanaan. Didapatkan informasi secara umum mengenai unit IPAL Singgasana Hotel Surabaya yang belum maksimal. Effluent dari IPAL Singgasana Hotel Surabaya dibuang ke Sungai Surabaya yang merupakan sungai kelas II sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 61 Tahun 2010 tentang penetapan kelas air pada air sungai.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Sungai dengan kelas air Kelas II akan digunakan untuk keperluan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan keperluan lainnya yang baku mutunya sesuai dengan peruntukannya.

Adapun pengolahan air limbah di Singgasana Hotel Surabaya mengikuti diagram seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Unit pengolahan air limbah yang digunakan Singgasana Hotel Surabaya meliputi Bak Ekualisasi, Tangki Aerasi, *Sludge Tank*, dan *Clarifier*.

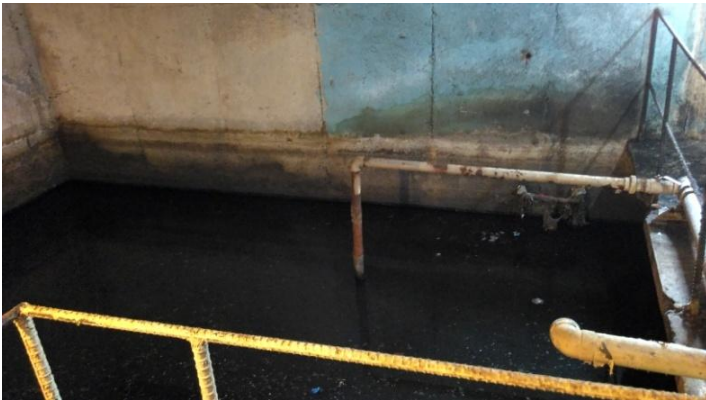


Gambar 3.1 Diagram Alir IPAL Singgasan Hotel Surabaya

Air limbah yang berasal dari kamar mandi baik kamar tamu maupun kamar mandi karyawan serta fasilitas dapur dikumpulkan dalam bak ekualisasi (Gambar 3.2). Selanjutnya air limbah masuk ke dalam bak ekualisasi yang kemudian dilanjutkan ke tangki aerasi (Gambar 3.3) untuk diolah melalui proses aerasi. Air limbah yang sudah diaerasi kemudian masuk ke *Sludge Tank* (Gambar 3.4). *Sludge Tank* yang pada awalnya digunakan untuk menampung *sludge*, digunakan sebagai penampungan air sebab saluran dari tangki aerasi ke *clarifier* (Gambar 3.5) dalam kondisi tersumbat. Air limbah kemudian di jernihkan di unit *clarifier* dan ditampung di Bak Effluent.



Gambar 3.2 Unit Bak Ekualisasi



Gambar 3.3 Unit Tangki Aerasi



Gambar 3.4 Unit Sludge Tank



Gambar 3.5 Unit Clarifier

### **3.3 Hasil Uji Efluen IPAL Singgasana Hotel Surabaya**

Instalasi Pengolahan Air Limbah Singgasana Hotel Surabaya digunakan untuk mengolah limbah cair yang berasal dari kamar mandi hotel dan villa, kamar mandi karyawan dapur, dan drainase dapur. Berdasarkan laporan hasil pengujian efluen IPAL Singgasana Hotel Surabaya pada 11 Juni 2015 yang dikeluarkan oleh Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian

Penyakit (BBTKLPP) Surabaya, diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Sampel yang digunakan diambil dari Outlet IPAL Singgasana Hotel Surabaya.

**Tabel 3.1 Data Lapangan Pelayanan IPAL**

<b>No</b>	<b>Data Lapangan</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>
1.	Debit limbah cair rata-rata	25.000	L/hari
2.	Kapasitas produksi rata-rata	300	L/Org/hari

*Sumber : BBTKLPP Surabaya, 2015*

Tabel 3.2 Hasil Uji Efluen IPAL

No	Parameter	Metode	Limit Deteksi (LD)	Satuan	Baku Mutu Limbah	Hasil
1.	pH Laboratorium *)	SNI 06.6989.11.2004	0,01	#	6,0 – 9,0	6,96
2.	Suhu Laboratorium *)	SNI 06.6989.23.2005	0,1	°C	-	27,20
3.	BOD <sub>5</sub>	SNI 6989.72.2009	0,3568	mg/L	30	27,97
4.	COD	SNI 6989.73.2009	0,4007	mg/L	50	71,68
5.	TSS **	SNI 06.6989.11.2004	1	mg/L	50	25
6.	Minyak dan Lemak **	SNI 06.6989.10.2004	0,5	mg/L	10	<LD
7.	Volume Limbah Cair Max	-	-	L/Org/Hari	120	83,33

Sumber : BBTCLPP Surabaya, 2015

Keterangan :

\* Per.Gub Jatim No. 72 tahun 2013

\*\* Belum masuk ruang lingkup akreditasi

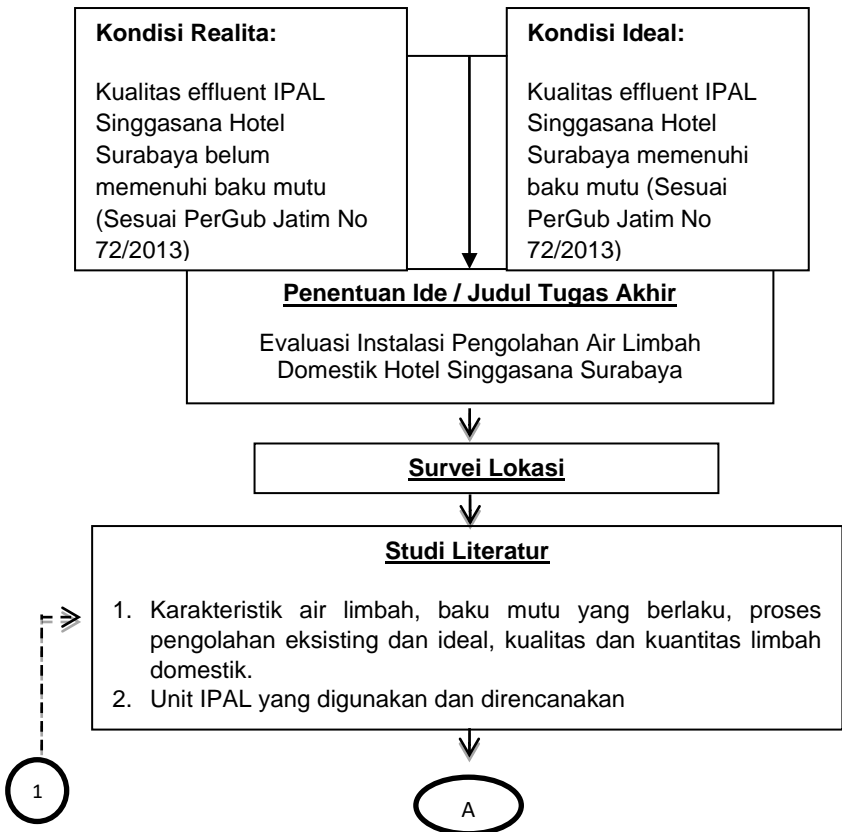
# Tidak ada satuan

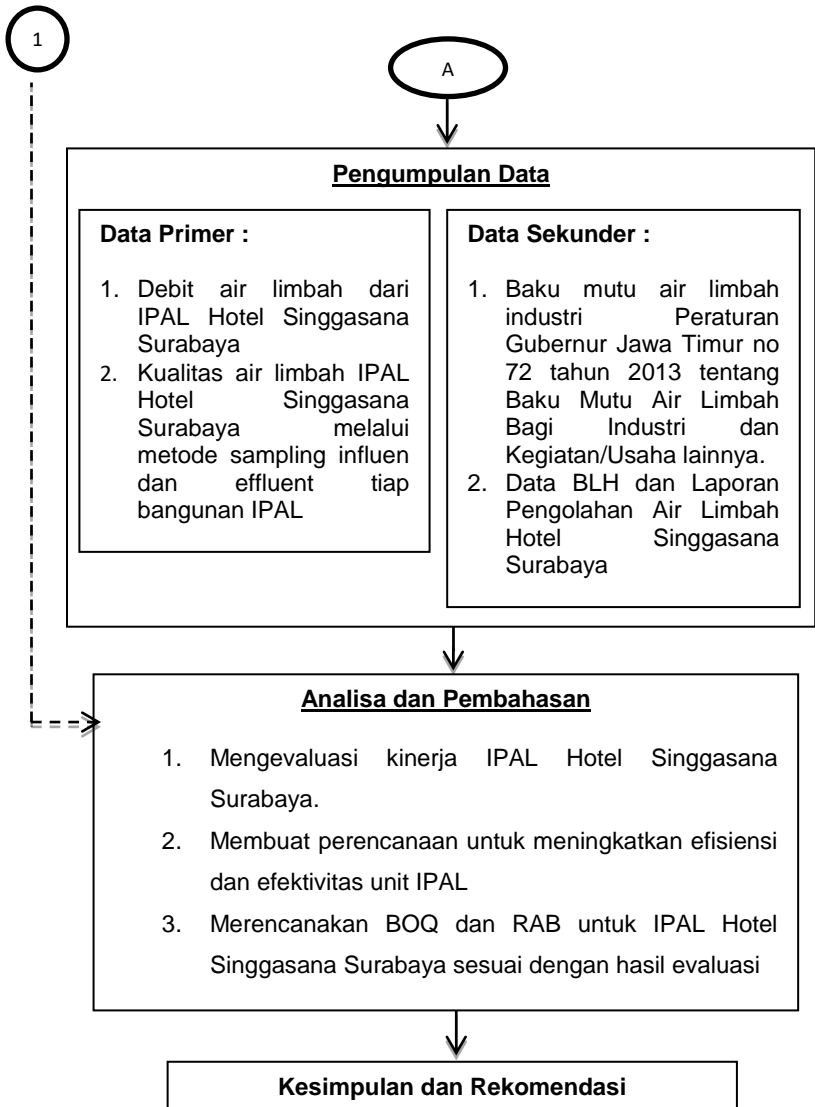
- Tidak ada data

## BAB IV METODE PERENCANAAN

### 4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan dalam perencanaan berupa tahapan-tahapan yang harus dikerjakan. Kerangka alur perencanaan ini diharapkan dapat mempermudah proses pengerjaan perencanaan dan dapat mencapai tujuan yang direncanakan. Kerangka alur dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1





Gambar 4.1 Diagram Alir Metodologi Perencanaan



## **4.2 Tahapan Perencanaan**

Tahapan Perencanaan berisi tentang ide tugas akhir, studi literatur, pengumpulan data, analisan dan pembahasan serta kesimpulan dan saran.

### **4.2.1 Ide Tugas Akhir**

Ide tugas akhir ini bermula pada di dapatkannya nilai effluen dari IPAL Singgasana Hotel Surabaya yang tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ada. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa selama ini kinerja unit IPAL kurang efektif dan efisien sehingga tidak dapat menghasilkan effluent yang baik. Berdasar pada hal tersebut, maka dirasa perlu adanya kajian terhadap kinerja dari unit pengolahan IPAL Singgasana Hotel Surabaya.

### **4.2.2 Studi literatur**

Studi literatur berfungsi untuk mendukung ide perencanaan dan meningkatkan pemahaman peneliti. Studi literatur dilakukan mulai tahap awal hingga penarikan kesimpulan dengan mencari literatur pendukung perencanaan dari berbagai sumber, antara lain buku, jurnal, peraturan perundangan, makalah, seminar serta tugas akhir yang berhubungan dengan instalasi pengolahan air limbah domestik antara lain:

- Karakteristik air limbah domestik.
- Parameter penting dalam pengolahan air limbah domestik.
- Unit pengolahan air limbah domestik.
- Proses pengolahan air limbah domestik
- Masalah umum dalam instalasi pengolahan air limbah domestik.

### **4.2.3 Pengumpulan data**

Kegiatan pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting yang ada di lapangan. Data yang digunakan dalam perencanaan ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengambilan sampel dan observasi lapangan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari peraturan dan hasil laporan pengolahan air limbah. Data – data yang diperlukan antara lain:

**a. Data Sekunder**

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

- Data Laporan Pengolahan Air Limbah Singgasana Hotel Surabaya.
- Baku Mutu Air Limbah.

**b. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer terdiri dari:

- Debit air limbah.
- Kualitas Air Limbah pada masing-masing influen dan effluent unit IPAL. Sampel diambil selama 1 bulan pada *weekdays* dan *weekend* yaitu salah satu hari dimana okupansi terbanyak dari hasil data sekunder dan digunakan sebagai hari sampling.

Parameter – parameter yang dianalisis memiliki metode pengujian yang berbeda – beda. Metode pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Metode Pengujian Parameter

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Metode Pengujian</b>
TSS	mg/L	Gravimetri
BOD <sub>5</sub>	mg/L	Winkler
COD	mg/L	Titrimetri
DO	mg/L	Winkler
Suhu	°C	Termometer
pH	-	pHmeter

#### **4.2.4 Analisa dan Pembahasan.**

Analisa data bertujuan untuk memproses data yang telah dikumpulkan dan ditunjang dengan teori-teori yang mendukung agar diperoleh tujuan perencanaan yang diharapkan. Pada analisa data digunakan 2 aspek yaitu aspek teknis dan aspek biaya. Aspek teknis direncanakan meliputi perencanaan desain bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah yang sesuai dengan kualitas dan karakteristik air limbah domestik Hotel Singgasana jika diperlukan. Sementara pada aspek biaya dilakukan dengan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang disesuaikan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015.

#### **4.2.5 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan saran diperoleh berdasarkan hasil analisis pada aspek teknis dan biaya pada perencanaan

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kualitas maupun kuantitas air limbah yang dalam instalasi. Berdasarkan data okupansi Singgasana Hotel Surabaya pada tanggal 24 Februari Hingga 2 Maret 2016 yang disajikan dalam Tabel 5.1

Tabel 5.1 Data Okupansi Pemilihan Hari Sampling

Data Okupansi								
<b>Tanggal</b>	24 Februari 2016	25 Februari 2016	26 Februari 2016	27 Februari 2016	28 Februari 2016	29 Februari 2016	1 Maret 2016	2 Maret 2016
<b>Hari</b>	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu
<b>Okupansi</b>	45%	33%	20%	15%	17%	25%	36%	58%

Berdasarkan Tabel 5.1 dapat diketahui bahwa hari puncak pada hari Rabu untuk *weekdays* sedangkan pada *weekend* tidak diambil sampel sebab Hotel Singgasana merupakan hotel yang lebih digunakan untuk keperluan acara dinas sehingga pada *weekend* pengunjung yang datang tidak banyak. Jadwal pengambilan sampel disajikan pada Tabel 5.2:

Tabel 5.2 Jadwal Pengambilan Sampel

Hari	Tanggal
1	9 Maret 2016
2	16 Maret 2016
3	23 maret 2016
4	30 Maret 2016
5	4 April 2016

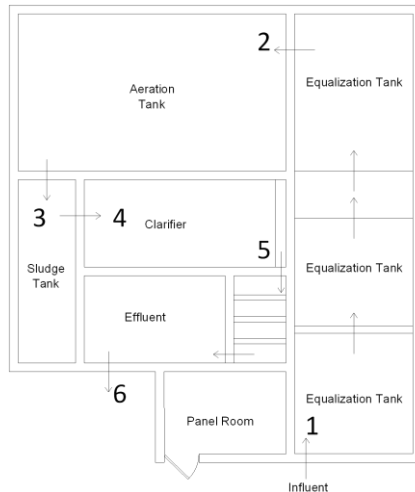
Dalam 5 kali pengambilan sampel, sampel yang valid digunakan hanya sampel pada pengambilan hari ke-2 dan ke-3. Sampel hari pertama tidak dapat dapat digunakan sebab terjadi kesalahan analisis yang dilakukan oleh penyusun. Sampel hari

ke-4 tidak dapat digunakan sebab pada saat pengambilan sampel terjadi hujan sehingga terjadi pengenceran pada air limbah yang diolah berasal dari drainase hotel menuju instalasi. Sampel hari ke-5 tidak valid digunakan sebab terdapat penambahan blower baru pada unit *clarifier* yang menyebabkan perbedaan proses terhadap analisis sebelumnya.

