



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA**

**DEFA MEIFRIZA**  
3313100107

Dosen Pembimbing:  
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA**

**DEFA MEIFRIZA**  
3313100107

Dosen Pembimbing:  
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**ALTERNATIVE DESIGN OF WASTEWATER  
CHANNELING AND WASTEWATER TREATMENT  
FOR BUMI MARINA EMAS RESIDENCE AT  
SURABAYA**

**DEFA MEIFRIZA  
3313100107**

**Supervisor:  
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.**

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



## LEMBAR PENGESAHAN

### ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DEFA MEIFRIZA**  
NRP 3313 100 107

Disetujui oleh pembimbing tugas akhir



**Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.**  
NIP 19530502 198103 004

Surabaya, Juli 2017



## **ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA**

Nama : Defa Meifriza  
NRP : 3313100107  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

### **ABSTRAK**

Perumahan Bumi Marina Emas merupakan salah satu perumahan yang berada di Surabaya, tepatnya di daerah Surabaya Timur. Banyaknya mahasiswa yang memilih untuk bermukim di perumahan tersebut, menyebabkan peningkatan produksi air limbah rumah tangga dari perumahan ini menjadi tinggi. Air limbah yang tidak diolah ini dapat menimbulkan pencemaran badan air di sekitar perumahan tersebut, sehingga perlu ada pengolahan lebih lanjut dari air limbah yang dihasilkan. Perancangan sistem pengolahan air limbah domestik ini terdiri dari dua alternatif, yaitu *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*.

Langkah-langkah dalam perancangan adalah mengumpulkan data primer dan sekunder, menghitung perencanaan sistem penyaluran air limbah, menggambar *Detailed Engineering Design* (DED), dan menghitung volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya (RAB)

Kesimpulan dari perencanaan ini adalah unit pengolahan akan mengolah air limbah *greywater* dan sisa pengolahan *blackwater* dari tangki septik tiap perumahan. Sistem penyaluran air limbah membutuhkan diameter pipa sebesar 100 mm. Dimensi dari masing-masing unit adalah bak ekualisasi (5,4 m x 5,4 m x 4,7 m), bak pengendap (5,2 m x 3,9 m x 2,3 m), *Anaerobic Baffled Reactor* (3,9 m x 1,2 m x 2,3 m) sebanyak 12 kompartemen, *Anaerobic Filter* (3,9 m x 1,2 m x 2,3 m) sebanyak 9 kompartemen dengan 3 paralel. Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan SPAL sebesar Rp 1.111.197.860 ; Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan *Anaerobic Baffled Reactor* sebesar Rp 521.960.681 ; Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan *Anaerobic Filter*



sebesar Rp 742.552.649. Penggunaan *Anaerobic Baffled Reactor* pada perumahan Bumi Marina Emas lebih sesuai bila dibandingkan dengan *Anaerobic Filter* karena memiliki keunggulan dari segi luas lahan, biaya konstruksi, serta biaya operasional dan maintenance.

**Kata kunci : SPAL, greywater, blackwater, anaerobic baffled reactor, anaerobic filter**

# **ALTERNATIVE DESIGN OF WASTEWATER CHANNELING AND WASTERWATER TREATMENT FOR BUMI MARINA EMAS RESIDENCE AT SURABAYA**

Name : Defa Meifriza  
NRP : 3313100107  
Department : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

## **ABSTRACT**

Bumi Marina Emas Residence is one from many residence at Surabaya, Located at East Surabaya. There are a lot of college students living there makes the production of domestic wastewater in that residence are rising. This domestic wastewater should be treated properly so it doesn't contaminate the river over there. Therefore, we should make the wastewater treatment to treat the wastewater that came from Bumi Marina Emas Residence. The design for this planning consist of two alternative, which is Anaerobic Baffled Reactor and Anaerobic Filter.

The steps for this designs are collecting primary and secondary data, calculating the wastewater channeling, calculating the engineering design, drawing the detailed engineering design (DED), and calculating the bill of quantity (BOQ) and budget for this planning.

The conclusion of this design is that this planning will treat greywater and blackwater. the diameter pipe for this wastewater channeling is 100 mm. The dimension for each units are : the equalization tank (5,4 m x 5,4 m x 4,7 m), the settling tank (5,2 m x 3,9 m x 2,3 m), the Anaerobic Baffled Reactor (3,9 m x 1,2 m x 2,3 m) with 12 compartment, the Anaerobic Filter (3,9 m x 1,2 m x 2,3 m) with 9 compartment and 3 parallel. The budget required for constructions are: for wastewater channeling (Rp 1.111.197.860) , for Anaerobic Baffled Reactor (Rp 521.960.681), And for Anaerobic Filter (Rp 742.552.649). Based on calculation, the usage of Anaerobic Baffled Reactor for Bumi Marina Emas Residence is more compatible than Anaerobic Filter from the area of construction, the budget, and the operational and maintenance budget aspect.

**Keywords: Wastewater channeling, greywater, blackwater, anaerobic baffled reactor, anaerobic filter.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran tuhan YME yang telah melimpahkan Rahmat-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik

Penulis Tugas Akhir ini mengambil judul “Perbandingan Desain IPAL Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter untuk Perumahan Bumi Marina Emas di Surabaya”. Dalam penulisan ini, penulis sampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Mohammad Razif, MM. Selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penyusunan laporan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas.
2. Dr. Ir. Agus Slamet, M.SC., Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D., Ipung Fitri Purwanti, St., MT., Ph.D., Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Sarwono Mangkoedihardjo, M.Sc.Es selaku dosen pengarah yang telah membantu mengarahkan penyusunan laporan tugas akhir ini agar menjadi lebih baik.
3. Teman-teman Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan atas kebersamaan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
4. Sahabat-sahabat yang selalu mendukung: teman teman seangkatan 2013 dan angkatan lainnya.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, yang telah memberikan banyak dukungan, dan juga telah membantu saya dari kecil, sampai saat ini. Pada penulisan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal dan sebaik mungkin, namun tentunya masih terdapat kesalahan yang luput, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis. Terima kasih.

Surabaya, 27 Juli 2017

Penulis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Gambaran Umum Perumahan Bumi Marina Emas .....	5
2.2 Air Limbah Domestik .....	6
2.2.1 Kualitas dan kuantitas air limbah .....	7
2.2.2 Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah .....	8
2.2.3 Debit Air Limbah .....	9
2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah .....	10
2.4 <i>Small Bore Sewer</i> .....	11
2.5 Perencanaan Ruang Instalasi Pengolahan Air Limbah .....	12
2.5.1 Perencanaan Kapasitas IPAL .....	13
2.5.2 Perencanaan Lokasi IPAL .....	13
2.4.3 Kebutuhan Lahan .....	14
2.6 Bak Ekualisasi .....	15
2.7 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	18
2.7 <i>Anaerobic Filter</i> .....	27
BAB 3 METODE PERENCANAAN .....	37
3.1 Tahap Perencanaan .....	37
3.2 Kerangka Perencanaan .....	39
3.2.1 Judul Tugas Akhir .....	40
3.2.2 Tinjauan Pustaka .....	40
3.2.3 Pengumpulan Data .....	40
3.2.4 Pengolahan Data .....	41
3.2.5 Hasil dan Pembahasan .....	42
3.2.6 Pembuatan Laporan .....	43
3.2.7 Kesimpulan dan Saran .....	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1 Perhitungan Debit dan Kualitas Air Limbah .....	45

4.1.1 Perhitungan Debit Air Limbah .....	45
4.1.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah .....	46
4.2 Perhitungan Sistem Penyaluran Air Limbah .....	48
4.2.1 Perhitungan Diameter Pipa .....	49
4.2.2 Penanaman Pipa .....	53
4.2.3 Pembuatan <i>Manhole</i> .....	56
4.3 Desain Unit IPAL.....	57
4.3.1 Bak Ekualisasi .....	59
4.3.2 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	67
4.3.3 <i>Anaerobic Filter</i> .....	81
4.4 BOQ dan RAB.....	95
4.4.1 Sistem Penyaluran Air Limbah.....	95
4.4.2 Bak Ekualisasi .....	102
4.4.3 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	108
4.4.4 <i>Anaerobic Filter</i> .....	114
4.5 Operasional dan Maintenance .....	120
4.6 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan .....	121
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	125
5.1 Kesimpulan .....	125
5.2 Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA.....	127
LAMPIRAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	8
Tabel 2. 2 Contoh Perhitungan <i>Small Bore Sewer</i> .....	11
Tabel 2. 3 Contoh Perhitungan BOD <i>Mass Loading</i> pada Bak Ekualisasi.....	17
Tabel 2. 4 Data Umum untuk Perhitungan Dimensi ABR .....	20
Tabel 2. 5 Data Pengolahan ABR .....	21
Tabel 2. 6 Data Perhitungan bak Pengendap dan ABR.....	26
Tabel 2. 7 Data Umum untuk Perhitungan <i>Anaerobic Filter</i> dan Tangki Septik.....	29
Tabel 2. 8 Data Pengolahan untuk Perhitungan <i>Anaerobic Filter + Tangki Septik</i> .....	30
Tabel 2. 9 Data Perhitungan Tangki Septik.....	34
Tabel 2. 10 Data Perhitungan Dimensi <i>Anaerobic Filter</i> .....	35
Tabel 4. 1 Data untuk Perhitungan Sistem <i>Small Bore Sewer</i> ....	50
Tabel 4. 2 Perhitungan untuk Perencanaan <i>Small Bore Sewer</i> ..	51
Tabel 4. 3 Data Perhitungan untuk Penanaman Pipa.....	53
Tabel 4. 4 Perhitungan Penanaman SPAL .....	55
Tabel 4. 5 Jumlah <i>Manhole</i> pada SPAL.....	57
Tabel 4. 6 Data Fluktuasi Debit Air.....	60
Tabel 4. 7 Volume Galian Tanah SPAL .....	98
Tabel 4. 8 Jumlah Kebutuhan Pipa untuk SPAL .....	99
Tabel 4. 9 Harga Pokok Satuan Kegiatan SPAL.....	101
Tabel 4. 10 Total Biaya untuk Pembuatan SPAL.....	102
Tabel 4. 11 Harga Pokok Satuan Kegiatan Bak Ekualisasi .....	104
Tabel 4. 12 Total Biaya untuk Pembuatan Bak Ekualisasi.....	108
Tabel 4. 13 Harga Pokok Satuan Kegiatan ABR .....	110
Tabel 4. 14 Total Biaya untuk Pembuatan ABR.....	114
Tabel 4. 15 Harga Pokok Satuan Kegiatan Pembuatan AF .....	116
Tabel 4. 16 Total Biaya Pembuatan AF .....	120
Tabel 4. 17 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Unit ABR ....	121
Tabel 4. 18 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Unit AF.....	121
Tabel 4. 19 Perbandingan Volume dan Luas Lahan unit ABR dan AF .....	122
Tabel 4. 20 Perbandingan Efisiensi dan Efluen Unit IPAL ABR dan AF .....	122



Tabel 4. 21 Perbandingan Biaya Konstruksi dan Biaya  
Operasional dan Maintenance Kedua Unit Pengolahan  
.....122

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lokasi Perumahan Bumi Marina Emas .....	5
Gambar 2. 2 Sistem <i>In-line</i> dan <i>Off-line</i> pada Bak Ekualisasi ....	15
Gambar 2. 3 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi .....	16
Gambar 2. 4 Grafik Kualitas Air Limbah pada Bak Ekualisasi ....	18
Gambar 2. 5 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	19
Gambar 2. 6 Hubungan antara Removal COD dengan HRT .....	21
Gambar 2. 7 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan BOD .....	22
Gambar 2. 8 Grafik Hubungan antara Removal COD dengan Beban Organik pada ABR .....	23
Gambar 2. 9 Grafik Hubungan antara faktor removal dengan Konsentrasi BOD pada ABR .....	24
Gambar 2. 10 Grafik Hubungan antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Removal .....	24
Gambar 2. 11 Grafik Hubungan antara HRT dengan COD removal pada ABR .....	25
Gambar 2. 12 Grafik Reduksi Lumpur dengan Massa Simpan...	27
Gambar 2. 13 <i>Anaerobic Filter</i> .....	28
Gambar 2. 14 Grafik Hubungan Removal COD pada Tangki Septik dengan Waktu Tinggal .....	29
Gambar 2. 15 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan COD .....	30
Gambar 2. 16 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan Filter pada <i>Anaerobic Filter</i> .....	32
Gambar 2. 17 Grafik Hubungan Antara Removal BOD dengan Konsentrasi BOD pada <i>Anaerobic Filter</i> .....	32
Gambar 2. 18 Grafik Hubungan Antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Efisiensi <i>Anaerobic Filter</i> .....	33
Gambar 2. 19 Grafik Hubungan antara Removal BOD dengan Konsentrasi BOD pada AF .....	33
Gambar 3. 1 Kerangka Perencanaan .....	39
Gambar 4. 1 Tagihan Rekening Penggunaan Air PDAM Surabaya .....	46
Gambar 4. 2 Skema Alternatif 1 Unit IPAL .....	58

Gambar 4. 3 Skema Alternatif 2 Unit IPAL .....	59
Gambar 4. 4 Grafik Fluktuasi Debit Bak Ekualisasi.....	62
Gambar 4. 5 Grafik Pompa.....	65
Gambar 4. 6 Hung Pump KSV-150 .....	66
Gambar 4. 7 Hubungan antara Removal COD dengan HRT .....	68
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan BOD .....	68
Gambar 4. 9 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan.....	70
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan antara Removal COD dengan Beban Organik pada ABR .....	72
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara Faktor Removal dengan Konsentrasi BOD pada ABR .....	73
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan antara HRT dengan COD removal .....	73
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Removal .....	74
Gambar 4. 14 Faktor Removal BOD dengan COD Removal .....	75
Gambar 4. 15 Diagram <i>Mass Balance</i> ABR.....	79
Gambar 4. 16 Hubungan Antara Removal COD dengan HRT....	82
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan COD .....	82
Gambar 4. 18 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan.....	84
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan Filter pada <i>Anaerobic Filter</i> .....	86
Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Antara Removal BOD dengan Konsentrasi BOD pada <i>Anaerobic Filter</i> .....	87
Gambar 4. 21 Grafik Hubungan antara Removal BOD dengan Waktu tinggal pada AF .....	87
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada ABR.....	88
Gambar 4. 23 Hubungan efisiensi removal COD dengan removal BOD .....	89
Gambar 4. 24 Diagram <i>Mass Balance</i> AF.....	93
Gambar 4. 25 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah.....	95
Gambar 4. 26 Bentuk Galian Rencana Saluran .....	96

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air limbah adalah air buangan yang tidak memiliki nilai ekonomi yang dihasilkan dari suatu proses produksi industri maupun domestik (rumah tangga), yang terkadang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena akan mengakibatkan sumber penyakit (Haslinah, 2013). Air limbah pada dasarnya dibagi menjadi dua yaitu *blackwater* dan *greywater*. *Blackwater*, yaitu air limbah yang berasal dari air buangan WC, sedangkan *greywater* adalah air limbah yang berasal dari kegiatan domestik seperti mencuci pakaian, mandi, mencuci piring, dan lain sebagainya

Perumahan Bumi Marina Emas merupakan salah satu daerah perumahan yang ada pada Kota Surabaya. Perumahan ini hingga sekarang belum memiliki pengolahan air limbah secara komunal, sehingga diperlukan perencanaan untuk membuat pengolahan air limbah setempat. Pengolahan air limbah setempat merupakan pengolahan air limbah yang berada di suatu lokasi tertentu, untuk mengolah air limbah yang berada di kawasan tersebut.

Air limbah yang akan diolah oleh IPAL ini adalah air limbah jenis *greywater* dan juga air rembesan tangki septik hasil pengolahan *blackwater*. Pada Perumahan Bumi Marina Emas sudah ada pengolahan air limbah *blackwater* berupa tangki septik pada tiap rumah dan fasilitas umumnya, yang akan dibuang setiap dua tahun sekali. *Greywater* dan *blackwater* ini akan diolah menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang berupa kumpulan dari unit-unit pengolahan air limbah, yang digabung menjadi satu rangkaian untuk mengolah air limbah. Unit pengolahan yang digunakan menyesuaikan dengan karakteristik dari air limbah yang akan diolah dan juga kandungan effluen yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Selain itu, debit pengolahan air limbah juga berpengaruh dalam pembuatan instalasi pengolahan air limbah. Debit yang besar tentu membutuhkan dimensi unit yang besar juga, begitu pula sebaliknya.

Pada perencanaan ini, akan dibuat sistem penyaluran air limbah (SPAL) untuk Perumahan Bumi Marina Emas. Selain itu juga akan dibuat dua desain alternatif IPAL, untuk mengetahui mana yang lebih sesuai untuk digunakan pada Perumahan Bumi Marina Emas. Kedua alternatif ini menggunakan proses anaerobik, karena beberapa kelebihan seperti efisiensi yang tinggi, mudah dalam pengoperasiannya, serta membutuhkan ruang yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan IPAL dengan proses aerobik. alternatif tersebut adalah *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF). Kedua alternatif tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Maka dari itu, perlu dilakukan perencanaan lebih lanjut untuk membandingkan penggunaan IPAL dengan unit pengolahan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF).

## 1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah yang mendasari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) untuk perumahan Bumi Marina Emas?
2. Bagaimana merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Anaerobic Baffled Reactor* untuk Perumahan Bumi Marina Emas?
3. Bagaimana merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Anaerobic Filter* untuk Perumahan Bumi Marina Emas?
4. Bagaimana perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*?
5. Bagaimana perbandingan kelebihan dan kekurangan dari IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) untuk Perumahan Bumi Marina Emas
2. Merencanakan *Detail Engineering Design* (DED) IPAL dengan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) untuk Perumahan Bumi Marina Emas.

3. Merencanakan *Detail Engineering Design* (DED) IPAL dengan unit *Anaerobic Filter* (AF) untuk Perumahan Bumi Marina Emas.
4. Menentukan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan untuk IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan IPAL *Anaerobic Filter*.
5. Menentukan perbandingan kelebihan dan kekurangan dari IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan IPAL *Anaerobic Filter* berdasarkan parameter yang meliputi volume, efisiensi penyisihan, biaya konstruksi dan biaya *Operation and Maintenance*.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dalam perencanaan ini adalah:

1. Memberikan alternatif perencanaan berupa DED IPAL bagi pengelola perumahan Bumi Marina Emas
2. Dapat mengurangi beban pencemaran pada badan air penerima disekitar perumahan Bumi Marina Emas yang dihasilkan dari kegiatan pengoperasian IPAL.
3. Memberikan alternatif referensi IPAL kepada instansi pemerintahan atau Badan Lingkungan Hidup (BLH) untuk materi kegiatan sosialisasi dan penerapan kebijakan tentang pentingnya pengelolaan lingkungan terlebih pada sektor pengolahan air limbah pada perumahan.
4. Memberikan alternatif perencanaan DED IPAL sebagai pertimbangan bagi konsultan dan perancang IPAL dalam merencanakan IPAL untuk perumahan Bumi Marina Emas.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Debit Air Limbah yang digunakan untuk menghitung DED IPAL ini diperoleh dengan menggunakan asumsi 70% dari pemakaian air bersih perumahan Bumi Marina Emas. Menurut Tchobanoglous et al. (2003), air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik sebesar 70%-80%.
2. Karakteristik air limbah yang digunakan meliputi BOD, COD, dan TSS yang didapatkan melalui data sekunder. Pemilihan parameter BOD, COD, dan TSS didasarkan pada parameter yang dominan pada air limbah domestik (Yazid et al., 2012).

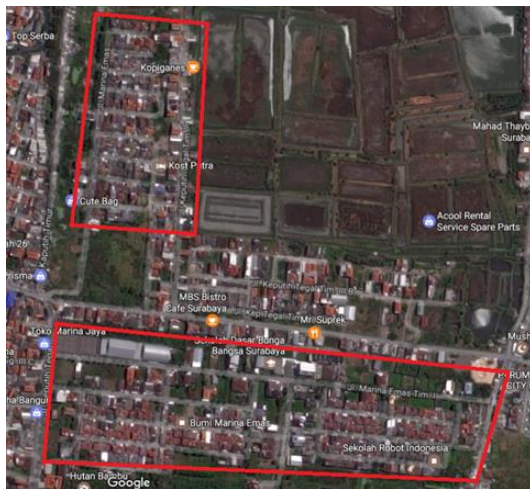
3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya 2016.
4. Baku mutu effluen yang digunakan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mengetahui cakupan dari Perencanaan ini, maka dibutuhkan tinjauan pustaka yang mendukung. Tinjauan pustaka dapat kita peroleh melalui penelitian atau perencanaan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu, tinjauan pustaka juga bisa kita dapatkan melalui *text book* dari berbagai penulis baik yang sudah ataupun yang belum terpublikasikan. Dari penelitian atau perencanaan tersebut, maka akan didapat rangkaian tinjauan pustaka yang mendukung tiap komponen dari perencanaan ini.

### 2.1 Gambaran Umum Perumahan Bumi Marina Emas

Perumahan Bumi Marina Emas berada pada Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Surabaya. Perumahan ini terdiri atas dua bagian yaitu bagian utara dan bagian selatan. Bagian Utara terletak sekitar ( $7^{\circ}17'12.51''$  -  $7^{\circ}17'28.22''$ ) LS dan ( $112^{\circ}48'7.83''$  -  $112^{\circ}48'13.36''$ ) BT sedangkan sebelah selatan terletak pada ( $7^{\circ}17'28.22''$  -  $7^{\circ}17'41.11''$ ) LS dan ( $112^{\circ}48'6.61''$  -  $112^{\circ}48'30.14''$ ) BT.



Gambar 2. 1 Lokasi Perumahan Bumi Marina Emas



Dari kedua wilayah Perumahan Bumi Marina Emas, terdapat luasan masing masing bidang tanah yaitu bidang tanah terbangun sebesar 78.685 m<sup>2</sup>, tanah kosong tidak terbangun sebesar 55.691 m<sup>2</sup>, dan fasilitas umum sebesar 11.287 m<sup>2</sup>, serta Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebesar 23.317 m<sup>2</sup>. Pada perumahan Bumi Marina Emas terdapat keseluruhan 659 bidang tanah dengan jumlah lahan terbangun sebanyak 483 bidang tanah, lahan kosong sebanyak 159 bidang tanah, dan fasilitas umum sebanyak 17 bidang tanah RTH yang disediakan Perumahan Bumi Marina Emas sebesar 14% dari luas bidang tanah total yang terdata (2,3 Ha dari 16,9 Ha). (Taufik, 2013)

## 2.2 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan air buangan yang bersumber dari rumah tangga, industri perumahan atau tempat-tempat umum yang sifatnya membahayakan makhluk hidup dan mengganggu kelestarian lingkungan (Metcalf dan Eddy, 2013). Hal ini diperkuat dengan pernyataan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air yang dibuang berlebihan melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan. (Wulandari, 2014)

Air limbah terbagi menjadi dua, yaitu air limbah *greywater* dan air limbah *blackwater*. *greywater* adalah air limbah yang berasal dari dapur, kamar mandi, dan tempat cuci, tidak termasuk air limbah WC, sehingga secara umum mengandung konsentrasi ekskreta yang rendah, kecuali pada kondisi khusus sebagai hasil perawatan bayi atau air untuk *instinja* dikombinasikan dengan *greywater* (WHO, 2006). Karakteristik utama dari *greywater* adalah:

1. Konsentrasi bahan organik sangat bervariasi
2. Rasio COD/BOD tinggi, hal ini sebenarnya disebabkan kandungan deterjen di dalam *greywater* (Morel & Diener, 2006)

3. Ketidakseimbangan antara makronutrien (nitrogen) dan mikronutrien (Phospor)
4. Sebagian besar partikel berukuran 10-100  $\mu\text{m}$  dan perbandingan rasio SS/turbiditas rendah
5. Konsterasi koliform 3 log (tanpa identifikasi jenis patogen)  
(Jefferson, et. Al., 2004)

*Blackwater* adalah air yang berasal dari pembilasan toilet (*faeces* dan urin dengan pembilasan/penyiraman) (Mende, 2015)

### **2.2.1 Kualitas dan kuantitas air limbah**

Kualitas dan kuantitas air limbah merupakan langkah awal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dibutuhkan. Kualitas air limbah digunakan sebagai acuan untuk memilih teknologi yang tepat pada unit pengolahan IPAL nanti, sedangkan kuantitas air limbah diperlukan untuk menentukan luas lahan yang dibutuhkan sebagai lokasi pembangunan IPAL.

Kualitas air limbah dapat didefinisikan oleh karakteristik fisik, kimia dan biologis. Secara umum karakteristik kimia limbah cair dapat dibedakan menjadi zat organik yang terdiri atas parameter DO, BOD, COD, dan pH. *Biochemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk dapat menguraikan atau mendekomposisikan bahan organik dalam kondisi aerobik. *Chemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses penguraian seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Karakter fisik limbah cair terkait dengan kenampakannya karena sifat fisiknya yang terlihat dan mudah diidentifikasi secara langsung, seperti TDS dan TSS (Sari, dkk. 2015). *Total Suspended Solids* (TSS) merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang disaring dengan kertas milipore berpori-pori 0,45 mikromil (Agustira, dkk., 2013)

Dalam konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama kesehatan manusia. Pembuangan air limbah rumah tangga yang ke drainase sebaiknya sudah disaring sehingga tidak menimbulkan penyakit, menurunnya kualitas lingkungan

pencemaran air, serta merusak estetika lingkungan. Masyarakat harus menyadari peranan pencemarannya yang sangat besar sehingga harus mau membangun pengolahan limbah (Haslinah, 2013).

### 2.2.2 Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah

Parameter kualitas air yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*  
*Biochemical Oxygen Demand* atau BOD adalah jumlah oksigen yang harus dipakai oleh mikroorganisme yang ada di dalam air buangan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam air buangan pada periode tertentu biasanya 5 hari dan pada suhu tertentu biasanya 20°C (Moertinah, 2010).
2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*  
*Chemical Oxygen Demand* atau COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang dapat teroksidasi dalam air buangan oleh senyawa-senyawa oksidator ( $K_2Cr_2O_7$ ) (Moertinah, 2010).
3. *Total Suspended Solids (TSS)*  
TSS atau jumlah padatan yang tersuspensi merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang disaring dengan kertas milipore berpori-pori 0,45 mikromil (Agustira, dkk., 2013).

Baku mutu air limbah yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Parameter yang diukur pada air limbah domestik selengkapnya terdapat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik**

No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1	pH	-	6-9
2	BOD	mg/L	30
3	COD	mg/L	50
4	TSS	mg/L	50
5	minyak dan lemak	mg/L	10

### 2.2.3 Debit Air Limbah

Debit air limbah berasal dari kegiatan domestik dapat dicari dengan mengalikan debit rata-rata air bersih dengan persentase kemungkinan air bersih menjadi air limbah dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_w = (70-80) \% \times Q_{ave} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$Q_w$  = Debit rata-rata air limbah (liter/orang.hari)

$Q_{ave}$  = Debit rata-rata air bersih (liter/orang.hari)

Faktor pengali debit rata-rata air limbah ditentukan berdasarkan pemakaian air bersih yang keluarannya tidak mengalir menuju unit pengolahan air seperti air bersih yang digunakan untuk menyiram tanaman dan mencuci mobil. Namun, hasil dari pencucian piring dan juga dari penggunaan untuk mandi tidak melewati unit pengolahan air, maka dapat dimasukkan juga sebagai pertimbangan dalam menentukan faktor pengali.

Debit Air Limbah tidak dapat berlangsung konstan selama 24 jam. Hal ini dikarenakan terdapat fluktuasi yang dipengaruhi dari pemakaian air bersih pada perumahan tersebut. Ketika pemakaian air bersih berada pada jam puncak maka air limbah yang dihasilkanpun akan semakin membesar. Debit air limbah puncak ( $Q_{peak}$ ) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{peak} = Q_{ave} \times f_{peak} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$Q_{peak}$  = Debit air limbah puncak (L/detik)

$f_{peak}$  = Faktor keamanan

$Q_{ave}$  = Debit air limbah rata-rata (L/detik)

Faktor puncak merupakan rasio keamanan antara debit puncak dengan debit rata-rata. Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus Fair dan Geyer, 1954 penentuan faktor puncak dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{\text{peak}} = (18 + p^{0.5}) / (4 + p^{0.5}) \quad (2.3)$$

Keterangan :

$p$  = Jumlah penduduk (Jiwa)

Debit air limbah minimum juga dapat terjadi ketika pemakaian air tidak terlalu banyak. Menggunakan rumus oleh Fair dan Geyer dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{\text{min}} = 1/5 \times P^{1/6} \times Q_{\text{ave}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$Q_{\text{min}}$  = Debit air limbah minimum (l/detik)

$P$  = Jumlah penduduk (Jiwa)

### 2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem penyaluran air limbah dibagi menjadi tiga, yaitu sistem saluran terpisah, sistem saluran tercampur, dan sistem saluran Kombinasi

Sistem Penyaluran terpisah atau biasa disebut *separate system/full sewerage* adalah sistem dimana air buangan disalurkan tersendiri dalam jaringan riol tertutup, sedangkan limpasan air hujan disalurkan tersendiri dalam saluran drainase khusus untuk air yang tidak tercemar ( Fajarwati, A.2000).

Sistem penyaluran tercampur merupakan sistem pengumpulan air buangan yang tercampur dengan air limpasan hujan. Sistem ini digunakan apabila daerah pelayanan merupakan daerah padat dan sangat terbatas untuk membangun saluran air buangan yang terpisah dengan saluran air hujan, debit masing-masing air buangan relatif kecil sehingga dapat disatukan, memiliki kuantitas air buangan dan air hujan yang tidak jauh berbeda serta memiliki fluktuasi curah hujan yang relatif kecil dari tahun ke tahun (Sugiharto, 1987).

Pada sistem penyalurannya secara kombinasi dikenal juga dengan istilah *interceptor* dimana air buangan dan air hujan disalurkan bersama-sama sampai tempat tertentu baik melalui saluran terbuka atau tertutup, tetapi sebelum mencapai lokasi instalasi antara air buangan dan air hujan dipisahkan dengan bangunan regulator. Air buangan dimasukkan ke saluran pipa induk untuk disalurkan ke lokasi pembuangan akhir, sedangkan air hujan langsung dialirkan ke badan air penerima. Pada musim

kemarau air buangan akan masuk seluruhnya ke pipa induk dan tidak akan mencemari badan air penerima (Hardjosuprpto 2000).

## 2.4 Small Bore Sewer

Sistem Aliran *small bore sewer* didesain hanya untuk menerima beban limbah cair dari limbah rumah tangga, yang akan diolah pada pengolahan *off-site*. Sebelum masuk kedalam saluran, padatan dipisahkan terlebih dahulu dengan cairan agar tidak erjadi penyumbatan pada sistem aliran. Karena menggunakan biaya konstruksi serta perbaikan yang murah, sistem *small bore sewer* ini sangat cocok untuk digunakan pada negara berkembang. Saluran ini menggunakan pipa dengan ukuran diameter minimum sebesar 50 mm - 100 mm dan menggunakan slope minimum dengan kemiringan 2,5%. (Otis dan Mara, 1985)

Cara perhitungan saluran *small bore sewer* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2 Contoh Perhitungan Small Bore Sewer**

Stasiun	Elevasi	Jarak	Perbedaan Ketinggian	Panjang saluran	Slope	Jumlah terlayani	Debit	Diameter pipa	Q full
	m	m	m	m	m/m		L/s	mm	L/s
1	0	0	1,65	21	0,079	20	0,5	50	2,27
2	1,65	21	0,12	9	0,013	20	0,5	50	0,92
3	1,77	30	0	24	0,0035	19	0,48	50	0,48
4	1,77	54	0,18	9	0,02	19	0,48	50	1,14
5	1,95	63	0,67	64	0,01	18	0,45	50	0,81
6	2,62	127	0	74	0,0024	16	0,4	50	0,4
7	2,62	201	0,61	34	0,018	14	0,35	50	1,08
8	3,23	235	1,71	43	0,04	13	0,33	50	1,62
9	4,94	278	-0,28	17	0,0012	11	0,28	50	0,28
10	4,66	295							

Perhitungan hidrolis yang terdapat dalam Tabel 2.2 dapat diketahui sebagai berikut:

1. Stasiun : nomor yang berhubungan dengan tiap saluran
2. Elevasi : satuan elevasi dalam meter, diketahui dari data
3. Jarak : satuan jarak dalam meter, dihitung dari stasiun 1
4. Perbedaan ketinggian / elevasi : satuan perbedaan ketinggian dalam meter, dihitung antar bagian

5. Panjang antar bagian : satuan jarak dalam meter, dihitung dari tiap elevasi
6. Slope : perbedaan ketinggian dibagi panjang antar bagian akan didapat slope
7. Jumlah terlayani : jumlah rumah yang terlayani pada sistem penyaluran air limbah
8. Jumlah terlayani dikalikan dengan 0,025 (desain aliran dalam satuan liter/detik) yang menjadikan debit aliran dalam satuan liter/detik
9. Diameter pipa : diameter pipa, dalam mm, dipilih oleh perencana untuk tiap bagian. Pemilihan tersebut dapat melihat apakah diameter pipa sesuai atau tidak, dan dapat memungkinkan terjadinya penambahan diameter pipa
10. Debit pada pipa penuh : kapasitas dari pipa yang dipilih oleh perencana dihitung untuk slope pada kolom 9. Persamaan *Manning* digunakan pada perhitungan ini dengan faktor kekasaran pipa ( $n$ ) sebesar 0,013 untuk pipa plastik. Debit aliran pada saat penuh harus lebih besar daripada debit rencana. Apabila debit aliran pada pipa penuh tidak melebihi dari debit rencana, maka ukuran diameter pipa kemungkinan diperbesar atau slope pipa ditambah.