### 5.1.1 Hasil Analisa Kualitas

Analisa kualitas air yang dilakukan meliputi parameter BOD, COD, TSS, Suhu, dan pH pada 6 titik sampling yang disajikan dalam Gambar 5.1, keenam titik sampling tersebut meliputi:

1. Influen Bak Ekualisasi
2. Influen Tangki Aerasi
3. Influen *Sludge Tank*
4. Influent *Clarifier*
5. Effluent *Clarifier*
6. Effluent



Gambar 5.1 Titik Pengambilan Sampel

Hasil analisa laboratorium yang digunakan disajikan dalam tabel-tabel berikut. Hasil analisa COD, BOD, TSS, pH, dan Suhu yang akan digunakan dalam perencanaan dan disajikan secara ringkas dalam Tabel 5.3, Tabel 5.4, Tabel 5.5, Tabel 5.6, dan Tabel 5.7.

Tabel 5.3 Hasil Analisa COD

Hari Ke-	Analisa COD (mg/L)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
2	162	407.4	348.5	127.6	157.1	58.9
3	180.8	367.1	389.0	169.9	126.0	76.7
<b>Rata-rata</b>	171.4	387.2	368.8	148.7	141.5	67.8

Berdasarkan Tabel 5.3 terdapat kenaikan konsentrasi COD yang drastis dari titik 1 (Influen) ke titik 2 (effluent tangki ekualisasi) yang kemungkinan disebabkan oleh kondisi lumpur yang banyak dan tidak pernah dikuras. Kondisi ini menyebabkan mikro organisme mati dan menjadi substrat kembali. Selain itu, rata-rata influen konsentrasi COD sebesar 171,4 mg/L.

Tabel 5.4 Hasil Analisa BOD<sub>5</sub>

Hari Ke-	Analisa BOD <sub>5</sub> (mg/L)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
2	61.7	78.3	175.6	94.3	44.9	27.1
3	45.6	44.7	159.8	105.1	33.6	34.9
<b>Rata-rata</b>	53.64	61.5	167.67	99.69	39.28	30.99

Tabel 5.4 menunjukkan kenaikan konsentrasi BOD<sub>5</sub> yang drastis dari titik 2 (Influen tangki aerasi) ke titik 3 (effluent tangki aerasi) yang disebabkan oleh *activated sludge* tercampur dalam air sehingga mempengaruhi pembacaan nilai substrat. Kondisi ini wajar sebab tujuan tangki aerasi adalah untuk mencampurkan *activated sludge* dengan air untuk kemudian diendapkan di Clarifier. Tabel 5.4 juga menunjukkan rata-rata influen konsentrasi BOD<sub>5</sub> sebesar 53,64 mg/L.

Tabel 5.5 Hasil Analisa TSS

Hari Ke-	Analisa TSS (mg/L)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
2	240	120	150	130	60	60
3	250	110	140	110	50	50
<b>Rata-rata</b>	245	115	145	120	55	55

Tabel 5.5 menunjukkan konsentrasi TSS dari titik 1 (Influen) ke titik 2 (effluent tangki ekualisasi) meningkat drastis disebabkan oleh waktu tinggal yang lama. Rata-rata influen konsentrasi TSS sebesar 245 mg/L.

Tabel 5.6 Hasil Analisa pH

Hari Ke-	Analisa pH					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
2	7.9	7.7	7.5	7.6	7.7	7.4
3	7.8	7.9	8.1	7.8	7.9	7.6
<b>Rata-rata</b>	7.85	7.8	7.8	7.7	7.8	7.5

Pada Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa dalam tiap unit nilai pH relatif normal yaitu berada pada rentang 7-8 yang menandakan bahwa kondisi air cenderung bersifat basa.

Tabel 5.7 Hasil Analisa Suhu

Hari Ke-	Analisa Suhu (°C)					
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
2	28.4	27.7	27.0	27.5	27.9	27.4
3	27.3	27.6	28.5	28.0	27.9	27.4
<b>Rata-rata</b>	27.85	27.65	27.75	27.75	27.90	27.45

Pada Tabel 5.7 dapat ditunjukkan bahwa suhu air limbah pada tiap unit pengolahan berada di rentang 27 °C hingga 28,5 °C. Kondisi ini cukup baik karena mikro organisme dapat hidup dengan baik pada rentang suhu 27-30 °C.



### 5.1.2 Hasil Analisa Kuantitas

Analisa kuantitas diperlukan untuk menghitung perkiraan debit air yang diolah. Debit dihitung dari jumlah pemakaian kamar dan dikalikan dengan asumsi produksi air limbah. Singgasana Hotel Surabaya memiliki 150 kamar dengan rata-rata okupansi 44% dengan tiap kamar diasumsikan terisi 2 orang. Menurut SNI Plambing Tahun 2005, hotel bintang 4 menggunakan air bersih sebanyak 300 liter/orang.hari. Kemudian diperkirakan 80% dari air bersih tersebut menjadi air kotor/ air limbah. Perhitungan debit influent air limbah IPAL Singgasana Hotel Surabaya adalah sebagai berikut:

Debit Rata-Rata

$$\begin{aligned} \text{Qave} &= \text{Okupansi Rata-rata} \times \text{asumsi penggunaan air bersih} \times \\ &\quad \text{asumsi persentase air kotor} \\ &= 67 \text{ kamar} \times 2 \text{ orang/kamar} \times 300 \text{ L/org.hari} \times 80\% \\ &= 32.020 \text{ L/hari} = 32,02 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Debit Maksimum

$$\begin{aligned} \text{Qpeak} &= \text{Okupansi Maksimum} \times \text{asumsi penggunaan air bersih} \times \\ &\quad \text{asumsi persentase air kotor} \\ &= 150 \text{ kamar} \times 2 \text{ orang/kamar} \times 300 \text{ L/org.hari} \times 80\% \\ &= 72.000 \text{ L/hari} = 72 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

### 5.2 Evaluasi Unit Bangunan IPAL

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting tiap bangunan terhadap kriteria desain sesuai literatur. Untuk efisiensi removal dihitung dari hasil penelitian pendahuluan dimana dihitung selisih konsentrasi pencemar dari inlet bangunan dan outlet bangunan. Efisiensi removal dari IPAL Singgasana Hotel Surabaya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

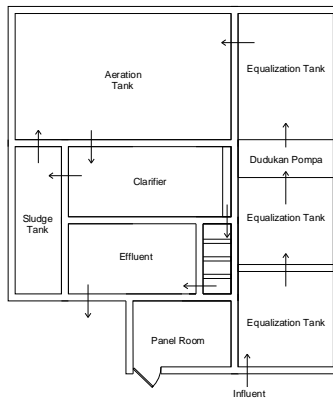
Tabel 5.8 Efisiensi Removal IPAL Singgasana Hotel Surabaya

Parameter	Inlet (mg/l)	Bak Ekualisasi		Pengolahan Bio		Bak Penampung Effluent		Effluent (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Status	Removal Overall
		Removal	Effluent (mg/l)	Removal	Effluent (mg/l)	Removal	Effluent (mg/l)				
COD	171.4	-126%	387.2	63%	141.5	52%	67.8	67.8	50	Tidak memenuhi	60%
BOD	53.6	-15%	61.5	36%	39.28	21%	30.99	30.99	30	Tidak memenuhi	42%
TSS	245.0	51%	120	54%	55	0%	55	55	50	Tidak memenuhi	78%

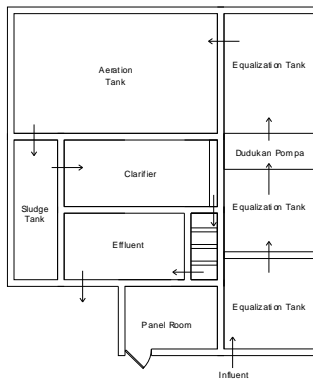
Dari tabel 5.8 dapat diketahui bahwa efisiensi removal IPAL Singgasana Hotel Surabaya untuk parameter COD adalah 60%, BOD 42%, dan TSS adalah 78%

### 5.2.1 Denah

Denah instalasi yang direncanakan tidak selalu sama dengan denah instalasi yang dioperasikan. Dalam denah IPAL Singgasana Hotel Surabaya, yang dioperasikan terdapat perbedaan flow air dimana air dari *Aeration Tank* tidak masuk ke *Clarifier* namun langsung di *bypass* ke *Sludge Tank* sebab saluran *Aeration Tank* ke *Clarifier* tersumbat oleh lumpur. Denah IPAL menurut perencanaan ditunjukkan pada Gambar 5.2 sedangkan denah IPAL pada tahap operasional dapat dilihat pada Gambar 5.3:



Gambar 5.2 Denah IPAL berdasarkan Perencanaan



Gambar 5.3 Denah IPAL pada Tahap Operasional

### 5.2.2 Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi merupakan bak yang digunakan untuk menampung air influent sebelum diolah di unit selanjutnya. Tujuan dibangunnya unit ini adalah untuk menyetarakan debit dan konsentrasi air sebelum masuk ke unit selanjutnya.

**Kriteria Desain:** (Tchobanoglous *et al*, 2014)

- Kedalaman: 1,5 m – 2m
- Waktu detensi: 4-8 jam
- Jangkauan mixer :  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{2}{3}$  kedalaman

**Kondisi Eksisting:**

Unit ini memiliki 3 kompartemen dimana kompartemen 1 merupakan penahan *scum*, kompartemen 2 dan 3 digunakan untuk menampung air. Kompartemen 2 dan 3 dipisahkan oleh beton yang menjadi dudukan pompa. Unit ini memiliki panjang total 12,55 meter, lebar 3,4 meter, dan kedalaman 3 meter. Dalam bak ini terdapat lumpur yang cukup tebal dengan ketebalan hingga 1,5 meter. Gambar 5.4 merupakan kondisi eksisting bak ekualisasi yang digunakan.



Gambar 5.4 Bak Ekualisasi

Unit ekualisasi terbagi menjadi 3 partisi yang memiliki total panjang 11,05 meter dengan dimensi masing-masing sebagai berikut:

- Kompartemen 1
  - o Panjang = 3,45 m

- Lebar = 3,4 m
- Kedalaman = 3 m
- Kompartemen 2
  - Panjang = 3,10 m
  - Lebar = 3,40 m
  - Kedalaman = 3 m
- Kompartemen 3
  - Panjang = 4,5 m
  - Lebar = 3,4 m
  - Kedalaman = 3 m

### Kesesuaian dengan kriteria desain:

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= 72 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 3 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang (P)} = 11,05 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman (H)} = 3 \text{ m}$$

Dihitung :

- Waktu Detensi ( $T_d$ ) = Volume / Debit
 
$$\begin{aligned} &= (P \times L \times H) / 3 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= (11,05 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 3 \text{ m}) / 3 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 37,57 \text{ jam (Terlalu Lama)} \end{aligned}$$
- Efisiensi Removal  
 Berdasarkan Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa parameter TSS dari Titik 1 ke Titik 2 mengalami penurunan sebesar 53% dimana nilai TSS pada Titik 1 (Influent bak ekualisasi) adalah 245 mg/L sedangkan pada Titik 2 (Effluent bak ekualisasi) adalah 115 mg/L. Dari keadaan ini dapat disimpulkan bahwa terjadi pengendapan di Bak Ekualisasi padahal fungsi Bak Ekualisasi adalah untuk menyetarakan aliran dan menghomogenkan konsentrasi pencemar dan tidak dipergunakan untuk pengendapan.

### **Analisa Permasalahan:**

Bak ekualisasi seharusnya memiliki waktu detensi yang tidak terlalu lama agar tidak terjadi pengendapan. Bak ekualisasi IPAL Singgasana Hotel Surabaya memiliki waktu detensi yang terlalu lama sehingga terdapat lumpur yang memiliki ketebalan setengah dari kedalaman unit. Selain itu, sebelum unit ini tidak ada bak pengendap I yang memiliki fungsi penting untuk menurunkan konsentrasi TSS sebelum masuk ke unit pengolahan biologis.

### **Kesimpulan:**

Perlu dilakukannya perencanaan ulang terhadap bak ekualisasi dikarenakan adanya pengendapan dan waktu detensi melebihi kriteria desain sehingga akan direncanakan adanya bak pengendap 1 yang merupakan modifikasi dari bangunan bak ekualisasi yang ada.

### **5.2.3 Pengolahan Biologis**

Pengolahan biologis IPAL Singgasana Hotel Surabaya menggunakan konsep pengolahan aerobik *complete mix activated sludge* dimana lumpur dari unit pengendapan akan di kembalikan ke dalam tangki aerasi sebagai *return activated sludge*. Karena isi tangki dicampur secara keseluruhan, beban organik, kebutuhan oksigen, dan konsentrasi substrat menjadi seragam dalam tangki aerasi dengan F/M rasio yang rendah (Tchobanoglous *et al*, 2014). Removal dari pengolahan ini memiliki efisiensi removal dalam rentang 85-95% (Tchobanoglous *et al*, 2003).

Efisiensi removal dari pengolahan biologis dapat diketahui dari hasil perhitungan efisiensi penyisihan pengolahan biologis yang ditampilkan pada Tabel 5.8. Efisiensi removal pengolahan biologis IPAL Singgasana Hotel Surabaya adalah 51%.

#### **5.2.3.1 Tangki Aerasi**

Tangki aerasi merupakan unit pengolahan air limbah yang menggunakan sistem *activated sludge* yang diinjeksi dengan udara (aerasi) agar polutan dalam air akan berpindah fase dari *soluble* menjadi materi yang *insoluble* sehingga bisa diendapkan.

### Kriteria Desain: (Tchobanoglous, 2014)

- F/M Ratio : 0,2-0,4
- Organic Loading Rate : 0,4 – 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Sludge Retention Time : 5 – 15 hari
- MLSS (X) : 1500 – 4000 mg/L
- MLSS return (Xr) : 6000 – 12000 mg/L
- HRT : 3 – 10 jam
- Rasio Resirkulasi : 25% – 50%

### Kondisi Eksisting:

Unit tangki aerasi dalam IPAL Singgasana Hotel Surabaya merupakan unit utama dalam pengolahan air limbah. Unit ini menggunakan sistem aerasi dengan *diffused aerator* dengan pemompaan udara menggunakan 2 buah blower dengan masing-masing daya 1300 watt. Pompa-pompa ini dinyalakan setiap hari tiap 30 menit secara bersamaan selama 15 menit. *Aeration tank* ini memiliki panjang 770 cm, lebar 450 cm, kedalaman 4 meter, dan sludge dengan kedalaman 2 meter.

### Dimensi:

- Panjang = 7,7 m
- Lebar = 4,5 m
- Kedalaman = 4 m
- Volume = 138,6 m<sup>3</sup>

### Kesesuaian dengan Kriteria desain:

- HRT  
Perhitungan nilai HRT menggunakan rumus 2.1:

$$\begin{aligned} \text{HRT} &= \frac{\text{volume}}{Q} \\ &= \frac{138,6 \text{ m}^3}{72 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 1,925 \text{ hari} \\ &= 46,2 \text{ jam (terlalu lama)} \end{aligned}$$

- **SRT**

SRT tidak dapat dihitung sebab tidak ada resirkulasi dan lumpur tidak ada yang dibuang baik dari tangki aerasi maupun dari *clarifier*.

- **F/M Ratio**

Perhitungan nilai F/M ratio menggunakan rumus 2.3:

$$\begin{aligned} \text{F/M ratio} &= \frac{72 \left(\frac{m^3}{\text{hari}}\right) \times 61,5 \left(\frac{mg}{l}\right)}{138,6 m^3 \times 115 \left(\frac{mg}{l}\right)} \\ &= 0,369 \text{ (KD = 0,2 – 0,4)} \end{aligned}$$

- **OLR**

Perhitungan nilai OLR menggunakan rumus 2.4:

$$\begin{aligned} \text{OLR} &= \frac{72 \left(\frac{m^3}{\text{hari}}\right) \times 0,0615 \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{138,6 m^3} \\ &= 0,036 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (**Tidak Memenuhi**)} \end{aligned}$$

- **Resirkulasi**

Karena tidak adanya resirkulasi maka nilai r tidak dapat dihitung.

- **Produksi Lumpur**

Karena nilai SRT tidak dapat dihitung, maka produksi lumpur tidak dapat dihitung.

- **Kebutuhan Oksigen**

Karena produksi lumpur tidak dapat dihitung maka kebutuhan oksigen tidak dapat dihitung.

### **Analisa Permasalahan:**

- Tidak pernah adanya pengurasan lumpur sehingga terdapat lumpur yang banyak dengan ketinggian



mendekati separuh dari kedalaman unit atau setara dengan 2 m. Lumpur terakumulasi hingga mengeras sehingga tidak bisa dikuras menggunakan pompa biasa.

- Diffuser yang ada sudah tidak bisa digunakan karena tertutup lumpur sehingga pipa menuju ke diffuser dipotong. Hal ini menyebabkan udara yang diinjeksikan tidak merata dan hanya berada di permukaan saja.
- Disebabkan oleh tidak meratanya aerasi, sludge yang ada mengganggu kesetimbangan massa dan pertumbuhan mikro organisme menyebabkan turunnya efisiensi removal dari unit ini.

### **Kesimpulan:**

Perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap unit *aeration tank* disebabkan tidak memenuhinya kriteria desain, tidak meratanya proses aerasi disebabkan rusaknya *diffuser*, dan tidak adanya resirkulasi lumpur sehingga sistem *activated sludge* tidak berjalan baik dalam pengolahan.

### **5.2.3.2 Clarifier**

Clarifier atau bak pengendap II berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang berasal dari tangki aerasi agar lumpur dan air bisa dipisahkan. Unit *clarifier* memiliki fungsi yang penting karena pengendapan lumpur utama terjadi di unit ini. Sebagian *sludge* dari unit ini akan dipompa kembali ke tangki aerasi sebagai *return activated sludge* untuk meningkatkan konsentrasi biomassa dalam tangki aerasi.

### **Kriteria Desain: (Tchobanoglous, 2014)**

- Solid Loading Rate average =  $4-6 \text{ (kg / m}^2 \cdot \text{hari)}$
- Solid Loading Rate peak =  $10 \text{ (kg / m}^2 \cdot \text{hari)}$
- Kedalaman =  $4 - 5,5 \text{ m}$
- Surface Overflow Rate =  $16 - 28 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

### **Kondisi Eksisting:**

Clarifier IPAL Singgasana Hotel Surabaya memiliki panjang 580 cm, lebar 250 cm, dan kedalaman 4 meter. Unit ini memiliki kedalaman sludge hingga 1,5 meter disebabkan tidak adanya

pembuangan lumpur maupun resirkulasi lumpur ke dalam *aeration tank*. Meskipun dalam perencanaan awal terdapat saluran lumpur dari *Clarifier* menuju *Sludge Tank* namun sudah tidak berfungsi sebab saluran tertutup lumpur.

### **Kesesuaian Terhadap Kriteria Desain:**

Diketahui :

Panjang (P) = 5,8 m

Lebar (L) = 2,5 m

Kedalaman (H) = 4 m

Asurface = 13,75 m<sup>2</sup>

SLR =  $Q_{in} \times MLSS / A_{surface}$   
=  $3 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,115 \text{ kg/m}^3 / 13,75 \text{ m}^2$   
=  $0,025 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{jam}$  (Tidak Memenuhi)

SOR =  $Q / A$   
=  $72 \text{ m}^3/\text{hari} / 13,75 \text{ m}^2$   
=  $5,23 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$  (Tidak Memenuhi)

### **Analisa Permasalahan:**

Tidak berjalannya proses resirkulasi sebab saluran resirkulasi tertutup lumpur sebab tidak adanya proses pembuangan lumpur dari pengolahan. Tanpa adanya pembuangan lumpur, maka terjadi akumulasi lumpur yang menyebabkan tertutupnya saluran resirkulasi lumpur aktif dari *clarifier* menuju *aeration tank*.

### **Kesimpulan:**

Perlu dilakukan perencanaan ulang sebab tidak berjalannya konsep resirkulasi dan ketidaksesuaian bangunan terhadap kriteria desain.

#### **5.2.3.3 Sludge Tank**

*Sludge tank* dalam IPAL Singgasana Hotel Surabaya pada awalnya digunakan untuk menampung *sludge* dari *Clarifier* yang kemudian akan diaerasi agar mikro organisme dalam *sludge* yang akan dikembalikan ke *aeration tank* dalam kondisi "lapar" berkat adanya *extended aeration* dan tidak adanya polutan yang bisa dijadikan sumber karbon oleh mikro organisme. Namun

pada kondisi eksisting unit ini digunakan sebagai *aeration tank* lanjutan dan diberi saluran *overflow* agar air dari unit bisa mengalir ke Clarifier.

- Panjang : 5 meter
- Lebar : 1,6 meter
- Kedalaman : 4 meter
- Kedalaman Sludge : 1,8 meter

#### **Analisa Permasalahan:**

Fungsi bangunan sludge tank pada tahap operasional tidak sesuai dengan fungsi bangunan secara teoritis dimana bangunan ini pada tahap operasional digunakan untuk proses aerasi limpahan air dari tangki aerasi sedangkan fungsi bangunan ini secara teoritis adalah untuk memberi aerasi kepada activated sludge.

#### **Kesimpulan:**

Perlu dilakukan perencanaan ulang sebab tidak sesuainya fungsi bangunan pada tahap operasional terhadap fungsi bangunan secara teoritis.

### **5.3 Perencanaan Ulang**

#### **5.3.1 Perencanaan Ulang Bak Ekualisasi**

Direncanakan modifikasi Bak Ekualisasi dengan mendesain kompartemen 1 sebagai bak pengumpul, kompartemen 2 sebagai bak ekualisasi, dan kompartemen 3 untuk menjadi Bak Pengendap I dan dengan perhitungan sebagai berikut:

##### **5.3.1.1 Perhitungan Bak Pengumpul**

Bak Pengumpul direncanakan menggunakan dimensi Kompartemen 1 dengan dimensi sebagai berikut:

- Panjang = 3,5 meter
- Lebar = 3,4 meter
- Kedalaman = 3 meter
- Volume = 35,7 m<sup>3</sup>
- Q max = 72 m<sup>3</sup>/hari = 0,000833 m/detik
-

Kriteria Desain Sumur Pengumpul (Tchobanoglous *et al*, 2014)

- $T_d = 5 \text{ menit} = 300 \text{ detik}$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} T_d &= \text{Volume} / Q_{\text{max}} \\ &= 35,7 \text{ m}^3 / 0,000833 \text{ m/detik} \\ &= 42840 \text{ detik} = 714 \text{ menit} = 11,9 \text{ jam} \text{ (**Tidak memenuhi**)} \end{aligned}$$

Dalam Bak Pengumpul dipasang pompa untuk memompa air dari bak pengumpul menuju ke Bak Ekualisasi agar debit pengolahan tidak mengikuti fluktuasi debit yang ada. Berikut merupakan perhitungan tekanan pompa (Head pompa) yang dibutuhkan:

*Diketahui:*

$$\begin{aligned} C \text{ pipa PVC} &= 100 \\ L &= 4,5 \text{ m} \\ Q &= 0,37037 \text{ L/dt} \\ \text{Diameter Pipa (direncanakan)} &= 81,4 \text{ mm} \\ &= 8,14 \text{ cm} \\ &= 0,0814 \text{ m} \\ A \text{ pipa} &= \text{phi} \times r \times r \\ &= 3,14 \times (8,14/2)^2 \\ &= 0,0052 \text{ m}^2 \\ V &= Q/A \\ &= 0,0002 \text{ m}^3/\text{dt} / 0,0052 \text{ m}^2 \\ &= 0,04 \text{ m/dt} \\ H \text{ Statis} &= 3,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H \text{ Total} = H_{\text{statis}} + H_f \text{ Mayor} + H_f \text{ Minor} + \frac{V^2}{2g}$$

$$H_f \text{ Mayor} = \left[ \frac{Q}{0,2782 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

Dimana:

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

- C = Koefisien kekasaran pipa  
 D = Diameter (m)  
 L = panjang pipa (m)

$$H_f \text{ Mayor} = \left[ \frac{0,0002}{0,2782 \times 150 \times 0,0814^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3,5$$

$$= 0,36 \text{ m}$$

$$H_f \text{ Minor} = K \times \frac{V^2}{2g}$$

Aksesoris yang digunakan adalah elbow 90°

*Diketahui:*

$$\begin{aligned} K \text{ Elbow} &= 1,5 \\ \text{Jumlah Elbow} &= 1 \\ K &= 1 \times 1,5 \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ Minor Elbow} &= K \times \frac{V^2}{2g} \\ &= 1,5 \times \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,00012 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Total} &= H_{\text{statis}} + H_f \text{ Mayor} + H_f \text{ Minor} + \frac{V^2}{2g} \\ &= 3,5 \text{ m} + 0,36 \text{ m} + 0,00012 \text{ m} + \left( \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \right) \\ &= 3,89 \text{ m} \end{aligned}$$

Sesuai kebutuhan yang ada, pompa yang digunakan yakni pompa submersible dengan merk Grundfos Unilift KP 150 A-1 dengan debit yang dipompakan yakni debit rata-rata 32,03 m<sup>3</sup>/hari dengan Head sebesar 3,89 meter seharga Rp. 3.415.000,-

### 5.3.1.2 Perhitungan Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi direncanakan menggunakan dimensi Kompartemen 2 dengan dimensi sebagai berikut:

- Panjang = 3,1 meter
- Lebar = 3,4 meter
- Kedalaman = 3 meter

Perhitungan Bak Ekualisasi akan disesuaikan dengan kriteria desain sebagai berikut:

- Td = 4 – 8 Jam
- Kedalaman = 1,5 – 2 meter

Jika menggunakan dimensi asli kompartemen 2, waktu detensi dari Bak Ekualisasi akan menjadi terlalu besar sehingga dimodifikasi kedalamannya menjadi 1 meter saja meskipun kriteria desain kedalaman bak ekualisasi adalah 1,5 – 2 meter. Berikut merupakan perhitungan Bak Ekualisasi dengan dimensi yang baru:

Panjang = 3,1 meter  
Lebar = 3,4 meter  
Kedalaman = 1 meter (direncanakan)

Volume =  $P \times L \times H$   
=  $3,1 \times 3,4 \times 1$   
=  $10,54 \text{ m}^3$

Q ave =  $32,02 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,334 \text{ m}^3/\text{jam}$

Td = Volume / Q ave  
=  $10,54 \text{ m}^3 / 1,334 \text{ m}^3/\text{jam}$   
= 7,9 jam (memenuhi)

### 5.3.1.3 Perhitungan Bak Pengendap 1

Bak pengendap 1 direncanakan menggunakan dimensi Kompartemen 3 dengan dimensi sebagai berikut:

- Panjang = 4,5 meter
- Lebar = 3,4 meter
- Kedalaman = 3 meter

### Kriteria Desain Bak Pengendap 1 Bentuk Rectangular:

- Kedalaman = 1-3m
- Rasio P:L = 2:1
- Td = 1-3 jam
- Nre aliran = < 2000 (agar aliran laminer)
- Nfr = >  $10^{-5}$  (agar tidak terjadi aliran pendek)
- $V_h < V_{Sc}$  = Agar tidak terjadi penggerusan

Diketahui

$$\begin{aligned} Q &= 32,02 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,3 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00037 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$P = 4,5 \text{ m}$$

$$L = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Suhu air} = 28^\circ\text{C}$$

$$\text{Viskositas Kinematis air} = 0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}$$

*Rencana:*

Akan dibuat 2 buah bak pengendap 1 yang akan digunakan secara bergantian ketika salah satu bak sedang dalam pengurasan

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

$$P = 3 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$V = 0,6 \text{ m/detik}$$

*Maka:*

$$\begin{aligned} \text{Asurface} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Bak} &= \text{Asurface} \times H \text{ air} \\ &= 4,5 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Cek Td} = \text{Volume} / Q$$

$$\begin{aligned}
&= 4,5 \text{ m}^3 / 1,3 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 3 \text{ jam} \\
&= 10800 \text{ dt}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_h &= P/t_d \\
&= 3 \text{ m} / 10800 \text{ dt} \\
&= 0,00025 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R &= (L \times H) / (L+2H) \\
\text{(Jari-jari hidrolis)} &= (1,5 \times 1) / (1,5 + (2 \times 1)) \\
&= 0,429 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cek Nre} &= (V_h \times R) / (\text{Viskositas kinematis}) \\
&= (0,00025 \text{ m/detik} \times 0,429 \text{ m}) / 0,836 \times 10^{-6} \\
\text{m}^2 \cdot \text{s} &= 126,658 \text{ (memenuhi } < 2000)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cek Nfr} &= (V_h^2) / (g \times R) \\
\text{Nfr} &= (0,00025 \text{ m/detik})^2 / (9,81 \times 0,429 \text{ m}) \\
&= 155 \times 10^{-10} \text{ (tidak Memenuhi } > 10^5)
\end{aligned}$$

Karena tidak memenuhi maka direncanakan penambahan *perforated baffle*

- **Perforated Baffle**

$$\begin{aligned}
\text{Lebar} &= \text{Lebar bak} \\
&= 1,5 \text{ m} \\
\text{Tinggi} &= 2,5 \text{ m (direncanakan)} \\
\text{Diameter lubang} &= 0,1 \text{ m} \\
&= 10 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas @ lubang} &= \frac{1}{4} \pi (0,2)^2 \\
&= 0,00785 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Lubang (n)} = 25 \text{ buah ( direncanakan)}$$

Rencana perforated baffle wall terdapat 5 baris dan tiap barisnya terdapat 5 lubang



Jarak horizontal antar lubang (sh):

$$= \frac{\text{lebar baffle} - (\text{jumlah lubang} \times d)}{(\text{jumlah lubang} + 1)}$$

$$= \frac{1,5 \text{ m} - (5 \times 0,1 \text{ m})}{(5 + 1)}$$

$$= 0,167 \text{ m}$$

$$= 16,7 \text{ cm}$$

Jarak Vertikal antar lubang (sv) :

$$= \frac{\text{Tinggi baffle} - (\text{jumlah lubang} \times d)}{(\text{jumlah lubang} + 1)}$$

$$= \frac{2,5 \text{ m} - (5 \times 0,1 \text{ m})}{(5 + 1)}$$

$$= 0,33 \text{ m}$$

$$= 33 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Q per lubang} &= \text{Q} / \text{jumlah lubang} \\ &= 0,00037 \text{ m}^3/\text{detik} / 25 \text{ lubang} \\ &= 0,00001 \text{ m}^3/\text{detik} / \text{lubang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V per lubang} &= \text{Q} / \text{Luas @ lubang} \\ &= 0,00001 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00785 \text{ m}^2 \\ &= 0,002 \text{ m}/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek Nre aliran} &= \frac{\text{Q per lubang}}{\pi \times d \times v} \\ &= \frac{0,00001}{3,14 \times 0,1 \times 0,000000836} \end{aligned}$$

$$= 28,24 \text{ (OK)}$$

$$\text{Cek Nfr} = (Vh^2)/(gxR)$$

$$= (0,002)^2 / (9,81 \times (1/4 \times D))$$

$$= 0,000015 \text{ (OK)}$$

Kontrol Penggerusan (scoring):

$$\beta = 0,05$$

$$\lambda = 0,03$$

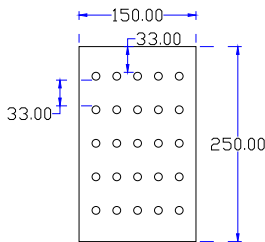
$$\rho_s = 2,65$$

$$\rho_w = 1$$

$$V_{sc} = \left( \frac{8 \times \beta \times g}{\lambda} \times \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \times dp \right)$$