## 2.5 Perencanaan Ruang Instalasi Pengolahan Air Limbah

Sistem pembuangan air limbah domestik terbagi menjadi 2 (dua) macam yaitu:

1. Sistem pembuangan setempat (*on site system*) adalah fasilitas pembuangan air limbah yang berada di dalam daerah persil pelayanannya (batas tanah yang dimiliki). Contoh sistem pembuangan air limbah domestik setempat adalah sistem cubluk atau tangki septik.
2. Sistem pembuangan terpusat (*off site system*) adalah sistem pembuangan yang berada di luar persil. Contoh sistem penyaluran air limbah yang dibuanag ke suatu tempat pembuangan (*disposal site*) yang aman dan sehat dengan atau tanpa pengolahan sesuai criteria baku mutu dan besarnya limpasan.

### **2.5.1 Perencanaan Kapasitas IPAL**

1. Kapasitas rencana IPAL dihitung berdasarkan desain debit air limbah sebagai berikut:
  - a. Debit rata-rata harian (dengan infitasi)
  - b. Debit harian maksimum (dengan infitasi)
  - c. Debit jam minimum (dengan infitasi)Desain debit tersebut adalah debit air limbah pada ujung akhir pipa induk yang menuju ke IPAL.
2. Proyeksi debit perencanaan kapasitas rencana IPAL diproyeksikan untuk debit perencanaan dua puluh tahun sesuai periode perencanaan rencana induk
3. Perencanaan debit pada masing-masing komponen
  - a. Debit rata rata hanya untuk pengolahan kimia dan sekunder (biologi)
  - b. Debit harian maksimum hanya pada unit unit pengolahan primer
  - c. Debit jam maksimum pada semua perpipaan unit-unit pengolahan

### **2.5.2 Perencanaan Lokasi IPAL**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan lokasi IPAL adalah sebagai berikut :

1. Lokasi IPAL harus sebagai dangan ketentuan tata ruang.
2. Pemilihan lokasi IPAL diujung muara pipa induk harus mempertimbangkan aspek hidrolis dan aspek pembebasan lahan.
3. Lokasi IPAL harus dipilih pada daerah bebas banjir untuk periode ulang 20 (dua puluh) tahun, bebas longsong dan gempa.
4. Lokasi IPAL harus dipilih tidak jauh dari jalan kota yang ada, dekat dengan prasarana listrik dan badan air.
5. Lokasi IPAL harus merupakan daerah yang mempunyai sarana jalan penghubung dari dan ke lokasi IPLT tersebut.
6. Lokasi harus berada dekat dengan badan air penerima.
7. Lokasi haruslah merupakan daerah yang terletak pada lahan terbuka dengan intensitas penyinaran matahari yang baik agar dapat membantu mempercepat proses pengeringan endapan lumpur.



8. Lokasi harus berada pada lahan terbuka yang tidak produktif dengan nilai ekonomi tanah yang serendah mungkin.
9. Badan air penerima pembuangan efluen dari IPAL harus memiliki kapasitas minimal 8 kali kapasitas Air Limbah yang akan dibuang, atau konsentrasi BOD effluen maksimal 30 mg/L.

### 2.4.3 Kebutuhan Lahan

Kebutuhan lahan terdiri dari :

1. Lahan untuk instalasi dan bangunan penunjang
2. Lahan untuk *buffer zone*

Kebutuhan lahan untuk instalasi dihitung berdasarkan debit harian maksimum yang diproyeksikan 20 Tahun untuk penerapan IPAL berbasis teknologi proses alamiah atau proses biologis yang efisien dalam kebutuhan konsumsi listrik.

Kriteria Pemilihan Lokasi IPAL Kriteria-kriteria penentu yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi IPAL terbagi atas dua jenis pertimbangan yaitu pertimbangan teknis dan non teknis

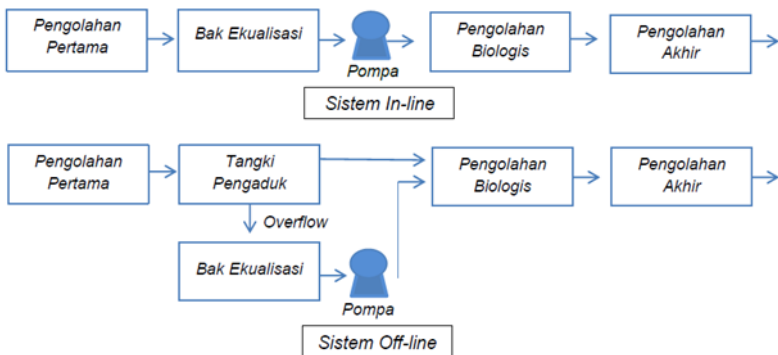
1. Teknis Pemilihan Lokasi IPAL Teknis Pemilihan Lokasi IPAL meliputi :
  - a. Jarak
  - b. Topografi lahan
    - 1) Kemiringan tanah
    - 2) Elevasi tanah
  - c. Badan air penerima
  - d. Bahaya banjir
  - e. Jenis tanah
2. Non Teknis Pemilihan Lokasi IPAL
  - a. Legalitas lahan  
Kepemilikan lahan Merupakan lahan yang tidak bermasalah. Pilihan yang dinilai lebih baik adalah lahan milik Pemerintah.
    - 1) Kesesuaian RUTR/RTRW
    - 2) Dukungan masyarakat
  - b. Batas administrasi
  - c. Tata guna lahan (Mende, dkk, 2015)

## 2.6 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi adalah suatu bak penampung air limbah agar debit air limbah yang diolah menjadi konstan (Tchobanoglous et al., 2003) bak ekualisasi bukan merupakan suatu proses pengolahan. Kegunaan dari bak ekualisasi adalah:

1. Sebagai penampung air limbah, sehingga membuat air limbah yang masuk dari berbagai sumber dapat bercampur sehingga menghasilkan karakteristik air limbah yang homogen.
2. Menstabilkan debit air limbah yang masuk kedalam instalasi pengolahan air limbah.
3. Menstabilkan konsentrasi air limbah yang akan masuk kedalam IPAL.

Tipe pemasangan bak ekualisasi dibagi menjadi dua macam, yaitu sistem *in-line* dan sistem *off-line*. Penempatan lokasi bak ekualisasi disesuaikan dengan sistem IPAL. Perbedaan keduanya dapat dilihat pada Gambar 2.2.

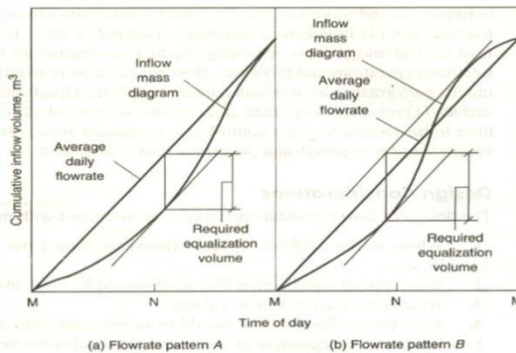


**Gambar 2. 2 Sistem *In-line* dan *Off-line* pada Bak Ekualisasi**

Penempatan bak setelah pengolahan fisik dapat mengurangi padatan tersuspensi yang masuk kedalam bak ekualisasi

Cara menghitung dimensi unit bak ekualisasi, dapat menggunakan Gambar 2.3. Langkah perhitungan yang dilakukan adalah:

1. Menghitung total volume dari masing-masing debit per periode dimulai dari periode paling awal hingga paling akhir
2. Grafik kumulatif diplot pada diagram massa dan debit untuk memperoleh volume bak yang dibutuhkan
3. Membuat garis paralel yang menghubungkan antara tangen debit rata-rata dengan titik terbawah diagram massa. Volume bak direpresentasikan oleh garis vertikal tersebut.



**Gambar 2. 3 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi**

(Sumber : Tchobanoglous et al., 2003)

Menentukan pengaruh bak ekualisasi terhadap BOD *mass loading* dapat mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung volume air limbah pada bak ekualisasi pada tiap-tiap akhir waktu. Perhitungan volume menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_{SC} = V_{SP} + V_{IC} + V_{OC}$$

Dimana :  $V_{SC}$  = volume bak ekualisasi pada periode sekarang

$V_{SP}$  = volume bak ekualisasi pada periode sebelumnya

$V_{IC}$  = volume inflow selama waktu sekarang

$V_{OC}$  = volume outflow selama waktu sekarang

2. Menghitung konsentrasi rata-rata yang keluar dari bak ekualisasi. Diasumsikan air limbah tercampur secara homogen, maka persamaan yang digunakan adalah:

$$X_{OC} = \frac{(V_{IC})(X_{IC}) + (V_{SP})(X_{SP})}{V_{IC} + V_{SP}}$$

Dimana :  $X_{OC}$  = konsentrasi rata-rata BOD effluen pada periode sekarang (mg/l)

$V_{IC}$  = volume influen periode sekarang (m<sup>3</sup>)

$X_{IC}$  = konsentrasi BOD influen rata-rata (mg/l)

$V_{SP}$  = volume air limbah pada akhir periode sebelumnya (m<sup>3</sup>)

$X_{SP}$  = konsentrasi BOD air limbah pada akhir periode sebelumnya (mg/l)

3. Hitunglah *mass loading rate* per jam dengan persamaan berikut:

$$MLR = \frac{(X_{OC})(q_i)(3600s/h)}{10^3g/kg}$$

Dimana : MLR = *mass loading rate* (kg/jam)

$X_{OC}$  = konsentrasi rata-rata BOD effluen periode sekarang (mg/l)

$q_i$  = debit aliran pada waktu sekarang (m<sup>3</sup>/s)

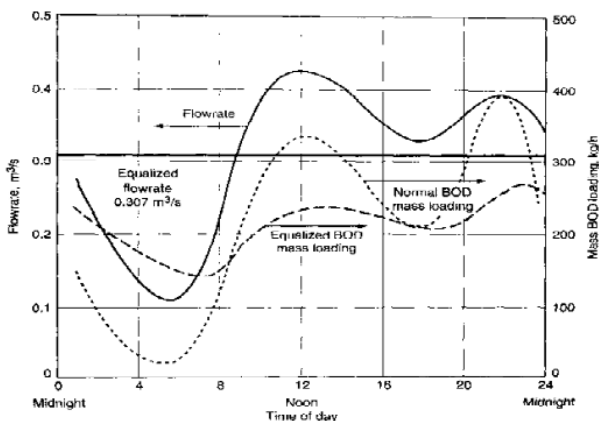
4. Masukkan data pada Tabel 2.3 seperti berikut:

**Tabel 2. 3 Contoh Perhitungan BOD *Mass Loading* pada Bak Ekualisasi**

Ratio	BOD mass loading	
	Unequalized	Equalized
$\frac{Peak}{Average}$	$\frac{439}{213} = 2,06$	$\frac{271}{213} = 1,26$
$\frac{minimum}{average}$	$\frac{17}{213} = 0,08$	$\frac{132}{213} = 0,62$
$\frac{peak}{minimum}$	$\frac{439}{17} = 25,82$	$\frac{271}{132} = 2,05$

(Sumber : Tchobanoglous *et al.*, 2003)

Data yang telah didapat dari perhitungan kemudian diplot pada grafik perbandingan *mass BOD loading* dengan debit pada waktu tertentu seperti pada Gambar 2.4.



**Gambar 2. 4 Grafik Kualitas Air Limbah pada Bak Ekualisasi**  
(Sumber : Tchobanoglous *et al.*, 2003)

## 2.7 Anaerobic Baffled Reactor

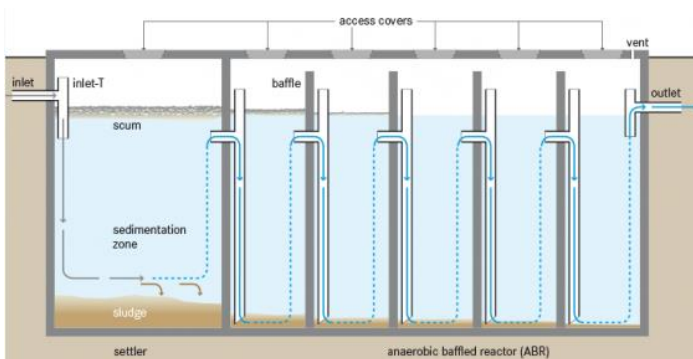
*Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) adalah bak pengendap yang dimodifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Morel dan Dinier, 2006). Proses ini menggunakan serangkaian sekat vertikal untuk memaksa limbah mengalir ke bawah dan melewati sekatnya (Bachmann *et al.*, 1984). Bakteri pada reaktor ini berkembang dan mengendap dengan memproduksi gas pada setiap kompartemen.

Pada dasarnya, ABR terdiri atas beberapa kompartemen. ABR terdiri atas sebuah tangki septik, dan sekat tegak yang terpasang dalam kompartemen dan aliran air bergerak secara naik-turun dari satu kompartemen ke kompartemen lainnya. Dengan cara ini maka air limbah dipertemukan dengan sisa lumpur yang mengandung mikroorganisme yang berfungsi menguraikan polutan dalam kondisi anaerobik. Desain ABR

menjamin masa tinggal air limbah yang lebih lama sehingga menghasilkan pengolahan dengan kualitas tinggi dan kadar lumpur yang dihasilkan rendah (Foxon, *et al.*,2004).

Zona pengendapan pada ABR digunakan untuk mengendapkan padatan yang besar sebelum melewati kompartemen selanjutnya. Antara kompartemen, air mengalir ke bawah disebabkan oleh dinding penyekat atau pipa yang mengarah ke bawah. ABR terdiri dari kelompok mikroorganisme yang berbeda-beda. Kelompok pertama adalah acidogenic bacteria yang menghidrolisis ikatan polimer kompleks menjadi asam organik, alkohol, gula, hidrogen, dan karbon dioksida. Kelompok kedua adalah bakteri yang memproduksi hydrogen dengan mengkonversi hasil fermentasi dari beberapa bagian (hidrolisis dan asidogenesis) menjadi asam asetat dan karbon dioksida. Kelompok ketiga bakteri metanogenesis yang mengkonversi senyawa sederhana seperti asam asetat, methanol, karbon dioksida, dan hidrogen menjadi metan. (Nguyen, *et al.* 2010)

Untuk lebih jelas mengenai gambar ABR, dapat dilihat pada Gambar 2.5. pada gambar tersebut, terlihat bahwa pada ABR, aliran yang terjadi adalah aliran *upflow*. Hal ini bertujuan agar partikel yang sudah mengendap tidak ikut masuk ke dalam kompartemen berikutnya. Selain itu, aliran *upflow* juga bertujuan untuk menghindari terjadinya penyumbatan / *clogging* pada saluran.



**Gambar 2. 5 Anaerobic Baffled Reactor**

(Sumber : Tilley, et. al., 2014)

Inlet ABR yang digunakan mengarah ke bagian bawah bak pengendap, untuk mencegah aliran pendek atau *short circuit* pada bak pengendap. Padatan yang dapat mengendap menggunakan kekuatan gravitasi mengendap dengan sendirinya dalam bak pengendap. Sedangkan air menuju ke outlet bak pengendap untuk masuk kedalam kompartemen pada ABR. Sedangkan, busa / *scum* pada air limbah akan bergerak keatas menuju permukaan air limbah. Pipa outlet bak pengendap berada dibawah permukaan air agar busa yang telah mengapung pada air limbah tidak terbawa kembali kedalam pengolahan selanjutnya.

Selanjutnya air dibawa masuk kedalam kompartemen dengan pengolahan menggunakan sistem *suspended growth*. *Suspended growth* atau pertumbuhan tersuspensi, adalah mikroorganisme berada pada keadaan tersuspensi dalam air limbah seperti pada reaktor lumpur aktif atau kolam oksidasi. BOD dan COD yang tersisihkan dari hasil pengolahan biologis ini kemudian mengendap bersamaan dengan matinya bakteri pengolah yang kemudian disebut dengan *bioflok*. *bioflok* yang terbentuk nantinya akan disisihkan bersamaan dengan TSS yang telah menjadi lumpur.

Untuk menghitung dimensi unit ABR, terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

1. menghitung data menggunakan *spreadsheet* pada Tabel 2.4.

**Tabel 2. 4 Data Umum untuk Perhitungan Dimensi ABR**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	General Spread Sheet for Anaerobic baffled reactor (ABR) with integrated settler										
2	daily waste water flow	time of most waste water flow	max. peak flow per hour	COD inflow	BOD <sub>5</sub> inflow	COD / BOD ratio	S <sub>s</sub> sett / COD ratio	lowest digester temper.	desludging interval	HRT in settler (no settler HRT = 0)	COD removal rate in settler
3	avg	given	max.	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
4	m <sup>3</sup> /day	h	m <sup>3</sup> /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	°C	months	h	%
5	25,00	12	2,08	633	333	1,90	0,42	25	18	1,50	23
6	COD / BOD <sub>5</sub> ->						0,35 - 0,45		1,5 h		

(Sumber: Sasse, 1998)

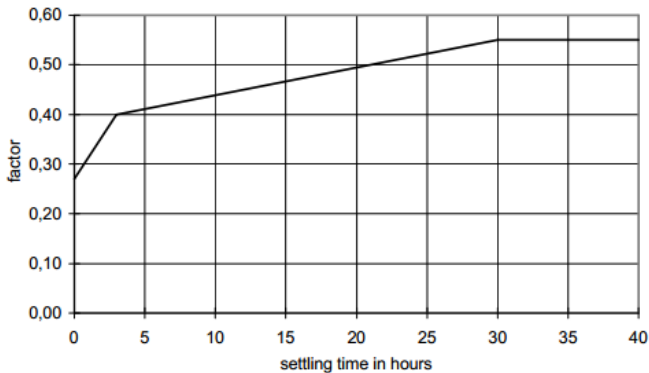
Dimana:

Debit puncak = debit harian / waktu pengaliran

Rasio COD/BOD = COD inlet / BOD inlet

Removal COD *settler* = rasio SS/COD/(0,6 x faktor HRT)

nilai 0,6 didapat berdasarkan pengalaman dari percobaan sebelumnya (Sasse, 2009). Nilai *removal* COD berdasarkan pada Gambar 2.6 tentang *removal* COD dengan waktu tinggal.



**Gambar 2. 6 Hubungan antara Removal COD dengan HRT**  
(Sumber: Sasse, 1998)

2. Hitunglah data pengolahan menggunakan *spreadsheet* seperti pada Tabel 2.4.

**Tabel 2. 5 Data Pengolahan ABR**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
7	treatment data										
8	BOD <sub>5</sub> removal rate in settler	inflow into baffled reactor		COD / BOD <sub>5</sub> ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem, 25°, COD 1500	theor. Rem rate acc. To factors	COD rem. Rate baffle only	COD out
9	calcul.	COD	BOD <sub>5</sub>	calcul.	calculate according to graphs			calcul.	calcul.	calcul.	
10	%	mg/l	mg/l	mg/l / mg/l	f-overload	f-strength	f-temp	f-HRT	%	%	mg/l
11	24	489	253	1,94	1,00	0,84	1,00	1,02	0,84	72	70
12	1,06	←- COD / BOD rem. Factor							COD / BOD rem. Factor →-		1,085

(Sumber : Sasse, 1998)



Dimana:

Removal BOD = removal COD x faktor removal COD / BOD

COD outlet = COD inlet x (1 - %removal COD)

BOD outlet = BOD inlet x (1 - %removal BOD)

Rasio COD/BOD = COD outlet / BOD outlet

*f-overload* bergantung pada OLR pengolahan pada ABR

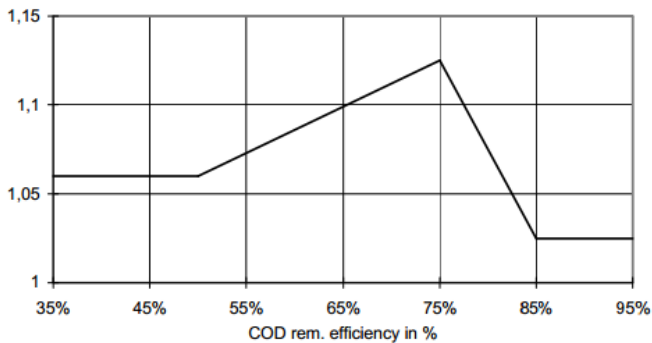
*f-strength* bergantung pada beban organik pada ABR

*f-temperature* bergantung pada suhu air pada ABR

*f-HRT* bergantung pada lamanya air tinggal pada ABR

total COD removal = *f-overload* x *f-strength* x *f-temperature* x *f-HRT*

faktor removal COD/BOD bergantung pada persentase removal COD yang dihitung dari keempat faktor. Faktor removal COD/BOD ini nantinya akan digunakan untuk menemukan removal BOD pada unit ABR. Untuk melihat hubungan antara removal COD dengan removal BOD dapat dilihat pada Gambar 2.7.



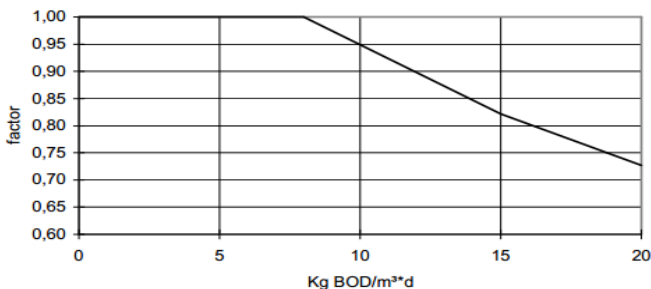
**Gambar 2. 7 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan BOD**

(Sumber : Sasse, 1998)

Setelah diketahui persentase penyisihan COD pada ABR dengan menggunakan keempat faktor dalam mencari removal COD dari ABR, maka hasil dari perhitungan removal tersebut *plot* ke

dalam grafik pada Gambar 2.7. dengan memasukkan efisiensi removal COD tersebut, maka didapat faktor removal BOD berdasarkan removal COD. Setelah itu, removal COD yang telah di dapat dikalikan dengan faktor removal BOD dari grafik. Setelah itu, maka akan didapat efisiensi removal BOD pada unit pengolahan ABR. Keempat faktor yang dimaksud adalah *f-overload*, *f-strength*, *f-temperature*, dan *f-HRT*. Penjelasan lebih lanjut mengenai keempat faktor tersebut akan dijelaskan menggunakan grafik-grafik yang telah ada dalam Sasse.

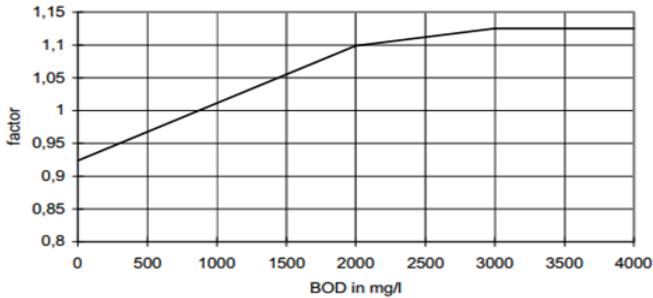
*f-overload*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara penyisihan BOD akibat beban organik yang berlebih dengan *Organic Loading Rate* (OLR). OLR yang nanti digunakan merupakan OLR yang telah direncanakan. Penentuan *f-overload* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 2.8 tentang Hubungan antara removal BOD dengan beban organik pada ABR.



**Gambar 2. 8 Grafik Hubungan antara Removal COD dengan Beban Organik pada ABR**  
(Sumber : Sasse, 1998)

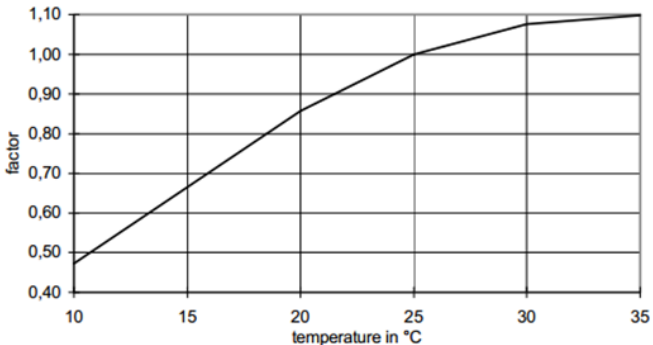
*f-strength*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara faktor removal COD pada unit ABR, dengan kekuatan atau konsentrasi COD yang ada pada air limbah yang akan diolah. Hasil COD ini didapat dari data yang telah ada dalam air limbah yang akan diolah nantinya. Penentuan *f-strength* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 2.9 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan kualitas air limbah pada ABR. Pada grafik tersebut, dapat terlihat bahwa faktor removal pada

BOD akan mencapai titik puncak ketika BOD yang disisihkan sebesar 3000 mg/l. Ini membuktikan bahwa ABR yang akan diolah *f-strength* maksimum terjadi pada kandungan BOD sebesar 3000 mg/l.



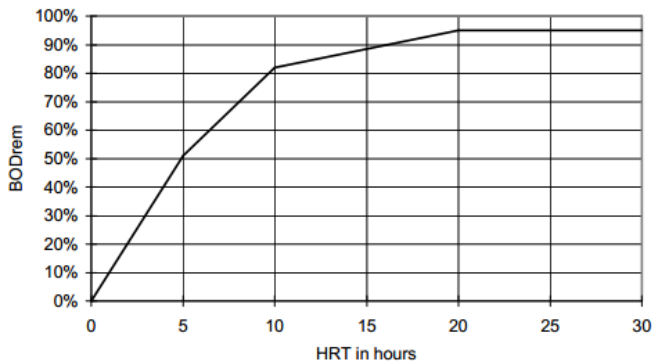
**Gambar 2. 9 Grafik Hubungan antara faktor removal dengan Konsentrasi BOD pada ABR**  
(Sumber : Sasse, 1998)

*f-temperature*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD yang ada pada *Anaerobic Baffled Reactor* dengan suhu air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-temperature* ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 2.10.



**Gambar 2. 10 Grafik Hubungan antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Removal**  
(Sumber : Sasse, 1998)

f-HRT, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR dengan lamanya waktu tinggal air pada unit tersebut (*Hydraulic Retention Time / HRT*). Penentuan f-HRT ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 2.11 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan HRT pada ABR. Setelah diketahui keempat faktor tersebut, maka keempat faktor tersebut dikalikan sehingga didapat persen removal dari ABR yang akan direncanakan.



**Gambar 2. 11 Grafik Hubungan antara HRT dengan COD removal pada ABR**  
(Sumber : Sasse, 1998)

3. Hitunglah data pengolahan menggunakan *spreadsheet* seperti pada Tabel 2.6. Tabel ini digunakan untuk menghitung dimensi dari bak pengendap dan ABR yang diperlukan untuk memenuhi kriteria yang telah ditetapkan untuk menghilangkan kandungan COD. Pada pembuatannya, ABR akan dibentuk berupa kamar-kamar yang memiliki sekat pada tiap kamarnya. Selain itu, aliran *outlet* pada tiap sekat juga akan dibuat menurun, agar *inlet* ruang terjadi aliran *upflow*. Kriteria panjang dari tiap kompartemen adalah antara 50% hingga 60% dari ketinggian kompartemen. Hal ini dibutuhkan untuk memenuhi kecepatan *upflow* pada tiap kompartemen. Setelah diketahui debit yang masuk ke dalam kompartemen, maka debit tersebut dibagi dengan volume tiap kompartemen. Lebar dari kompartemen mengikuti dari

lebar bak pengendap yang telah dihitung sebelumnya, sedangkan tinggi dari kompartemen ditentukan oleh perencana bangunan. Kemudian, dari ukuran yang telah direncanakan, maka dihitung kembali kecepatan *upflow* pada tiap kompartemen untuk mengetahui apakah sudah memenuhi atau belum. Setelah debit yang masuk ke dalam ABR dibagi dengan volume tiap kompartemen, maka didapatlah banyaknya kompartemen yang diperlukan untuk ABR ini.

**Tabel 2. 6 Data Perhitungan bak Pengendap dan ABR**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
13	dimensions of settler								baffled septic tank		
14	total COD rem. Rate	total BOD <sub>5</sub> rem. Rate	BOD <sub>5</sub> out	inner masonry measurements chosen acc. To required volume		sludge accum. Rate	length of settler	length of settler	max upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
15	calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
16	%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m <sup>3</sup>	m	m/h	No.	m
17	79	63	172	2,00	1,50n	0,0037	2,39	2,4	1,8	5	1,5
18									1,4 - 2,0 m/h		
19	dimension of anaerobic baffled reactor								status and gp		
20	length of chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD <sub>5</sub> )	biogas (assump : 70% CH <sub>4</sub> , .50% dissolved)
21	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
22	m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m/h	m	m <sup>3</sup>	h	kg/m <sup>3</sup> *d	m <sup>3</sup> /d
23	0,75	0,75	1,16	1,54	2,00	1,39	0,25	15,00	14	0,84	3,52

(Sumber : Sasse, 1998)

Dimana:

Total removal COD =  $1 - (\text{COD outlet} / \text{COD inlet})$

Total removal BOD = Total removal COD x faktor COD/BOD

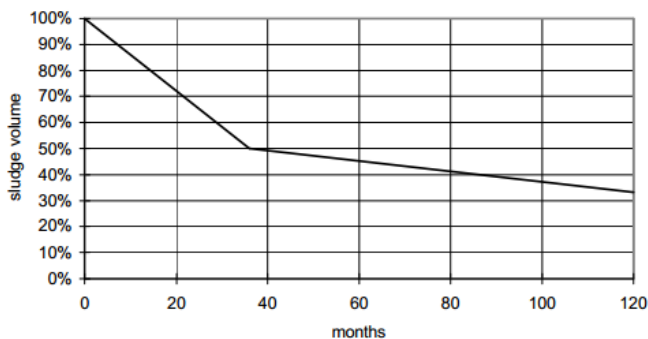
BOD outlet = BOD inlet x (1 - removal BOD)

Panjang kompartemen = 50% - 60% dari tinggi kompartemen

Untuk volume lumpur sendiri berkaitan dengan Gambar 2.12 yaitu pengurangan volume lumpur pada masa penyimpanan. Volume lumpur nantinya akan berpengaruh dengan dimensi dari ABR. Reduksi lumpur akan berbanding lurus dengan lamanya penyimpanan lumpur tersebut.

Perlu diketahui pula bahwa panjang tiap kamar tidak boleh melebihi kedalaman dari kamar ABR tersebut. Untuk produksi biogas, diasumsikan bahwa sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH<sub>4</sub> (gas metana), dan setiap kg BOD yang tersisihkan menghasilkan 350 liter gas metana dan sebesar 50% dari gas metana tersebut terlarut (Sasse, 1998) maka produksi gas dari ABR dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Produksi gas} = (\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) \times Q \times 0,35 \times 0,5 / (1000 \times 0,7)$$



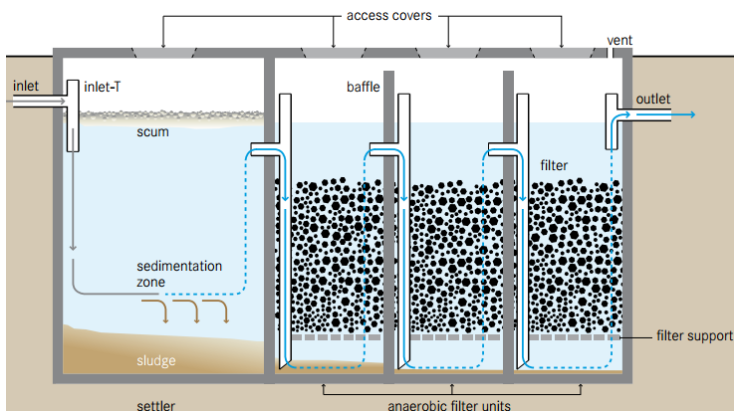
**Gambar 2. 12 Grafik Reduksi Lumpur dengan Massa Simpan**  
(Sumber : Sasse, 1998)

Volume reduksi lumpur akan mencapai 50% pada waktu 35 bulan. Volume lumpur yang yang mengendap nantinya akan dibuang secara manual menggunakan *scrapper*.