= 0,028 m/detik (OK,  $V_{sc} > V$  per lubang tidak terjadi penggerusan)

Sketsa Perforated Baffle dapat dilihat pada Gambar 5.5



Gambar 5.5 Sketsa Perforated Baffle

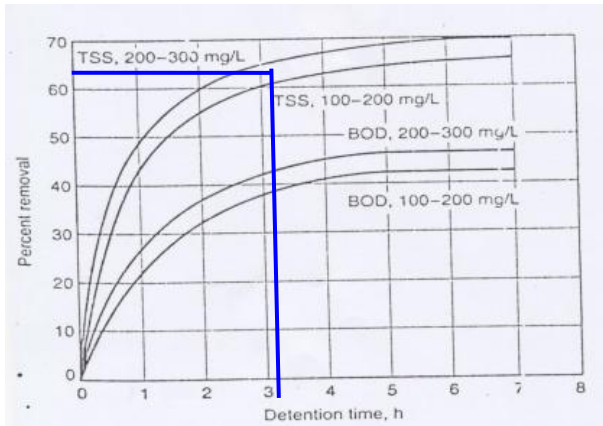
#### ▪ Zona Pengendapan

Diketahui:

TSS influen = 245 mg/L

Waktu Detensi = 3 jam

Apabila waktu detensi diplot dalam grafik hubungan persentase removal terhadap waktu detensi pada Gambar 5.6 maka didapatkan efisiensi removal sebesar 65%



Gambar 5.6 Hubungan % Removal Terhadap Waktu Detensi

Konsetrasi SS = effluen unit sebelumnya  
= 245 mg/L

Diskret dan Grit = 90% x Konsentrasii SS  
= 220,5 mg/L

Berat Jenis Sludge = 1,02 Kg/l

Partikel Terendapkan = Efisiensi removal x Diskret dan Grit  
= 143,325 mg/L  
= 0,143 Kg/m<sup>3</sup>

Berat Solid = Q x Partikel Terendapkan  
= 4,59 Kg/hari

Volume Sludge = Volume air + Volume solid  
= 0,089 m<sup>3</sup>/hari

Dimensi Ruang Lumpur  
Direncanakan:

Volume ruang lumpur bagian kubus

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \text{ m} \\
 L &= 1,5 \text{ m} \\
 H &= 2 \text{ m} \\
 \text{Vol} &= 9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume ruang lumpur bagian limas

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1,5 \text{ m} \\
 H &= 2 \text{ m} \\
 \text{Vol} &= 2,25 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume Ruang Lumpur

$$V = 7,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol lumpur / hari} = 0,089 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Periode Pengurasan} = \text{Volume Ruang Lumpur} / \text{Volume Lumpur}$$

$$= 7,5 / 0,089$$

$$= 84 \text{ hari} \approx 3 \text{ bulan}$$

▪ **Zona Outlet**

Direncanakan:

$$\text{Lebar Weir} = 0,4 \text{ m}$$

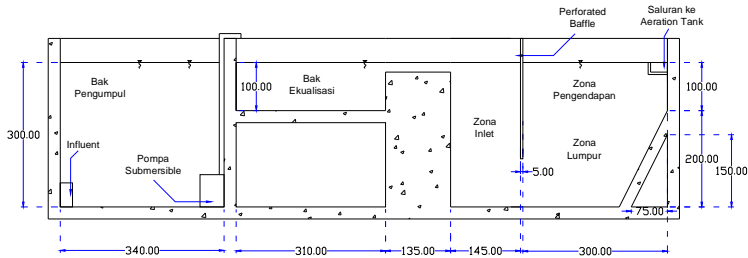
$$\text{Tinggi Weir} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Tebal dinding weir} = 0,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Weir} &= \text{Panjang Bak} \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek WLR} &= Q / \text{Panjang Weir} \\
 &= 32 \text{ m}^3/\text{hari} / 1,5 \text{ meter} \\
 &= 2,13 \text{ m}^3/\text{m.hari} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dengan adanya perubahan bentuk dan fungsi bak ekualisasi, sketsa modifikasi perubahan bak ekualisasi ditampilkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Sketsa Modifikasi Bak Ekualisasi

## 5.3.2 Perencanaan Ulang Pengolahan Biologis

### 5.3.2.1 Aeration Tank

Perencanaan ulang dilakukan dengan mengganti dimensi unit Tangki Aerasi dengan ukuran yang lebih kecil agar waktu detensi tidak terlalu besar, merencanakan sistem resirkulasi lumpur dan memasang sistem aerasi yang baru. *Aeration tank* menggunakan clarifier tank yang sudah ada sebagai bangunan yang berubah fungsi. Hasil perencanaan ulang tangki aerasi adalah sebagai berikut:

#### Diketahui:

BOD<sub>in</sub> = 53,64 mg/L

COD<sub>in</sub> = 171,393 mg/L

TSS<sub>in</sub> = 85,75 mg/L (TSS effluent Bak Pengendap I)

Q<sub>ave</sub> = 32 m<sup>3</sup>/hari

#### Direncanakan:

HRT = 3 jam

X = 4000 mg/L

X<sub>r</sub> = 8000 mg/L

R = 0,5 atau 50%

S = 10 mg/L

#### Dihitung:

- **Resirkulasi**

Perhitungan nilai resirkulasi menggunakan rumus 2.5:

Direncanakan rasio resirkulasi adalah 50%, maka

$$Q_r/Q = 0,5$$

$$\begin{aligned} Q_r &= 0,5 Q \\ &= 0,5 \times 32,02 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 16,01 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{in} &= Q_{ave} + Q_r \\ &= 32,01 + 16,01 \\ &= 48,03 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- **Volume Reaktor**

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= \text{HRT} \times Q_{in} \\ &= 3 \text{ jam} \times 2 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **HRT**

Perhitungan nilai HRT menggunakan rumus 2.1:  
Direncanakan 3 jam sehingga volume reaktor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{HRT} \times Q_{in} \\ &= 3 \text{ jam} \times 2 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi:

$$\text{Panjang} = 6 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar} = 2,5 \text{ meter}$$

$$\text{Kedalaman} = 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Volume reaktor} = 6,25 \text{ m}^3$$

- **SRT**

Perhitungan nilai SRT menggunakan rumus 2.2:  
SRT direncanakan agar nilai  $Q_w$  dapat disesuaikan.

$$\text{SRT} = 15 \text{ Hari (memenuhi)}$$

Perhitungan nilai  $Q_w$ :

$$Q_w = \frac{\text{volume} \times X}{(\text{SRT} \times X_r)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6,25 \text{ m}^3 \times 4000 \text{ mg/l}}{15 \text{ hari} \times 8000 \text{ mg/l}} \\
 &= 0,2 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- **F/M Ratio**

Perhitungan nilai F/M ratio menggunakan rumus 2.3:

$$\begin{aligned}
 \text{F/M ratio} &= \frac{48,03 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}}\right) \times 53,64 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{6,25 \text{ m}^3 \times 4000 \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} \\
 &= 0,1 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- **OLR**

Perhitungan nilai OLR menggunakan rumus 2.4:

$$\begin{aligned}
 \text{OLR} &= \frac{48,03 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}}\right) \times 0,05364 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{6,25 \text{ m}^3} \\
 &= 0,41 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (Mendekati)}
 \end{aligned}$$

- **Produksi Lumpur**

Untuk dapat menghitung jumlah produksi lumpur, terlebih dahulu dilakukan perhitungan  $Y_{obs}$  menggunakan rumus 2.6:

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} &= \frac{Y}{1+(b \times SRT)} \\
 &= \frac{0,6}{1+(0,06 \times 15)} \\
 &= 0,315 \text{ gVSS/gBOD}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Produksi Lumpur (Px) menggunakan rumus 2.7:

$$Px = \frac{Y_{obs} \times Q \times (S_0 - S)}{1000 \text{ kg/g}}$$

$$Px = \frac{0,315 \times 48,03 \times (53,64 - 10)}{1000 \text{ kg/g}}$$

$$= 0,66 \text{ kg/hari}$$

- **Kebutuhan Oksigen**

Perhitungan Kebutuhan Oksigen menggunakan rumus 2.8:

$$\begin{aligned} O_2 \text{ (kg/hari)} &= (Q \times (S_0 - S)) - (1,42 \times Px) \\ &= (48,03 \text{ m}^3/\text{hari} \times (53,64 \text{ mg/L} - 10 \text{ mg/L}) \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3) - (1,42 \times 0,66 \text{ kg/hari}) \\ &= 1,156 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan Teoritis = Kebutuhan  $O_2$  kg/hari x Faktor Keamanan (1,5 – 2)

$$= 1,156 \times 2$$

$$= 2,31 \text{ Kg/ hari}$$

Berat Jenis Udara = 1,1725 kg/  $m^3$  (pada suhu 28°C)

% Oksigen dalam udara = 21%

Kebutuhan  $O_2$  Teoritis = Kebutuhan udara teoritis / (berat jenis udara x 0,232)

$$= 8,5 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Efisiensi Suplai  $O_2$  = 5%

Kebutuhan udara aktual = Kebutuhan udara teoritis / efisiensi suplai  $O_2$

$$= 170 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$= 0,118 \text{ m}^3 / \text{menit}$$



Untuk memenuhi kebutuhan udara, digunakan aerator Hiblow HP120 dengan kapasitas transfer oksigen 120 liter/menit seharga 788 \$ atau setara dengan Rp. 10.614.000.

### 5.3.2.2 Clarifier

Diketahui:

$$Q_{ave} = 1,334 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{resirkulasi} = 0,667 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{in} = 2 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Direncanakan:

$$\text{MLSS (X)} = 4000 \text{ mg/L} = 4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Solid Loading Rate} = 4 \text{ kg/m}^2.\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Asurface} &= Q_{in} \times \text{MLSS} / \text{SLR} \\ &= 2 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ kg/m}^3 / 4 \text{ kg/m}^2.\text{jam} \\ &= 2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SOR} &= Q / A \\ &= 48,03 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \text{ m}^2 \\ &= 24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kedalaman Clarifier:

$$\text{H Clarifier} = \text{H air} + \text{H lumpur}$$

$$\text{H Lumpur} = \frac{Px \left( \frac{kg}{day} \right) \times SRT}{Xr \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times \text{Asurface}}$$

$$= \frac{0,66 \left( \frac{kg}{day} \right) \times 15 \text{ day}}{8 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times 2 \text{ m}^2}$$

$$= 1,25 \text{ meter}$$

H air direncanakan 1,5 meter agar dimungkinkan terjadi pengendapan, maka:

$$\begin{aligned} H \text{ Clarifier} &= H \text{ air} + H \text{ lumpur} \\ &= 1,5 \text{ meter} + 1,25 \text{ meter} \\ &= 2,75 \text{ meter} \end{aligned}$$

▪ **Zona Outlet**

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{WLR} &= 50 \text{ m}^3 / \text{m.hari} \\ &= 2,083 \text{ m}^3 / \text{m.jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Weir (b)} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Tinggi Weir} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Tebal dinding weir} &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Weir (Lw)} &= \frac{Q}{\text{weir loading}} \\ &= \frac{2 \text{ m}^3 / \text{jam}}{2,083 \text{ m}^3 / \text{m.jam}} \\ &= 0,96 \text{ m} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi muka air weir :} \\ H &= ((Q / b) / 2)^{2/5} \\ &= ((0,0006 \text{ m}^3 / \text{detik} / 0,5 \text{ m}) / 2)^{2/5} \\ &= 0,0498 \text{ m} \\ &= 0,05 \text{ m} \\ &= 0,80 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Penyaluran Lumpur**

Lumpur yang akan dibuang dan juga diresirkulasi dipompakan menggunakan pompa yang sama dengan pengaturan waktu secara manual. Pompa direncanakan menggunakan debit 1 L/detik sehingga untuk memompakan debit resirkulasi sebesar 16 m<sup>3</sup> pompa menyala selama 4,5 jam dalam 1 hari, sedangkan untuk memompakan debit lumpur buangan pompa menyala selama 3,3 menit dalam 1 hari. Setelah

didapatkan nilai debit yang digunakan selanjutnya dilakukan perhitungan head pompa sebagai berikut:

*Diketahui:*

C pipa PVC	= 100
L suction	= 3,75 m
L discharge	= 9,45 m
Q	= 1 L/dt
Diameter Pipa (direncanakan)	= 81,4 mm
	= 8,14 cm
	= 0,0814 m
A pipa	= $\phi \times r \times r$
	= $3,14 \times (8,14/2)^2$
	= 0,0052 m <sup>2</sup>
V	= Q/A
	= 0,0002 m <sup>3</sup> /dt / 0,0052 m <sup>2</sup>
	= 0,04 m/dt
H Statis	= 2,75 m

$$H \text{ Total} = H_{\text{statis}} + H_f \text{ Mayor} + H_f \text{ Minor} + \frac{V^2}{2g}$$

$$H_f \text{ Mayor} = \left[ \frac{Q}{0,2782 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

Dimana:

Q	= Debit air limbah (m <sup>3</sup> /dt)
C	= Koefisien kekasaran pipa
D	= Diameter (m)
L	= panjang pipa (m)

$$H_f \text{ Mayor suct} = \left[ \frac{0,0002}{0,2782 \times 100 \times 0,0814^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3,75$$

$$= 0,585 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Mayor disc} &= \left[ \frac{0,0002}{0,2782 \times 100 \times 0,0814^{2,63}} \right]^{1,85} \times 9,45 \\ &= 1,475 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf mayor} &= \text{Hf Mayor suction} + \text{Hf Mayor discharge} \\ &= 0,585 \text{ m} + 1,475 \text{ m} \\ &= 2,06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Hf Minor} = K \times \frac{V^2}{2g}$$

Aksesoris yang digunakan adalah elbow 90°

*Diketahui:*

$$\begin{aligned} K \text{ Elbow} &= 1,5 \\ \text{Jumlah Elbow} &= 3 \\ K &= 3 \times 1,5 \\ &= 4,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Minor Elbow} &= K \times \frac{V^2}{2g} \\ &= 4,5 \times \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,00036 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Total} &= H_{\text{statis}} + \text{Hf Mayor} + \text{Hf Minor} + \frac{V^2}{2g} \\ &= 2,75 \text{ m} + 2,06 \text{ m} + 0,00036 \text{ m} + \left( \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \right) \\ &= 4,81 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan demikian, sesuai hasil perhitungan yang ada maka digunakan pompa merk Lowara dengan spesifikasi tipe FH4 seri 32-125/02A yang berupa pompa sentrifugal.

### 5.3.3 Sludge Drying Bed

Dalam perencanaan ini, direncanakan lumpur yang berasal dari unit pengolahan biologis akan ditampung dan dikeringkan pada unit *sludge drying bed* (SDB).

Direncanakan:

- SDB akan berbentuk persegi panjang
- Waktu pengeringan = 10 hari
- Tebal Lapisan Kerikil = 0,25 m (0,15-0,3m)
- Tebal Lapisan Pasir = 0,25 m (0,23 – 0,3 m)
- Tebal Lapisan Lumpur = 0,3 m (0,2 – 0,3 m)
- Konsentrasi TSS pada lumpur = 0,5 % – 1,5 %
- Frekuensi pembuangan lumpur = 1 hari sekali
- Daya tampung per bed = 5 hari
- Rasio Panjang : Lebar = 3:1
- Kelembapan pada lumpur = 75% (60-75%)
- V pipa orifice = 0,02 m/detik

#### Karakteristik Lumpur:

Lumpur dari unit pengolahan biologis

Q lumpur = 0,2 m<sup>3</sup>/hari

#### Dimensi SDB:

Volume Lumpur per bed = Q lumpur x frekuensi pembuangan lumpur  
= 0,2 x 5 hari  
= 1 m<sup>3</sup>

$$\text{A tiap bed} = \frac{\text{volume lumpur per bed}}{\text{tebal lapisan lumpur}}$$

$$= \frac{1}{0,3}$$

$$= 3,33 \text{ m}^2$$

Panjang Bed = 3 Lebar

Lebar Bed = 1,1 m

Panjang Bed = 3,2 m

$$\begin{aligned} \text{Asurface cek} &= P \times L \\ &= 3,2 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \\ &= 3,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Freeboard rencana} = 0,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kedalaman bak SDB} \\ &= h \text{ lumpur} + h \text{ pasir} + h \text{ kerikil} + \text{freeboard} \\ &= 0,3 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,2 \text{ m} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

**Kadar air:**

$$\begin{aligned} \text{Kadar dry solid} &= \text{konsentrasi TSS pada lumpur} \\ &= 0,5 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= 100\% - \text{kadar dry solid} \\ &= 99,5 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air pada sludge cake} &= \text{kelembapan pada lumpur} \\ &= 75 \% \end{aligned}$$

$$\text{Volume cake kering} = \frac{V(1-\rho)}{(1-\rho_1) \times \Sigma \text{ bed}}$$

Dimana:

V = volume lumpur

$\rho$  = kadar air

$\rho_1$  = kadar air pada sludge cake

$\Sigma \text{ bed}$  = jumlah bed

$$\text{Volume cake kering} = \frac{1 \times (1 - 99,5\%)}{(1 - 75\%)}$$

$$= 0,02 \text{ m}^3/\text{bed}$$

**Underdrain:**

$$\begin{aligned} \text{Qfiltrasi} &= \% \text{ kelembapan dalam lumpur} \times \text{Q lumpur} \\ &= 75 \% \times 0,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,15 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0000017 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V filtrasi} &= \text{Q/A} \\ &= 0,0000017 \end{aligned}$$

$$= 0,0000005 \text{ m/detik}$$

Dikarenakan  $V$  filtrasi terlalu kecil maka direncanakan diameter pipa menggunakan pipa PVC ukuran 4".

### 5.3.4 Profil Hidrolis

Perhitungan saluran dan pipa inlet maupun outlet sangat penting untuk mengetahui headloss yang terjadi. Hasil perhitungan headloss masing-masing saluran dan pipa akan digunakan untuk perhitungan profil hidrolis. Profil hidrolis merupakan referensi grafis dari *hydraulic grade linier* pada bangunan pengolahan air limbah. Profil hidrolis berfungsi untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi, menentukan letak pompa dan mengetahui elevasi masing-masing unit bangunan.

#### 5.3.4.1 Bak Pengumpul ke Bak Ekualisasi

Dalam pengaliran air dari bak pengumpul menuju bak ekualisasi, dilakukan pemompaan. Hal ini disebabkan dibutuhkannya pompa pada bak pengumpul agar debit dalam bak ekualisasi bersifat konstan. Kedalaman air di dalam bak pengumpul yakni setinggi 3 meter atau memiliki elevasi 1 meter di atas tanah, kedalaman air di bak pengumpul tidak mempengaruhi profil hidrolis disebabkan adanya pemompaan.

#### 5.3.4.2 Bak Ekualisasi ke Bak Pengendap 1

Kehilangan tekanan bak ekualisasi ke bak pengendap 1 disebabkan adanya saluran effluent dari bak ekualisasi menuju bak pengendap 1. Berikut merupakan perhitungan headloss bak ekualisasi ke bak pengendap 1:

##### Diketahui:

- $Q = 32 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0004 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Panjang saluran = 1,35 m
- Kedalaman saluran = 0,2 m
- $n = 0.015$

- A cross saluran = 0,2 m x 3,4 m  
= 0,68 m<sup>2</sup>

**Perhitungan:**

- Kecepatan

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0004 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,68 \text{ m}} = 0,000545 \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Slope

$$V = \frac{1}{n} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times A$$

$$0,0005 \text{ m/detik} = \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{0,2}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times 0,68 \text{ m}^2$$

$$\text{Slope} = 1,6 \times 10^{-7}$$

- Head loss (hf) = slope x L  
= 1,6x10<sup>-7</sup> x 1,35 m = 2,1x10<sup>-7</sup> m

Dikarenakan headloss terlalu kecil, maka dianggap tidak ada perubahan elevasi dari bak pengumpul menuju bak pengendap 1. Dengan demikian, elevasi muka air di bak ekualisasi adalah +1,00 meter dari muka tanah.

**5.3.4.3 Bak Pengendap 1 ke Tangki Aerasi**

Kehilangan tekanan bak pengendap 1 menuju tangki aerasi disebabkan adanya saluran effluent dari bak pengendap 1 menuju tangki aerasi. Berikut merupakan perhitungan headloss bak pengendap 1 ke tangki aerasi:

**Diketahui:**

- Q = 32 m<sup>3</sup>/hari = 0,0004 m<sup>3</sup>/detik
- Panjang saluran = 13,7 m
- Kedalaman saluran = 0,2 m
- n = 0.015
- A cross saluran = 0,2 m x 0,4 m  
= 0,08 m<sup>2</sup>



### Perhitungan:

- Kecepatan

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,0004 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,08 \text{ m}} \\ &= 0,004 \text{ m}^2/\text{detik}\end{aligned}$$

- Slope

$$\begin{aligned}V &= \frac{1}{n} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times A \\ 0,004 \text{ m/detik} &= \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{0,2}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times 0,08 \text{ m}^2 \\ \text{Slope} &= 8,3 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

- Head loss (hf)

$$\begin{aligned}\text{Hf} &= \text{slope} \times L \\ &= 8,3 \times 10^{-4} \times 13,5 \text{ m} = 0,011 \text{ m}\end{aligned}$$

- Elevasi Muka Air

$$\begin{aligned}\text{Elevasi Tangki Aerasi} &= \text{Elevasi Muka Air BP1} - \text{Hf} \\ &= 1,00 \text{ m} - 0,011 \text{ m} = 0,988 \text{ m}\end{aligned}$$

Namun, elevasi tangki aerasi direncanakan menjadi +0,50 agar terdapat kedalaman freeboard yang cukup besar untuk mengantisipasi melubernya air ketika terjadi proses aerasi.

#### 5.3.4.4 Aeration Tank ke Clarifier

Kehilangan tekanan tangki aerasi menuju *clarifier* disebabkan adanya saluran effluent dari tangki aerasi menuju clarifier. Berikut merupakan perhitungan headloss saluran tangki aerasi menuju clarifier:

#### Diketahui:

- Q = 32 m<sup>3</sup>/hari = 0,0004 m<sup>3</sup>/detik
- Panjang saluran = 2,5 m
- Kedalaman saluran = 0,25 m
- n = 0.015

- A cross saluran = 0,2 m x 0,25 m  
= 0,05 m<sup>2</sup>

**Perhitungan:**

- Kecepatan

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0004 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,05 \text{ m}} = 0,007 \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Slope

$$V = \frac{1}{n} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times A$$

$$0,007 \text{ m/detik} = \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{0,2}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times 0,05 \text{ m}^2$$

$$\text{Slope} = 0,005$$

- Head loss (hf)

$$H_f = \text{slope} \times L = 0,005 \times 2,5 \text{ m} = 0,013 \text{ m}$$

- Elevasi Muka Air

$$\text{Elevasi Clarifier} = \text{Elevasi Tangki Aerasi} - H_f = 0,5 \text{ m} - 0,013 \text{ m} = 0,48 \text{ m}$$

**5.3.4.5 Clarifier ke Bak Indikator**

Kehilangan tekanan clarifier menuju ke bak indikator disebabkan adanya saluran effluent sekaligus weir dari clarifier menuju bak indikator. Berikut merupakan perhitungan headloss clarifier ke bak indikator:

**Diketahui:**

- Q = 32 m<sup>3</sup>/hari = 0,0004 m<sup>3</sup>/detik
- Panjang saluran = 1 m
- Kedalaman saluran = 0,2 m
- n = 0.015
- A cross saluran = 0,2 m x 0,45 m

$$= 0,09 \text{ m}^2$$

**Perhitungan:**

- Kecepatan

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,0004 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,09 \text{ m}} \\ &= 0,004 \text{ m}^2/\text{detik} \end{aligned}$$

- Slope

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times A \\ 0,004 \text{ m/detik} &= \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{0,2}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2} \times 0,08 \text{ m}^2 \\ \text{Slope} &= 0,0005 \end{aligned}$$

- Head loss (hf)

$$\begin{aligned} H_f &= \text{slope} \times L \\ &= 0,0005 \times 1 \text{ m} = 0,0005 \text{ m} \end{aligned}$$

- Elevasi Muka Air

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Bak Indikator} &= \text{Elevasi Muka Air Clarifier} - H_f \\ &= 0,48 \text{ m} - 0,0005 \text{ m} = 0,4795 \text{ m} \end{aligned}$$

Namun, elevasi muka air bak indikator direncanakan menjadi +0,15 dikarenakan mengikuti saluran effluent yang sudah ada pada tahap operasional.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB VI BOQ & RAB

### 6.1 Bill of Quantity (BOQ)

BOQ berperan dalam kebutuhan volume pekerjaan yang dilakukan dalam melakukan pekerjaan konstruksi. Nilai BOQ selanjutnya dikalikan dengan nilai HSPK pekerjaan untuk kemudian didapatkan hasil berupa Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan pekerjaan konstruksi.

Pekerjaan yang dilakukan pada perencanaan ini meliputi penggalian lumpur, pengangkutan lumpur, pembongkaran beton, pengurugan tanah dan pemadatan, pekerjaan pembeconan.

#### ***Penggalian lumpur :***

Sebelum memulai tahap konstruksi, dilakukan pembersihan terhadap lumpur yang ada pada unit IPAL eksisting

Vol lumpur pada bak ekualisasi	= 56,1 m <sup>3</sup>
Vol lumpur pada <i>Aeration Tank</i>	= 69,3 m <sup>3</sup>
Vol lumpur pada <i>Clarifier</i>	= 27,5 m <sup>3</sup>
Vol lumpur pada <i>Sludge Tank</i>	= 17,33 m <sup>3</sup>
Vol lumpur pada Baffle menuju Effluen	= 1,25 m <sup>3</sup>
Vol lumpur pada Bak Effluent	= 23,75 m <sup>3</sup>
Total volume lumpur	= 193,98 m <sup>3</sup>

#### ***Pembongkaran Beton:***

Dalam tahap konstruksi ulang bangunan IPAL, terdapat beberapa bagian dari unit eksisting yang memerlukan pembongkaran konstruksi beton.

Beton pada alas atau dudukan pompa	= 4,59 m <sup>3</sup>
Baffle	= 6,38 m <sup>3</sup>
Beton Pembatas <i>Scum Equalization</i>	= 0,85 m <sup>3</sup>
Total volume beton yang dibongkar	= 11,82 m <sup>3</sup>

#### ***Pengurugan:***

Pengurugan dilakukan pada beberapa unit menggunakan tanah urug dengan pemadatan.

Pengurugan pada unit ekualisasi	= 18,45 m <sup>3</sup>
Pengurugan pada unit SDB	= 138,6 m <sup>3</sup>
Pengurugan pada <i>Aeration Tank</i>	= 30,94 m <sup>3</sup>

Pengurangan pada unit bak pengendap 1 = 3,38 m<sup>3</sup>  
 Total volume pengurangan adalah = 191,36 m<sup>3</sup>

**Pekerjaan Pembetonan:**

Pekerjaan pembetonan di bagi menjadi 4 macam pekerjaan, yaitu lantai, kolom, balok, serta dinding beton.

- Vol lantai beton = 22,10 m<sup>3</sup>
- Vol balok beton = 0,55 m<sup>3</sup>
- Vol kolom beton = 0,16 m<sup>3</sup>
- Vol dinding beton = 16,95 m<sup>3</sup>

**6.2 Harga Satuan**

Harga satuan adalah rincian harga bahan dan upah pekerja yang digunakan sebagai acuan pembuatan rancangan anggaran biaya yang dibutuhkan. Daftar harga upah dapat dilihat pada tabel 6.1 sedangkan daftar harga bahan dapat dilihat pada tabel 6.2.

Tabel 6.1 Daftar Harga Upah

NO	TENAGA PEKERJA	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
1	Mandor	OH	158.000,00
2	Kepala Tukang Besi	OH	148.000,00
3	Kepala Tukang Batu	OH	148.000,00
4	Tukang Besi	OH	121.000,00
5	Tukang Batu	OH	121.000,00
6	Tukang Kayu	OH	121.000,00
7	Pembantu Tukang	OH	110.000,00

Tabel 6.2 Daftar Harga Bahan

NO	JENIS BAHAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
1	Tanah Urug	m3	121.500,00
2	Semen PC 40 Kg	Zak	60.700,00
3	Pasir Cor	m3	243.000,00
4	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	m3	487.900,00
5	Besi Beton Polos	Kg	12.500,00
6	Paku Usuk	Kg	19.800,00
7	Plywood Uk.122 x 244 x 9	Lembar	121.400,00

NO	JENIS BAHAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
	mm		
8	Kawat Beton	Kg	25.500,00
9	Kayu Meranti Usuk 4/6 , 5/7	m3	3.350.400,00
10	Kayu Meranti Bekisting	m3	4.711.500,00
11	Minyak Bekisting	Liter	29.600,00
12	Air Kerja	Liter	28,00

### 6.3 Rincian Pekerjaan

Pekerjaan yang dilakukan pada perencanaan ini meliputi penggalian lumpur, pengangkutan lumpur, pembongkaran beton, pengurugan tanah dan pemadatan, pekerjaan pembeconan. Rincian pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 6.3 – 6.11.