## 2.7 Anaerobic Filter

*Anaerobic Filter* adalah sebuah *fixed-bed biological reactor*. *Anaerobic Filter* biasanya digunakan sebagai pengolahan sekunder dalam skala rumah tangga yang mana didalamnya terdapat media sebagai tempat perlekatan bakteri yang berfungsi untuk mensuspensi TSS yang terdapat pada *Blackwater* dan *greywater* dengan kata lain membentuk biofilm. Dengan begitu, bisa memulihkan biogas pada air limbah yang dihasilkan sehingga bisa meminimalisir pencemaran lingkungan (Sasse, 1998).

*Anaerobic Filter* didasarkan pada kombinasi pengolahan fisik dan biologis. Dimana didalamnya terdapat area yang kedap air yang terdiri dari beberapa lapis media yang berfungsi sebagai tempat bakteri mendegradasi padatan yang terdapat pada air buangan. *Anaerobic Filter* sangat cocok digunakan untuk mengolah air limbah yang memiliki persentase padatan tersuspensi yang rendah, seperti dalam skala rumah tangga. (Morel & Dinier, 2006) Biasanya media yang digunakan adalah batu, plastik, *raschig ring*, *flexi ring*, *plastic ball*, *cross flow* dan tubular media, kayu, bambu atau yang lainnya untuk perlekatan bakteri. Media biasanya dipasang secara random atau acak dengan tiga mode operasi *upflow*, *downflow* dan *fluidized bed*. Untuk memungkinkan pembentukan *biofilm*, maka perlu pembibitan pada awal proses pengolahan. Bakteri yang tumbuh pada *anaerobic filter* merupakan bakteri dengan pertumbuhan media yang terlekat. Pembibitan dapat dilakukan dengan penyemprotan lumpur aktif pada bahan penyaring sebelum memulai proses kontinyu. Biasanya, media yang dipilih yang memiliki luasan media yang tinggi. Dan ketika efisiensi filter mulai menurun, maka harus dilakukan pembersihan pada filter guna untuk meningkatkan kembali efisiensi filter. Gambaran AF dapat dilihat pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13 Anaerobic Filter**  
(Sumber : Tilley, *et al.*, 2014)

Untuk menghitung dimensi unit *anaerobic filter* + tangki septik, terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

1. menghitung data menggunakan *spreadsheet* seperti Tabel 2.7. pada tabel ini, data yang digunakan adalah sebagai data umum untuk perhitungan *anaerobic filter* dan tangki septik.

**Tabel 2. 7 Data Umum untuk Perhitungan *Anaerobic Filter* dan Tangki Septik**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1 General Spread Sheet for Anaerobic filter (AF) with integrated septic tank (ST)												
2	daily waste water flow	time of most water flow	max. peak flow per hour	COD inflow	BOD <sub>5</sub> inflow	SS <sub>settl</sub> /COD ratio	lowest digester temper.	HRT in septic tank	desludging interval	COD removal septic tank	BOD <sub>5</sub> removal septic tank	BOD/COD remov. Factor
3	given	given	calcul.	given	given	given	given	chosen	chosen	calcul.	calcul.	calcul.
4	m <sup>3</sup> /day	h	m <sup>3</sup> /h	mg/l	mg/l / mg/l	°C	h	months	%	%	%	ratio
5	25,00	12	2,08	633	333	0,42	25	2	36	25	26	1,06
6	COD / BOD <sub>5</sub> ->			1,90	0,35 - 0,45 (domestic)					2h		

(Sumber: Sasse, 1998)

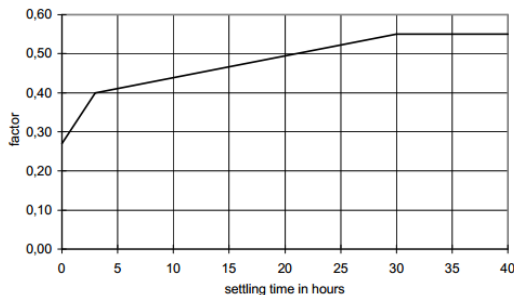
Dimana:

Debit puncak = debit harian / waktu pengaliran

Rasio COD/BOD = COD inlet / BOD inlet

Removal COD *settler* = rasio SS/COD/(0,6 x faktor HRT)

nilai 0,6 didapat berdasarkan percobaan sebelumnya (Sasse, 2009). Nilai *removal* COD berdasarkan pada Gambar 2.14.

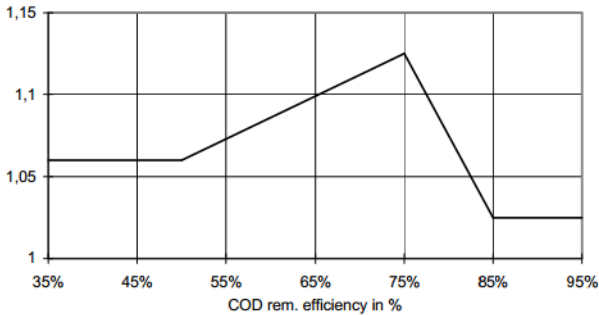


**Gambar 2. 14 Grafik Hubungan Removal COD pada Tangki Septik dengan Waktu Tenggat**

(Sumber: Sasse, 1998)



Setelah diketahui removal COD dari tangki septik, maka dapat diketahui removal BOD dari tangki septik tersebut menggunakan Gambar 2.15 tentang faktor removal BOD/COD dengan efisiensi *removal* COD pada tangki septik.



**Gambar 2. 15 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan COD**

(Sumber : Sasse, 1998)

Dimana:

Rasio perbandingan COD/BOD = COD influen / BOD influen

2. Menghitung data pengolahan seperti *spreadsheet* Tabel 2.8

**Tabel 2. 8 Data Pengolahan untuk Perhitungan *Anaerobic Filter* + Tangki Septik**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
6	COD / BOD <sub>5</sub> ->			1,90	0,35 - 0,45 (domestic)								2h
7	<b>treatment data</b>												
8	COD inflow in AF	BOD <sub>5</sub> inflow in AF	specific surface of filter medium	voids in filter mass	HRT inside AF reactor	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter				COD removal rate (AF only)	COD outflow of AF	COD removal rate of total system	
9	calcul.	calcul.	given	given	chosen	calculate according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.	
10	mg/l	mg/l	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	%	h	f-temp	f-strenght	f-surface	f-HRT	%	mg/l	%	
11	478	247	100	35	30	1,00	0,91	1,00	69%	70	142	78	
12	80-120		30-45		24 - 48 h								

(Sumber : Sasse, 1998)

Dimana:

Removal BOD = removal COD x faktor removal COD / BOD

COD outlet = COD inlet x (1 - %removal COD)

BOD outlet = BOD inlet x (1 - %removal BOD)

Rasio COD/BOD = COD outlet / BOD outlet

*f-surface* bergantung pada Luas Spesifik Media AF

*f-strength* bergantung pada beban organik pada AF

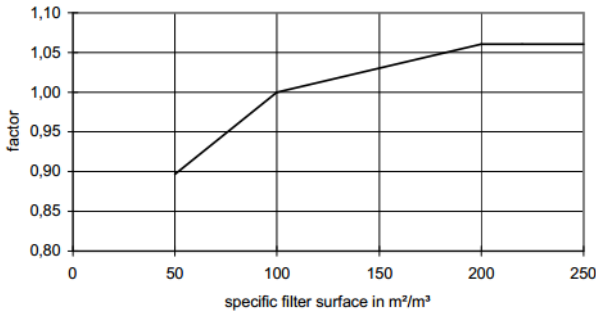
*f-temperature* bergantung pada suhu air pada AF

*f-HRT* bergantung pada lamanya air tinggal pada AF

total COD removal = *f-surface* x *f-strength* x *f-temperature* x *f-HRT*

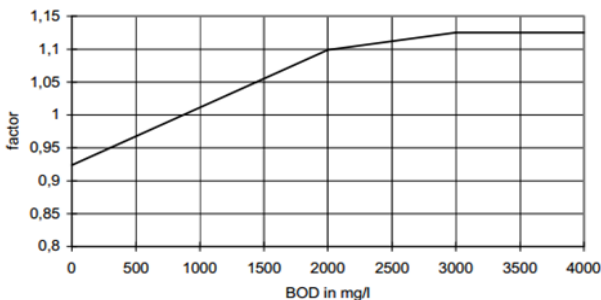
faktor removal COD/BOD bergantung pada persentase removal COD yang dihitung dari keempat faktor. Faktor removal COD/BOD ini nantinya akan digunakan untuk menemukan removal BOD pada unit AF. Untuk melihat hubungan antara removal COD dengan removal BOD dapat dilihat pada Gambar 2.15. Setelah diketahui persentase penyisihan COD pada ABR dengan menggunakan keempat faktor dalam mencari removal COD dari ABR, maka hasil dari perhitungan removal tersebut *diplot* ke dalam grafik pada Gambar 2.15. dengan memasukkan efisiensi removal COD tersebut, maka didapat faktor removal BOD berdasarkan removal COD. Setelah itu, removal COD yang telah di dapat dikalikan dengan faktor removal BOD dari grafik. Setelah itu, maka akan didapat efisiensi removal BOD pada unit pengolahan ABR. Keempat faktor yang dimaksud adalah *f-surface*, *f-strength*, *f-temperature*, dan *f-HRT*. Penjelasan lebih lanjut mengenai keempat faktor tersebut akan dijelaskan menggunakan grafik-grafik yang telah ada dalam Sasse.

*f-surface*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit *Anaerobic Filter*, dengan luas permukaan filter pada unit. Penentuan *f-surface* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 2.16 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan luas permukaan filter pada AF. Pada perencanaan ini, luas spesifik media ditentukan oleh perencana untuk mendapatkan *f-surface*.



**Gambar 2. 16 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan Filter pada *Anaerobic Filter***  
(Sumber : Sasse, 1998)

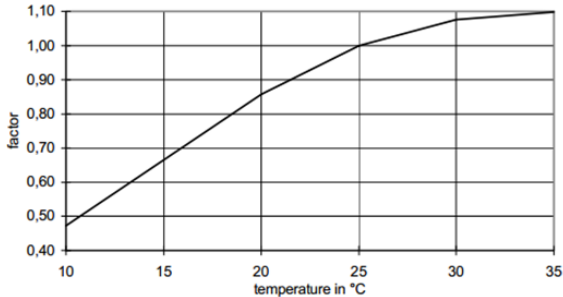
*f-strength*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara faktor removal COD pada unit ABR, dengan kekuatan atau konsentrasi COD yang ada pada air limbah yang akan diolah. Hasil COD ini didapat dari data yang telah ada dalam air limbah yang akan diolah nantinya. Penentuan *f-strength* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 2.17 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan kualitas air limbah pada ABR.



**Gambar 2. 17 Grafik Hubungan Antara Removal BOD dengan Konsentrasi BOD pada *Anaerobic Filter***  
(Sumber : Sasse, 1998)

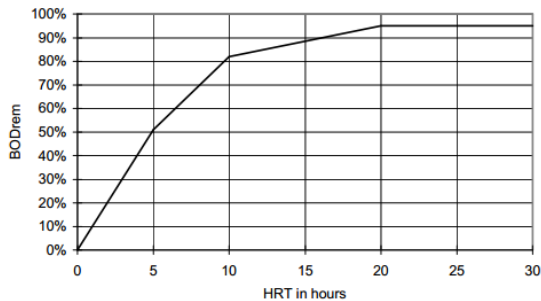
*f-temperature*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD yang ada pada *Anaerobic Filter* dengan

suhu air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-temperature* ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 2.10 yaitu Grafik Hubungan efisiensi removal COD dengan temperatur pada AF.



**Gambar 2. 18 Grafik Hubungan Antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Efisiensi Anaerobic Filter**  
(Sumber : Sasse, 1998)

*f-HRT*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR dengan lamanya waktu tinggal air pada unit tersebut (*Hydraulic Retention Time / HRT*). Penentuan *f-HRT* ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 2.19 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan HRT pada ABR.



**Gambar 2. 19 Grafik Hubungan antara Removal BOD dengan Konsentrasi BOD pada AF**  
(Sumber : Sasse, 1998)

3. Hitunglah data pengolahan menggunakan *spreadsheet* seperti pada Tabel 2.6. tabel ini digunakan untuk menghitung dimensi dari bak pengendap dan AF yang diperlukan untuk memenuhi kriteria yang telah ditetapkan untuk menghilangkan kandungan COD. Pada pembuatannya, AF akan dibentuk berupa kamar-kamar yang memiliki sekat pada tiap kamarnya. Selain itu, aliran *outlet* pada tiap sekat juga akan dibuat menurun, agar *inlet* ruang terjadi aliran *upflow*. Kriteria panjang dari tiap kompartemen adalah antara 50% hingga 60% dari ketinggian kompartemen. Hal ini dibutuhkan untuk memenuhi kecepatan *upflow* pada tiap kompartemen. Setelah diketahui debit yang masuk ke dalam kompartemen, maka debit tersebut dibagi dengan volume tiap kompartemen. Lebar dari kompartemen mengikuti dari lebar bak pengendap yang telah dihitung sebelumnya, sedangkan tinggi dari kompartemen ditentukan oleh perencana bangunan. Kemudian, dari ukuran yang telah direncanakan, maka dihitung kembali kecepatan *upflow* pada tiap kompartemen untuk mengetahui apakah sudah memenuhi atau belum. Setelah debit yang masuk ke dalam AF dibagi dengan volume tiap kompartemen, maka didapatkan banyaknya kompartemen yang diperlukan untuk AF ini.

**Tabel 2. 9 Data Perhitungan Tangki Septik**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
13	<b>dimensions of septic tank</b>											
14	BOD / COD removal factor	BODs removal rate of total system	BODs outflow in AF	inner width of septic tank	minimum water depth at inlet point	inner length of first chamber		length of second chamber		sludge accum.	volume incl. sludge	actual volume of septic tank
15	calcul.	calcul.	calcul.	chosen	chosen	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	requir.	calcul.
16	ratio	%	mg/l	m	m	m	m	m	m	l/kg BOD	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
17	1,10	85	49	1,75	2,25	1,69	1,70	0,85	0,85	0	10,00	10,04
18	sludge l/g BODrem.											

(Sumber : Sasse, 1998)

Dimana:

Removal BOD total = Removal COD total x faktor BOD/COD

BOD tersisa = BOD masuk x (1 – removal BOD total)

Panjang ruang satu = 2/3 x volume total / Lebar / kedalaman

Panjang ruang dua = 1/2 x Panjang Ruang satu

Volume tangki septik = panjang total yang sudah dibulatkan x lebar x tinggi

**Tabel 2. 10 Data Perhitungan Dimensi Anaerobic Filter**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
19	dimension of anaerobic filter							biogas production			check	
20	volume of filter tanks	depth of filter tanks	length of each tanks	number of filter tanks	width of filter tanks	space below perforated slabs	filter height (top 40 cm below water level)	out of spetic tank	out of anaerobic filter	total	org. load on filter volume COD	maximum up-flow velocity inside filter voids
21	calcul.	chosen	calcul.	chosen	requir.	chosen	calcul.	assump : 70% CH <sub>4</sub> ; 50% dissolved			calcul.	calcul.
22	m <sup>3</sup>	m	m	No.	m	m	m	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d	kg/m <sup>3</sup> *d	m/h
23	31,25	2,25	2,25	3	2,69	0,60	1,2	0,97	2,10	3,07	1,57	0,98
24	max!!										<4,5	<2,0

(Sumber : Sasse, 1998)

Dimana:

Total removal COD =  $1 - (\text{COD outlet} / \text{COD inlet})$

Total removal BOD = Total removal COD x faktor COD/BOD

BOD outlet = BOD inlet x (1- removal BOD)

Ketinggian filter = kedalaman tangki – ruang kosong di bawah filter – ruang kosong di atas filter – 0,05

Perlu diketahui pula bahwa panjang tiap kamar tidak boleh melebihi kedalaman dari kamar AF tersebut. Untuk produksi biogas, diasumsikan bahwa sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH<sub>4</sub> (gas metana), dan setiap kg BOD yang tersisihkan menghasilkan 350 liter gas metana dan sebesar 50% dari gas metana tersebut terlarut (Sasse, 1998) maka produksi gas dari AF dapat dihitung sebagai berikut:

Produksi gas =  $(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) \times Q \times 0,35 \times 0,5 / 1000 \times 0,7$

Produksi biogas total = biogas pada tangki spetik + biogas pada AF

**“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”**

## BAB 3 METODE PERENCANAAN

### 3.1 Tahap Perencanaan

Perencanaan tugas akhir ini mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk Perumahan Bumi Marina Emas di Surabaya dengan membandingkan dua alternatif pengolahan yaitu menggunakan bangunan pengolahan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF). Penyusunan tahap perencanaan dilakukan untuk mengetahui langkah-langkah secara sistematis pada suatu perencanaan. Tahap perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

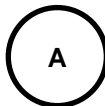
#### Judul Tugas Akhir

Perbandingan Desail IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* untuk Perumahan Bumi Marina Emas di Surabaya

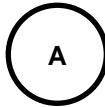


#### Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) untuk perumahan Bumi Marina Emas
2. Bagaimana merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Anaerobic Baffled Reactor* untuk Perumahan Bumi Marina Emas?
3. Bagaimana merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Anaerobic Filter* untuk Perumahan Bumi Marina Emas?
4. Bagaimana perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*?
5. Bagaimana perbandingan kelebihan dan kekurangan dari IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*?







### Tinjauan Pustaka

1. Gambaran umum Perumahan Bumi Marina Emas
2. Debit dan Karakteristik air limbah Perumahan Bumi Marina Emas
3. Sistem Penyaluran Air Limbah
4. *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*
5. Hasil penelitian dan perencanaan terdahulu



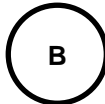
### Pengumpulan Data Sekunder

1. Data debit air limbah
2. Data kualitas air limbah dari penilitan terdahulu
3. Sistem Penyaluran Air Limbah
4. Harga Pokok Satuan Kerja tahun 2016 Kota Surabaya



### Pengolahan Data

1. Perhitungan debit air limbah
2. Penetapan baku mutu air limbah
3. Perhitungan kualitas air limbah
4. Perhitungan sistem penyaluran air limbah
5. Perhitungan dimensi unit IPAL
6. Menggambar *Detail Engineering Design* (DED) unit IPAL
7. Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)



B

### Hasil dan Pembahasan

1. Galian, diameter pipa, gambar saluran, dan BOQ SPAL
2. Dimensi dan gambar DED, BOQ, dan RAB untuk bak ekualisasi
3. Dimensi dan gambar DED, BOQ, dan RAB untuk unit *Anaerobic Baffled Reactor*
4. Dimensi dan gambar DED, BOQ, dan RAB untuk unit *Anaerobic Filter*
5. Perbandingan kelebihan dan kekurangan dari unit *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* berdasarkan dimensi, efisiensi, RAB, dan *Operation and Maintenance*

### Kesimpulan dan Saran

1. Diameter Pipa SPAL untuk Perumahan Bumi Marina Emas
2. Dimensi unit *Anaerobic Baffled Reactor*
3. Dimensi unit *Anaerobic Filter*
4. RAB unit IPAL
5. Perbandingan unit IPAL berdasarkan biaya *Operation and Maintenance*

**Gambar 3. 1 Kerangka Perencanaan**

### **3.2 Kerangka Perencanaan**

Kerangka perencanaan adalah acuan untuk mengerjakan perencanaan ini. Kerangka perencanaan dibuat sesuai dengan sistematika pengerjaan perencana untuk mempermudah perencanaan.

### 3.2.1 Judul Tugas Akhir

Judul tugas akhir ini adalah “Perbandingan Desain IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* untuk Perumahan Bumi Marina Emas di Surabaya”.

### 3.2.2 Tinjauan Pustaka

Studi literatur pada perencanaan ini diperuntukkan sebagai acuan secara teoritis untuk melakukan perencanaan. Selain itu, studi literatur juga berguna untuk menentukan pilihan data mana saja yang diperlukan untuk proses keseluruhan dalam suatu perencanaan, baik itu data primer maupun data sekunder. Dalam proses perencanaan nanti, harus dilakukan perbandingan secara berkelanjutan terhadap studi literatur yang sudah ada untuk mendapatkan dasar perbaikan yang valid. Studi literatur yang digunakan pada perencanaan ini berasal dari buku teks, jurnal, artikel, studi, dan sumber lainnya yang dapat dipertanggung jawabkan isinya. Data pendukung yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah :

1. Gambaran umum perumahan bumi marina emas di Surabaya
2. Karakteristik air limbah berupa baku mutu, kualitas dan kuantitas air limbah pada perumahan bumi marina emas di Surabaya
3. Unit IPAL yang direncanakan adalah bak ekualisasi, bak pengendap, *Anaerobic Filter*, *Anaerobic Baffled Reactor*.
4. Hasil penelitian dan perencanaan terdahulu.

### 3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan salah satu langkah penting dalam suatu perencanaan. Data yang dibutuhkan harus menunjang untuk mempermudah pelaksanaan perencanaan yang akan dilakukan nanti. Data yang diperlukan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data tersebut meliputi:

1. Data penggunaan air bersih dari rekening pemakaian air pada tahun 2016
2. Data karakteristik air limbah perumahan Bumi Marina Emas meliputi COD, BOD, TSS yang didapatkan dari penelitian terdahulu.
3. Cara perhitungan dimensi unit ABR dan AF berdasarkan perhitungan Sasse

4. Baku mutu air limbah berdasarkan Permen LHK No. 68 Tahun 2016.
5. Brosur penjualan alat dan bahan bangunan kota Surabaya atau HSPK Kota Surabaya tahun 2016.

### 3.2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data adalah deskriptif perencanaan yang dijelaskan secara mendalam dan ilmiah. Data yang didapat dari perumahan Bumi Marina Emas nanti akan diolah, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut. Pengolahan data yang dilakukan meliputi :

1. Menghitung penggunaan air bersih yang digunakan pada perumahan Bumi Marina Emas.
2. Perhitungan debit air limbah yang diasumsikan sebesar 70% dari total air bersih yang digunakan pada perumahan Bumi Marina Emas. Air limbah dihasilkan dari kegiatan domestik sebesar 70%-80% (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Dengan mempertimbangkan 70% air limbah yang dihasilkan belum mewakili perencanaan, sehingga perlu dikalikan dengan faktor keamanan (*peak factor*).
3. Perancangan sistem penyaluran air limbah dengan menggunakan metode *small bore sewer* dengan diameter minimum pipa adalah sebesar 100 mm
4. Baku mutu effluen yang digunakan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.
5. Penetapan kriteria desain berdasarkan pustaka berikut:

#### a. *Anaerobic Baffled Reactor*

Kriteria desain untuk *Anaerobic Baffled Reactor* meliputi:

- |                           |   |           |                             |
|---------------------------|---|-----------|-----------------------------|
| 1) Beban Organik          | : | < 3       | Kg COD/m <sup>3</sup> .hari |
| 2) HRT                    | : | > 8       | Jam                         |
| 3) Penyisihan BOD         | : | 70% - 95% |                             |
| 4) Removal BOD            | : | 65% - 90% |                             |
| 5) <i>Upflow velocity</i> | : | < 2       | m/jam                       |

(Sumber : Tschobanoglous *et al.*, 2003; Sasse, 2009)

b. *Anaerobic Filter*

Kriteria desain untuk *Anaerobic Filter* meliputi:

- |                        |   |             |                                |
|------------------------|---|-------------|--------------------------------|
| 1) Beban Organik       | : | 4 - 5       | Kg COD/m <sup>3</sup> .hari    |
| 2) HRT                 | : | 24 - 48     | Jam                            |
| 3) Penyisihan BOD      | : | 70% - 90%   |                                |
| 4) Rasio SS/BOD        | : | 0,35 - 0,45 |                                |
| 5) Luas spesifik media | : | 80 - 180    | m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> |
| 6) Massa kosong filter | : | 30% - 45%   |                                |
| 7) Upflow velocity     | : | < 2         | m/jam                          |

(Sumber : Sasse, 1998)

6. Perhitungan dimensi bak ekualisasi, bak pengendap, *anaerobic baffled reactor*, dan *anaerobic filter* berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya dan menggunakan program *Microsoft Excel*.
7. Menggambar *Detailed engineering design* (DED) masing-masing unit IPAL yang akan dibangun, meliputi bak ekualisasi, bak pengendap, *anaerobic baffled reactor*, dan *anaerobic filter* beserta aksesoris pelengkap berdasarkan data hasil perhitungan.
8. Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ), dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan dari DED yang sudah dibuat, dengan harga barang pasaran yang ada di Surabaya, atau menggunakan Harga Pokok Satuan Kerja (HSPK) kota surabaya tahun 2016

### 3.2.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan merupakan ulasan dari data yang telah diolah sebelumnya. hasil dan pembahasan dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Dimensi dan gambar DED, BOQ, dan RAB untuk bak ekualisasi
2. Dimensi dan gambar DED, BOQ, dan RAB untuk bak pengendap
3. Dimensi dan DED, BOQ, dan RAB untuk *Anaerobic Baffled Reactor*
4. Dimensi dan DED, BOQ, dan RAB untuk *Anaerobic Filter*

5. Perbandingan dimensi, luas lahan yang dibutuhkan, efisiensi removal, RAB, serta kekurangan dan kelebihan dari unit *Anaerobic baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*

### **3.2.6 Pembuatan Laporan**

Merupakan penyusunan hasil perencanaan sesuai dengan studi literatur dan data yang diperoleh, mulai dari awal hingga akhir perencanaan

### **3.2.7 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dihasilkan setelah proses analisis data dan pembahasan yang telah dihubungkan dengan literatur yang sudah ada beserta tujuan dari perencanaan ini. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan perencanaan ini. Selain itu, kesimpulan juga dapat menjadi landasan untuk pengambilan saran. Saran ini nantinya akan berguna untuk perbaikan ketika nanti unit IPAL sudah mulai beroperasi. Kesimpulan dari tugas akhir ini meliputi:

1. Diameter pipa sistem penyaluran air limbah
2. Desain unit *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*
3. RAB pembangunan untuk masing-masing *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*
4. Kekurangan dan kelebihan dari *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* berdasarkan parameter yang dibandingkan yaitu dimensi, efisiensi penyisihan, biaya konstruksi dan *Operation and Maintenance*.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Perhitungan Debit dan Kualitas Air Limbah**

Perhitungan debit dan kualitas air limbah dilakukan untuk mendapatkan debit influen yang akan masuk ke dalam IPAL, sedangkan kualitas air limbah dibutuhkan untuk mengetahui zat pengotor yang masuk ke dalam IPAL. Karena kedua hal ini akan mempengaruhi dimensi IPAL yang akan dibutuhkan untuk perencanaan nanti. Data yang dipakai untuk menghitung debit dan kualitas air limbah ini berasal dari data sekunder.

##### **4.1.1 Perhitungan Debit Air Limbah**

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada debit air bersih. Data penggunaan air bersih didapatkan dari pada penggunaan air bulanan rumah di daerah tersebut selama satu tahun, yang kemudian di rata-rata dan dibagi dengan jumlah orang pada rumah tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh menggunakan cara tersebut, kebutuhan air bersih rata-rata selama satu tahun pada Perumahan Bumi Marina Emas adalah  $0,149 \text{ m}^3/\text{orang.hari}$ . berdasarkan data tersebut, dapat dihitung debit air limbah yang dihasilkan yaitu 70% dari debit air bersih perhitungan debit air limbah adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit rata-rata air limbah} &= 70\% \times 0,149 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \\ &= 0,105 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \end{aligned}$$

Setelah diketahui debit rata-rata air limbah, maka harus diketahui debit total air limbah pada Perumahan Bumi Marina Emas. Pada Perumahan Bumi marina Emas, diketahui terdapat sebanyak 483 rumah. Apabila jumlah tersebut dikalikan dengan jumlah kepadatan maksimum pada satu rumah yaitu 5, maka didapatkan total penduduk perumahan Bumi Marina Emas adalah 2415 orang. Selanjutnya, angka tersebut dikalikan dengan debit rata-rata air limbah, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Debit total} &= 0,105 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \times 2415 \text{ orang} \\ &= 252 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$



Pada Gambar 4.1, dapat dilihat contoh tagihan rekening yang diambil dari salah satu konsumen PDAM Surabaya. Data tersebut diambil menggunakan nomor rekening konsumen PDAM Surabaya yang dimasukkan kedalam *website* Surya Sembada. Data yang akan keluar pada *website* tersebut berupa jumlah penggunaan air dalam satuan m<sup>3</sup> dan juga total biaya dari penggunaan air tersebut.

KETERANGAN	PEMAKAIAN (M3)	RUPIAH / M3	SUB TOTAL (Rp)	TOTAL (Rp)
REKENING RESTITUSI (Rp)		(B)		0,00
REKENING SUPPLISI (Rp)		(B)		0,00
TUNGGAKAN REKENING SEBELUMNYA (Rp)		(B)		0,00
DENDA TUNGGAKAN REKENING (Rp)		(B)		0,00
BIAYA PEMAKAIAN AIR		(B)		
PEMAKAIAN I	10	1.500,00	15.000,00	
PEMAKAIAN II	10	2.200,00	22.000,00	
PEMAKAIAN III	36	3.500,00	126.000,00	
PEMAKAIAN IV	0	0,00	0,00	
Total Biaya Pemakaian Air (Rp)				163.000,00
RETRIBUSI KEBERSIHAN (Rp)		(C)		11.500,00
BEA MATERAI LUNAS (Rp)		(C)		0,00
BIAYA ADMINISTRASI (Rp)		(A)		0,00
SEWA METER (Rp)		(C)		2.400,00
TOTAL TAGIHAN (Rp)				176.900,00
DASAR PENGENAAN PAJAK (ATAS TAGIHAN TIPE A) (Rp)		2.400,00		
PPN 10% * DASAR PENGENAAN PAJAK				240,00
GRAND TOTAL TAGIHAN TERMA SUK PPN				177.140,00

**Gambar 4. 1 Tagihan Rekening Penggunaan Air PDAM Surabaya**

#### 4.1.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah

Data kualitas air limbah didapatkan dari data sekunder. Untuk data kualitas baik *greywater* maupun *blackwater* didapat dari penelitian sebelumnya. Setelah dilakukan pencarian kualitas air limbah Kota Surabaya, maka didapat hasil sebagai berikut:

##### 1. *Blackwater*

*Blackwater* merupakan air limbah yang berasal dari buangan WC. Pada perumahan Bumi Marina Emas, sudah terdapat tangki spetik pada tiap rumahnya, sehingga *blackwater* yang akan diolah pada perencanaan ini merupakan air limbah sisa pengolahan *blackwater*. Setelah dilakukan pencarian, maka didapat data kualitas air limbah *blackwater* sebagai berikut:

- a. BOD = 560 mg/L

- b. COD = 905 mg/L
  - c. TSS = 970 mg/L
- (Sumber : Saifulloh, 2015)

## 2. Greywater

*Greywater* merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan mencuci seperti mandi, mencuci piring, mencuci mobil, mencuci pakaian, dsb. Karakteristik air limbah *greywater* kali ini menggunakan data sekunder dari penelitian sebelumnya yang ada di sekitar Perumahan Bumi marina Emas. Setelah dilakukan pencarian, maka didapat data kualitas air limbah *greywater* sebagai berikut:

- a. BOD = 123 mg/L
  - b. COD = 320 mg/L
  - c. TSS = 100 mg/L
- (Sumber : Prakoso, 2016)

- a. BOD = 45,33 mg/L
  - b. COD = 93,67 mg/L
  - c. TSS = 43,67 mg/L
- (Sumber : Kadariswan, 2008)

- a. BOD = 105 mg/L
  - b. COD = 164 mg/L
  - c. TSS = 132 mg/L
- (Sumber : Mahatyanta, 2016)

Setelah didapat data kualitas air limbah *greywater* di Surabaya, maka dicari rata-rata ketiga parameter kualitas air limbah *greywater* tersebut menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M1 \times V1 + M2 \times V2 + M3 \times V3 = MC \times VC \quad (4.1)$$

Rumus tersebut digunakan untuk mencari konsentrasi campuran dari ketiga parameter yang telah diketahui. Dengan asumsi bahwa penelitian parameter menggunakan Volume sebesar 100 mL, maka didapat volume campuran sebesar 300 mL. Dan diketahui pula konsentrasi tiap penelitian dari data yang sudah ada. Maka didapat konsentrasi untuk parameter campuran untuk air limbah *greywater* adalah sebagai berikut :

- a. BOD = 91 mg/L
- b. COD = 193 mg/L
- c. TSS = 79 mg/L

Baku mutu air limbah merupakan batas maksimum air limbah boleh memasuki badan air. Hal ini sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Baku mutu untuk air limbah telah ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.1.