Tabel 6.3 Pekerjaan Penggalian Lumpur

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	<b>Upah</b>				
1	Mandor	Orang hari	0,045	158.000	7.110,00
2	Pembantu Tukang	Orang hari	1,2	110.000	132.000,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>139.110,00</b>

Tabel 6.4 Pekerjaan Pengangkutan Lumpur dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	<b>Upah</b>				
1	Mandor	Orang hari	0,0125	158.000	1.975,00
2	Pembantu Tukang	Orang hari	0,25	110.000	27.500,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>29.475,00</b>

Tabel 6.5 Pekerjaan Pembongkaran Beton

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	<b>Upah</b>				
1	Mandor	Orang hari	0,4	158.000	63.200,00
2	Pembantu Tukang	Orang hari	4	110.000	440.000,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>503.200,00</b>

Tabel 6.6 Pekerjaan Pengurangan Tanah dengan Pemadatan

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Mandor	Orang hari	0,01	158.000	1.580,00
2	Pembantu Tukang	Orang hari	0,3	110.000	33.000,00
<b>Jumlah</b>					34.580,00
<b>B. Bahan / Material</b>					
1	Tanah Urug	m3	1,2	121.500	145.800,00
<b>Sewa Peralatan</b>					
1	Sewa Alat Bantu 1 set @ 3 alat	m3	8	1.100	8.800,00
<b>Jumlah</b>					154.600,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>189.180,00</b>

Tabel 6.7 Pekerjaan Plat Lantai Beton

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Pekerjaan Beton K-225	m3	1	1.175.913	1.175.912,83
2	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (polos/ulir)	kg	100	15.291	1.529.130,00
3	Pekerjaan Bekisting Lantai	m2	1,2	383.647	460.375,80
<b>Nilai HSPK</b>					<b>3.165.418,63</b>

Tabel 6.8 Pekerjaan Beton K-200

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Mandor	Orang hari	0,083	158.000	13.114,00
2	Kepala Tukang Batu	Orang hari	0,028	148.000	4.144,00
4	Tukang Batu	Orang hari	0,275	121.000	33.275,00
6	Pembantu Tukang	Orang hari	1,65	110.000	181.500,00
<b>Jumlah</b>					232.033,00
<b>B. Bahan / Material</b>					
1	Semen PC 40 Kg	Zak	8,8	60.700	534.160,00
2	Pasir Cor	m3	0,456875	243.000	111.020,63
3	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	m3	0,542632	487.900	264.749,96
4	Air Kerja	Liter	215	28	6.020,00
<b>Jumlah</b>					915.950,58
<b>Nilai HSPK</b>					<b>1.147.983,58</b>



Tabel 6.9 Pekerjaan Balok Beton Bertulang (200Kg besi + Bekisting)

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Mandor	Orang hari	0,318	158.000	50.244,00
2	Kepala Tukang Besi	Orang hari	0,333	148.000	49.284,00
3	Tukang Besi	Orang hari	1,4	121.000	169.400,00
4	Tukang Batu	Orang hari	0,275	121.000	33.275,00
5	Tukang Kayu	Orang hari	1,65	121.000	199.650,00
6	Pembantu Tukang	Orang hari	6,35	110.000	698.500,00
<b>Jumlah</b>					1.200.353,00
<b>B. Bahan / Material</b>					
1	Semen PC 40 Kg	Zak	8,4	60.700	509.880,00
2	Pasir Cor	m3	0,54	243.000	131.220,00
3	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	m3	0,81	487.900	395.199,00
4	Besi Beton Polos	Kg	210	12.500	2.625.000,00
5	Paku Usuk	Kg	3,2	19.800	63.360,00
6	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	Lembar	2,8	121.400	339.920,00
7	Kawat Beton	Kg	3	25.500	76.500,00
8	Kayu Meranti Usuk 4/6 , 5/7	m3	0,32	3.350.400	1.072.128,00
9	Kayu Meranti Bekisting	m3	0,14	4.711.500	659.610,00
10	Minyak Bekisting	Liter	1,6	29.600	47.360,00
<b>Jumlah</b>					5.920.177,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>7.120.530,00</b>

Tabel 6.10 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (150Kg besi + Bekisting)

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Mandor	Orang hari	0,265	158.000	41.870,00
2	Kepala Tukang Besi	Orang hari	0,265	148.000	39.220,00
3	Tukang Besi	Orang hari	1,05	121.000	127.050,00
4	Tukang Batu	Orang hari	0,275	121.000	33.275,00
5	Tukang Kayu	Orang hari	1,3	121.000	157.300,00
6	Pembantu Tukang	Orang hari	5,3	110.000	583.000,00
<b>Jumlah</b>					981.715,00
<b>B. Bahan / Material</b>					
1	Semen PC 40 Kg	Zak	8,4	60.700	509.880,00
2	Pasir Cor	m3	0,54	243.000	131.220,00
3	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	m3	0,81	487.900	395.199,00
4	Besi Beton Polos	Kg	157,5	12.500	1.968.750,00
5	Paku Usuk	Kg	3,2	19.800	63.360,00
6	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	Lembar	2,8	121.400	339.920,00
7	Kawat Beton	Kg	2,25	25.500	57.375,00
8	Kayu Meranti Usuk 4/6 , 5/7	m3	0,12	4.711.500	565.380,00
9	Kayu Meranti Bekisting	m3	0,32	3.350.400	1.072.128,00
10	Minyak Bekisting	Liter	1,6	29.600	47.360,00
<b>Jumlah</b>					5.150.572,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>6.132.287,00</b>

Tabel 6.11 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (200Kg besi + Bekisting)

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Mandor	Orang hari	0,283	158.000	44.714,00
2	Kepala Tukang Besi	Orang hari	0,323	148.000	47.804,00
3	Tukang Besi	Orang hari	1,4	121.000	169.400,00
4	Tukang Batu	Orang hari	0,275	121.000	33.275,00
5	Tukang Kayu	Orang hari	1,56	121.000	188.760,00
6	Pembantu Tukang	Orang hari	5,65	110.000	621.500,00
<b>Jumlah</b>					1.105.453,00
<b>B. Bahan / Material</b>					
1	Semen PC 40 Kg	Zak	8,4	60.700	509.880,00
2	Pasir Cor	m3	0,54	243.000	131.220,00
3	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	m3	0,81	487.900	395.199,00
4	Besi Beton Polos	Kg	210	12.500	2.625.000,00
5	Paku Usuk	Kg	3	19.800	59.400,00
6	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	Lembar	2,5	121.400	303.500,00
7	Kawat Beton	Kg	3	25.500	76.500,00
8	Kayu Meranti Usuk 4/6 , 5/7	m3	0,105	4.711.500	494.707,50
9	Kayu Meranti Bekisting	m3	0,25	3.350.400	837.600,00
10	Minyak Bekisting	Liter	1,2	29.600	35.520,00
<b>Jumlah</b>					5.468.526,50
<b>Nilai HSPK</b>					<b>6.573.979,50</b>

Tabel 6.12 Pekerjaan Lapangan "Ringan" dan Perataan

NO	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A. Upah</b>					
1	Mandor	Orang hari	0,025	158.000	3.950,00
2	Pembantu Tukang	Orang hari	0,05	110.000	5.500,00
<b>Nilai HSPK</b>					<b>9.450,00</b>

#### 6.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan maka dapat dihitung kebutuhan biaya dengan mengalikan Volume pekerjaan dengan nilai HSPK. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.13.

Tabel 6.13 Rancangan Anggaran Biaya

NO	Tahapan Pekerjaan	Kebutuhan	Satuan	Nilai HSPK	Total Biaya
I	Penggalian Tanah Lumpur	193,98	m3	Rp 139.110,00	Rp 26.983.862,25
II	Pengangkutan Lumpur dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m	193,98	m3	Rp 29.475,00	Rp 5.717.413,13
III	Pembongkaran Beton	11,82	m3	Rp 503.200,00	Rp 5.945.308,00
IV	Pengurugan Tanah dan Pemasatan	191,36	m3	Rp 189.180,00	Rp 36.201.011,85
V	Pekerjaan Plat Lantai Beton	22,10	m3	Rp 3.165.418,63	Rp 69.939.924,63
VI	Pekerjaan Beton K-200	7,54	m3	Rp 1.147.983,58	Rp 8.656.944,20
VII	Pekerjaan Balok Beton Bertulang (200Kg besi + Bekisting)	0,55	m3	Rp 7.120.530,00	Rp 3.916.291,50
VIII	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (150Kg besi + Bekisting)	0,16	m3	Rp 6.132.287,00	Rp 958.169,84
IX	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (200Kg besi + Bekisting)	16,95	m3	Rp 6.573.979,50	Rp 111.428.952,53
X	Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	119,84	m2	Rp 9.450,00	Rp 1.132.488,00
<b>JUMLAH TOTAL</b>					<b>Rp 270.880.365,92</b>
<b>PPN (10 %)</b>					<b>Rp 27.088.036,59</b>
<b>JUMLAH TOTAL + PPN (10%)</b>					<b>Rp 297.968.402,51</b>
<b>PEMBULATAN</b>					<b>Rp 297.960.000</b>

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB VII PENUTUP**

### **7.1 Kesimpulan dari perencanaan ini adalah:**

1. IPAL Singgasana Hotel Surabaya memiliki masalah utama terkait operasional instalasi yang tidak sesuai dengan perencanaan awal dan tidak sesuai dengan perencanaan awal terhadap kriteria desain.
2. Untuk meningkatkan efisiensi kinerja IPAL Singgasana Hotel Surabaya maka perlu dilakukan perencanaan ulang yang meliputi modifikasi Bak Ekualisasi dengan penambahan Bak Pengendap 1, perubahan dimensi Tangki Aerasi, perubahan dimensi Clarifier, dan penambahan unit Sludge Drying Bed.
3. Biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan ulang IPAL Singgasana Hotel Surabaya adalah Rp. 297.960.000,-

### **7.2 Saran**

Saran untuk pengelola Singgasana Hotel Surabaya apabila ingin merealisasikan hasil evaluasi hendaknya melakukan perhitungan terhadap struktur terlebih dahulu, saran untuk pihak yang ingin menggunakan hasil evaluasi ini diharapkan untuk melakukan kajian lebih lanjut ke lapangan agar terdapat penyesuaian data, dan saran untuk penulisan hendaknya menggunakan kajian literatur lebih luas lagi.

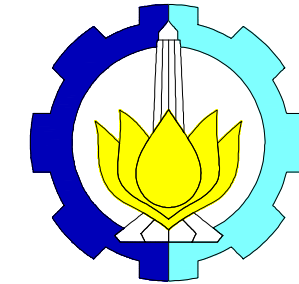
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, E.S. 2014. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya. Tugas Akhir.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Pemerintah Propinsi Jawa Timur.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 1990. SK Menteri No 80/MENKES/PER/II/1990 tentang persyaratan kapasitas air bersih untuk hotel.
- Mara, D., 1975. *Sewage Treatment in Hot Climate*. John wiley & sons, Inc. USA.
- Tchobanoglous, George, Stensel, H.David, Tsuchihashi, Ryujiro, Burton, Franklin. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition*. Singapore : Metcalf & Eddy Mc Graw Hill Company.
- Tchobanoglous, George, Stensel, H.David, Tsuchihashi, Ryujiro, Burton, Franklin. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery 5<sup>th</sup> Edition*. Singapore : Metcalf & Eddy Mc Graw Hill Company
- Mulia, Ricky. M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Edisi Pertama, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Qasim, S.R. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation*, Second Edition. CRC Press, New York.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Sciences 5<sup>th</sup> edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Samudro, Ganjar, Mangkoediharjo, S. 2010. Review on BOD, COD, and BOD/COD Ratio : A Triangle Zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels. *International Journal of Academic Research*. Vol. 2 No.4: 235-239
- Setiarini, W.D., Mangkoediharjo, S. 2013. Penurunan BOD dan COD pada Air Limbah Katering menggunakan Konstruksi Subsurface-Flow Wetland dan Biofilter dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. Vol. 2 No.1: 2337-3520.

- Trihardiningrum, Y., 2000. *Mikrobiologi*. Teknik lingkungan FTSP ITS .
- Winkler, M.A. 1981. *Biological Treatment of Waste-water*. USA: Ellis Horwood Ltd.
- Wardhana, W.A., 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR  
 LIMBAH SINGGASANA HOTEL SURABAYA

**DOSEN PEMBIMBING**

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

**NAMA MAHASISWA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
 3312100062

**JUDUL GAMBAR**

Denah IPAL

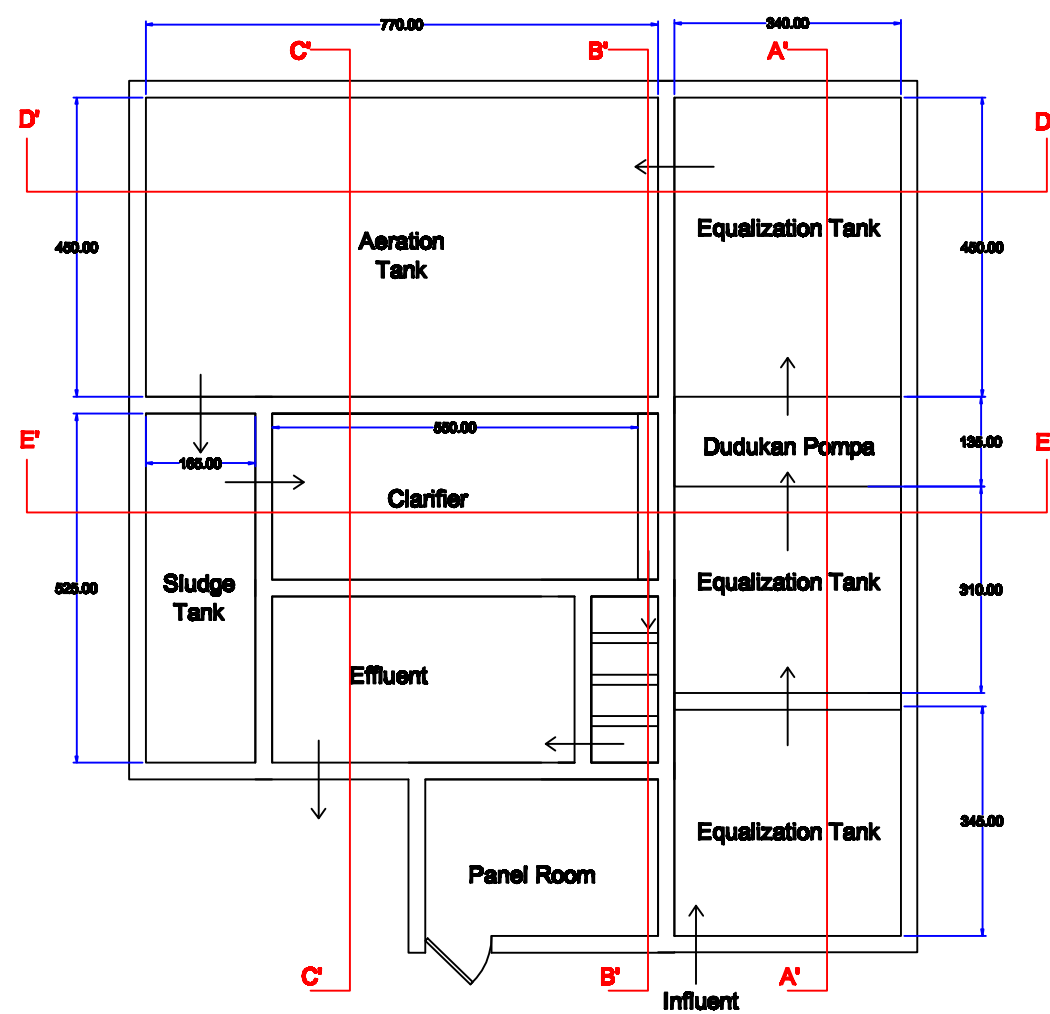
**KETERANGAN**

 **BETON**

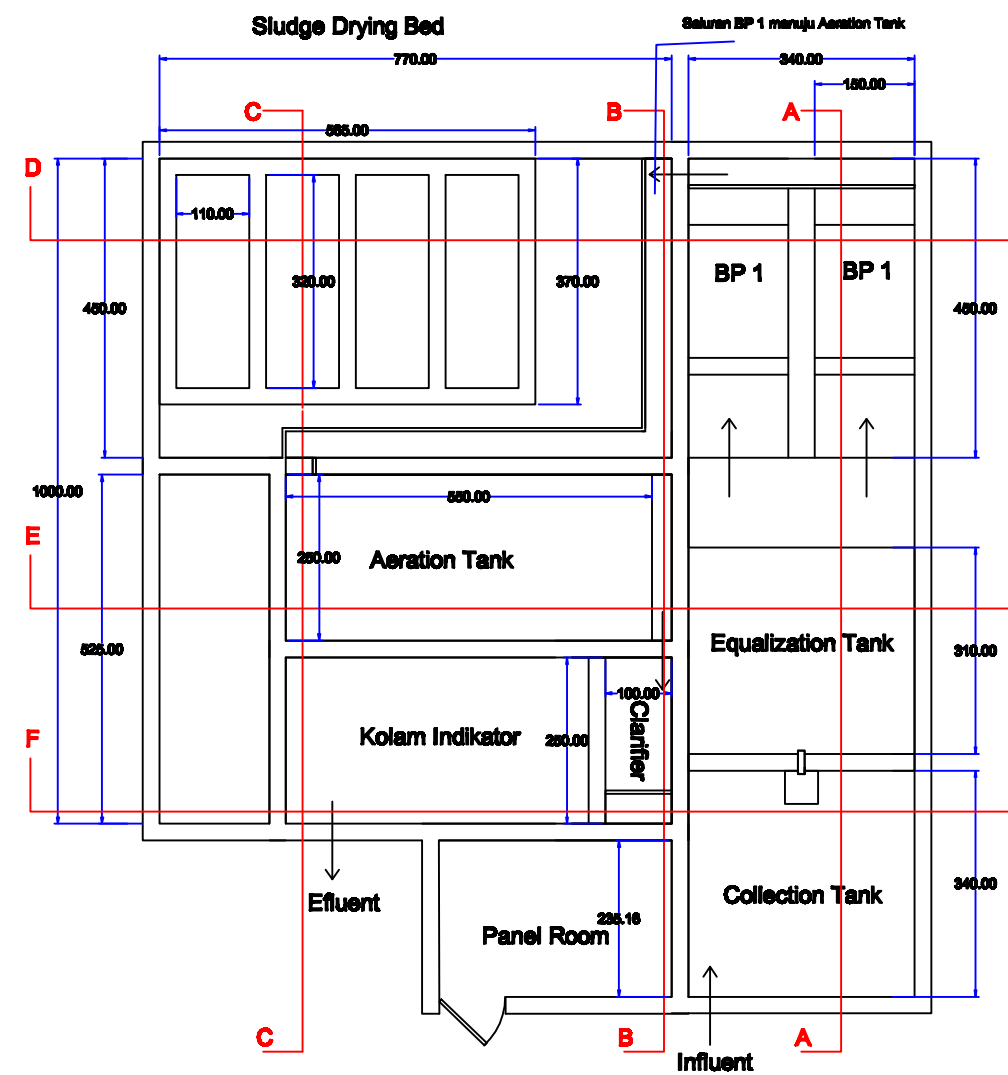
**Lampiran 1**

**SKALA**

1:100



**DENAH IPAL  
 TAHAP OPERASIONAL**



**DENAH IPAL  
 PERENCANAAN ULANG**



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

EVALUASI  
 INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
 SINGGASANA HOTEL SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HUTOMO DWI PRABOWO  
 3312100062

### JUDUL GAMBAR

POTONGAN A'-A' dan POTONGAN B'-B'

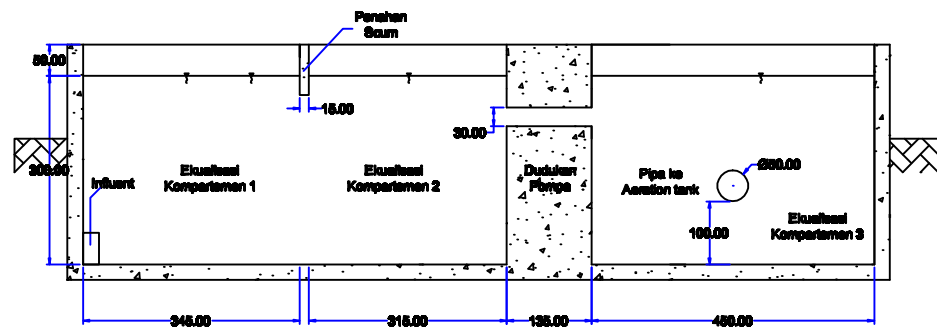
### KETERANGAN

	: BETON		: KERIKIL
	: TANAH URUG		: PASIR
	: MUKA AIR		: LUMPUR

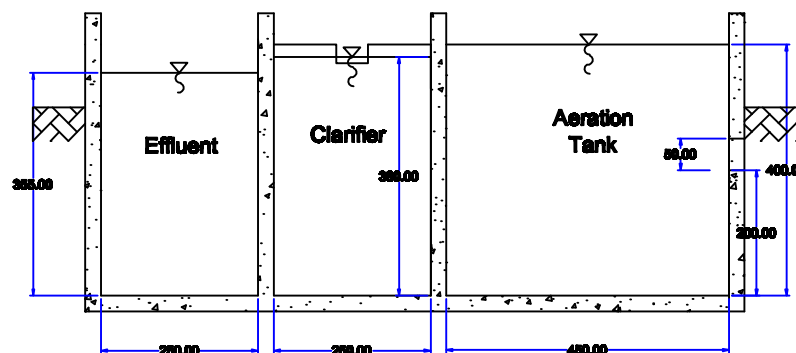
**Gambar 2**

**SKALA**

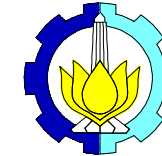
1:100



Potongan A' - A'



Potongan B' - B'



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

EVALUASI  
 INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
 SINGGASANA HOTEL SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HUTOMO DWI PRABOWO  
 3312100062

### JUDUL GAMBAR

POTONGAN C'-C' DAN POTONGAN D'-D'

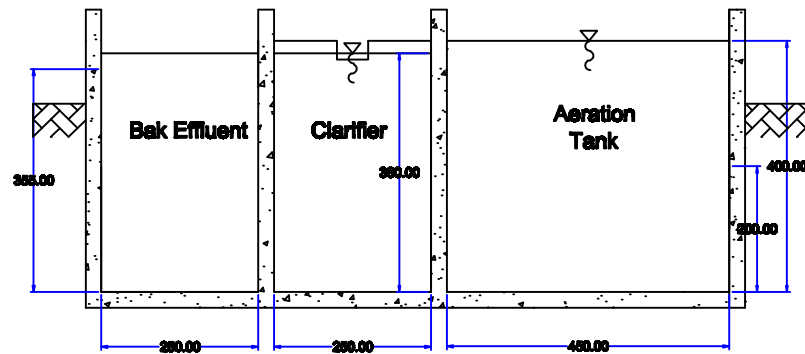
### KETERANGAN

	: BETON		: KERIKIL
	: TANAH URUG		: PASIR
	: MUKA AIR		: LUMPUR

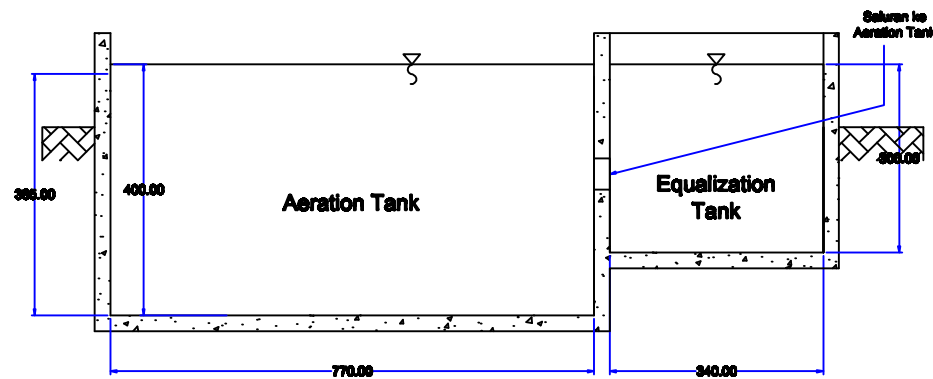
**Gambar 3**

**SKALA**

1:100



Potongan C' - C'



Potongan D' - D'



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

EVALUASI  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
SINGGASANA HOTEL SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HUTOMO DWI PRABOWO  
3312100062

### JUDUL GAMBAR

POTONGAN E'-E'

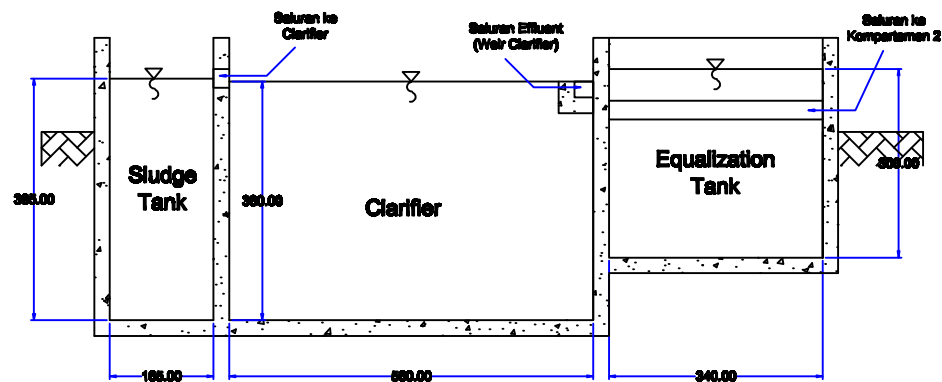
### KETERANGAN

	: BETON		: KERIKIL
	: TANAH URUG		: PASIR
	: MUKA AIR		: LUMPUR

**Gambar 4**

**SKALA**

1:100



Potongan E' - E'



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI  
 INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
 SINGGASANA HOTEL SURABAYA

**DOSEN PEMBIMBING**

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

**NAMA MAHASISWA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
 3312100062

**JUDUL GAMBAR**

POTONGAN A-A dan POTONGAN B-B

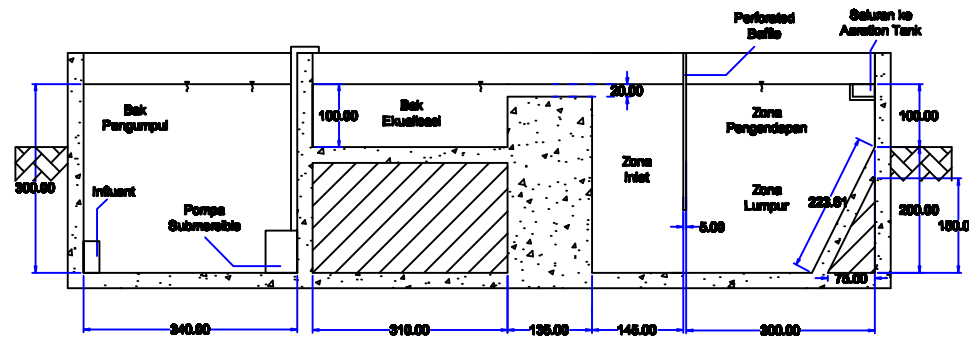
**KETERANGAN**

- |              |           |
|--------------|-----------|
| : BETON      | : KERIKIL |
| : TANAH URUG | : PASIR   |
| : MUKA AIR   | : LUMPUR  |

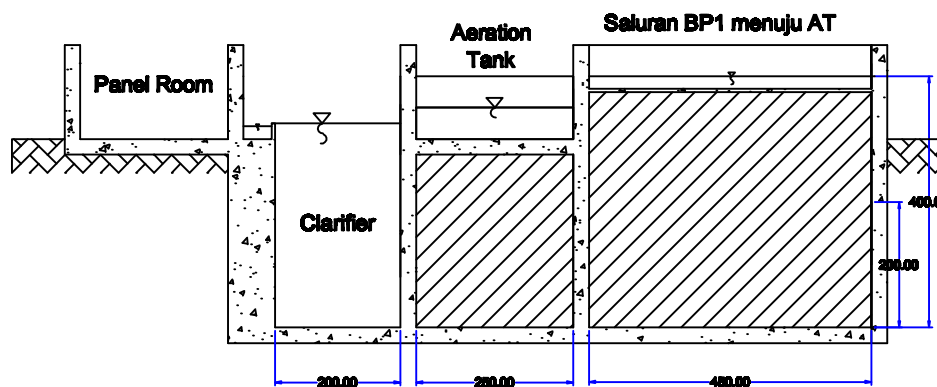
**Gambar 5**

**SKALA**

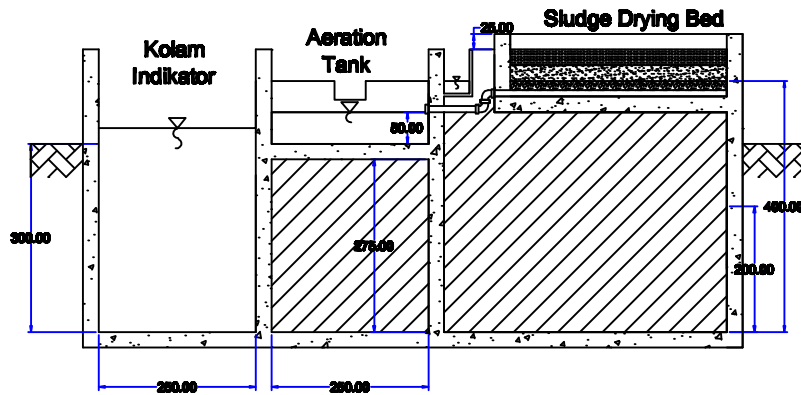
1: 100



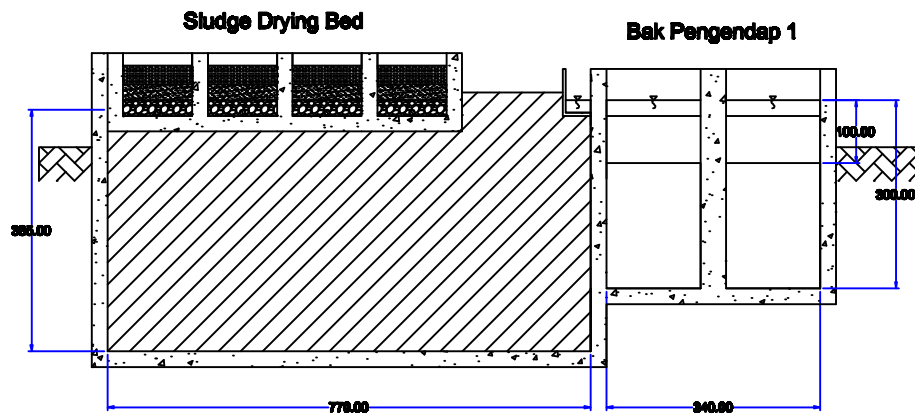
Potongan A - A



Potongan B - B



Potongan C - C



Potongan D - D



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
SINGGASANA HOTEL SURABAYA

**DOSEN PEMBIMBING**

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

**NAMA MAHASISWA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
3312100062

**JUDUL GAMBAR**

POTONGAN C-C dan POTONGAN D-D

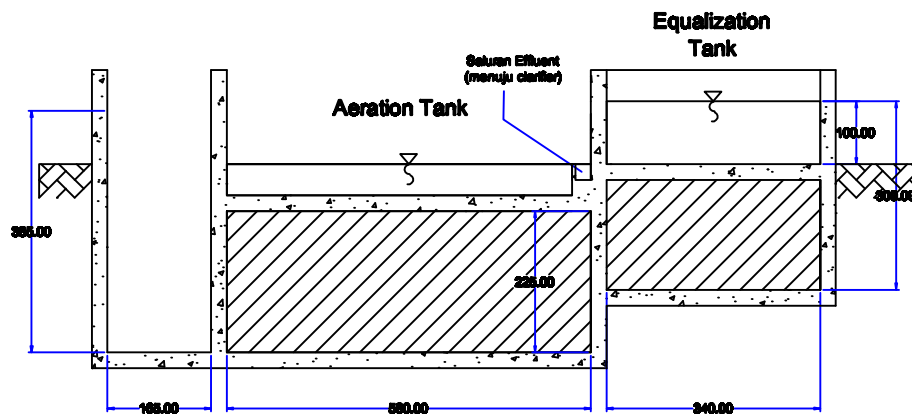
**KETERANGAN**

- |              |           |
|--------------|-----------|
| : BETON      | : KERIKIL |
| : TANAH URUG | : PASIR   |
| : MUKA AIR   | : LUMPUR  |