#### 4.2 Perhitungan Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini nantinya akan menyalurkan air limbah *greywater* dan *blackwater* secara bersamaan. Pipa ini menyalurkan air limbah yang berasal dari tiap rumah menuju IPAL untuk diolah nantinya.

Sistem penyaluran air limbah yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah sistem *small bore sewer*. Sistem merupakan jenis sistem dengan pipa tertutup, dan diameter yang kecil. Sistem ini dipilih karena sudah ada tangki septik eksisting yang memisahkan antara padatan dan cairan dalam air buangan *blackwater* sehingga air buangan yang akan dialirkan hanya berupa cairan. Hal ini menghasilkan sistem yang dapat berjalan dengan *slope* yang landai dan diameter pipa yang tidak terlalu besar dengan diameter minimum 50 mm. *Slope* yang dibutuhkan untuk membangun saluran *small bore sewer* tidak perlu terlalu miring. Sebab, sistem aliran pada *small bore sewer* menerapkan sistem aliran dengan pipa penuh, sehingga *slope* atau kemiringan pipa tidak perlu terlalu besar. *Slope* minimum yang diperlukan untuk mengalirkan air pada sistem *small bore sewer* adalah sebesar 2,5%

Pembangunan sistem penyaluran air limbah ini mengikuti saluran yang ada pada jalan di Perumahan Bumi Marina Emas. Selain itu, pada saluran ini akan dibangun *manhole* dengan jarak antara 50 m-100 m. Hal ini dilakukan juga untuk mempermudah pengecekan kebocoran pada pipa dan juga mempermudah teknisi untuk melakukan *maintenance*. Selain itu, pemasangan SPAL pada pinggir jalan dapat mengurangi beban tegang yang diakibatkan oleh jalan yang dilintasi oleh kendaraan bermotor.

Perencanaan aliran sistem penyaluran air limbah serta profil hidrolis pada Lampiran A.

#### 4.2.1 Perhitungan Diameter Pipa

Perencanaan sistem penyaluran air limbah digunakan untuk melayani Perumahan Bumi Marina Emas. Kecepatan minimum yang diperbolehkan adalah 0,4 m/s dan tidak lebih dari 2,5 m/s. Hal ini diperlukan untuk mencegah clogging atau penyumbatan pada pipa. Namun, apabila air limbah yang dialirkan hanya berupa cairan, maka kecepatan minimum yang diperbolehkan dapat lebih rendah dari 0,4 m/s.

Dalam merencanakan sistem *small bore sewer*, diameter pipa direncanakan terlebih dahulu. Kemudian, debit limbah ketika pipa penuh dihitung menggunakan rumus manning. Sebelum itu, data yang diperlukan untuk perhitungan sistem *small bore sewer* seperti elevasi medan, jarak pipa, jumlah yang terlayani, serta debit limbah harus dicari terlebih dahulu. Untuk melihat lebih jelas mengenai data yang dibutuhkan untuk merancang sistem penyaluran air limbah ini. Kebutuhan data untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 mengenai data untuk perhitungan sistem penyaluran *small bore sewer*. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{ave}} \times \text{Jumlah Terlayani} \quad (4.2)$$

Dimana :

$$Q_{\text{total}} = \text{Debit dari rumah yang terlayani} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$Q_{\text{ave}} = \text{Debit rata-rata air limbah} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Sedangkan, dalam menentukan elevasi pipa, digunakan aplikasi *Google Earth* untuk mengetahui elevasi medan di pada titik tersebut. Untuk melakukan perhitungan panjang pipa, maka digunakan panjang pipa pada gambar, yang kemudian dikalikan dengan skala. Penentuan titik / stasiun ditentukan dengan menomori letak letak dari pertigaa / belokan pipa, sehingga memudahkan pada saat perhitungan.

**Tabel 4. 1 Data untuk Perhitungan Sistem *Small Bore Sewer***

No.	Jalur Pipa	Elevasi		Jarak	Jumlah Terlayani	Debit m <sup>3</sup> /s
		Awal	Akhir	m		
1	A1	3,5	3,5	95	24	0,00021
2	B1	3,5	3,5	75	16	0,00014
3	C1	3,5	3,5	161	26	0,00022
4	D1	3,5	3,5	117	23	0,00020
5	E1	3,5	3,5	115	24	0,00021
6	F1	3,5	3,5	114	21	0,00018
7	G1	3,5	3,5	102	21	0,00018
8	H1	3,5	3,4	144	21	0,00018
9	I1	3,5	3,4	151	35	0,00030
10	J1	3,5	3,4	151	10	0,00009
11	K1	3,4	3,4	165	10	0,00009
12	L1	3,4	3,4	165	30	0,00026
13	M1	3,4	3,4	167	30	0,00026
14	N1	3,4	3,4	164	3	0,00003
15	AA1	3,5	3,4	118	89	0,00077
16	AB1	3,5	3,4	122	66	0,00057
17	AC1	3,4	3,4	136	66	0,00057
18	AD1	3,4	3,4	180	73	0,00063
19	A2	3,6	3,5	61	15	0,00013
20	B2	3,6	3,5	85	19	0,00016
21	C2	3,6	3,5	97	23	0,00020
22	D2	3,6	3,5	97	22	0,00019
23	E2	3,6	3,5	86	17	0,00015
24	F2	3,6	3,5	94	22	0,00019
25	G2	3,6	3,5	95	21	0,00018
26	H2	3,6	3,5	93	21	0,00018
27	I2	3,6	3,5	96	17	0,00015
28	PR1	3,4	3,4	542	233	0,00201
29	PR2	3,5	3,4	608	177	0,00153
30	PR3	3,4	3,4	39	250	0,00216
31	IPAL	3,4	3,4	5	483	0,00416

Selanjutnya, dicari kecepatan dalam pipa. Kecepatan tersebut tidak boleh kurang dari 0,4 m/s hal ini agar air dalam pipa dapat mengalir dengan kekuatan gravitasi tanpa memerlukan pompa tambah sebagai alah bantu alirannya. Selain itu juga, kecepatan airan dalam pipa juga tidak boleh melebihi dari 2,5 m/s. Hal ini untuk mencegah terjadinya penggerusan pada dalam pipa akibat arus air yang terlalu cepat. Akibatnya, pipa pengalir air limbah cepat mengalami kerusakan. Untuk perhitungan Selanjutnya dalam perencanaan SPAL ini, dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 4. 2 Perhitungan untuk Perencanaan *Small Bore Sewer***

No.	Jalur Pipa	Diameter Pipa (mm)	Q full	A full	v full
			m <sup>3</sup> /s	m <sup>2</sup>	m/2
1	A1	100	0,0028	0,008	0,4
2	B1	100	0,0028	0,008	0,4
3	C1	100	0,0028	0,008	0,4
4	D1	100	0,0028	0,008	0,4
5	E1	100	0,0028	0,008	0,4
6	F1	100	0,0028	0,008	0,4
7	G1	100	0,0028	0,008	0,4
8	H1	100	0,0028	0,008	0,4
9	I1	100	0,0028	0,008	0,4
10	J1	100	0,0028	0,008	0,4
11	K1	100	0,0028	0,008	0,4
12	L1	100	0,0028	0,008	0,4
13	M1	100	0,0028	0,008	0,4
14	N1	100	0,0028	0,008	0,4
15	AA1	100	0,0028	0,008	0,4
16	AB1	100	0,0028	0,008	0,4
17	AC1	100	0,0028	0,008	0,4
18	AD1	100	0,0028	0,008	0,4
19	A2	100	0,0028	0,008	0,4
20	B2	100	0,0028	0,008	0,4
21	C2	100	0,0028	0,008	0,4

**Lanjutan Tabel 4.2**

No.	Jalur Pipa	Diameter Pipa (mm)	Q full	A full	v full
			m <sup>3</sup> /s	m <sup>2</sup>	m/2
22	D2	100	0,0028	0,008	0,4
23	E2	100	0,0028	0,008	0,4
24	F2	100	0,0028	0,008	0,4
25	G2	100	0,0028	0,008	0,4
26	H2	100	0,0028	0,008	0,4
27	I2	100	0,0028	0,008	0,4
28	PR1	100	0,0028	0,008	0,4
29	PR2	100	0,0028	0,008	0,4
30	PR3	100	0,0028	0,008	0,4
31	IPAL	100	0,0043	0,008	0,5

Pada perencanaan ini, diameter pipa untuk saluran direncanakan terlebih dahulu. Perencanaan diameter menggunakan diameter sebesar 100 mm untuk seluruh pipa. Untuk perhitungan Q pada saat pipa penuh, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{full} = \frac{1}{n} \times D^2/3 \times 0,3117 \times S^{1/2} \quad (4.3)$$

Dimana:  $Q_{full}$  = Debit limbah pada saat pipa penuh (m<sup>3</sup>/s)

n = kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

S = *slope*

Selanjutnya, untuk mencari A full, digunakan rumus sebagai berikut :

$$A_{full} = \pi \times r^2 \quad (4.4)$$

Dimana:  $A_{full}$  = Luas dalam pipa air limbah (m<sup>2</sup>)

r = jari-jari dalam pipa (m)

dan untuk mencari v full, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$v_{full} = Q_{full} \times A_{full}$$

Dimana:  $v_{full}$  = kecepatan aliran pada saat pipa penuh (m/s)

#### 4.2.2 Penanaman Pipa

Penanaman pipa dilakukan agar pipa saluran air limbah tidak berada diatas tanah. Penanaman pipa diusahakan selalu menurun dari arah ujung awal hingga ujung akhir sehingga tidak perlu dilakukan pemompaan. Pemompaan perlu dilakukan apabila penanaman pipa mencapai 7 meter dari permukaan tanah. Pada perencanaan ini, penanaman pipa diatur agar penanaman pipa tidak terlalu dalam dan kemiringan pipa tetap dapat mengaliri air limbah tanpa perlu dilakukan pemompaan. Data yang diperlukan untuk menghitung penanaman dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3 Data Perhitungan untuk Penanaman Pipa**

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope Pipa	Headloss (m)
			awal	akhir		
1	A1	95	3,5	3,5	0,003	0,285
2	B1	75	3,5	3,5	0,003	0,225
3	C1	161	3,5	3,5	0,003	0,483
4	D1	117	3,5	3,5	0,003	0,351
5	E1	115	3,5	3,5	0,003	0,345
6	F1	114	3,5	3,5	0,003	0,342
7	G1	102	3,5	3,5	0,003	0,306
8	H1	144	3,5	3,4	0,003	0,432
9	I1	151	3,5	3,4	0,003	0,453
10	J1	151	3,5	3,4	0,003	0,453
11	K1	165	3,4	3,4	0,003	0,495
12	L1	165	3,4	3,4	0,003	0,495
13	M1	167	3,4	3,4	0,003	0,501
14	N1	164	3,4	3,4	0,003	0,492
15	AA1	118	3,5	3,4	0,003	0,354



Lanjutan Tabel 4.3

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope Pipa	Headloss (m)
			awal	akhir		
16	AB1	122	3,5	3,4	0,003	0,366
17	AC1	136	3,4	3,4	0,003	0,408
18	AD1	180	3,4	3,4	0,003	0,54
19	A2	61	3,6	3,5	0,003	0,183
20	B2	85	3,6	3,5	0,003	0,255
21	C2	97	3,6	3,5	0,003	0,291
22	D2	97	3,6	3,5	0,003	0,291
23	E2	86	3,6	3,5	0,003	0,258
24	F2	94	3,6	3,5	0,003	0,282
25	G2	95	3,6	3,5	0,003	0,285
26	H2	93	3,6	3,5	0,003	0,279
27	I2	96	3,6	3,5	0,003	0,288
28	PR1	542	3,4	3,4	0,003	1,626
29	PR2	608	3,5	3,4	0,003	1,824
30	PR3	39	3,4	3,4	0,003	0,117
31	IPAL	5	3,4	3,4	0,007	0,035

Setelah didapat data yang sudah diperlukan untuk penanaman, maka dilakukan perhitungan untuk penanaman. Contoh perhitungan untuk pipa jalur A1:

Diketahui:

- Elevasi medan awal = 3,5 m
- Elevasi medan akhir = 3,5 m
- Penanaman pipa = 1 m
- Slope pipa = 0,3%

- e. Headloss = 0,285 m
- f. Pondasi pasir = 0,1 m
- Elevasi atas pipa awal = 3,5 m - 1 m = 2,5 m
- Elevasi atas pipa akhir = elevasi atas pipa medan akhir - headloss = 2,5 m - 0,3 m = 2,2 m
- Elevasi bawah pipa awal = elevasi atas pipa medan awal - diameter luar pipa = 2,5 m - 0,1 m = 2,4 m
- Elevasi bawah pipa akhir = elevasi atas pipa medan F - diameter luar pipa = 2,2 m - 0,1 m = 2,1 m
- Kedalaman galian awal = Elevasi medan awal - elevasi bawah awal - pondasi pasir = 3,5 m - 2,5 m - 0,1 m = 1,1 m
- Kedalaman gali akhir = Elevasi medan akhir - elevasi bawah pipa akhir - pondasi pasir = 3,5 m - 2,2 m - 0,1 m = 1,4 m

Perhitungan penanaman pipa secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.4. mengenai perhitungan penanaman SPAL

**Tabel 4. 4 Perhitungan Penanaman SPAL**

No.	Jalur Pipa	Elevasi atas pipa		Elevasi bawah pipa		Pondasi (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
		awal	akhir	awal	akhir		Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	A1	2,5	2,2	2,4	2,1	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5
2	B1	2,5	2,3	2,4	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
3	C1	2,3	2,0	2,2	1,9	0,1	1,3	1,6	1,4	1,7
4	D1	2,5	2,1	2,4	2,0	0,1	1,1	1,5	1,2	1,6
5	E1	2,5	2,2	2,4	2,1	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5
6	F1	2,5	2,2	2,4	2,1	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5
7	G1	2,5	2,2	2,4	2,1	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5
8	H1	2,5	2,1	2,4	2,0	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5

Lanjutan Tabel 4.4

No.	Jalur Pipa	Elevasi atas pipa		Elevasi bawah pipa		Pondasi (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
		awal	akhir	awal	akhir		Awal	Akhir	Awal	Akhir
9	I1	2,5	2,0	2,4	1,9	0,1	1,1	1,5	1,2	1,6
10	J1	2,5	2,0	2,4	1,9	0,1	1,1	1,5	1,2	1,6
11	K1	2,4	1,9	2,3	1,8	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7
12	L1	2,4	1,9	2,3	1,8	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7
13	M1	2,4	1,9	2,3	1,8	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7
14	N1	2,4	1,9	2,3	1,8	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7
15	AA1	2,22	1,9	2,1	1,8	0,1	1,4	1,6	1,5	1,7
16	AB1	2,16	1,8	2,1	1,7	0,1	1,4	1,7	1,5	1,8
17	AC1	2,07	1,7	2,0	1,6	0,1	1,4	1,8	1,5	1,9
18	AD1	1,91	1,4	1,8	1,3	0,1	1,6	2,1	1,7	2,2
19	A2	2,6	2,4	2,5	2,3	0,1	1,1	1,2	1,2	1,3
20	B2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
21	C2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
22	D2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
23	E2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
24	F2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
25	G2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
26	H2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
27	I2	2,6	2,3	2,5	2,2	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4
28	PR1	1,8	1,3	1,7	1,2	0,1	1,7	2,2	1,8	2,3
29	PR2	2,4	1,8	2,3	1,7	0,1	1,2	1,7	1,3	1,8
30	PR3	1,4	1,3	1,3	1,2	0,1	2,1	2,2	2,2	2,3
31	IPAL	1,3	1,3	1,2	1,2	0,1	2,2	2,2	2,3	2,3

#### 4.2.3 Pembuatan *Manhole*

Pembuatan *manhole* diperlukan untuk melakukan *maintenance* pada SPAL. Jarak antar *manhole* ditentukan berdasarkan besarnya pipa SPAL. Semakin besar pipanya, maka jarak antar *manhole* dapat dibuat lebih jauh juga. *Manhole* yang dikenal pada SPAL ada 4, yaitu *manhole* lurus, belokan,

pertigaan, dan *drop manhole*. *Drop manhole* digunakan apabila sambungan antar pipa berjarak lebih dari atau sama dengan 1 meter. Gambar tipikal untuk *manhole* dapat dilihat pada Lampiran B. Pada perencanaan SPAL ini, diameter pipa yang digunakan berdiameter 100 mm dan 150 mm, maka dari itu, *manhole* dapat dipasang dengan jarak antara 50 meter hingga 100 meter. Perhitungan banyaknya jumlah manhole yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4. 5 Jumlah Manhole pada SPAL**

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa (m)	D terpakai (mm)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole yang digunakan				Jumlah manhole
						Lurus	Belokan	Pertigaan	Drop manhole	
1	A1	Sekunder	95	100	50	2	1			3
2	B1	Sekunder	75	100	50	2	1			3
3	C1	Sekunder	161	100	50	2	1	1		4
4	D1	Sekunder	117	100	50	2		1		3
5	E1	Sekunder	115	100	50	2	1			3
6	F1	Sekunder	114	100	50	2		1		3
7	G1	Sekunder	102	100	50	2		1		3
8	H1	Sekunder	144	100	50	3	1			4
9	I1	Sekunder	151	100	50	3		1		4
10	J1	Sekunder	151	100	50	3		1		4
11	K1	Sekunder	165	100	50	3	1			4
12	L1	Sekunder	165	100	50	3		1		4
13	M1	Sekunder	167	100	50	3		1		4
14	N1	Sekunder	164	100	50	3		1		4
15	AA1	Sekunder	118	100	50		2	2		4
16	AB1	Sekunder	122	100	50		1	3		4
17	AC1	Sekunder	136	100	50		1	3		4
18	AD1	Sekunder	180	100	50		1	4		5
19	A2	Sekunder	61	100	50	1	1			2
20	B2	Sekunder	85	100	50	2		1		3
21	C2	Sekunder	97	100	50	2		1		3
22	D2	Sekunder	97	100	50	2		1		3
23	E2	Sekunder	86	100	50	2		1		3
24	F2	Sekunder	94	100	50	2		1		3
25	G2	Sekunder	95	100	50	2		1		3
26	H2	Sekunder	93	100	50	2		1		3
27	I2	Sekunder	96	100	50	2		1		3
28	PR1	Primer	542	100	50	7	1	3		11
29	PR2	Primer	608	100	50	2	1	9		12
30	PR3	Primer	39	100	50			2		2
31	IPAL	Primer	5	150	50			1		1

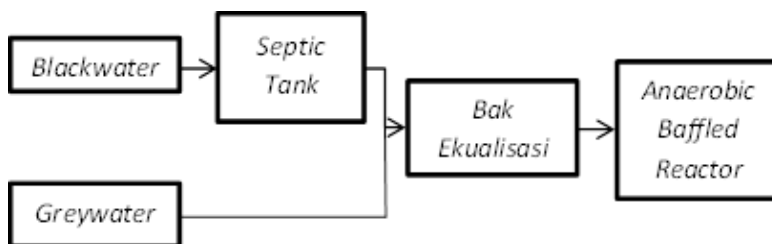
### 4.3 Desain Unit IPAL

Perencanaan unit IPAL harus berdasarkan pada tujuan akhir dari perencanaan ini, yaitu untuk menjaga kualitas effluen

air limbah agar tidak mencemari lingkungan yang berada disekitarnya. Dalam hal ini, batasan kualitas effluen telah ditetapkan oleh peraturan perundangan yang berlaku, yakni Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Hal ini berarti, setiap perencanaan IPAL yang dilakukan, harus sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Pada perencanaan unit IPAL ini, parameter yang dijadikan dasar perencanaan ini adalah BOD<sub>5</sub>, COD, dan TSS. Hal ini disebabkan karena ketiga parameter ini adalah parameter yang paling dapat mempresentasikan kandungan organik dalam air limbah sehingga paling sering dipakai sebagai acuan perencanaan IPAL secara umum.

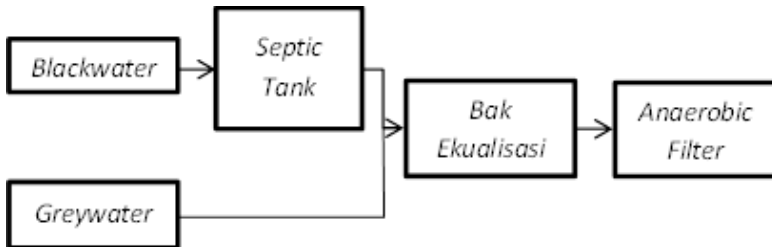
Untuk perencanaan unit IPAL kali ini, unit yang akan didesain adalah dua unit yang terdiri atas *anaerobic filter* yang menggunakan sistem media terlekat (*attached growth*) dan *anaerobic baffled reactor* yang menggunakan sistem media tersuspensi (*suspended growth*). Yang membadakan kedua sistem ini adalah adanya media yang digunakan oleh bakteri untuk tumbuh dan berkembang. Tujuan dari merencanakan kedua unit IPAL dengan sistem yang berbeda ini adalah untuk membandingkan tingkat efektifitas dan efisiensi antara kedua sistem tersebut. Skema dari perencana desain unit IPAL ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



**Gambar 4. 2 Skema Aliteratif 1 Unit IPAL**

Alternatif desain 1 menggunakan unit bak ekualisasi dan bak pengendap yang terintegrasi dengan ABR. Bak ekualisasi memiliki fungsi yaitu meredam *shock loading* baik berupa organik maupun hidrolis. Selain itu, bak ekualisasi juga berfungsi untuk

menyeragamkan kualitas serta debit air limbah yang akan masuk ke unit IPAL. Bak pengendap berfungsi sebagai pengendapan awal (*primary settlement*) yang akan mengendapkan padatan tersuspensi (*suspended solids*) yang dapat mengendap hanya dengan kekuatan gravitasi, serta mengurangi kandungan BOD<sub>5</sub>, COD, dan TSS.



**Gambar 4. 3 Skema Alternatif 2 Unit IPAL**

Alternatif desain 2 menggunakan unit bak ekualisasi dan bak pengendap yang terintegrasi dengan anaerobic filter. Bak ekualisasi memiliki fungsi yakni meredam *shock loading* baik berupa organik maupun hidrolis. Selain itu, bak ekualisasi juga berfungsi untuk menyeragamkan kualitas serta debit air limbah yang akan masuk ke unit IPAL. Bak pengendap berfungsi sebagai pengendapan awal (*primary settlement*) yang akan mengendapkan padatan tersuspensi (*suspended solids*) yang dapat mengendap hanya dengan kekuatan gravitasi, serta mengurangi kandungan BOD<sub>5</sub>, COD, dan TSS. *Anaerobic filter* yang didesain menggunakan sistem *upflow* dengan menggunakan media lekatan.

#### **4.3.1 Bak Ekualisasi**

Bak ekualisasi merupakan unit *pretreatment* yang berfungsi untuk menstabilkan debit serta kualitas air limbah yang akan memasuki unit pengolahan setelahnya. Tujuan dari stabilisasi ini adalah untuk mencegah *shock loading* yang dapat mengurangi tingkat efisiensi penyisihan air limbah pada unit pengolahan setelahnya. Selain itu, perhitungan bak ekualisasi yang tepat dapat mencegah terjadinya kesalahan perencanaan baik berupa *over design* (perencanaan dimensi yang terlalu

besar) maupun *under design* (perencanaan dimensi yang terlalu kecil).

### A. Perhitungan Dimensi

Perhitungan dimensi bak ekualisasi dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut:

1. Masukkan data fluktuasi debit air limbah

Fluktuasi ini berguna untuk mengetahui debit puncak dan minimum sehingga dimensi bak ekualisasi sesuai dengan volume air limbah. Data fluktuasi debit dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Data Fluktuasi Debit Air**

jam	% pemakaian	% pengaliran	Selisih	volume bak (%)
0-1	0,5	4,167	3,667	3,667
1-2	0,5	4,167	3,667	7,334
2-3	1	4,167	3,167	10,501
3-4	3	4,167	1,167	11,668
4-5	8	4,167	-3,833	7,835
5-6	13	4,167	-8,833	-0,998
6-7	7,5	4,167	-3,333	-4,331
7-8	5	4,167	-0,833	-5,164
8-9	3	4,167	1,167	-3,997
9-10	2	4,167	2,167	-1,83
10-11	2	4,167	2,167	0,337
11-12	1	4,167	3,167	3,504
12-13	2	4,167	2,167	5,671
13-14	2	4,167	2,167	7,838
14-15	7,5	4,167	-3,333	4,505
15-16	12,5	4,167	-8,333	-3,828
16-17	9	4,167	-4,833	-8,661

**Lanjutan Tabel 4.6**

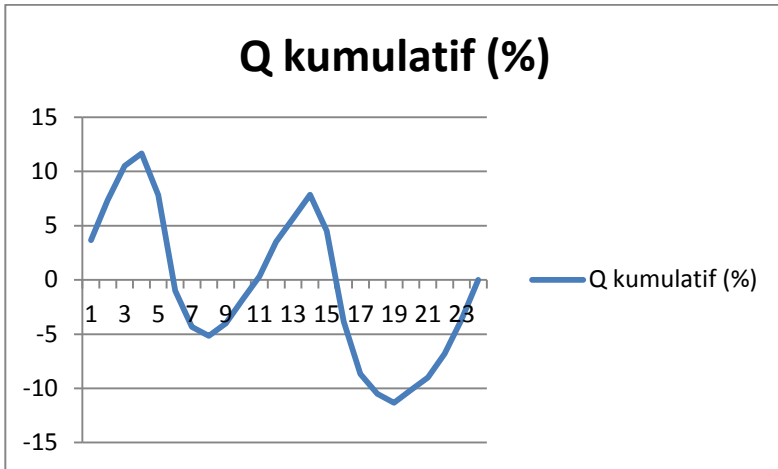
jam	% pemakaian	% pengaliran	Selisih	volume bak (%)
17-18	6	4,167	-1,833	-10,494
18-19	5	4,167	-0,833	-11,327
19-20	3	4,167	1,167	-10,16
20-21	3	4,167	1,167	-8,993
21-22	2	4,167	2,167	-6,826
22-23	1	4,167	3,167	-3,659
23-0	0,5	4,167	3,667	0,008

Berdasarkan Tabel 4.4 diatas, warna hijau menunjukkan maksimum bak ekualisasi terjadi. Dimana pada jam tersebut terjadi nilai kumulatif yang paling besar, yaitu 11,668%. Sedangkan warna kuning menunjukkan pengosongan maksimum bak ekualisasi dan terjadi nilai kumulatif yang paling kecil, yaitu -11,327%.

Pada Tabel 4.4, jam puncak penggunaan air bersih terjadi pada jam 5-6. Hal ini dapat terjadi karena banyaknya penduduk yang mandi, mencuci, shalat, serta bersiap-siap untuk melakukan aktivitas. Jam tersebut dapat menjadi jam puncak karena biasanya penduduk melakukan hal-hal tersebut secara serentak pada rentang jam tersebut. Sedangkan jam aktif penggunaan air terjadi pada pukul 5-19 hal ini diakibatkan oleh banyaknya aktivitas yang dilakukan pada siang hingga sore hari, akibatnya penggunaan air pada siang hari lebih tinggi jika dibandingkan dengan malam hari. Sedangkan untuk jam lain diasumsikan penggunaan air bersih untuk berwudhu, bersih-bersih, dan keperluan lain yang tidak terduga.

Jumlah presentase pengisian dan pengosongan maksimum tersebut merupakan kapasitas atau volume yang digunakan untuk merancang bak ekualisasi. Penjelasan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 4.4. pada grafik tersebut, garis biru merupakan debit kumulatif pada bak ekualisasi, sehingga dalam merancang bak ekualisasi, dibutuhkan batas maksimum serta batas minimum agar tidak terjadi kelebihan atau kurang dimensi pada saat perancangannya.





**Gambar 4. 4 Grafik Fluktuasi Debit Bak Ekualisasi**

2. Hitung dimensi

Dari data yang telah diperoleh diatas, maka volume bak ekualisasi yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= Q \text{ maks} \times (\% \text{terbesar} - \% \text{terkecil}) \\
 &= 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times (11,668\% - (-11,327\%)) \\
 &= 57,9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kedalaman air minimum dalam bak ditentukan sedalam 2 meter. Sedangkan, untuk kedalaman air minimum untuk pompa menggunakan  $t_d$  (waktu tinggal air) selama 10 menit. Hal ini dilakukan agar pompa tidak menjadi kering dan dapat mengakibatkan kerusakan pada pompa.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan (A)} &= \text{volume} / \text{kedalaman} \\
 &= 57,9 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 28,97 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar} = \text{Panjang} = (28,97)^{0,5} = 5,4 \text{ m}$$

Selanjutnya, hitung kedalaman air untuk pompa, menggunakan  $t_d$  10 menit dan debit rata-rata menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h \text{ air untuk pompa} &= Q_{\text{ave}} / A \times t_d \\
 &= 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} / 28,97 \times 10 \text{ menit} \\
 &= 0,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, tinggi bangunan ditambah dengan *freeboard* (fb) untuk mencegah *overflowing* dari air yang masuk ke dalam bangunan bak ekualisasi. Ketinggian fb yang digunakan sebesar m. Maka didapat dimensi bak ekualisasi adalah sebagai berikut:

- a) Panjang = 5,4 m
- b) Lebar = 5,4 m
- c) Kedalaman = 2 m + 0,1 m + 0,3 m + 2,3 = 4,7 m

## B. Pompa

Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa yang digunakan disini berfungsi unntuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa adalah sebagai berikut:

1. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah 2 kali dari debit rata-rata. Hal ini dikarenakan setengah dari debit pompa akan diresirkulasi ke dalam bak ekualisasi sebagai proses mixing agar pemerataan kualitas air limbah semakin optimal.
2. Kecepatan aliran dalam pipa harus < 2 m/detik untuk mencegah terjadinya penggerusan pada pipa akibat adanya aliran air yang terlalu cepat.

Pompa yang akan digunakan pada bak pengumpul ini adalah pompa yang berjenis submersible pump / pompa terendam. Berikut ini merupakan perhitungan yang menjadi dasar penentuan spesifikasi pompa.

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah pompa pada bak ekualisasi} &= 1 \text{ buah} \\
 \text{Kecepatan aliran (v)} &= 1 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Debit aliran (Q)} &= Q_{\text{ave}} \times 2 \\ &= 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \\ &= 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas permukaan pipa} &= Q / v \\ &= 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\ &= 0,00583 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times Q}{2 \times \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00583 \text{ m}^3/\text{detik}}{2 \times 3,14}} \\ &= 0,056 \text{ m} \approx 100 \text{ mm (diameter pasaran)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Head Pompa} &= \text{Head statis} + \text{Head Sistem} \\ \text{Head statis} &= 4,55 \text{ m} \\ \text{Head sistem} &= H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + H_v \\ H_f \text{ mayor} &= H_f \text{ discharge}\end{aligned}$$

Diketahui:

$$\text{Panjang pipa discharge pompa} = 7,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}H_f \text{ discharge} &= \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[ \frac{5,8 \text{ L/s}}{0,00155 \times 130 \times 100^{2,63}} \right]^{1,85} \times 7,9 \\ &= 7 \times 10^{-7}\end{aligned}$$

$$H_f \text{ minor akibat Tee (K} = 0,9)$$

$$H_f \text{ minor} = \left( \frac{kv^2}{2g} \right) = 0,045 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor akibat belokan (K} = 0,5)$$

$$H_f \text{ minor} = \left( \frac{kv^2}{2g} \right) = 0,076 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}H_f \text{ minor total} &= H_f \text{ minor belokan} + H_f \text{ minor tee} \\ &= 0,121\end{aligned}$$

$$H_v = \frac{v^2}{2g} = 0,051$$

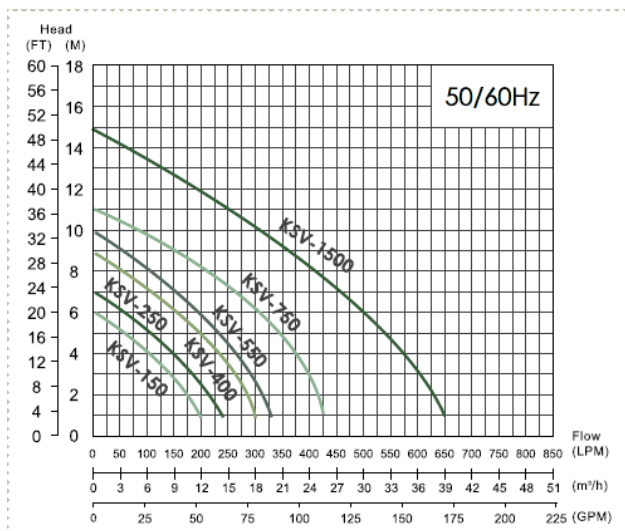
$$\begin{aligned}\text{Head sistem} &= H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + H_v \\ &= 7 \times 10^{-7} + 0,121 + 0,051 \\ &= 0,172\end{aligned}$$

Sehingga head pompa yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned}\text{Head pompa} &= \text{head statis} + \text{head sistem} \\ &= 4,55 \text{ m} + 0,172 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,722 \text{ m} \\
 \text{Power pompa} &= g \times Q \times H_f \times \text{densitas} \\
 &= 9,81 \times 0,0058 \times 4,722 \times 1000 \\
 &= 268 \text{ Watt} \\
 &= 0,268 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, kebutuhan pompa yang telah didapat selanjutnya *diplotting* ke dalam grafik pompa, sehingga diketahui model pompa yang dibutuhkan untuk perencanaan ini. Grafik pompa selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.6. pompa yang digunakan adalah pompa khusus untuk air limbah, sehingga tidak mudah terjadi penyumbatan pada salurannya. Selain itu, spesifikasi pada pompa yang telah dicari merupakan spesifikasi minimum pada pompa, apabila spesifikasi pompa lebih dari spesifikasi minimum, maka pompa tersebut dapat digunakan.