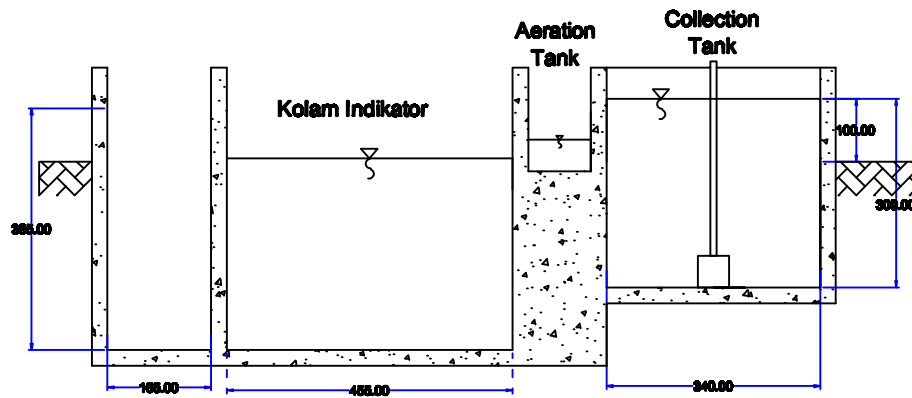
**Gambar 6**

**SKALA**

1: 100



Potongan E - E



Potongan F - F



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
SINGGASANA HOTEL SURABAYA

**DOSEN PEMBIMBING**

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

**NAMA MAHASISWA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
3312100062

**JUDUL GAMBAR**

POTONGAN E-E dan POTONGAN F-F

**KETERANGAN**

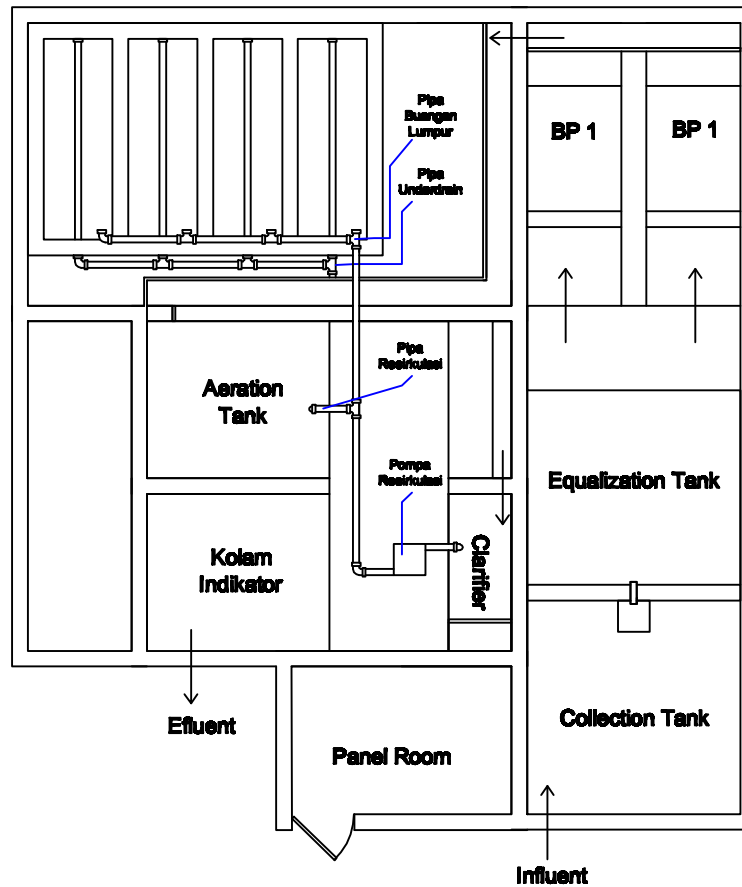
- |              |           |
|--------------|-----------|
| : BETON      | : KERIKIL |
| : TANAH URUG | : PASIR   |
| : MUKA AIR   | : LUMPUR  |

**Gambar 7**

**SKALA**

1: 100

**Sludge Drying Bed**



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**TUGAS AKHIR**

EVALUASI  
 INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
 SINGGASANA HOTEL SURABAYA

**DOSEN PEMBIMBING**

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

**NAMA MAHASISWA**

HUTOMO DWI PRABOWO  
 3312100062

**JUDUL GAMBAR**

Jaringan Pipa Lumpur

**KETERANGAN**

- |              |           |
|--------------|-----------|
| : BETON      | : KERIKIL |
| : TANAH URUG | : PASIR   |
| : MUKA AIR   | : LUMPUR  |

**Gambar 8**

**SKALA**

1:100





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

EVALUASI  
 INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
 SINGGASANA HOTEL SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HUTOMO DWI PRABOWO  
 3312100062

### JUDUL GAMBAR

Profil Hidroliks

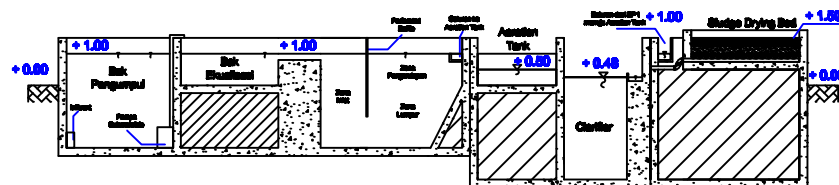
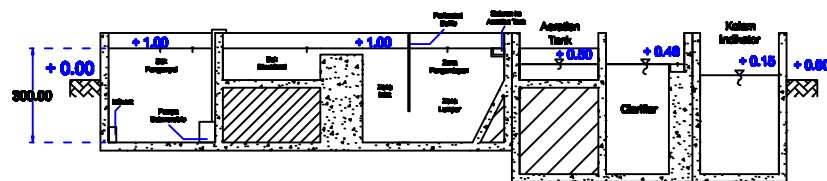
### KETERANGAN

 : BETON	 : KERIKIL
 : TANAH URUG	 : PASIR
 : MUKA AIR	 : LUMPUR

**Gambar 9**

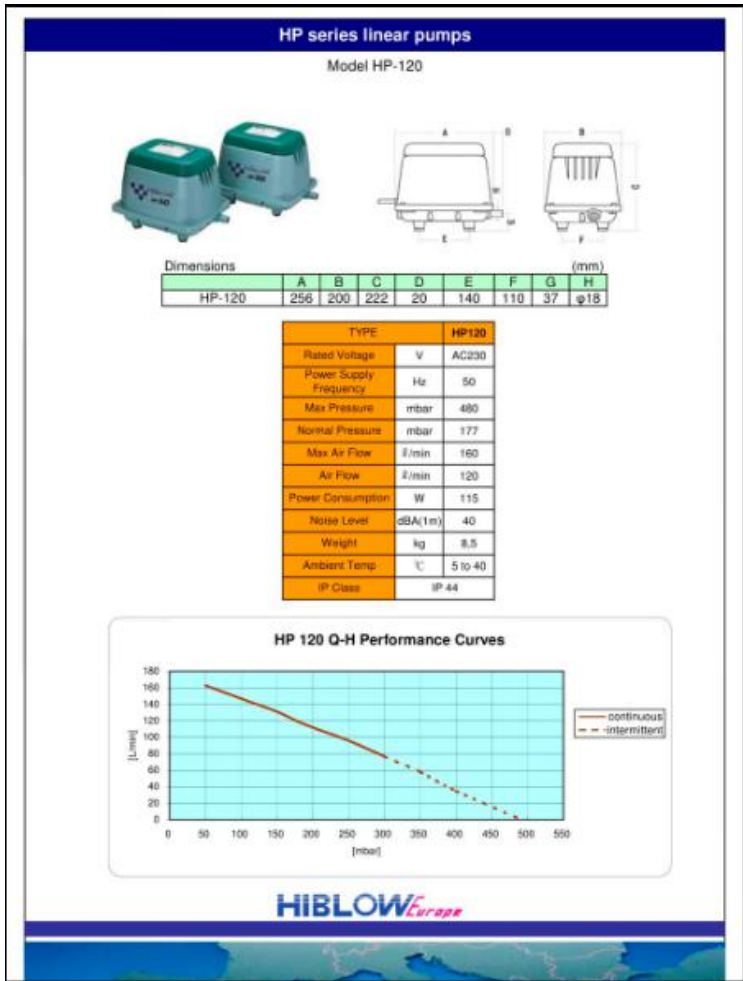
**SKALA**

1:200



## Lampiran 1

### Brosur Pompa dan Blower

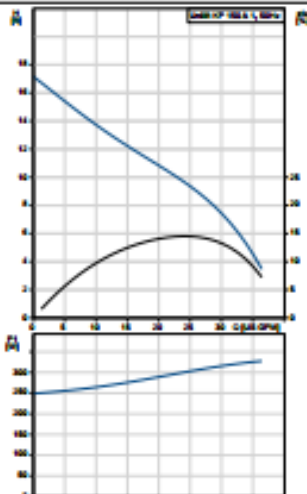


### Brosur Blower Hiblow HP 120

**“Halaman Sengaja Dikosongkan”**

Position	Qty.	Description
	1	<p> <b>Unilift KP 150 A 1</b>                      Product No.: 011K4700                      Submersible drainage pump                 </p> <p>                     Vertical single-stage stainless steel submersible pump with vertical discharge port and integrated submersible 4-phase canned motor in insulation class F with thermal overload protection.                 </p> <p>                     The pump is fitted with suction strainer and a carrying handle and is supplied with a 16.41 ft mains cable and float switch for automatic start and stop.                 </p> <p>                     The impeller is a semi-open impeller for 10 mm free passage suitable for pumping groundwater, surface water, rain water and similar liquids.                 </p> <p>                     The pump has a double shaft seal consisting of two lip seals with grease in-between.                 </p> <p>                     The pump has an outer casing ensuring continuous cooling of the motor by the pumped liquid. The rotor shaft operates in two maintenance-free carbon bearings cooled by the pumped liquid.                 </p> <p>                     The motor is filled with a non-toxic motor liquid.                 </p> <p> <b>Liquid:</b>                      Pumped liquid: Any Newtonian liquid                      Liquid temperature range: 32 - 122 °F                      Density: 62.29 lb/ft<sup>3</sup> </p> <p> <b>Technical:</b>                      Maximum particle size: 3/8 in                 </p> <p> <b>Materials:</b>                      Pump housing: Stainless steel                      DIN W.-No. 1.4301                      AISI 304                      Impeller: Stainless steel                      DIN W.-No. 1.4301                      AISI 304                 </p> <p> <b>Installation:</b>                      Pump outlet: Rp 1 1/4                      Maximum installation depth: 6.562 ft                 </p> <p> <b>Electrical data:</b>                      Power input - P<sub>1</sub>: 300 W                      C run: 8 µF                      Mains frequency: 50 Hz                      Rated voltage: 1 x 230-240 V                      Rated current: 1.3 A                      Capacitor size - run: 8 µF/400 V                      Enclosure class (IEC 34-5): IP68                      Insulation class (IEC 85): F                      Length of cable: 16.41 ft                 </p>

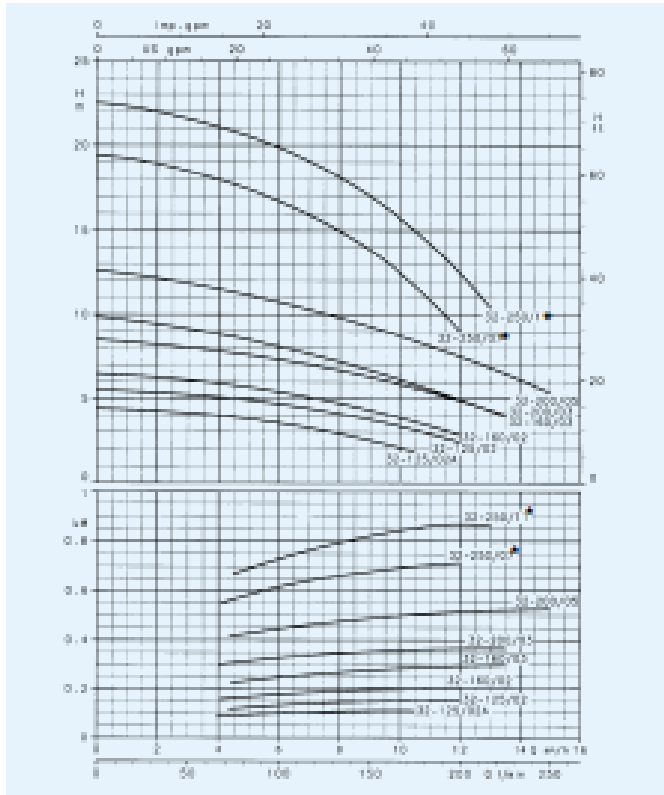
Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	Unilift KP 150 A 1
Product No.:	011K4790
EAN number:	570091347943
Price:	On request
<b>Technical:</b>	
Max flow:	37.4 US GPM
Head max:	18.25 ft
Maximum particle size:	3/8 in
Model:	A
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Stainless steel DIN EN-10201, 1.4301 AISI 304
Impeller:	Stainless steel DIN EN-10201, 1.4301 AISI 304
<b>Installation:</b>	
Pump outlet:	Rp 1 1/2"
Maximum installation depth:	4.502 ft
<b>Liquid:</b>	
Pumped liquid:	Any Newtonian liquid
Liquid temperature range:	30 - 122 °F
Density:	62.29 lb/ft <sup>3</sup>
<b>Electrical data:</b>	
Power input - P <sub>in</sub> :	300 W
C <sub>in</sub> :	8 µF
Main frequency:	50 Hz
Rated voltage:	1 x 230-240 V
Rated current:	1.3 A
Capacitor size - µF:	8 µF480 V
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Motor protect:	CONTACT
Thermal protect:	internal
Length of cable:	16.41 ft
Type of cable plug:	HS
<b>Controls:</b>	
Level switch:	float switch
<b>Others:</b>	
Net weight:	14.3 lb
Gross weight:	15.4 lb
Shipping volume:	0.41 ft <sup>3</sup>







**FH4 32 SERIES**  
**OPERATING CHARACTERISTICS at 1450 rpm 50 Hz, 4 POLES**



FH

Performance graph

Always verify with the supplier the availability of the product and the technical specifications of the product.



Grafik Pompa Lowara FH4 32 Series



## **BIOGRAFI PENULIS**

Hutomo Dwi Prabowo dilahirkan di Surabaya pada tanggal 19 Oktober 1993 sebagai anak kedua dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kebraon 2 Surabaya pada tahun 2000-2006, SMPN 16 Surabaya pada tahun 2006-2009, SMAN 13 Surabaya pada tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3312100062.

Selama perkuliahan penulis aktif berorganisasi sebagai staff Departemen PSDM HMTL 13/14 dan sebagai ketua Dewan Perwakilan Mahasiswa FTSP ITS 14/15. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan baik diluar maupun di dalam lingkup jurusan. Penulis mendapatkan kesempatan untuk melakukan kerja praktik di PT. Astra Honda Motor mengenai produksi bersih pada tahun 2015 dan juga pada tahun 2016 di Singgasana Hotel Surabaya mengenai studi pengolahan air limbah. Penulis dapat dihubungi via email [hutomodprabowo@gmail.com](mailto:hutomodprabowo@gmail.com) atau Line @kockota19.