**Gambar 4. 5 Grafik Pompa**

setelah dilakukan plotting pada grafik pompa, maka didapat pompa dengan jenis sebagai berikut:

- Nama Produk : Hung Pump KSV-150
- Daya : 1,5 kW
- Head Maks : 6 m



**Gambar 4. 6 Hung Pump KSV-150**

### **C. Debit Campuran**

Bak ekualisasi merupakan tempat pencampuran dari *greywater* dan effluen dari tangki septik. Kedua jenis air limbah tersebut memiliki karakteristik yang berbeda sehingga konsentrasi limbah yang diketahui juga akan berubah. Persentase kuantitas masing-masing air limbah diambil dari penelitian terdahulu. Setelah diketahui kualitas baik dari *blackwater* maupun *greywater*nya, maka konsentrasi limbah campuran dari kedua air limbah tersebut menggunakan rumus 4.1. diketahui dari penelitian sebelumnya, persentase antara air limbah *blackwater* dengan air limbah *greywater* adalah sebagai berikut:

- a. *Greywater* : 91,5%
- b. *Blackwater* : 8,5%

(Sumber : Saifulloh, 2015)

Berdasarkan persentase tersebut, dengan menggunakan rumus 4.1 dan asumsi volume air limbah adalah 100 mL, maka didapat volume campuran dari *greywater* dan *blackwater* adalah sebagai berikut:

- a. BOD = 131 mg/L
- b. COD = 253 mg/L
- c. TSS = 154 mg/L

#### 4.3.2 Anaerobic Baffled Reactor

*Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan unit IPAL untuk Alternatif 1. Unit ini telah terintegrasi dengan bak pengendap. Perhitungan untuk ABR adalah sebagai berikut:

##### A. Perhitungan Dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain bangunan IPAL. Menurut sasse (1998), kriteria desain *Anaerobic Baffled Reactor* adalah sebagai berikut:

1. *Upflow Velocity* : 1,2 – 2 m/jam
2. Penyisihan BOD : 70% - 90%
3. *Organic loading* : < 3 kg COD/m<sup>3</sup>.hari
4. HRT : ≥ 8 jam
5. Panjang Kompartemen : 50%-60% dari kedalaman
6. Rasio SS/COD : 0,35 – 0,45

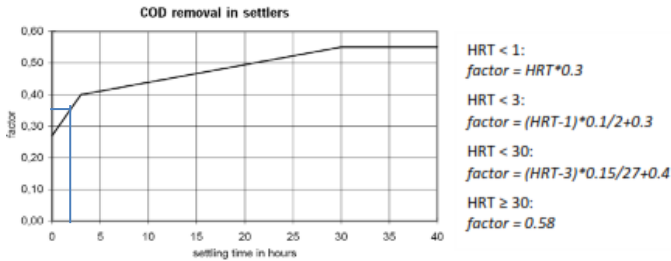
Diketahui :

Qave	= 252 m <sup>3</sup> /hari
CODin	= 253 mg/L
BODin	= 131 mg/L
TSSin	= 154 mg/L
Suhu air	= 28 °C
Rasio BOD/COD	= 0,49
Rasio SS/COD	= 0,4 (ketentuan 0,35 – 0,45)
Operasional	= 24 jam

Perhitungan :

Qper jam	= Qave / waktu pengaliran
	= 252 m <sup>3</sup> /hari / 24 jam
	= 10,5 m <sup>3</sup> /jam
%Removal COD	= rasio SS/COD / 0,6 x faktor HRT

Faktor HRT adalah faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada Tangki Septik dengan lamanya waktu tinggal air pada unit tersebut (*Hydraulic Retention Time*). Penentuan faktor HRT ini berdasarkan grafik pada Gambar 4.7.

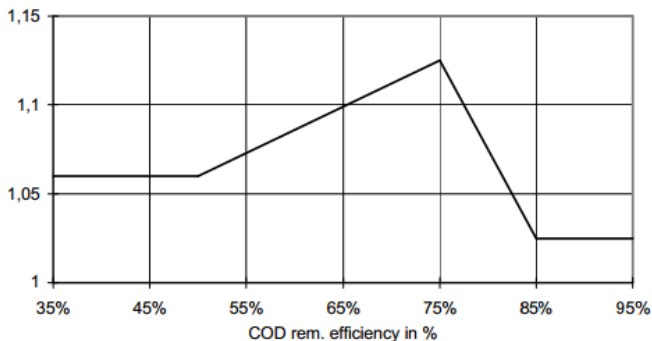


**Gambar 4. 7 Hubungan antara Removal COD dengan HRT**

Faktor HRT  $= (HRT - 1) \times (0,1/2) + (0,3)$   
 $= (2 - 1) \times (0,1/2) + (0,3)$   
 $= 0,35$

% removal COD  $= 0,4 / 0,6 \times 0,35$   
 $= 23\%$

Untuk menentukan persentase removal BOD, harus ditentukan terlebih dahulu rasio removal BOD/COD yang dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 4.8.



**Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan BOD**

Dari perhitungan sebelumnya didapat removal COD yaitu sebesar 23%. Apabila dihubungkan dengan Gambar 4.8, maka didapat rasio removal BOD/COD yaitu sebesar 1,06. Meskipun dalam grafik tidak terdapat efisiensi removal yang didapat, kita dapat menarik garis lurus dari batas minimum efisiensi pada

grafik hingga persentase efisiensi yang kita dapat. Sehingga, dapat dicari efisiensi removal BOD dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ removal BOD} &= \text{rasio remBOD/remCOD} \times \% \text{removal COD} \\
 &= 1,06 \times 23\% \\
 &= 25\% \\
 \text{COD removal} &= \text{CODin} \times \% \text{removal COD} \\
 &= 253 \text{ mg/L} \times 23\% \\
 &= 58,87 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BODin} \times \% \text{removal BOD} \\
 &= 131 \times 25\% \\
 &= 32,75 \text{ mg/L} \\
 \text{COD ef} &= \text{CODin} \times (1 - \% \text{removal COD}) \\
 &= 253 \text{ mg/L} \times 24\% \\
 &= 194,13 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD ef} &= \text{BODin} \times (1 - \% \text{removal BOD}) \\
 &= 131 \times 75\% \\
 &= 98,25 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

TSS efluen dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD efluen. Sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS ef} &= \text{rasio SS/COD} \times \text{COD ef} \\
 &= 0,4 \times 194,13 \text{ mg/L} \\
 &= 77,65 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ removal TSS} &= (\text{TSS in} - \text{TSS ef}) / \text{TSS in} \times 100\% \\
 &= (154 \text{ mg/L} - 77,65 \text{ mg/L}) / 154 \text{ mg/L} \times 100\% \\
 &= 50\% \\
 \text{TSS removal} &= \text{TSS in} - \text{TSS ef} \\
 &= 154 \text{ mg/L} - 77,65 \text{ mg/L} \\
 &= 76,35 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi tangki septik yang berfungsi sebagai bak pengendap adalah sebagai berikut:

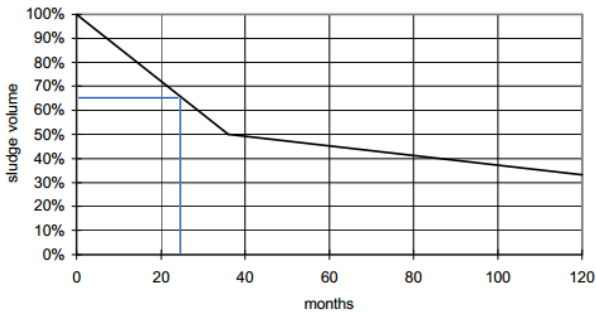
Direncanakan :

$$\text{Jumlah kompartemen} = 1 \text{ buah}$$



H air di inlet = 2 m  
 Waktu pengurasan = 24 bulan

Setelah direncanakan waktu pengurasan lumpur pada bak pengendap maka dicari volume lumpur setelah reduksi pada masa pengendapan menggunakan Gambar 4.9.



**Gambar 4. 9 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan**

Dengan memasukkan perencanaan masa simpan lumpur kedalam grafik, maka didapatkan penurunan volume lumpur hingga 66%

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Lumpur / BOD rem} &= 0,005 \times \text{faktor reduksi lumpur} \\ &= 0,005 \times 66\% \\ &= 0,00322 \text{ L/g BOD rem} \end{aligned}$$

$$\text{BOD rem} = 32,75 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur BOD} &= \text{Lumpur / BOD rem} \times \text{BOD rem} / 1000 \\ &= 0,00322 \text{ L/g BOD rem} \times 32,75 \text{ mg/L} / 1000 \end{aligned}$$

$$= 0,000105 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur total} &= \text{volume lumpur BOD} \times \text{waktu} \\ &\quad \text{pengurasan} \times \text{Qave} \\ &= 0,000105 \text{ m}^3/ \text{m}^3 \times 24 \text{ bulan} \times 252 \\ &\quad \text{m}^3/\text{hari} \\ &= 19,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume air} = \text{HRT} \times \text{debit puncak}$$

$$= 21 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = 40,1 \text{ m}^3$$

Luas Permukaan bak	= volume total / kedalaman
	= 20,05 m <sup>2</sup>
Rasio panjang : lebar	= 4 : 3
Luas permukaan	= panjang x lebar
Panjang	≈ 5,2 m
Lebar	≈ 3,9 m
Cek luas permukaan	= panjang x lebar
	= 5,2 m x 3,9 m
	= 20,28 m

Perhitungan biogas tangki septik diasumsikan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH<sub>4</sub> (*methane*), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut menjadi bioflok (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

Produksi gas	= COD rem x Q x 0,35 / 1000 x 0,7 / 0,5
	= 58,87 mg/L x 252 m <sup>3</sup> /hari x 0,35 / 1000 x 0,7 x 0,5
	= 1,82 m <sup>3</sup> /hari

Selanjutnya, untuk melakukan perhitungan dimensi dan removal pada ABR, maka dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut:

Diketahui:	
COD <sub>in</sub>	= 194,13 mg/L
BOD <sub>in</sub>	= 98,25 mg/L
TSS <sub>in</sub>	= 77,65 mg/L

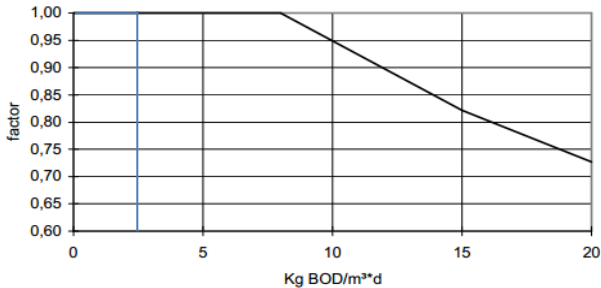
Direncanakan :	
Q average	= 252 m <sup>3</sup> /hari
Kecepatan upflow	< 2 m/jam
HRT	= 12 jam
H air	= 2 m
OLR	< 3 kg COD/m <sup>3</sup> .hari
Lebar bak	= lebar bak pengendap
Panjang kompartemen	= 50% - 60% kedalaman ABR

Panjang kompartemen = 1,2 m

Perhitungan :

Efisiensi penyisihan pada *Anaerobic Baffled Reactor*, dihitung berdasarkan empat faktor. Keempat faktor tersebut meliputi :

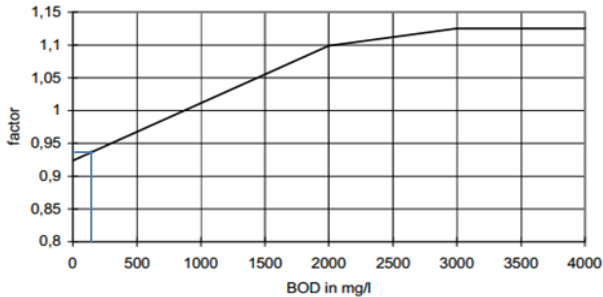
- a. *f-overload*, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara penyisihan BOD akibat beban organik yang berlebih dengan OLR yang sudah direncanakan. Penentuan *f-overload* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 4.10 tentang Hubungan antara removal BOD dengan beban organik pada ABR.



**Gambar 4. 10 Grafik Hubungan antara Removal COD dengan Beban Organik pada ABR**

Berdasarkan grafik tersebut, dengan OLR yang direncanakan sebesar  $< 3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$  didapat F-overload sebesar 1.

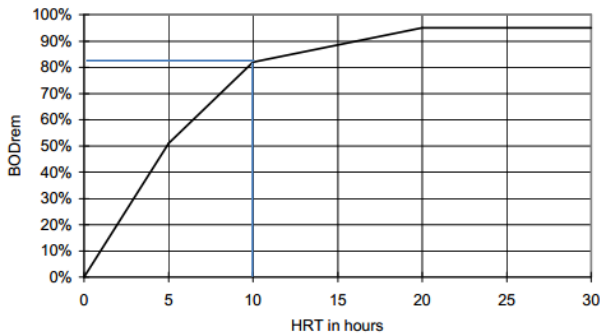
- b. Faktor kekuatan (*f-strength*), yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR, dengan kekuatan atau konsentrasi BOD yang ada pada air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-strength* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 4.11 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan kualitas air limbah pada *anaerobic baffled reactor*.



**Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara Faktor Removal dengan Konsentrasi BOD pada ABR**

Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan konsentrasi BOD influen ABR yaitu sebesar 98,5 mg/L, maka didapat *f-strength* sebesar 0,93.

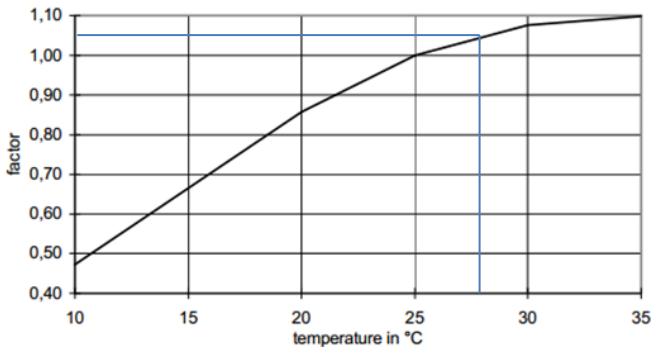
- c. F-HRT, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR dengan HRT. Penentuan F-HRT ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 4.12.



**Gambar 4. 12 Grafik Hubungan antara HRT dengan COD removal**

Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan nilai HRT pada ABR yaitu 10 jam, maka akan didapat F-HRT sebesar 0,83.

- d. *f-temperature* yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD yang ada pada ABR dengan suhu air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-temperature* ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 4.13 yaitu Grafik Hubungan efisiensi removal COD dengan temperatur pada ABR.



**Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara Suhu Pengolahan dengan Faktor Removal**

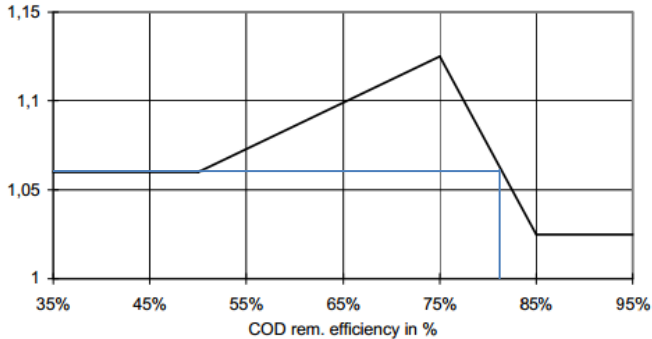
berdasarkan grafik tersebut, dengan suhu air yang akan diolah pada IPAL Anaerobic Filter ini sebesar 28°C, maka didapatkan F-temp sebesar 1,06.

Setelah keempat faktor tersebut diketahui besarnya, maka dapat diketahui removal COD pada *Anaerobic Baffled Reactor* dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \%remCOD \text{ pada ABR} &= F\text{-overload} \times F\text{-strength} \times F\text{-HRT} \times F\text{-temp} \\
 &= 1 \times 0,93 \times 0,83 \times 1,06 \\
 &= 82\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 COD_{ef} \text{ ABR} &= COD_{inf} \text{ ABR} \times (1 - COD_{rem} \text{ ABR}) \\
 &= 194,13 \text{ mg/L} \times (1 - 0,82) \\
 &= 34,94 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Kemudian, dicari removal BOD menggunakan Gambar 4.14 tentang hubungan efisiensi removal COD dengan removal BOD.



**Gambar 4. 14 Faktor Removal BOD dengan COD Removal**

Dari grafik tersebut, dapat diketahui BOD removal berdasarkan COD removal. Dari hasil perhitungan, didapat COD removal sebesar 82%. Apabila disesuaikan dengan grafik tersebut, maka didapat faktor rasio removal BOD/COD sebesar 1,06.

$$\begin{aligned}
 \% \text{BOD penyisihan total} &= \% \text{COD penyisihan total} \times \text{faktor penyisihan BOD/COD} \\
 &= 82 \% \times 1,06 \\
 &= 87 \% \\
 \text{BOD}_{\text{ef}} \text{ ABR} &= (1 - \% \text{penyisihan BOD}) \times \text{BOD}_5 \text{ influen} \\
 &= (1 - 0,87) \times 98,5 \text{ mg/L} \\
 &= 12,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

TSS efluen dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD efluen. Sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{ef}} &= \text{rasio SS/COD} \times \text{COD}_{\text{ef}} \\
 &= 0,4 \times 34,94 \text{ mg/L} \\
 &= 14 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ removal TSS} &= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{ef}}) / \text{TSS}_{\text{in}} \times 100\% \\
 &= (77,65 \text{ mg/L} - 14 \text{ mg/L}) / 77,65 \text{ mg/L} \times 100\% \\
 &= 82\% \\
 \text{TSS}_{\text{removal}} &= \text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{ef}}
 \end{aligned}$$

$$= 77,65 \text{ mg/L} - 14 \text{ mg/L}$$

$$= 63,65 \text{ mg/L}$$

Maka didapat effluen akhir dari ABR adalah sebagai berikut:

- a. BOD effluen = 12,8 mg/L
- b. COD effluen = 34,94 mg/L
- c. TSS effluen = 14 mg/L

Hasil dari effluen air limbah yang telah diolah, nantinya akan langsung dibuang ke saluran air terbuka yang kemudian dialirkan menuju sungai di sekitar tempat tersebut. Tidak ada penggunaan lebih lanjut untuk hasil effluen tersebut. Maka dari itu, akan dijadikan saran untuk perencanaan selanjutnya mengenai pemanfaatan air limbah hasil pengolahan effluen.

Selanjutnya, untuk melakukan perhitungan dimensi pada kompartemen ABR, maka diperlukan data sebagai berikut:

- a. Lebar kompartemen = Lebar bak pengendap
- b. Kedalaman = 2 m
- c. Panjang kompartemen = 1,2 m (60% dari kedalaman)

Maka didapat volume kompartemen ABR adalah sebagai berikut:

$$V \text{ kompartemen ABR} = p \times l \times t$$

$$V = 1,2 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$V = 9,36 \text{ m}^3$$

Setelah didapat volume dari tiap kompartemen, maka dapat dicari jumlah kompartemen dengan membagi jumlah debit yang dikalikan dengan waktu tinggal pada ABR. Kemudian, dari debit yang telah didapat, maka dapat dicari jumlah kompartemen dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah kompartemen} = \text{Debit} \times \text{volume kompartemen}$$

$$n = 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam} / 9,36 \text{ m}^3$$

$$n = 11,22 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

selanjutnya dihitung volume keseluruhan dari ABR menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Volume total ABR} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{jumlah} \\ &\text{kompartemen} \\ &= 1,2 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 12 \text{ buah} \\ &= 112,32 \text{ m}^3 \\ \text{Q masuk} &= 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam} = 105 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka, volume ABR tersebut memenuhi.

$$\begin{aligned}\text{Cek OLR} &= \text{Debit Rata-rata} \times \text{CODin} / (\text{volume total} \\ &\text{ABR} \times 1000) \\ &= 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times 194,13 \text{ mg/L} / (112,32 \text{ m}^3 \\ &\times 1000) \\ &= 0,43 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi)} \\ \text{Cek } V \text{ upflow} &= \text{debit rata-rata} / \text{luas permukaan} \\ &\text{kompartemen} \\ &= 105 \text{ m}^3/\text{jam} / 56,16 \text{ m}^2 \\ &= 1,86 \text{ m/jam} \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Perhitungan biogas tangki septik diasumsikan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH<sub>4</sub> (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut larut. Maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Produksi gas} &= \text{COD rem} \times \text{Q} \times 0,35 / 1000 \times 0,7 / 0,5 \\ &= 159,19 \times 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 / 1000 \times 0,7 \times 0,5 \\ &= 4,91 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Efisiensi removal total untuk ABR dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{removal COD total} &= [1 - (\text{COD out (mg/L)} / \text{COD in (mg/L)})] \\ &\times 100\% \\ &= 86\% \\ \% \text{removal BOD total} &= [1 - (\text{BOD out (mg/L)} / \text{BOD in (mg/L)})] \\ &\times 100\% \\ &= 90\%\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{\%removal TSS total} &= [1 - (\text{TSS out (mg/L)} / \text{TSS in (mg/L)})] \times 100\% \\ &= 91\% \end{aligned}$$

Produksi biogas total dapat dihitung dengan cara seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produksi gas} &= \text{produksi gas bak pengendap} + \text{produksi gas ABR} \\ &= 1,82 \text{ m}^3/\text{hari} + 4,91 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 6,73 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Produksi dari biogas ini akan langsung di buang. Padahal, hasil gas dari pengolahan tersebut dapat dimanfaatkan. Maka dari itu, akan dijadikan saran untuk perencanaan selanjutnya mengenai pemanfaatan biogas dari hasil pengolahan air limbah tersebut.

Untuk *Detailed Engineering Design* (DED) unit *Anaerobic Filter*, dapat dilihat pada Lampiran C. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan dimensi ABR adalah sebagai berikut:

- a. Panjang bak pengendap = 5,2 m
- b. Lebar bak pengendap = 3,9 m
- c. Tinggi bak pengendap = 2,3 m
- d. Panjang kompartemen ABR = 1,2 m
- e. Lebar kompartemen ABR = 3,9 m
- f. Tinggi kompartemen ABR = 2,3 m
- g. Jumlah kompartemen ABR = 12 Buah

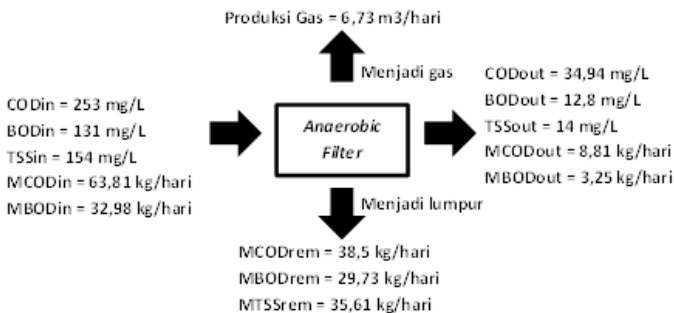
## B. *Mass Balance*

Perhitungan *Mass balance* diperlukan untuk mengetahui apakah terjadi kehilangan massa pada saat proses pengolahan terjadi. Pengecekan *Mass Balance* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Inlet
  - MCOD<sub>in</sub> = COD influen x Q rata-rata  
= 63,81 kg/hari
  - MBOD<sub>in</sub> = BOD influen x Q rata-rata  
= 32,98 kg/hari
  - MTSS<sub>in</sub> = TSS influen x Q rata-rata

- = 38,92 kg/hari
2. Massa terolah
    - MCODrem = CODrem x Q rata-rata  
= 55 kg/hari
    - MCOD gas = 30% x MCODrem = 16,5 kg/hari
    - MCOD solid = 70% x MCODrem = 38,5 kg/hari
    - MBODrem = BODrem x Q rata-rata  
= 29,73 kg/hari
    - MTSSrem = TSSrem x Q rata-rata  
= 35,61 kg/hari
  3. Outlet
    - MCODout = COD efluen x Q rata-rata  
= 8,81 kg/hari
    - MBODout = BOD efluen x Q rata-rata  
= 3,25 kg/hari
    - MTSSout = TSS efluen x Q rata-rata  
= 3,52 kg/hari

Untuk diagram *mass balance* pada pengolahan ABR, dapat dilihat pada Gambar 4.15.



**Gambar 4. 15 Diagram *Mass Balance* ABR**

### C. Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan gambaran perbandingan tentang permukaan air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ini dihitung dengan memperkirakan seberapa besar penurunan muka air (headloss) akibat adanya gesekan, belokan, jatuhnya, kecepatan air di bangunan, dan akibat adanya gesekan air dengan media.

Persamaan yang digunakan untuk mempertimbangkan headloss yang terjadi pada bangunan :

1. Headloss karena kecepatan aliran

$$H_f = f \frac{L v^2}{4 R 2g}$$

$$f = 1,50 \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right)$$

2. Headloss akibat perforated baffle

$$H_f = 0,051 \times K \times v^2$$

3. Headloss akibat aliran upflow

$$H_f = 8,9 \times 10^{-5} \times v^2$$

4. Headloss belokan dan jatuhnya

$$H_f = \left[ \frac{Q}{2(1,86)l} \right]^{2/3}$$

(Marsono, 1995)

Dimana :

v = kecepatan aliran di bangunan (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m<sup>2</sup>/m)

g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

L = Lebar bangunan (m)

K = Konstanta (K=0,51; orifice)

x = diameter media ataupun tebal (m)

l = panjang aliran di bangunan (m)

maka dapat dihitung *headloss* pada ABR adalah sebagai berikut:

1. Headloss karena kecepatan aliran

$$H_f = f \frac{L v^2}{4 R 2g}$$

$$f = 1,50 \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right)$$

$$H_f = 0,003 \text{ m}$$

2. Headloss akibat perforated baffle

$$H_f = 0,051 \times K \times v^2 / 10$$

$$= 0,0026 \text{ m}$$

3. Headloss akibat aliran upflow

$$H_f = 8,9 \times 10^{-5} \times v^2$$

$$= 0,000089 \text{ m}$$

4. Headloss belokan dan jatuhnya

$$H_f = \left[ \frac{Q}{2(1,86)l} \right]^{2/3}$$

$$= 0,0083 \text{ m}$$

Maka didapat  $H_f$  total adalah

$$H_f = (H_f \text{ kecepatan} + H_f \text{ baffle} + H_f \text{ up} + H_f \text{ belokan}) \times 12$$

$$= 0,1668 \text{ m}$$

#### 4.3.3 Anaerobic Filter

*Anaerobic Filter* (AF) merupakan unit IPAL untuk Alternatif 2. Unit ini telah terintegrasi dengan bak pengendap. Perhitungan untuk AF adalah sebagai berikut:

##### A. Perhitungan Dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain bangunan IPAL. Menurut sasse (1998), kriteria desain *Anaerobic Filter* adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan media : 80 – 180 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>
2. Penyisihan BOD : 70% - 90%
3. Jenis media : kerikil, batu (5 – 10 cm), plastik, arang (5 – 15 cm)
4. Organic loading : < 4,5 kg COD/m<sup>3</sup>.hari
5. HRT : 1 – 2 hari
6. Panjang kompartemen : 50% - 60% kedalaman

Diketahui :

Qave	= 252 m <sup>3</sup> /hari
CODin	= 253 mg/L
BODin	= 131 mg/L
TSSin	= 154 mg/L
Suhu air	= 28 °C
Rasio BOD/COD	= 0,49
Rasio SS/COD	= 0,4 (ketentuan 0,35 – 0,45)
Operasional	= 24 jam

Perhitungan :

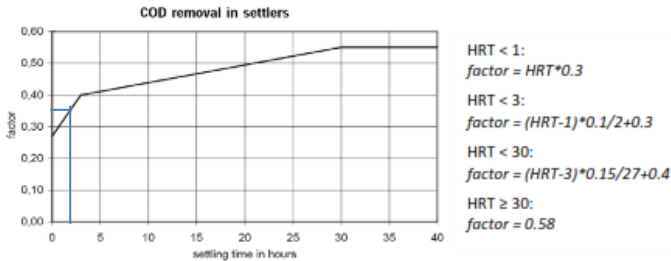
$$Q_{\text{per jam}} = Q_{\text{ave}} / \text{waktu pengaliran}$$

$$= 252 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}$$

$$= 10,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\% \text{Removal COD} = \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times \text{faktor HRT}$$

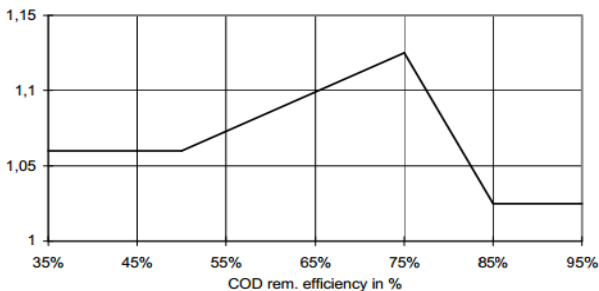
Faktor HRT adalah faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada Tangki Septik dengan lamanya waktu tinggal air pada unit tersebut (*Hydraulic Retention Time*). Penentuan faktor HRT ini berdasarkan grafik pada Gambar 4.16.



**Gambar 4. 16 Hubungan Antara Removal COD dengan HRT**

$$\begin{aligned} \text{Faktor HRT} &= (HRT - 1) \times (0,1/2) + (0,3) \\ &= (2 - 1) \times (0,1/2) + (0,3) \\ &= 0,35 \\ \% \text{ removal COD} &= 0,4 / 0,6 \times 0,35 \\ &= 23\% \end{aligned}$$

Untuk menentukan persentase removal BOD, harus ditentukan terlebih dahulu rasio removal BOD/removal COD yang dapat ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 4.17.



**Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dengan COD**

Dari perhitungan sebelumnya didapat removal COD yaitu sebesar 23%. Apabila dihubungkan dengan Gambar 4.17, maka didapat rasio removal BOD/removal COD yaitu sebesar 1,06. Meskipun dalam grafik tidak terdapat efisiensi removal yang didapat, kita dapat menarik garis lurus dari batas minimum efisiensi pada grafik hingga persentase efisiensi yang kita dapat. Sehingga, dapat dicari efisiensi removal BOD dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ removal BOD} &= \text{rasio remBOD/remCOD} \times \% \text{removal COD} \\
 &= 1,06 \times 23\% \\
 &= 25\% \\
 \text{COD removal} &= \text{CODin} \times \% \text{removal COD} \\
 &= 253 \text{ mg/L} \times 23\% \\
 &= 58,87 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD removal} &= \text{BODin} \times \% \text{removal BOD} \\
 &= 131 \times 25\% \\
 &= 32,75 \text{ mg/L} \\
 \text{COD ef} &= \text{CODin} \times (1 - \% \text{removal COD}) \\
 &= 253 \text{ mg/L} \times 24\% \\
 &= 194,13 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD ef} &= \text{BODin} \times (1 - \% \text{removal BOD}) \\
 &= 131 \times 75\% \\
 &= 98,25 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

TSS efluen dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD efluen. Sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS ef} &= \text{rasio SS/COD} \times \text{COD ef} \\
 &= 0,4 \times 194,13 \text{ mg/L} \\
 &= 77,65 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ removal TSS} &= (\text{TSS in} - \text{TSS ef}) / \text{TSS in} \times 100\% \\
 &= (154 \text{ mg/L} - 77,65 \text{ mg/L}) / 154 \text{ mg/L} \times 100\% \\
 &= 50\% \\
 \text{TSS removal} &= \text{TSS in} - \text{TSS ef} \\
 &= 154 \text{ mg/L} - 77,65 \text{ mg/L} \\
 &= 76,35 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi tangki septik yang berfungsi sebagai bak pengendap adalah sebagai berikut:

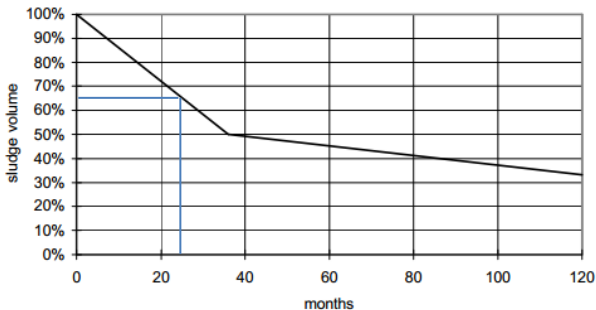
Direncanakan :

Jumlah kompartemen = 1 buah

H air di inlet = 2 m

Waktu pengurasan = 24 bulan

Setelah direncanakan waktu pengurasan lumpur pada bak pengendap maka dicari volume lumpur setelah reduksi pada masa pengendapan menggunakan Gambar 4.18.



**Gambar 4. 18 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan**

Dengan memasukkan perencanaan masa simpan lumpur kedalam grafik, maka didapatkan penurunan volume lumpur hingga 66%

Perhitungan :

Lumpur / BOD rem =  $0,005 \times$  faktor reduksi lumpur

=  $0,005 \times 66\%$

=  $0,00322$  L/g BOD rem

BOD rem =  $32,75$  mg/L

Volume lumpur BOD = Lumpur / BOD rem  $\times$  BOD rem / 1000

=  $0,00322$  L/g BOD rem  $\times 32,75$  mg/L / 1000

=  $0,000105$  m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Volume lumpur total = volume lumpur BOD  $\times$  waktu pengurasan  $\times$  Qave

$$\begin{aligned}
&= 0,000105 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \times 24 \text{ bulan} \times 252 \\
&\text{m}^3/\text{hari} \\
&= 19,1 \text{ m}^3 \\
\text{Volume air} &= \text{HRT} \times \text{debit puncak} \\
&= 21 \text{ m}^3 \\
\text{Volume total} &= 40,1 \text{ m}^3 \\
\text{Luas Permukaan bak} &= \text{volume total} / \text{kedalaman} \\
&= 20,05 \text{ m}^2 \\
\text{Rasio panjang : lebar} &= 4 : 3 \\
\text{Luas permukaan} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\
\text{Panjang} &\approx 5,2 \text{ m} \\
\text{Lebar} &\approx 3,9 \text{ m} \\
\text{Cek luas permukaan} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\
&= 5,2 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \\
&= 20,28 \text{ m}
\end{aligned}$$

Perhitungan biogas tangki septik diasumsikan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH<sub>4</sub> (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Produksi gas} &= \text{COD rem} \times Q \times 0,35 / 1000 \times 0,7 / 0,5 \\
&= 58,87 \text{ mg/L} \times 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 / 1000 \times 0,7 \times \\
&0,5 \\
&= 1,82 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Selanjutnya, untuk melakukan perhitungan dimensi dan removal pada AF, maka dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Diketahui:} \\
\text{CODin} &= 194,13 \text{ mg/L} \\
\text{BODin} &= 98,25 \text{ mg/L} \\
\text{TSSin} &= 77,65 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Direncanakan :} \\
\text{Q average} &= 252 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

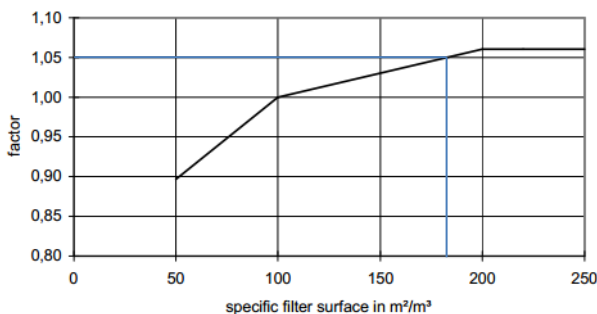


Kecepatan upflow	< 2 m/jam
HRT	= 24 jam
H air	= 2 m
OLR	< 4,5 kg COD/m <sup>3</sup> .hari
Porositas	= 98%
Luas spesifik media	= 180 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<i>Freeboard</i> atas	= 0,6 m
<i>Freeboard</i> bawah	= 0,35 m
Plat filter	= 0,05 m
Lebar bak	= lebar bak pengendap

Perhitungan :

Efisiensi penyisihan pada *Anaerobic Baffled Reactor*, dihitung berdasarkan empat faktor. Keempat faktor tersebut meliputi :

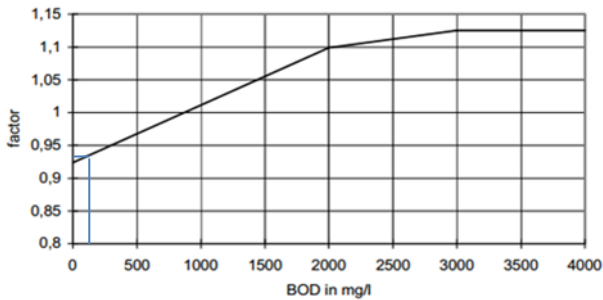
- Faktor permukaan (*f-surface*), yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit *Anaerobic Filter*, dengan luas permukaan filter pada unit. Penentuan *f-surface* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 4.19 yaitu Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan luas permukaan filter pada AF.



**Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan Filter pada *Anaerobic Filter***

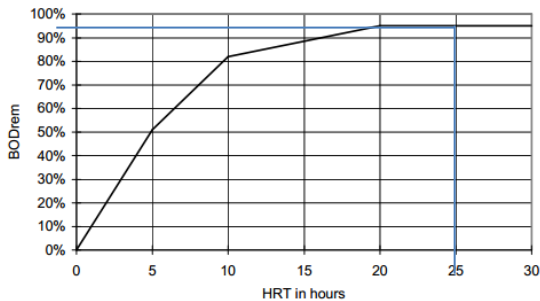
Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan nilai luas permukaan spesifik filter sebesar 180 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, maka akan didapat *f-surface* sebesar 1,05.

- b. Faktor kekuatan (*f-strength*), yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR, dengan kekuatan atau konsentrasi BOD yang ada pada air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-strength* ini berdasarkan grafik yang tertera pada Gambar 4.20. Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan konsentrasi BOD influen ABR yaitu sebesar 98,5 mg/L, maka didapat *f-strength* sebesar 0,93.



**Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Antara Removal BOD dengan Konsentrasi BOD pada *Anaerobic Filter***

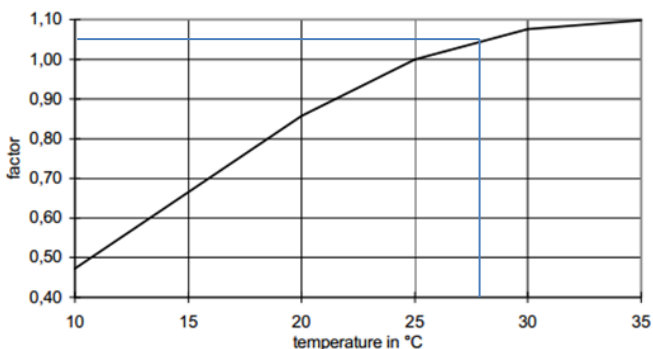
- c. F-HRT, yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD pada unit ABR dengan HRT. Penentuan F-HRT ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 4.21.



**Gambar 4. 21 Grafik Hubungan antara Removal BOD dengan Waktu tinggal pada AF**

Berdasarkan grafik tersebut, dengan memasukkan nilai HRT pada ABR yaitu 24 jam, maka akan didapat F-HRT sebesar 0,95.

- d. *f-temperature* yaitu faktor yang menunjukkan hubungan antara removal COD yang ada pada ABR dengan suhu air limbah yang akan diolah. Penentuan *f-temperature* ini berdasarkan pada grafik yang tertera pada Gambar 4.22 yaitu Grafik Hubungan efisiensi removal COD dengan temperatur pada ABR.



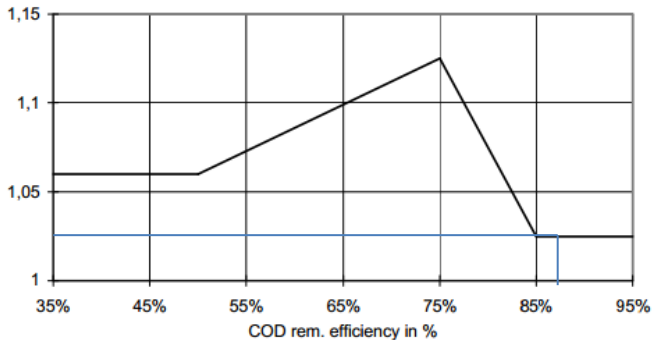
**Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada ABR**

berdasarkan grafik tersebut, dengan suhu air yang akan diolah pada IPAL Anaerobic Filter ini sebesar 28°C, maka didapatkan F-temp sebesar 1,06.

Setelah keempat faktor tersebut diketahui besarnya, maka dapat diketahui removal COD pada *Anaerobic Baffled Reactor* dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \%remCOD \text{ pada ABR} &= F\text{-surface} \times F\text{-strength} \times F\text{-HRT} \times F\text{-temp} \\
 &= 1,05 \times 0,93 \times 0,83 \times 1,06 \\
 &= 86\% \\
 COD_{ef} \text{ ABR} &= COD_{inf} \text{ ABR} \times (1 - COD_{rem} \text{ ABR}) \\
 &= 194,13 \text{ mg/L} \times (1-0,86) \\
 &= 27,17 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Kemudian, dicari removal BOD menggunakan Gambar 4.23 tentang hubungan efisiensi removal COD dengan removal BOD.



**Gambar 4. 23 Hubungan efisiensi removal COD dengan removal BOD**

Dari grafik tersebut, dapat diketahui BOD removal berdasarkan COD removal. Dari hasil perhitungan, didapat COD removal sebesar 82%. Apabila disesuaikan dengan grafik tersebut, maka didapat faktor rasio removal BOD/COD sebesar 1,025.

$$\begin{aligned}
 \% \text{BOD penyisihan total} &= \% \text{COD penyisihan total} \times \text{faktor penyisihan BOD/COD} \\
 &= 86 \% \times 1,025 \\
 &= 88 \% \\
 \text{BOD}_{\text{ef}} \text{ ABR} &= (1 - \% \text{penyisihan BOD}) \times \text{BOD}_5 \text{ influen} \\
 &= (1 - 0,88) \times 98,5 \text{ mg/L} \\
 &= 11,82 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

TSS efluen dapat diketahui dengan mengalikan rasio SS/COD dan COD efluen. Sehingga didapat:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{ef}} &= \text{rasio SS/COD} \times \text{COD}_{\text{ef}} \\
 &= 0,4 \times 27,17 \text{ mg/L} \\
 &= 11 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ removal TSS} &= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{ef}}) / \text{TSS}_{\text{in}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (77,65 \text{ mg/L} - 11 \text{ mg/L}) / 77,65 \text{ mg/L} \times 100\% \\
 &= 85\% \\
 \text{TSS removal} &= \text{TSS in} - \text{TSS ef} \\
 &= 77,65 \text{ mg/L} - 11 \text{ mg/L} \\
 &= 66,65 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Maka didapat effluen akhir dari ABR adalah sebagai berikut:

- a. BOD effluen = 11,82 mg/L
- b. COD effluen = 27,17 mg/L
- c. TSS effluen = 11 mg/L

Selanjutnya, untuk melakukan perhitungan dimensi pada kompartemen AF, maka diperlukan data sebagai berikut:

- a. Lebar kompartemen = Lebar bak pengendap
- b. Kedalaman = 2 m
- c. Panjang kompartemen = 1,2 m (60% dari kedalaman)

Maka didapat volume kompartemen ABR adalah sebagai berikut:

$$V \text{ kompartemen ABR} = p \times l \times t$$

$$\begin{aligned}
 V &= 1,2 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 V &= 9,36 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Setelah didapat volume dari tiap kompartemen, maka dapat dicari jumlah kompartemen dengan membagi jumlah debit yang dikalikan dengan waktu tinggal pada AF. Kemudian, dari debit yang telah didapat, maka dapat dicari jumlah kompartemen dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Debit} \times \text{volume kompartemen} \\
 n &= 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} / 9,36 \text{ m}^3 \\
 n &= 26,92 \text{ buah} \approx 27 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

selanjutnya dihitung volume keseluruhan dari AF menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total ABR} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{jumlah} \\
 &= 1,2 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 27 \text{ buah} \\
 &= 252,72 \text{ m}^3 \\
 \text{Q masuk} &= 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} = 252 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka, volume ABR tersebut memenuhi.

$$\begin{aligned}
 \text{Cek OLR} &= \text{Debit Rata-rata} \times \text{CODin} / (\text{volume total} \\
 &= 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times 194,13 \text{ mg/L} / (252,72 \text{ m}^3 \\
 &= 0,19 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi)} \\
 \text{Cek } V \text{ upflow} &= \text{debit rata-rata} / \text{luas permukaan} \\
 &= 252 \text{ m}^3/\text{hari} / 252,72 \text{ m}^2 \\
 &= 1 \text{ m/jam} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan biogas tangki septik diasumsikan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi CH<sub>4</sub> (*methane*), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut larut. Maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi gas} &= \text{COD rem} \times \text{Q} \times 0,35 / 1000 \times 0,7 / 0,5 \\
 &= 226 \text{ mg/L} \times 252 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 / 1000 \times 0,7 \times \\
 &= 6,98 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Efisiensi removal total untuk ABR dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{removal COD total} &= [1 - (\text{COD out (mg/L)} / \text{COD in (mg/L)})] \\
 &= 89\% \\
 \% \text{removal BOD total} &= [1 - (\text{BOD out (mg/L)} / \text{BOD in (mg/L)})] \\
 &= 91\% \\
 \% \text{removal TSS total} &= [1 - (\text{TSS out (mg/L)} / \text{TSS in (mg/L)})] \times \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 93\%$$

Produksi biogas total dapat dihitung dengan cara seperti berikut:

$$\begin{aligned}\text{Produksi gas} &= \text{produksi gas bak pengendap} + \\ &\text{produksi gas AF} \\ &= 1,82 \text{ m}^3/\text{hari} + 6,98 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 8,8 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Produksi dari biogas ini akan langsung di buang. Padahal, hasil gas dari pengolahan tersebut dapat dimanfaatkan. Maka dari itu, akan dijadikan saran untuk perencanaan selanjutnya mengenai pemanfaatan biogas dari hasil pengolahan air limbah tersebut.

Untuk *Detailed Engineering Design* (DED) unit *Anaerobic Filter*, dapat dilihat pada Lampiran C. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapat dimensi AF adalah sebagai berikut:

- a. Panjang bak pengendap = 5,2 m
- b. Lebar bak pengendap = 3,9 m
- c. Tinggi bak pengendap = 2,3 m
- d. Panjang kompartemen AF = 1,2 m
- e. Lebar kompartemen AF = 3,9 m
- f. Tinggi kompartemen AF = 2 m
- g. Jumlah kompartemen = 27 buah

## B. *Mass Balance*

Perhitungan *Mass balance* diperlukan untuk mengetahui apakah terjadi kehilangan massa pada saat proses pengolahan terjadi. Pengecekan *Mass Balance* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

### 1. Inlet

$$\begin{aligned}\text{MCODin} &= \text{COD influen} \times \text{Q rata-rata} \\ &= 63,81 \text{ kg/hari} \\ \text{MBODin} &= \text{BOD influen} \times \text{Q rata-rata} \\ &= 32,98 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSSin} &= \text{TSS influen} \times \text{Q rata-rata} \\ &= 38,92 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

2. Massa terolah

$$\begin{aligned} \text{MCO}_{\text{Drem}} &= \text{COD}_{\text{rem}} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 56,96 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{MCO}_{\text{D gas}} = 30\% \times \text{MCO}_{\text{Drem}} = 17,1 \text{ kg/hari}$$

$$\text{MCO}_{\text{D solid}} = 70\% \times \text{MCO}_{\text{Drem}} = 39,86 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD}_{\text{rem}} &= \text{BOD}_{\text{rem}} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 30 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS}_{\text{rem}} &= \text{TSS}_{\text{rem}} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 36,17 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

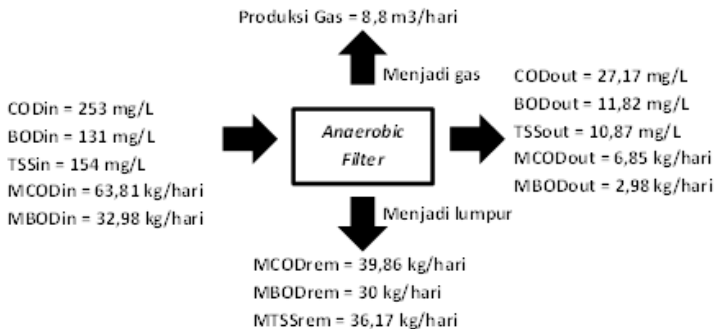
3. Outlet

$$\begin{aligned} \text{MCO}_{\text{Dout}} &= \text{COD}_{\text{efluen}} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 6,85 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD}_{\text{out}} &= \text{BOD}_{\text{efluen}} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 2,98 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS}_{\text{out}} &= \text{TSS}_{\text{efluen}} \times Q \text{ rata-rata} \\ &= 2,74 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Untuk diagram *mass balance* pada pengolahan AF, dapat dilihat pada Gambar 4.24.



**Gambar 4. 24 Diagram Mass Balance AF**

**B. Profil Hidrolis**

Profil hidrolis merupakan gambaran perbandingan tentang permukaan air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ini dihitung dengan memperkirakan seberapa besar penurunan muka air (headloss) akibat adanya gesekan, belokan, jatuhnya, kecepatan air di bangunan, dan akibat adanya gesekan air dengan media.



Persamaan yang digunakan untuk mempertimbangkan headloss yang terjadi pada bangunan :

1. Headloss karena kecepatan aliran

$$H_f = f \frac{L v^2}{4 R 2g}$$

$$f = 1,50 \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right)$$

2. Headloss akibat perforated baffle

$$H_f = 0,051 \times K \times v^2$$

3. Headloss akibat aliran upflow

$$H_f = 8,9 \times 10^{-5} \times v^2$$

4. Headloss belokan dan jatuhan

$$H_f = \left[ \frac{Q}{2(1,86)l} \right]^{2/3}$$

(Marsono, 1995)

Dimana :

v = kecepatan aliran di bangunan (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m<sup>2</sup>/m)

g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

L = Lebar bangunan (m)

K = Konstanta (K=0,51; orifice)

x = diameter media ataupun tebal (m)

l = panjang aliran di bangunan (m)

maka dapat dihitung *headloss* pada ABR adalah sebagai berikut:

1. Headloss karena kecepatan aliran

$$H_f = f \frac{L v^2}{4 R 2g}$$

$$f = 1,50 \left( 0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right)$$

$$H_f = 0,003 \text{ m}$$

2. Headloss akibat perforated baffle

$$H_f = 0,051 \times K \times v^2 / 10$$

$$= 0,0026 \text{ m}$$

3. Headloss akibat aliran upflow

$$H_f = 8,9 \times 10^{-5} \times v^2$$

$$= 0,000089 \text{ m}$$

#### 4. Headloss belokan dan jatuhan

$$H_f = \left[ \frac{Q}{2(1,86)l} \right]^{2/3}$$
$$= 0,0083 \text{ m}$$

Maka didapat  $H_f$  total adalah

$$H_f = (H_f \text{ kecepatan} + H_f \text{ baffle} + H_f \text{ up} + H_f \text{ belokan}) \times 9$$
$$= 0,13 \text{ m}$$

#### 4.4 BOQ dan RAB

Setelah proses menggambar desain unit IPAL, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan serta menyusun Bill of Quantity (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) sebagai pertimbangan pemilihan unit IPAL.

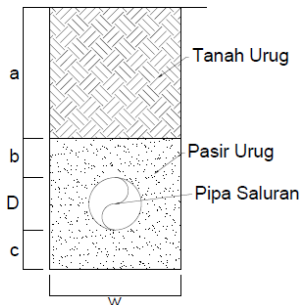
Proses perhitungan RAB didasarkan pada HSPK Kota Surabaya tahun 2016.

Berikut adalah hasil perhitungan BOQ dan RAB tahap konstruksi untuk SPAL dan IPAL.

##### 4.4.1 Sistem Penyaluran Air Limbah

###### A. BOQ

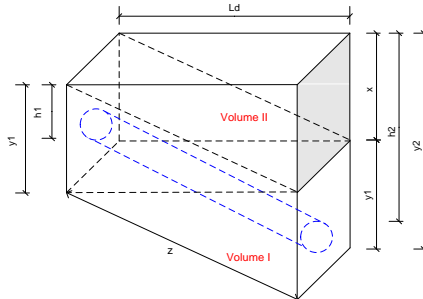
BOQ pipa terdiri dari jumlah pipa dan pekerjaan pipa seperti volume galian dan volume tanah urug yang digunakan. Penggalian pipa direncanakan seperti Gambar 4.25.



**Gambar 4. 25 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah**

Diketahui bahwa,  $w$  adalah lebar galian dengan penentuan yaitu diameter pipa ditambah 10 cm sebelah kanan dan kiri pipa yang

nantinya samping pipa diberi pasir urug. a dan c adalah tinggi urugan tanah, dalam perencanaan ini, direncanakan nilai a dan c sebesar 10 cm. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.26 mengenai Bentuk Galian Rencana Saluran.



**Gambar 4. 26 Bentuk Galian Rencana Saluran**

Gambar bentuk galian yang direncanakan merupakan bentuk galian sepanjang pipa SPAL yang dibuat. Perhitungan BOQ untuk galian pipa adalah sebagai berikut:

volume galian I	= $[(0,1 \times 2) + D] \times y_1 \times z$
volume galian II	= $\frac{1}{2} [(0,1 \times 2) + D] \times x \times z$
volume galian total	= v. galian I + v. galian II
volume pipa	= $0,25 \times \pi \times D^2 \times z$
volume urugan pasir	= $[(0,1 \times 2) + D] \times (b + D + c) \times z$ - volume pipa
volume sisa galian	= volume galian total - volume urugan

Dimana:

- D = diameter pipa
- h = kedalaman penanaman pipa
- h<sub>1</sub> = kedalaman penanaman pipa awal
- h<sub>2</sub> = kedalaman pipa akhir
- y = kedalaman galian = h + c
- y<sub>1</sub> = kedalaman galian awal
- y<sub>2</sub> = kedalaman galian akhir
- x =  $y_2 - y_1$

$$z = [(y_2) + (L \text{ pipa}_2)]^{1/2}$$

Karena pada sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem *small bore sewer*, maka diameter pipa yang akan digunakan sudah ditentukan sebelumnya. Sedangkan, apabila terjadi kekurangan pada saat  $Q_{full}$  nanti ketika dilakukan perhitungan, maka diameter pipa air limbah harus diganti sehingga  $Q_{full}$  dari pipa tersebut tidak kurang dari debit yang terlayani.

Kedalaman pipa digunakan dengan kedalaman minimum setinggi 1 meter. Hal ini disebabkan karena banyaknya tekanan dari jalan ketika kendaraan lewat, dapat menyebabkan kerusakan yang cepat pada pipa. Selain itu, kedalaman pipa juga direncanakan tidak terlalu dalam dari permukaan agar mudah dalam penanamannya. Kedalaman diusahakan agar tidak melebihi 5 meter.

Kedalaman penanaman ialah kedalaman dari permukaan tanah, hingga elevasi bawah pipa yang ditambah dengan pondasi pasir. Pondasi pasir pada pipa diperuntukkan untuk meredam adanya guncangan dari permukaan, sehingga pipa tidak mudah rusak. Kedalam pondasi pasir biasanya memiliki ketebalan setebal 10 cm.

Volume sisa galian adalah galian yang tersisa dan tidak digunakan / dikembalikan lagi dalam pembangunan. Sisa galian dari tanah ini nantinya akan dibawa menuju *site* yang nantinya akan dibawa kembali ketika ada yang membutuhkan tanah untuk kepentingan lainnya.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan BOQ untuk sistem penyaluran air limbah ini. perhitungan BOQ ini nantinya akan digunakan untuk membuat Rancangan Anggaran Biaya (RAB) pada sistem penyaluran air limbah tersebut. Seluruh kegiatan yang ada dalam perencanaan ini nantinya akan disesuaikan dengan ketentuan pada HSPK kota Surabaya Tahun 2016. untuk perhitungan rinci BOQ SPAL dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4. 7 Volume Galian Tanah SPAL**

No	Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	kedalaman Penanaman		kedalaman galian		X	Z	Volume galian (m <sup>3</sup> )		Volume galian total (m <sup>3</sup> )	Volume pipa (m <sup>3</sup> )	Volume urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Volume tanah urug (m <sup>3</sup> )	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Bongkar Paving (m <sup>3</sup> )	Pasir Paving (m <sup>3</sup> )
				Awal	Akhir	Awal	Akhir			I	II							
1	A1	95	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5	0,29	95	79,8	9,5	89,3	0,7	5,9	82,6	6,7	57	1,71
2	B1	75	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,23	75	63,0	5,9	68,9	0,6	4,7	63,7	5,3	45	1,35
3	C1	161	0,1	1,3	1,6	1,4	1,7	0,32	161	157,8	18,1	175,9	1,3	10,0	164,7	11,3	96,6	2,898
4	D1	117	0,1	1,1	1,5	1,2	1,6	0,35	117	98,3	14,4	112,7	0,9	7,3	104,5	8,2	70,2	2,106
5	E1	115	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5	0,35	115	96,6	13,9	110,5	0,9	7,1	102,4	8,1	69	2,07
6	F1	114	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5	0,34	114	95,8	13,6	109,4	0,9	7,1	101,4	8,0	68,4	2,052
7	G1	102	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5	0,31	102	85,7	10,9	96,6	0,8	6,3	89,5	7,1	61,2	1,836
8	H1	144	0,1	1,1	1,4	1,2	1,5	0,33	144	121,0	16,7	137,7	1,1	8,9	127,6	10,1	86,4	2,592
9	I1	151	0,1	1,1	1,5	1,2	1,6	0,35	151	126,8	18,7	145,5	1,2	9,4	134,9	10,6	90,6	2,718
10	J1	151	0,1	1,1	1,5	1,2	1,6	0,35	151	126,8	18,7	145,5	1,2	9,4	134,9	10,6	90,6	2,718
11	K1	165	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7	0,50	165	138,6	28,6	167,2	1,3	10,3	155,6	11,6	99	2,97
12	L1	165	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7	0,50	165	138,6	28,6	167,2	1,3	10,3	155,6	11,6	99	2,97
13	M1	167	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7	0,50	167	140,3	29,3	169,6	1,3	10,4	157,9	11,7	100,2	3,006
14	N1	164	0,1	1,1	1,6	1,2	1,7	0,49	164	137,8	28,2	166,0	1,3	10,2	154,5	11,5	98,4	2,952
15	AA1	118	0,1	1,4	1,6	1,5	1,7	0,25	118	122,7	10,5	133,2	0,9	7,3	124,9	8,3	70,8	2,124
16	AB1	122	0,1	1,4	1,7	1,5	1,8	0,27	122	132,0	11,4	143,3	1,0	7,6	134,8	8,5	73,2	2,196
17	AC1	136	0,1	1,4	1,8	1,5	1,9	0,41	136	145,9	19,4	165,3	1,1	8,5	155,8	9,5	81,6	2,448
18	AD1	180	0,1	1,6	2,1	1,7	2,2	0,54	180	213,6	34,0	247,6	1,4	11,2	235,0	12,6	108	3,24
19	A2	61	0,1	1,1	1,2	1,2	1,3	0,08	61	51,2	1,8	53,0	0,5	3,8	48,8	4,3	36,6	1,098
20	B2	85	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,16	85	71,4	4,6	76,0	0,7	5,3	70,1	5,9	51	1,53
21	C2	97	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,19	97	81,5	6,5	88,0	0,8	6,0	81,2	6,8	58,2	1,746
22	D2	97	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,19	97	81,5	6,5	88,0	0,8	6,0	81,2	6,8	58,2	1,746
23	E2	86	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,16	86	72,2	4,8	77,0	0,7	5,3	71,0	6,0	51,6	1,548
24	F2	94	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,18	94	79,0	6,0	85,0	0,7	5,8	78,4	6,6	56,4	1,692
25	G2	95	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,19	95	79,8	6,2	86,0	0,7	5,9	79,3	6,7	57	1,71
26	H2	93	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,18	93	78,1	5,8	84,0	0,7	5,8	77,4	6,5	55,8	1,674
27	I2	96	0,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,19	96	80,6	6,3	87,0	0,8	6,0	80,2	6,7	57,6	1,728
28	PR1	542	0,1	1,7	2,2	1,8	2,3	0,54	542	682,9	102,8	785,7	4,3	33,7	747,8	37,9	325,2	9,756
29	PR2	608	0,1	1,2	1,7	1,3	1,8	0,51	608	553,3	108,1	661,4	4,8	37,8	618,8	42,6	364,8	10,944
30	PR3	39	0,1	2,1	2,2	2,2	2,3	0,12	39	60,2	1,6	61,8	0,3	2,4	59,0	2,7	23	0,702
31	IPAL	5	0,1	2,3	2,3	2,4	2,4	0,00	6	9,1	0,0	9,1	0,0	0,3	8,7	0,4	3	0,09

Perhitungan panjang pipa gunakan untuk pembelian pipa yang sesuai dengan yang ada di pasaran. Jumlah kebutuhan pipa dapat dicari dengan cara berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa pasaran} &= 6 \text{ m} \\
 \text{Panjang saluran} &= 95 \text{ m} \\
 \text{Jumlah pipa} &= \text{panjang saluran} / \text{panjang pipa} \\
 &= 95 / 6 \\
 &= 16 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Panjang pipa yang diperlukan harus dibulatkan keatas agar jumlah pipa tidak kurang dari kebutuhan pipa. Perhitungan jumlah kebutuhan pipa lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4. 8 Jumlah Kebutuhan Pipa untuk SPAL**

No	Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	L pipa per	Jumlah pipa
1	A1	95	0,1	4	24
2	B1	75	0,1	4	19
3	C1	161	0,1	4	41
4	D1	117	0,1	4	30
5	E1	115	0,1	4	29
6	F1	114	0,1	4	29
7	G1	102	0,1	4	26
8	H1	144	0,1	4	36
9	I1	151	0,1	4	38
10	J1	151	0,1	4	38
11	K1	165	0,1	4	42
12	L1	165	0,1	4	42
13	M1	167	0,1	4	42
14	N1	164	0,1	4	41
15	AA1	118	0,1	4	30
16	AB1	122	0,1	4	31
17	AC1	136	0,1	4	34
18	AD1	180	0,1	4	45
19	A2	61	0,1	4	16
20	B2	85	0,1	4	22

**Lanjutan Tabel 4.8**

No	Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	L pipa per	Jumlah pipa
21	C2	97	0,1	4	25
22	D2	97	0,1	4	25
23	E2	86	0,1	4	22
24	F2	94	0,1	4	24
25	G2	95	0,1	4	24
26	H2	93	0,1	4	24
27	I2	96	0,1	4	24
28	PR1	542	0,1	4	136
29	PR2	608	0,1	4	152
30	PR3	39	0,1	4	10
31	IPAL	5	0,2	4	2

## **B. RAB**

Kemudian dari BOQ yang telah dicari, maka dihitung RAB untuk SPAL Perumahan Bumi Marina Emas. Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks pada Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK). Perhitungan RAB ini dilakukan berdasarkan HSPK yang berlaku di kota tersebut. HSPK yang berlaku untuk kota surabaya ialah HSPK Kota Surabaya tahun 2016. Berikut uraian kegiatan untuk perhitungan RAB untuk SPAL:

1. Volume Galian
2. Urugan pasir
3. Urugan tanah kembali
4. Pengurugan Sirtu
5. Pengangkutan tanah keluar proyek
6. Pemasangan pipa air kotor 4"
7. Pengurugan pasir untuk paving
8. Pemasangan paving stone (blok) tebal 6cm abu-abu empat persegi panjang

Harga Satuan Pokok Kegiatan untuk perhitungan RAB masing-masing jenis kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

**Tabel 4. 9 Harga Pokok Satuan Kegiatan SPAL**

Nomor	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>24.01.02.07</b>	<b>Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,7500	O.H	110.000,00	82.500,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>86.450,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>86.450,00</b>
<b>24.01.02.15</b>	<b>Pengurangan Pasir (PADAT)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0100	O.H	158.000,00	1.580,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,3000	O.H	110.000,00	33.000,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>34.580,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.04.01.F	Pasir urug	1,2000	m3	150.200,00	180.240,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>180.240,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>214.820,00</b>
<b>24.01.02.13</b>	<b>Penggalian Tanah Kembali Untuk Konstruksi</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0190	O.H	158.000,00	3.002,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,1020	O.H	110.000,00	11.220,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>14.222,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>14.222,00</b>
<b>24.01.02.16</b>	<b>Pengurangan Sirtu (PADAT)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2500	O.H	110.000,00	27.500,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>31.450,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.04.05.F	Sirtu	1,2000	m3	163.300,00	195.960,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>195.960,00</b>
	<b>Sewa Peralatan:</b>				
23.02.05.11.06.12.F	Sewa Stemper	0,0088	Jam	109.400,00	962,72
	<b>Jumlah :</b>				<b>962,72</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>228.372,72</b>
<b>24.01.02.06</b>	<b>Pengurangan tanah keluar proyek</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2500	O.H	110.000,00	27.500,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>27.500,00</b>
	<b>Sewa Peralatan:</b>				
23.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truck 5 ton	0,2500	Jam	69.200,00	17.300,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>17.300,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>44.800,00</b>
<b>24.07.03.16</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"</b>		<b>m</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0041	Orang hari	158.000,00	647,80
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang	0,0135	Orang hari	148.000,00	1.998,00
23.02.04.01.03.F	tukang	0,135	Orang hari	121.000,00	16.335,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	0,081	Orang hari	110.000,00	8.910,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>27.890,80</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.05.01.02.02.04.F	Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,3	Batang	93.100,00	27.930,00
20.05.01.02.02.04.F	Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,105	Batang	93.100,00	9.775,50
	<b>Jumlah :</b>				<b>37.705,50</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>65.596,30</b>



**Lanjutan Tabel 4.9**

Nomor	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
24.01.02.15	<b>Pengurangan Pasir untuk paving</b>		m3		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0100	O.H	158.000,00	1.580,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,3000	O.H	110.000,00	33.000,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>34.580,00</b>
	<b>Bahan :</b>				
20.01.01.04.01.F	Pasir urug	1,2000	m3	150.200,00	180.240,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>180.240,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>214.820,00</b>
24.08.01.04	<b>Pemasangan paving stone (blok) tbl. 6 cm abu-2 empat persegi panjang</b>		m2		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,025	Orang hari	158.000,00	3.950,00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang	0,025	Orang hari	148.000,00	3.700,00
23.02.04.01.03.F	tukang	0,05	Orang hari	121.000,00	6.050,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	0,05	Orang hari	110.000,00	5.500,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>19.200,00</b>
	<b>Bahan/material:</b>				
20.01.01.29.10.F	paving stone abu-abu persegi panjang tebal 6 cm	1	m2	73.200,00	73.200,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>73.200,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>92.400,00</b>

Setelah dilakukan penguraian kegiatan untuk RAB SPAL, maka selanjutnya disesuaikan dengan HSPK yang berlaku. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan harga total seperti pada Tabel 4.10. berdasarkan perhitungan, maka didapat total biaya untuk pembuatan SPAL adalah sebesar Rp 1.111.197.860,00. Untuk rincian HSPK yang digunakan pada perencanaan SPAL ini, dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4. 10 Total Biaya untuk Pembuatan SPAL**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	HSPK	Jumlah Harga
1	Galian	m3	4.793,07	86.450	Rp414.361.249,80
2	Urugan Pasir	m3	275,95	214.820	Rp59.278.719,72
3	Urugan Tanah Kembali	m3	4.482,27	14.222	Rp63.746.901,24
4	Pengurangan Sirtu	m3	82,78	228.373	Rp18.905.561,58
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m3	310,80	44.800	Rp13.923.840,00
6	Pemasangan pipa air kotor 4"	m	4.440,00	65.596	Rp291.247.572,00
7	pengurangan pasir untuk paving	m2	79,92	44.800,00	Rp3.580.416,00
8	pemasangan paving stone (blok)	m2	2664,00	92.400,00	Rp246.153.600,00
	<b>Jumlah</b>				Rp1.111.197.860,34

#### 4.4.2 Bak Ekualisasi

##### A. BOQ

BOQ bak ekualisasi terdiri dari pembangunan unit bak ekualisasi berupa bekisting, beton, besi, dan juga pompa yang

digunakan. BOQ dihitung menggunakan acuan volume bak ekualisasi. Dan didapat hasil sebagai berikut:

1. Pembersihan lapangan  
Pembersihan = luas area bak ekualisasi  
= 30,78 m<sup>2</sup>
2. Penggalian tanah untuk konstruksi  
Penggalian = volume luar bak ekualisasi  
= 149,283 m<sup>3</sup>
3. Pengangkutan tanah keluar proyek. Pengangkutan dilakukan seluruh galian karena tidak ada pengurugan  
Pengangkutan = penggalian  
= 149,283 m<sup>3</sup>
4. Pengurugan pasir berat  
Pengurugan pasir = 44,78 m<sup>3</sup>
5. Lantai kerja K-100  
Lantai kerja = 6,5 m<sup>3</sup>
6. Pekerjaan besi beton bertulang dinding  
Dinding = [(2 x p x t) + (2 x l x t)] x tebal dinding  
= 15,2 m<sup>3</sup>
7. Pekerjaan besi beton bertulang pondasi  
Pondasi = (p+0,3) x l x tebal dinding  
= 4,62 m<sup>3</sup>
8. Pekerjaan beton k-225 atap  
Beton atap = pondasi  
= 4,62 m<sup>3</sup>
9. Pekerjaan pembesian atap  
Besi atap = 150 kg / m<sup>3</sup>beton  
= 692,55 kg
10. Pekerjaan bekisting atap  
Bekisting atap = 100% x volume beton  
= 4,62 m<sup>3</sup>
11. Pemasangan pipa air kotor diameter 4"  
Jumlah pipa = 3 buah
12. Pemasangan tee 4"  
Tee digunakan untuk melakukan resirkulasi pada bak ekualisasi  
Jumlah tee = 1 buah

## B. RAB

Kemudian dari BOQ yang telah dicari, maka dihitung RAB untuk SPAL Perumahan Bumi Marina Emas. Perhitungan RAB ini dilakukan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kerja yang berlaku di kota tersebut. HSPK yang berlaku untuk kota Surabaya ialah HSPK Kota Surabaya tahun 2016. Berikut uraian kegiatan untuk perhitungan RAB bak ekualisasi:

1. Pembersihan lapangan
2. Penggalian tanah untuk konstruksi
3. Pengangkutan tanah keluar proyek
4. Pengurugan pasir berat
5. Pembuatan lantai kerja K-100
6. Pekerjaan besi beton bertulang untuk dinding
7. Pekerjaan besi beton bertulang untuk pondasi
8. Pekerjaan beton K-225 untuk atap
9. Pekerjaan pembersihan untuk atap
10. Pekerjaan bekisting untuk atap
11. Pemasangan pipa air kotor diameter 4"
12. Pemasangan tee 4"
13. Pemasangan pompa hung punp KSV-150

Harga Satuan Pokok Kegiatan untuk perhitungan RAB masing-masing jenis kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut:

**Tabel 4. 11 Harga Pokok Satuan Kegiatan Bak Ekualisasi**

Nomor	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
24.01.02.07	<b>Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b> <b>Upah :</b>		m3		
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,7500	O.H	110.000,00	82.500,00
				<b>Jumlah :</b>	<b>86.450,00</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>86.450,00</b>
24.01.01.03	<b>pembersihan lapangan "ringan" dan perataan</b> <b>Upah :</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,0500	O.H	110.000,00	5.500,00
				<b>Jumlah :</b>	<b>9.450,00</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>9.450,00</b>
24.01.02.06	<b>Pengurugan tanah keluar proyek</b> <b>Upah :</b>		m3		
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2500	O.H	110.000,00	27.500,00
				<b>Jumlah :</b>	<b>27.500,00</b>

**Lanjutan Tabel 4.11**

Nomor	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
23.02.05.09.04.03.F	<b>Sewa Peralatan:</b>				
	Sewa Dump Truck 5 ton	0,2500	Jam	69.200,00	17.300,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>17.300,00</b>
					<b>Nilai HSPK : 44.800,00</b>
<b>24.01.02.15</b>	<b>Pengurugan Pasir (PADAT)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0100	O.H	158.000,00	1.580,00
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,3000	O.H	110.000,00	33.000,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>34.580,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.04.01.F	Pasir urug	1,2000	m3	150.200,00	180.240,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>180.240,00</b>
					<b>Nilai HSPK : 214.820,00</b>
<b>24.03.01.04</b>	<b>Lantai kerja K-100</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,06	O.H	158.000,00	9.480,00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang batu	0,02	O.H	148.000,00	2.960,00
23.02.04.01.03.F	tukang batu	0,2	O.H	121.000,00	24.200,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	1,2	O.H	110.000,00	132.000,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>168.640,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 kg	5,75	zak	60.700,00	349.025,00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,558125	m3	243.000,00	135.624,38
20.01.01.05.04.01.F	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405263	m3	487.900,00	263.722,79
23.02.02.02.01.F	air kerja	215	liter	28,00	6.020,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>754.392,16</b>
					<b>Nilai HSPK : 923.032,16</b>
<b>24.03.01.28</b>	<b>Pekerjaan beton bertulang untuk dinding (150 kg besi + bekisting)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,265	O.H	158.000,00	41.870,00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang besi	0,262	O.H	148.000,00	38.776,00
23.02.04.01.03.F	tukang besi	1,05	O.H	121.000,00	127.050,00
23.02.04.01.03.F	tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
23.02.04.01.03.F	tukang kayu	1,3	O.H	121.000,00	157.300,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	5,3	O.H	110.000,00	583.000,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>981.271,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
20.01.01.05.04.01.F	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
20.01.01.09.01.01.F	Besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
20.01.01.28.04.04.F	paku usuk	3,2	kg	19.800,00	63.360,00
20.01.01.34.02.F	plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	121.400,00	339.920,00
20.01.01.35.01.01.F	kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.355,00
20.01.01.43.04.05.F	kayu meranti bekisting	0,24	m3	3.350.400,00	804.096,00
20.01.01.43.04.07.F	kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,16	m3	4.711.500,00	753.840,00
20.01.02.01.03.F	minyak bekisting	1,6	liter	29.600,00	47.360,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>5.071.000,00</b>
					<b>Nilai HSPK : 6.052.271,00</b>

**Lanjutan Tabel 4.11**

Nomor	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>24.03.01.23</b>	<b>Pekerjaan beton bertulang untuk pondasi (150 kg besi + bekisting)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,265	O.H	158.000,00	41.870,00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang besi	0,262	O.H	148.000,00	38.776,00
23.02.04.01.03.F	tukang besi	1,05	O.H	121.000,00	127.050,00
23.02.04.01.03.F	tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
23.02.04.01.03.F	tukang kayu	1,3	O.H	121.000,00	157.300,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	5,3	O.H	110.000,00	583.000,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>981.271,00</b>
	<b>Bahan :</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
20.01.01.05.04.01.F	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
20.01.01.09.01.01.F	Besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
20.01.01.28.04.04.F	paku usuk	3,2	kg	19.800,00	63.360,00
20.01.01.35.01.01.F	kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.355,00
20.01.01.43.04.05.F	kayu meranti bekisting	0,2	m3	3.350.400,00	670.080,00
20.01.02.01.03.F	minyak bekisting	0,4	liter	29.600,00	11.840,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>3.744.044,00</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>4.755.315,00</b>
<b>24.03.01.07</b>	<b>Pekerjaan beton K-225</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,083	O.H	158.000,00	13.114,00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang batu	0,028	O.H	148.000,00	4.144,00
23.02.04.01.03.F	tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	1,65	O.H	110.000,00	181.500,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>232.033,00</b>
	<b>Bahan :</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 kg	9,275	zak	60.700,00	562.992,00
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,43625	m3	243.000,00	106.008,75
20.01.01.05.04.01.F	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5510526	m3	487.900,00	268.858,58
23.02.02.02.01.F	air kerja	215	liter	28,00	6.020,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>943.879,83</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>1.175.912,83</b>
<b>24.03.01.14</b>	<b>Pekerjaan pembersian dengan besi beton</b>		<b>kg</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0004	O.H	158.000,00	63,20
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang besi	0,0007	O.H	148.000,00	103,60
23.02.04.01.03.F	tukang besi	0,007	O.H	121.000,00	847,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	0,007	O.H	110.000,00	770,00
	<b>Jumlah :</b>				<b>1.783,80</b>
	<b>Bahan :</b>				
20.01.01.09.01.01.F	Besi beton polos	1,05	kg	12.500,00	13.125,00
20.01.01.35.01.01.F	kawat beton	0,015	kg	25.500,00	382,50
	<b>Jumlah :</b>				<b>13.507,50</b>
	<b>Nilai HSPK :</b>				<b>15.291,30</b>

**Lanjutan Tabel 4.11**

Nomor	Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Garga Satuan	Harga
<b>24.03.01.20</b>	<b>Pekerjaan bekisting</b>		<b>m2</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,033	O.H	158.000,00	5.214,00
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang kayu	0,033	O.H	148.000,00	4.884,00
23.02.04.01.03.F	tukang kayu	0,33	O.H	121.000,00	39.930,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	0,66	O.H	110.000,00	72.600,00
	<b>Jumlah:</b>				<b>122.628,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.28.04.04.F	paku usuk	0,4	kg	19.800,00	7.920,00
20.01.01.34.02.F	plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	lembar	121.400,00	42.490,00
20.01.01.43.04.05.F	kayu meranti bekisting	0,04	m3	3.350.400,00	134.016,00
20.01.01.43.04.07.F	kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m3	4.711.500,00	70.672,00
20.01.02.01.03.F	minyak bekisting	0,2	liter	29.600,00	5.920,00
	<b>Jumlah:</b>				<b>261.018,50</b>
					<b>Nilai HSPK : 383.646,50</b>
<b>24.07.03.16</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"</b>		<b>m</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.01.F	Mandor	0,0041	Orang hari	158.000,00	647,80
23.02.04.01.02.F	Kepala tukang	0,0135	Orang hari	148.000,00	1.998,00
23.02.04.01.03.F	tukang	0,135	Orang hari	121.000,00	16.335,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	0,081	Orang hari	110.000,00	8.910,00
	<b>Jumlah:</b>				<b>27.890,80</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.05.01.02.02.04.F	Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,3	Batang	93.100,00	27.930,00
20.05.01.02.02.04.F	Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,105	Batang	93.100,00	9.775,50
	<b>Jumlah:</b>				<b>37.705,50</b>
					<b>Nilai HSPK : 65.596,30</b>
<b>24.07.05.19</b>	<b>Pemasangan Tee 100 x 100</b>				
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.03.F	tukang	0,017	Orang hari	121.000,00	2.057,00
23.02.04.01.04.F	pembantu tukang	0,75	Orang hari	110.000,00	82.500,00
	<b>Jumlah:</b>				<b>84.557,00</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.44.18.F	Lem PVC	0,1	Tube	14.900,00	1.490,00
20.05.01.02.04.12.F	Valve 100 stop kran 1/2 dm	1,1	Buah	450.200,00	495.220,00
	<b>Jumlah:</b>				<b>496.710,00</b>
					<b>Nilai HSPK : 581.267,00</b>

Setelah dilakukan penguraian kegiatan untuk RAB bak ekualisasi, maka selanjutnya disesuaikan dengan HSPK yang berlaku. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan harga total seperti pada Tabel 4.12. berdasarkan perhitungan, maka didapat total biaya untuk pembuatan bak ekualisasi adalah sebesar Rp 183.041.950,33. Untuk rincian HSPK yang digunakan pada perencanaan bak ekualisasi ini, dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4. 12 Total Biaya untuk Pembuatan Bak Ekualisasi**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	HSPK	Jumlah Harga
1	pembersihan lapangan	m2	30,78	9.450	Rp290.871,00
2	penggalian tanah untuk konstruksi	m3	149,283	86.450	Rp12.905.515,35
3	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m3	149,283	44.800	Rp6.687.878,40
4	pengurugan pasir	m3	44,7849	214.820	Rp9.620.692,22
5	pembuatan lantai kerja K-100	m3	6,5	923.032	Rp5.999.709,04
6	Pekerjaan beton bertulang dinding	m3	15,2	6.052.271	Rp91.994.519,20
7	pekerjaan beton bertulang pondasi	m3	4,62	4.755.315,00	Rp21.969.555,30
8	pekerjaan beton K-225 untuk atap	m3	4,62	1.175.912,83	Rp5.432.717,27
9	pekerjaan pembesian untuk atap	kg	692,55	15.291,30	Rp10.589.989,82
10	pekerjaan bekisting untuk atap	m3	4,62	383.646,50	Rp1.772.446,83
11	pasangan pipa air kotor diameter 4"	m	3,00	65.596,30	Rp196.788,90
12	pasangan tee 4"	buah	1,00	581.267,00	Rp581.267,00
13	pasangan pompa	buah	1,00	15.000.000,00	Rp15.000.000,00
<b>Jumlah</b>					Rp183.041.950,33

#### 4.4.3 Anaerobic Baffled Reactor

##### A. BOQ

BOQ ABR terdiri dari pembangunan unit ABR berupa bekisting, beton, besi, dan juga inlet antar kompartemen. BOQ dihitung menggunakan acuan volume ABR. Dan didapat hasil sebagai berikut:

1. Pembersihan lapangan  
Pembersihan = luas area ABR  
= 76,44 m<sup>2</sup>
2. Penggalian tanah untuk konstruksi  
Penggalian = volume luar ABR  
= 175,81 m<sup>3</sup>
3. Pengangkutan tanah keluar proyek. Pengangkutan dilakukan seluruh galian karena tidak ada pengurugan  
Pengangkutan = penggalian  
= 175,81 m<sup>3</sup>
4. Pengurugan pasir berat  
Pengurugan pasir = 52,744 m<sup>3</sup>
5. Lantai kerja K-100  
Lantai kerja = 26,37 m<sup>3</sup>
6. Pekerjaan besi beton bertulang dinding  
Dinding = [(2 x p x t) + (2 x l x t)] x tebal dinding

- = 59,57 m<sup>3</sup>
7. Pekerjaan besi beton bertulang pondasi  
 Pondasi = (p+0,3) x l x tebal dinding  
 = 11,466 m<sup>3</sup>
  8. Pekerjaan beton k-225 atap  
 Beton atap = pondasi – volume manhole  
 = 11,466 m<sup>3</sup>
  9. Pekerjaan pembesian atap  
 Besi atap = 150 kg / m<sup>3</sup>beton  
 = 1719,9 kg
  10. Pekerjaan bekisting atap  
 Bekisting atap = 100% x volume beton  
 = 11,466 m<sup>3</sup>
  11. Pemasangan pipa air kotor diameter 4”  
 Jumlah pipa = 27 buah
  12. Pemasangan tee 4”  
 Tee digunakan untuk melakukan resirkulasi pada bak ekualisasi  
 Jumlah tee = 108 buah

## **B. RAB**

Kemudian dari BOQ yang telah dicari, maka dihitung RAB untuk SPAL Perumahan Bumi Marina Emas. Perhitungan RAB ini dilakukan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kerja yang berlaku di kota tersebut. HSPK yang berlaku untuk kota surabaya ialah HSPK Kota Surabaya tahun 2016. Berikut uraian kegiatan untuk perhitungan RAB ABR:

1. Pembersihan lapangan
2. Penggalan tanah untuk konstruksi
3. Pengangkutan tanah keluar proyek
4. Pengurugan pasir berat
5. Pembuatan lantai kerja K-100
6. Pekerjaan besi beton bertulang untuk dinding
7. Pekerjaan besi beton bertulang untuk pondasi
8. Pekerjaan beton K-225 untuk atap
9. Pekerjaan pembesian untuk atap
10. Pekerjaan bekisting untuk atap
11. Pemasangan pipa air kotor diameter 4”



## 12. Pemasangan tee 4"

Harga Satuan Pokok Kegiatan untuk perhitungan RAB masing-masing jenis kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

**Tabel 4. 13 Harga Pokok Satuan Kegiatan ABR**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b>		<b>m3</b>		
<u>Upah :</u>				
Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
Pembantu Tukang	0,7500	O.H	110.000,00	82.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>86.450,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>86.450,00</b>
<b>pembersihan lapangan "ringan" dan perataan</b>				
<u>Upah :</u>				
Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
Pembantu Tukang	0,0500	O.H	110.000,00	5.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>9.450,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>9.450,00</b>
<b>Pengurangan tanah keluar proyek</b>		<b>m3</b>		
<u>Upah:</u>				
Pembantu Tukang	0,2500	O.H	110.000,00	27.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>27.500,00</b>
<u>Sewa Peralatan:</u>				
Sewa Dump Truck 5 ton	0,2500	Jam	69.200,00	17.300,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>17.300,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>44.800,00</b>
<b>Pengurangan Pasir (PADAT)</b>		<b>m3</b>		
<u>Upah :</u>				
Mandor	0,0100	O.H	158.000,00	1.580,00
Pembantu Tukang	0,3000	O.H	110.000,00	33.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>34.580,00</b>
<u>Bahan :</u>				
Pasir urug	1,2000	m3	150.200,00	180.240,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>180.240,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>214.820,00</b>
<b>Lantai kerja K-100</b>		<b>m3</b>		
<u>Upah:</u>				
Mandor	0,06	O.H	158.000,00	9.480,00
Kepala tukang batu	0,02	O.H	148.000,00	2.960,00

**Lanjutan Tabel 4.13**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
tukang batu	0,2	O.H	121.000,00	24.200,00
pembantu tukang	1,2	O.H	110.000,00	132.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>168.640,00</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
Semen PC 40 kg	5,75	zak	60.700,00	349.025,00
Pasir Cor	0,558125	m3	243.000,00	135.624,38
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405263	m3	487.900,00	263.722,79
air kerja	215	liter	28,00	6.020,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>754.392,16</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>923.032,16</b>
<b>Pekerjaan beton bertulang untuk dinding (150 kg besi + bekisting)</b>		<b>m3</b>		
<b><u>Upah :</u></b>				
Mandor	0,265	O.H	158.000,00	41.870,00
Kepala tukang besi	0,262	O.H	148.000,00	38.776,00
tukang besi	1,05	O.H	121.000,00	127.050,00
tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
tukang kayu	1,3	O.H	121.000,00	157.300,00
pembantu tukang	5,3	O.H	110.000,00	583.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>981.271,00</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
Besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
paku usuk	3,2	kg	19.800,00	63.360,00
plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	121.400,00	339.920,00
kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.355,00
kayu meranti bekisting	0,24	m3	3.350.400,00	804.096,00
kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,16	m3	4.711.500,00	753.840,00
minyak bekisting	1,6	liter	29.600,00	47.360,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>5.071.000,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>6.052.271,00</b>
<b>Pekerjaan beton bertulang untuk pondasi (150 kg besi + bekisting)</b>		<b>m3</b>		
<b><u>Upah :</u></b>				
Mandor	0,265	O.H	158.000,00	41.870,00
Kepala tukang besi	0,262	O.H	148.000,00	38.776,00
tukang besi	1,05	O.H	121.000,00	127.050,00

**Lanjutan Tabel 4.13**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
tukang kayu	1,3	O.H	121.000,00	157.300,00
pembantu tukang	5,3	O.H	110.000,00	583.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>981.271,00</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
Besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
paku usuk	3,2	kg	19.800,00	63.360,00
kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.355,00
kayu meranti bekisting	0,2	m3	3.350.400,00	670.080,00
minyak bekisting	0,4	liter	29.600,00	11.840,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>3.744.044,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>4.755.315,00</b>
<b>Pekerjaan beton K-225</b>		<b>m3</b>		
<b><u>Upah :</u></b>				
Mandor	0,083	O.H	158.000,00	13.114,00
Kepala tukang batu	0,028	O.H	148.000,00	4.144,00
tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
pembantu tukang	1,65	O.H	110.000,00	181.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>232.033,00</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
Semen PC 40 kg	9,275	zak	60.700,00	562.992,00
Pasir Cor	0,43625	m3	243.000,00	106.008,75
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5510526	m3	487.900,00	268.858,58
air kerja	215	liter	28,00	6.020,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>943.879,83</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1.175.912,83</b>
<b>Pekerjaan pembesian dengan besi beton</b>		<b>kg</b>		
<b><u>Upah :</u></b>				
Mandor	0,0004	O.H	158.000,00	63,20
Kepala tukang besi	0,0007	O.H	148.000,00	103,60
tukang besi	0,007	O.H	121.000,00	847,00
pembantu tukang	0,007	O.H	110.000,00	770,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>1.783,80</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
Besi beton polos	1,05	kg	12.500,00	13.125,00
kawat beton	0,015	kg	25.500,00	382,50
			<b>Jumlah :</b>	<b>13.507,50</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>15.291,30</b>

**Lanjutan Tabel 4.13**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>Pekerjaan bekisting</b>		<b>m<sup>2</sup></b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,033	O.H	158.000,00	5.214,00
Kepala tukang kayu	0,033	O.H	148.000,00	4.884,00
tukang kayu	0,33	O.H	121.000,00	39.930,00
pembantu tukang	0,66	O.H	110.000,00	72.600,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>122.628,00</b>
<b>Bahan :</b>				
paku usuk	0,4	kg	19.800,00	7.920,00
plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	lembar	121.400,00	42.490,00
kayu meranti bekisting	0,04	m <sup>3</sup>	3.350.400,00	134.016,00
kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m <sup>3</sup>	4.711.500,00	70.672,00
minyak bekisting	0,2	liter	29.600,00	5.920,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>261.018,50</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>383.646,50</b>
<b>Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"</b>		<b>m</b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,0041	Orang hari	158.000,00	647,80
Kepala tukang	0,0135	Orang hari	148.000,00	1.998,00
tukang	0,135	Orang hari	121.000,00	16.335,00
pembantu tukang	0,081	Orang hari	110.000,00	8.910,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>27.890,80</b>
<b>Bahan:</b>				
Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,3	Batang	93.100,00	27.930,00
Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,105	Batang	93.100,00	9.775,50
			<b>Jumlah :</b>	<b>37.705,50</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>65.596,30</b>
<b>Pemasangan Tee 100 x 100</b>				
<b>Upah:</b>				
tukang	0,017	Orang hari	121.000,00	2.057,00
pembantu tukang	0,75	Orang hari	110.000,00	82.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>84.557,00</b>
<b>Bahan:</b>				
Lem PVC	0,1	Tube	14.900,00	1.490,00
Valve 100 stop kran 1/2 dm	1,1	Buah	450.200,00	495.220,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>496.710,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>581.267,00</b>

Setelah dilakukan penguraian kegiatan untuk RAB ABR, maka selanjutnya disesuaikan dengan HSPK yang berlaku. Setelah

dilakukan perhitungan, maka didapatkan harga total seperti pada Tabel 4.14. berdasarkan perhitungan, maka didapat total biaya untuk pembuatan AF adalah sebesar Rp 521.960.681,00. Untuk rincian HSPK yang digunakan pada perencanaan bak ekualisasi ini, dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4. 14 Total Biaya untuk Pembuatan ABR**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	HSPK	Jumlah Harga
1.	Pembersihan lapangan	m2	76,44	9.459	Rp723.045,96
2.	Penggalian tanah untuk konstruksi	m3	175,81	86.450	Rp15.198.947,40
3.	pengangkutan tanah keluar proyek	m3	175,81	44.800	Rp7.876.377,60
4.	pengurangan pasir padat	m3	52,744	214.820	Rp11.330.380,15
5.	lantai kerja K-100	m3	26,372	923.032	Rp24.342.015,30
6.	Pekerjaan besi beton bertulang dinding	m3	59,57	6.052.271	Rp360.533.783,47
7.	pekerjaan besi beton bertulang lantai	m3	11,466	4.755.315	Rp54.524.441,79
8.	pekerjaan beton k-225 atap	m3	11,466	1.175.912	Rp13.483.006,99
9.	pekerjaan pembesian atap	kg	1719,9	15.291	Rp26.298.990,90
10.	pekerjaan bekisting atap	m3	11,466	383.647	Rp4.398.890,77
11.	pasangan pipa air kotor dia 4"	batang	27,00	44.800	Rp1.209.600,00
12.	pasangan tee 4"	buah	108,00	18.900	Rp2.041.200,00
Total					Rp521.960.681,00

#### 4.4.4 Anaerobic Filter

##### A. BOQ

BOQ AF terdiri dari pembangunan unit AF berupa bekisting, beton, besi, inlet tiap kompartemen, dan juga media yang digunakan. BOQ dihitung menggunakan acuan volume AF. Dan didapat hasil sebagai berikut:

1. Pembersihan lapangan  
Pembersihan = luas area AF  
= 146,64 m<sup>2</sup>
2. Penggalian tanah untuk konstruksi  
Penggalian = volume luar AF  
= 337,27 m<sup>3</sup>
3. Pengangkutan tanah keluar proyek. Pengangkutan dilakukan seluruh galian karena tidak ada pengurangan  
Pengangkutan = penggalian  
= 337,27 m<sup>3</sup>
4. Pengurangan pasir berat  
Pengurangan pasir = 101,18 m<sup>3</sup>

5. Lantai kerja K-100  
Lantai kerja = 50,591 m<sup>3</sup>
6. Pekerjaan besi beton bertulang dinding  
Dinding = [(2 x p x t) + (2 x l x t)] x tebal dinding  
= 71,99 m<sup>3</sup>
7. Pekerjaan besi beton bertulang pondasi  
Pondasi = (p+0,3) x l x tebal dinding  
= 21,996 m<sup>3</sup>
8. Pekerjaan beton K-225 atap  
Beton atap = pondasi – volume manhole  
= 21,996 m<sup>3</sup>
9. Pekerjaan pembesian atap  
Besi atap = 150 kg / m<sup>3</sup>beton  
= 3299,4 kg
10. Pekerjaan bekisting atap  
Bekisting atap = 100% x volume beton  
= 21,996 m<sup>3</sup>
11. Pemasangan pipa air kotor diameter 4”  
Jumlah pipa = 61 buah
12. Pemasangan tee 4”  
Tee digunakan untuk melakukan resirkulasi pada bak ekualisasi  
Jumlah tee = 253 buah
13. Pengadaan media sarang tawon  
Media = volume filter tiap kompartemen x jumlah kompartemen  
= 128 m<sup>3</sup>

## B. RAB

Kemudian dari BOQ yang telah dicari, maka dihitung RAB untuk SPAL Perumahan Bumi Marina Emas. Perhitungan RAB ini dilakukan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kerja yang berlaku di kota tersebut. HSPK yang berlaku untuk kota surabaya ialah HSPK Kota Surabaya tahun 2016. Berikut uraian kegiatan untuk perhitungan RAB AF:

1. Pembersihan lapangan
2. Penggalan tanah untuk konstruksi
3. Pengangkutan tanah keluar proyek

4. Pengurangan pasir berat
5. Pembuatan lantai kerja K-100
6. Pekerjaan besi beton bertulang untuk dinding
7. Pekerjaan besi beton bertulang untuk pondasi
8. Pekerjaan beton K-225 untuk atap
9. Pekerjaan pembesian untuk atap
10. Pekerjaan bekisting untuk atap
11. Pemasangan pipa air kotor diameter 4"
12. Pemasangan tee 4"
13. Pemasangan media sarang tawon 1m x 1m x 1m

Harga Satuan Pokok Kegiatan untuk perhitungan RAB masing-masing jenis kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut:

**Tabel 4. 15 Harga Pokok Satuan Kegiatan Pembuatan AF**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b>		m3		
<u>Upah :</u>				
Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
Pembantu Tukang	0,7500	O.H	110.000,00	82.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>86.450,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>86.450,00</b>
<b>pembersihan lapangan "ringan" dan perataan</b>				
<u>Upah :</u>				
Mandor	0,0250	O.H	158.000,00	3.950,00
Pembantu Tukang	0,0500	O.H	110.000,00	5.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>9.450,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>9.450,00</b>
<b>Pengurangan tanah keluar proyek</b>		m3		
<u>Upah:</u>				
Pembantu Tukang	0,2500	O.H	110.000,00	27.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>27.500,00</b>
<u>Sewa Peralatan:</u>				
Sewa Dump Truck 5 ton	0,2500	Jam	69.200,00	17.300,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>17.300,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>44.800,00</b>
<b>Pengurangan Pasir (PADAT)</b>		m3		
<u>Upah :</u>				
Mandor	0,0100	O.H	158.000,00	1.580,00
Pembantu Tukang	0,3000	O.H	110.000,00	33.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>34.580,00</b>

**Lanjutan Tabel 4.15**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>Bahan :</b>				
Pasir urug	1,2000	m3	150.200,00	180.240,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>180.240,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>214.820,00</b>
<b>Lantai kerja K-100</b>		<b>m3</b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,06	O.H	158.000,00	9.480,00
Kepala tukang batu	0,02	O.H	148.000,00	2.960,00
tukang batu	0,2	O.H	121.000,00	24.200,00
pembantu tukang	1,2	O.H	110.000,00	132.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>168.640,00</b>
<b>Bahan :</b>				
Semen PC 40 kg	5,75	zak	60.700,00	349.025,00
Pasir Cor	0,558125	m3	243.000,00	135.624,38
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405263	m3	487.900,00	263.722,79
air kerja	215	liter	28,00	6.020,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>754.392,16</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>923.032,16</b>
<b>Pekerjaan beton bertulang untuk dinding (150 kg besi + bekisting)</b>		<b>m3</b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,265	O.H	158.000,00	41.870,00
Kepala tukang besi	0,262	O.H	148.000,00	38.776,00
tukang besi	1,05	O.H	121.000,00	127.050,00
tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
tukang kayu	1,3	O.H	121.000,00	157.300,00
pembantu tukang	5,3	O.H	110.000,00	583.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>981.271,00</b>
<b>Bahan :</b>				
Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
Besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
paku usuk	3,2	kg	19.800,00	63.360,00
plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	121.400,00	339.920,00
kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.355,00
kayu meranti bekisting	0,24	m3	3.350.400,00	804.096,00
kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,16	m3	4.711.500,00	753.840,00
minyak bekisting	1,6	liter	29.600,00	47.360,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>5.071.000,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>6.052.271,00</b>



**Lanjutan Tabel 4.15**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>Pekerjaan beton bertulang untuk pondasi (150 kg besi + bekisting)</b>		<b>m3</b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,265	O.H	158.000,00	41.870,00
Kepala tukang besi	0,262	O.H	148.000,00	38.776,00
tukang besi	1,05	O.H	121.000,00	127.050,00
tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
tukang kayu	1,3	O.H	121.000,00	157.300,00
pembantu tukang	5,3	O.H	110.000,00	583.000,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>981.271,00</b>
<b>Bahan :</b>				
Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
Besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
paku usuk	3,2	kg	19.800,00	63.360,00
kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.355,00
kayu meranti bekisting	0,2	m3	3.350.400,00	670.080,00
minyak bekisting	0,4	liter	29.600,00	11.840,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>3.744.044,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>4.755.315,00</b>
<b>Pekerjaan beton K-225</b>		<b>m3</b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,083	O.H	158.000,00	13.114,00
Kepala tukang batu	0,028	O.H	148.000,00	4.144,00
tukang batu	0,275	O.H	121.000,00	33.275,00
pembantu tukang	1,65	O.H	110.000,00	181.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>232.033,00</b>
<b>Bahan :</b>				
Semen PC 40 kg	9,275	zak	60.700,00	562.992,00
Pasir Cor	0,43625	m3	243.000,00	106.008,75
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5510526	m3	487.900,00	268.858,58
air kerja	215	liter	28,00	6.020,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>943.879,83</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1.175.912,83</b>
<b>Pekerjaan pembesian dengan besi beton</b>		<b>kg</b>		
<b>Upah:</b>				
Mandor	0,0004	O.H	158.000,00	63,20
Kepala tukang besi	0,0007	O.H	148.000,00	103,60

**Lanjutan Tabel 4.15**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
tukang besi	0,007	O.H	121.000,00	847,00
pembantu tukang	0,007	O.H	110.000,00	770,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>1.783,80</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
Besi beton polos	1,05	kg	12.500,00	13.125,00
kawat beton	0,015	kg	25.500,00	382,50
			<b>Jumlah :</b>	<b>13.507,50</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>15.291,30</b>
<b>Pekerjaan bekisting</b>		<b>m<sup>2</sup></b>		
<b><u>Upah:</u></b>				
Mandor	0,033	O.H	158.000,00	5.214,00
Kepala tukang kayu	0,033	O.H	148.000,00	4.884,00
tukang kayu	0,33	O.H	121.000,00	39.930,00
pembantu tukang	0,66	O.H	110.000,00	72.600,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>122.628,00</b>
<b><u>Bahan :</u></b>				
paku usuk	0,4	kg	19.800,00	7.920,00
plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	lembar	121.400,00	42.490,00
kayu meranti bekisting	0,04	m <sup>3</sup>	3.350.400,00	134.016,00
kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m <sup>3</sup>	4.711.500,00	70.672,00
minyak bekisting	0,2	liter	29.600,00	5.920,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>261.018,50</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>383.646,50</b>
<b>Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"</b>		<b>m</b>		
<b><u>Upah:</u></b>				
Mandor	0,0041	Orang hari	158.000,00	647,80
Kepala tukang	0,0135	Orang hari	148.000,00	1.998,00
tukang	0,135	Orang hari	121.000,00	16.335,00
pembantu tukang	0,081	Orang hari	110.000,00	8.910,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>27.890,80</b>
<b><u>Bahan:</u></b>				
Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,3	Batang	93.100,00	27.930,00
Pipa plastik PVC tipe C Uk. 4 inch Pj. 4 mtr	0,105	Batang	93.100,00	9.775,50
			<b>Jumlah :</b>	<b>37.705,50</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>65.596,30</b>
<b>Pemasangan Tee 100 x 100</b>				
<b><u>Upah:</u></b>				
tukang	0,017	Orang hari	121.000,00	2.057,00
pembantu tukang	0,75	Orang hari	110.000,00	82.500,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>84.557,00</b>

**Lanjutan Tabel 4.15**

Uraian Kegiatan	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>Bahan:</b>				
Lem PVC	0,1	Tube	14.900,00	1.490,00
Valve 100 stop kran 1/2 dm	1,1	Buah	450.200,00	495.220,00
			<b>Jumlah :</b>	<b>496.710,00</b>
			<b>Nilai HSPK :</b>	<b>581.267,00</b>

Setelah dilakukan penguraian kegiatan untuk RAB AF, maka selanjutnya disesuaikan dengan HSPK yang berlaku. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan harga total seperti pada Tabel 4.16. berdasarkan perhitungan, maka didapat total biaya untuk pembuatan AF adalah sebesar Rp 745.552.649,00. Untuk rincian HSPK yang digunakan pada perencanaan bak ekualisasi ini, dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4. 16 Total Biaya Pembuatan AF**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	HSPK	Jumlah Harga
1.	Pembersihan lapangan	m2	146,64	9.459	Rp1.387.067,76
2.	Penggalian tanah untuk konstruksi	m3	337,27	86.450	Rp29.157.164,40
3.	pengangkutan tanah keluar proyek	m3	337,27	44.800	Rp15.109.785,60
4.	pengurangan pasir padat	m3	101,18	214.820	Rp21.735.831,31
5.	lantai kerja K-100	m3	50,591	923.032	Rp46.696.927,31
6.	Pekerjaan besi beton bertulang dinding	m3	71,99	6.052.271	Rp435.702.989,29
7.	pekerjaan besi beton bertulang lantai	m3	21,996	4.755.315	Rp104.597.908,74
8.	pekerjaan beton k-225 atap	m3	21,996	1.175.912	Rp25.865.360,35
9.	pekerjaan pembesian atap	kg	3299,4	15.291	Rp50.451.125,40
10.	pekerjaan bekisting atap	m3	21,996	383.647	Rp8.438.688,41
11.	pemasangan pipa air kotor dia 4"	batang	27,00	44.800	Rp1.209.600,00
12.	pemasangan tee 4"	buah	108,00	18.900	Rp2.041.200,00
13.	media sarang tawon	m3	126,36	25.000	Rp3.159.000,00
<b>Total</b>					<b>Rp745.552.649,00</b>

#### **4.5 Operasional dan Maintenance**

Operasi dan pemeliharaan juga membutuhkan biaya. Adapun rincian dari biaya operasi dan pemeliharaan meliputi beberapa hal seperti yang tertera pada Tabel 4.17 dan 4.18. Biaya Operasional yang dihitung adalah biaya operasional selama 5 tahun.

**Tabel 4. 17 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Unit ABR**

No.	Kebutuhan	Keterangan	Biaya / tahun
1	Operator	Lulus SMK, pekerjaan tidak tetap, 2 hari/minggu selama 5 tahun	Rp50.000.000,00
2	Listrik	1,5 kW untuk pompa resirkulasi selama 5 tahun	Rp135.000.000,00
3	pengurasan	2 tahun sekali	Rp2.000.000,00
4	Sampling efluen	sebulan sekali	Rp60.000.000,00
5	Peralatan pembersih	tongkat, sikat, kain	Rp1.500.000,00
6	Perbaikan pompa	pengecekan dan perawatan pompa dilakukan 6 bulan sekali	Rp3.000.000,00
<b>Total Biaya</b>			<b>Rp251.500.000,00</b>

**Tabel 4. 18 Biaya Operasional dan Pemeliharaan Unit AF**

No.	Kebutuhan	Keterangan	Biaya / tahun
1	Operator	Lulus SMK, pekerjaan tidak tetap, 2 hari/minggu selama 5 tahun	Rp50.000.000,00
2	Listrik	1,5 kW untuk pompa resirkulasi selama 5 tahun	Rp135.000.000,00
3	pengurasan dan pembersihan media	2 tahun sekali	Rp4.000.000,00
4	Sampling efluen	sebulan sekali	Rp60.000.000,00
5	Peralatan pembersih	tongkat, sikat, kain	Rp1.500.000,00
6	Perbaikan pompa	pengecekan dan perawatan pompa dilakukan 6 bulan sekali	Rp3.000.000,00
<b>Total Biaya</b>			<b>Rp253.500.000,00</b>

#### 4.6 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan

Pada sub bab ini akan menjelaskan perbandingan kelebihan dan kekurangan masing-masing unit IPAL dengan membandingkan parameter-parameter desain meliputi volume, luas lahan, efluen air limbah, serta RAB yang dibutuhkan untuk membangun unit pengolahan tersebut.

##### A. Volume dan Luas Lahan Bangunan

Perbandingan Volume dan luas lahan kedua bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.19.

**Tabel 4. 19 Perbandingan Volume dan Luas Lahan unit ABR dan AF**

Bangunan	Anaerobic Baffled Reactor	Anaerobic Filter
Panjang (m)	1,2	1,2
Lebar (m)	3,9	3,9
Tinggi (m)	2,3	2,3
Jumlah Kompartemen	12	27
Volume (m <sup>3</sup> )	176	337
Luas Lahan (m <sup>2</sup> )	76	147

### B. Efisiensi Penyisihan dan Efluen Air Limbah

Efisiensi penyisihan merupakan faktor yang paling penting dalam perencanaan unit IPAL. Parameter yang digunakan adalah BOD, COD, dan TSS. Perbandingan efisiensi dan efluen air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.20.

**Tabel 4. 20 Perbandingan Efisiensi dan Efluen Unit IPAL ABR dan AF**

Unit	COD		BOD		TSS	
	Efisiensi	Efluen	Efisiensi	Efluen	Efisiensi	Efluen
Anaerobic Baffled Reactor	82%	34,94 mg/L	87%	12,98 mg/L	82%	14 mg/L
Anaerobic Filter	86%	27,17 mg/L	88%	11,82 mg/L	85%	11 mg/L

### C. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) dibandingkan untuk mengetahui biaya yang harus disiapkan untuk membangun sebuah IPAL. Namun, selain biaya konstruksi, biaya operasi dan pemeliharaan juga harus diperhitungkan. Perbandingan RAB kedua unit IPAL dapat dilihat pada Tabel 4.21.

**Tabel 4. 21 Perbandingan Biaya Konstruksi dan Biaya Operasional dan Maintenance Kedua Unit Pengolahan**

Unit	Biaya Konstruksi	Biaya Operasional dan Maintenance (5 tahun)
Anaerobic Baffled Reactor	Rp521.960.681,00	Rp251.500.000
Anaerobic Filter	Rp742.552.649,00	Rp253.500.000,00

Dari Tabel perbandingan OM dapat disimpulkan bahwa biaya perawatan unit AF lebih mahal bila dibandingkan dengan perawatan unit ABR. Hal ini dikarenakan pada unit AF perlu dilakukan pembersihan media secara berkala dengan cara penyemprotan untuk mengembalikan efisiensi AF yang seharusnya. Selain itu, penyemprotan juga dilakukan untuk mengurangi penumpukan dan penebalan dari *biofilm* yang dapat menyebabkan penyumbatan pada AF.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari perencanaan ini adalah:

1. Diameter Pipa SPAL yang diperlukan untuk perumahan Bumi Marina Emas adalah sebesar 100 mm
2. Perhitungan desain IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* menghasilkan dimensi unit dengan ukuran panjang x lebar x tinggi adalah 1,2 m x 3,9 m x 2,3 m dengan jumlah kompartemen sebanyak 12 buah
3. Perhitungan desain IPAL *Anaerobic Filter* menghasilkan dimensi unit dengan ukuran panjang x lebar x tinggi adalah 1,2 m x 3,9 m x 2,3 m dengan jumlah kompartemen sebanyak 27 buah
4. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* adalah sebesar Rp 521.960.681. untuk membangun unit IPAL *Anaerobic Filter* adalah sebesar Rp 742.552.649.
5. *Anaerobic Baffled Reactor* memiliki keunggulan dari segi luas kebutuhan lahan serta biaya konstruksi dan OM bila dibandingkan dengan *Anaerobic Filter*. Maka darai itu, dapat disimpulkan bahwa unit *Anaerobic Baffled Reactor* lebih cocok digunakan di Perumahan Bumi Marina Emas

#### **5.2 Saran**

1. Dapat dibuat unit *recycle* air dari efluen IPAL agar lebih bermanfaat
2. penggunaan kembali biogas hasil dari proses unit IPAL



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R., Lubis, K.S., dan Jamilah. 2013. **Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka.** Medan: Jurnal Online Agroekoteknologi Vol. 1 No. 3.
- Bachman, L. J. 1984. **Nitrate in Clumbia Aquifer, Central Peninsula, Maryland.** USA : Geological Survey Water Resources Investigations Report 84-4322.
- Fajarwati, A. 2000. **Penyaluran Air Buangan Domestik.**
- Foxon K.M., Pillay S., Lalbahadur., Rodda N., Holder F., dan Buckley C.A. 2004. **The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) : An appropriate technology for on-site sanitation.** South Africa: University of KwaZulu-Natal Vol. 30 No. 5.
- Hardjosuprpto, dan Masduki, M. 2000. **Penyaluran Air Buangan (PAB) Volume II.** Bandung: Institut Teknologi bandung.
- Haslinah. 2013. **Pengelolaan Terpadu Air Limbah Rumah Tangga pada Tingkat RT di Kota Makassar.** Makassar: Jurnal Vol. 8 No. 15.
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., dan Judd, S. 2004. **Greywater Characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse.** Water Science and Technology.
- Kadariswan, A. 2008. **Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Beserta Instalasi Pengolahan Air Limbah Perumahan Dosen dan Asrama Mahasiswa ITS.** Surabaya: ITS.
- Mahatyanta, A. 2016. **Perencanaan Desain Alternatif IPAL dengan Teknologi Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter untuk Rumah Susun Romokalisari Surabaya.** Surabaya: ITS.
- Marsono, B. W. 1995. **Hidrolika untuk Teknik Penyehatan.** Surabaya: Teknik Lingkungan ITS
- Mende, J., Kumurur, V., dan Moniaga. 2015. **Kajian Sistem Pengelolaan Air Limbah pada Pemukiman di Kawasan Sekitar Danau Tondano (Studi Kasus : Kecamatan**

- Remboken Kabupaten Minahasa).** Manado: Universitas Sam Ratulangi. Vol. 7 No.1 Hal. 395 – 406.
- Metcalf & Eddy. 2013. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery.** London: McGraw-Hill.
- Moertinah, S. 2010. **Kajian Proses Anaerobik sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi.** Semarang: Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Vol. 1 No. 2.
- Morel, A. dan Dinier, S. 2006. **Grey water Management in Low Middle-Income Countries, Review of Different Treatment System For Household or Neighbourhoods.** Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG). Departemen of water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC).
- Nguyen, H., Turgeon, S., dan Matte, J., 2010. **The Anaerobic Baffled Reactor : A Study of the Wastewater treatment process Using the Anaerobic Baffled Reactor.** Worcester Polytechnic Institute.
- Otis, R. J., Mara, D. D., 1985. **The Design of Small Bore Sewer Systems. A Joint United Nation Development Programme and World Bank Contribution to the International Drinking Water Supply and Sanitation Decade.**USA.
- KLHK. 2016. **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.**
- Prakoso, D. 2016. *Desain IPAL Komunal Limbah Domestik Perumahan Sukolilo Dian Regency dengan Teknologi Constructed Wetland.* Surabaya: ITS.
- Saifulloh, F. 2015. **Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Penjaringan Sari I dan II dengan Kombinasi Anaerobic Baffled Reactor dan Facultative Ponds.** Surabaya: Departemen Teknik Lingkungan, ITS.
- Sari N. R., Sunarto, W. 2015. **Analisis Komparasi Kualitas Air Limbah Domestik berdasarkan Parameter Biologi, Fisika, dan Kimia di IPAL Semanggi dan IPAL Mojosongo Surakarta.** Surakarta: Jurnal EKOSAINS Vol. 7, No. 2.

- Sasse, L. 1998. **DEWATS; Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: BORDA.
- Sasse, L. 2009. **DEWATS; Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: BORDA.
- Sugiharto. 1987. **Dasar-dasar pengolahan air limbah**. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Taufik, M., Asyita, R.M. 2013. **Sistem Informasi Pertahanan untuk Evaluasi Bidang Tanah (Studi Kasus : Perumahan Bumi Marina Emas Kelurahan Keputih Kecamatan Sukolilo Surabaya)**. Surabaya: Jurnal Teknik POMITS Vol. X No. X.
- Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H.D. 2003. **Wastewater Engineering, Treatment and Reuse Fourth Edition**. New York: McGraw-Hill Companies.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lethi, C., Reymond, P., Zurbruegg, C. 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition**. Duebendorf, Switzerland: Swiss.
- World Health Organization, 2006. **Overview of Greywater Management Health Considerations**. Regional Office for the Eastern Mediterranean Centre for Environmental Health Activities Amman, Jordan.
- Wulandari, P. R. 2014. **Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan)**. Palembang: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2 No. 3.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**LAMPIRAN A**  
**DENAH PERUMAHAN DAN PROFIL HIDROLIS**



LEGENDA

- = Pipa primer
- = Pipa sekunder
- ↔ = Arah aliran

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

DENAH PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS

SKALA	HALAMAN
-	132



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

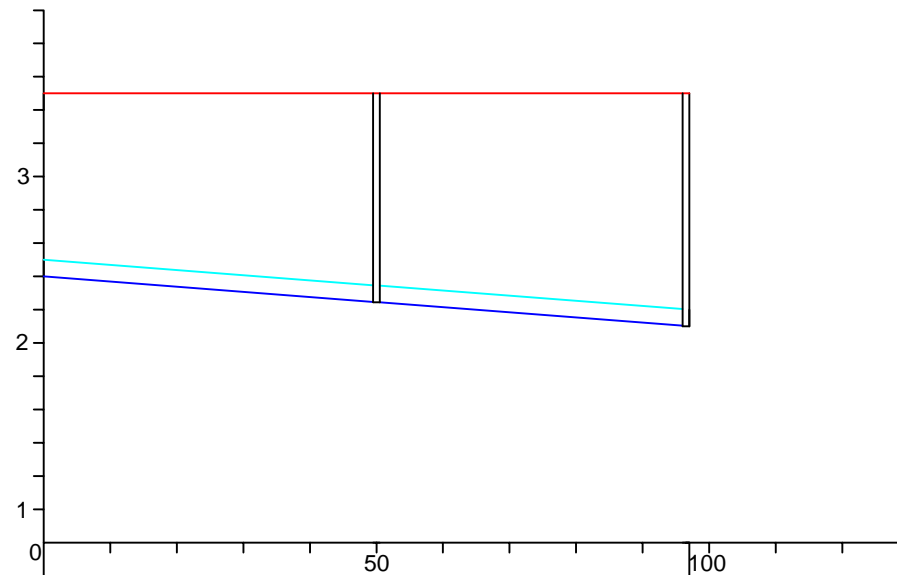
PROFIL HIDROLIS  
A1 - AA1

SKALA

-

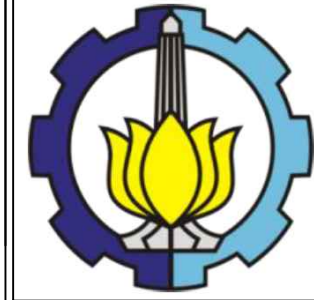
HALAMAN

133



Saluran	A1	AA1
Panjang Pipa (m)		97
Diameter Pipa (mm)		100
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,2
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	2,1
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,4
Jenis Manhole	Lurus	Belokan
Drop Manhole		





LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

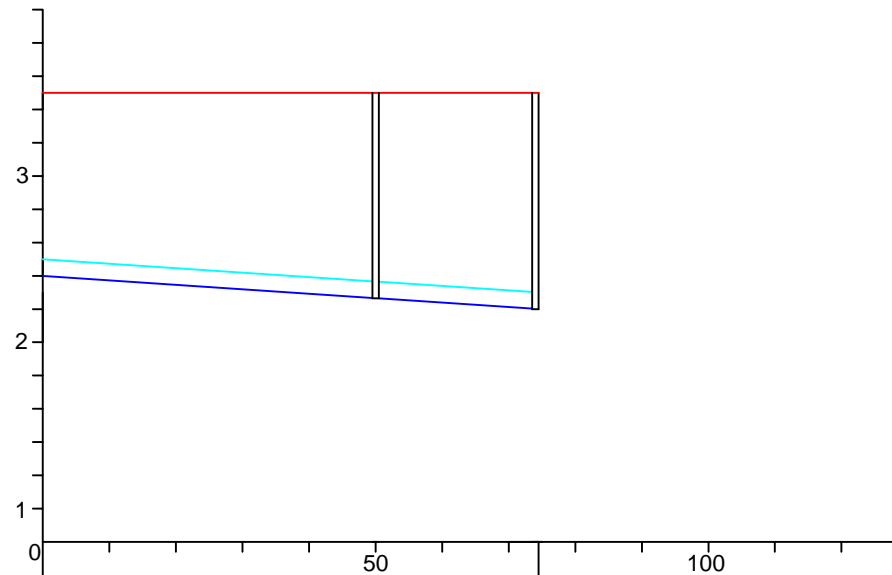
PROFIL HIDROLIS  
B1 - C1

SKALA

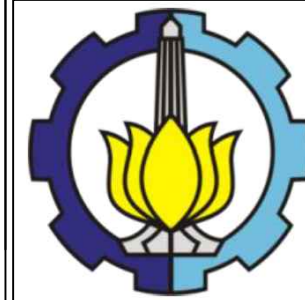
-

HALAMAN

134



Saluran	B1	C1
Panjang Pipa (m)	75	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Belokan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

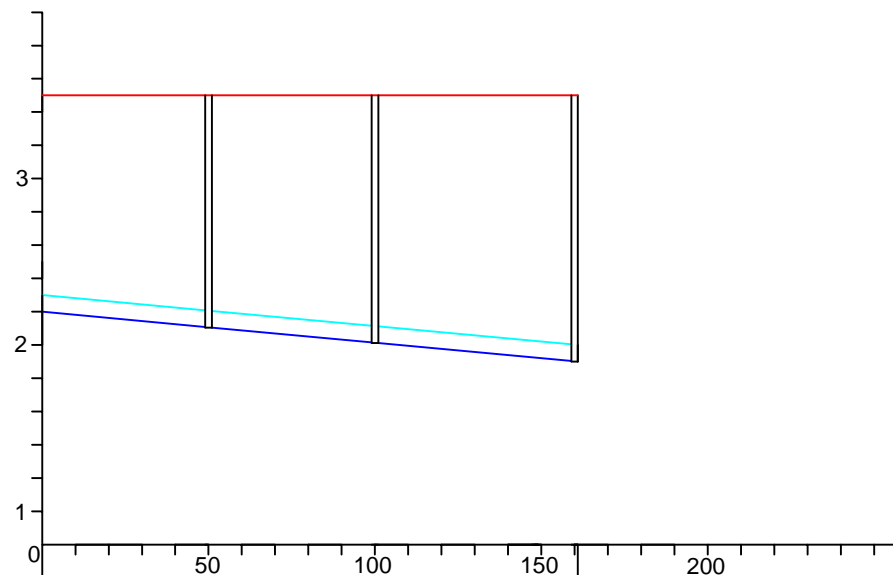
PROFIL HIDROLIS  
C1 - AA1

SKALA

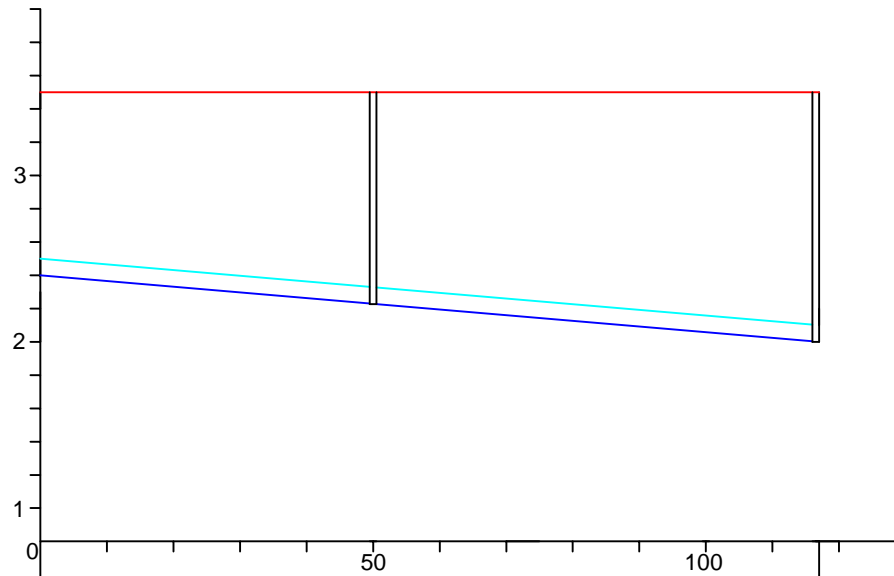
-

HALAMAN

135



Saluran	C1	AA1
Panjang Pipa (m)	161	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,3	2,0
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,2	1,9
Kedalaman Penanaman (m)	1,3	1,6
Jenis Manhole	Lurus	Lurus
Drop Manhole		Pertigaan



Saluran	D1	AA1
Panjang Pipa (m)	117	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,1
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	2,0
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,5
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



#### LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

#### JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

#### NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

#### DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

#### JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS  
D1 - AA1

#### SKALA

-

#### HALAMAN

136



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

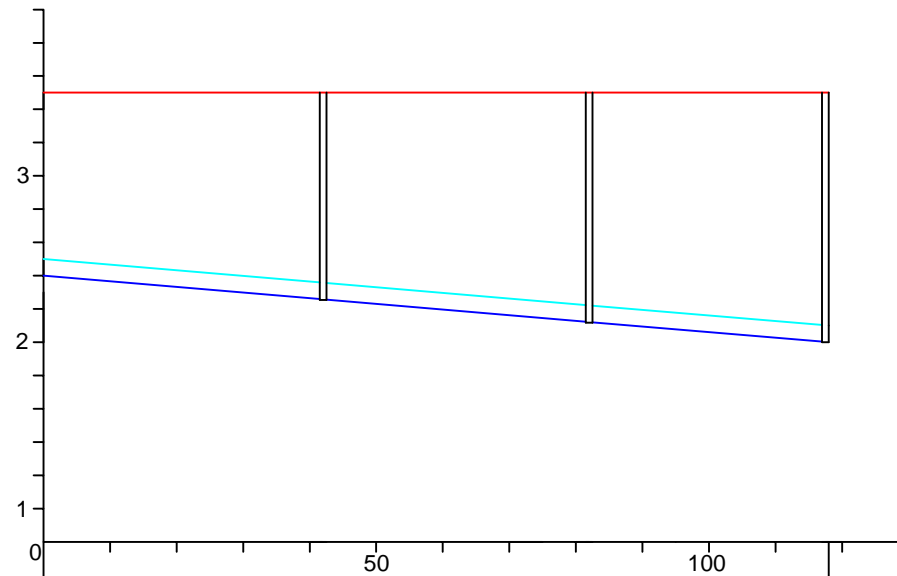
PROFIL HIDROLIS  
AA1 - PR 1

SKALA

-

HALAMAN

137



Saluran	AA1		PR1
Panjang Pipa (m)		118	
Diameter Pipa (mm)		100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5		3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5		2,1
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4		2,0
Kedalaman Penanaman (m)	1,1		1,5
Jenis Manhole	Belokan	Pertigaan	Pertigaan
Drop Manhole			



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

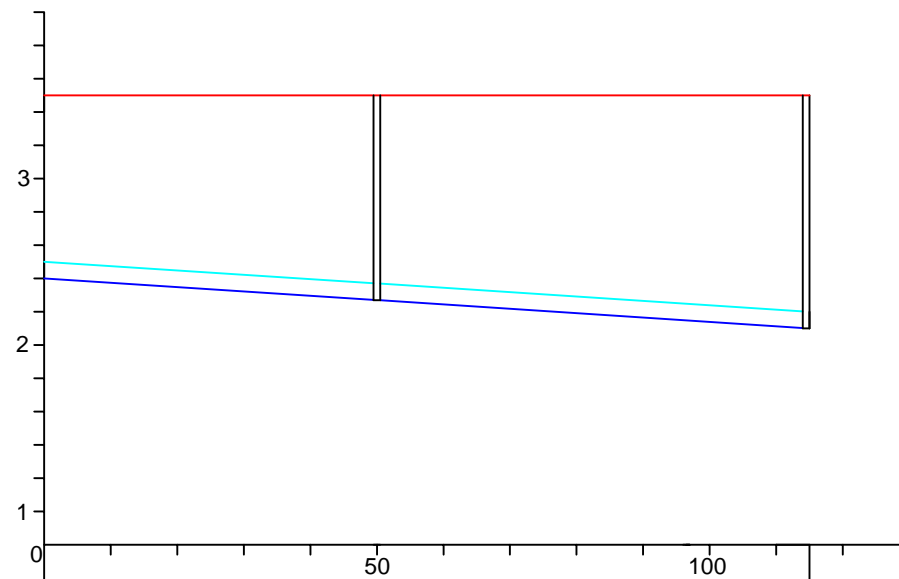
PROFIL HIDROLIS  
E1 - AB1

SKALA

-

HALAMAN

138



Saluran	E1	AB1
Panjang Pipa (m)	115	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,2
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	2,1
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,4
Jenis Manhole	Lurus	Belokan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

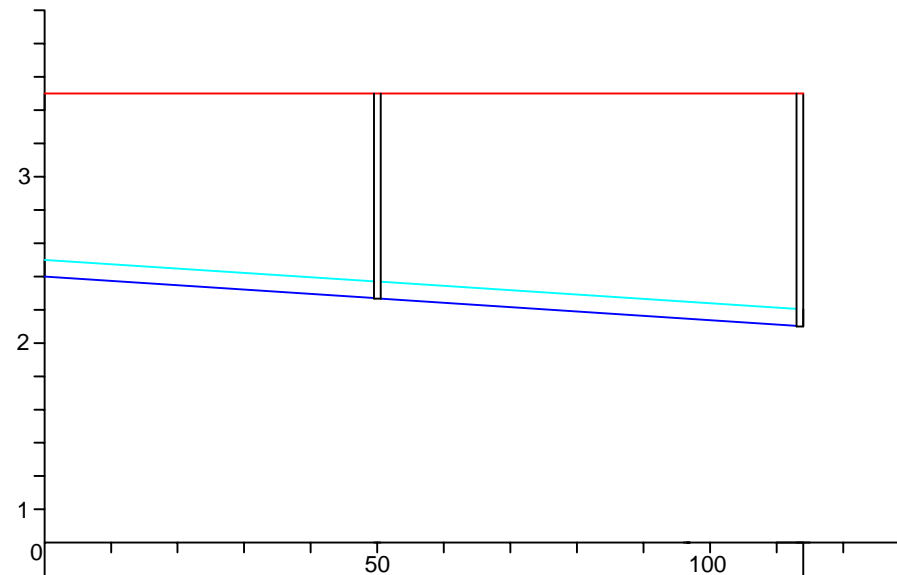
PROFIL HIDROLIS  
F1 - AB1

SKALA

-

HALAMAN

139



Saluran	F1	AB1
Panjang Pipa (m)	114	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,2
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	2,1
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,4
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

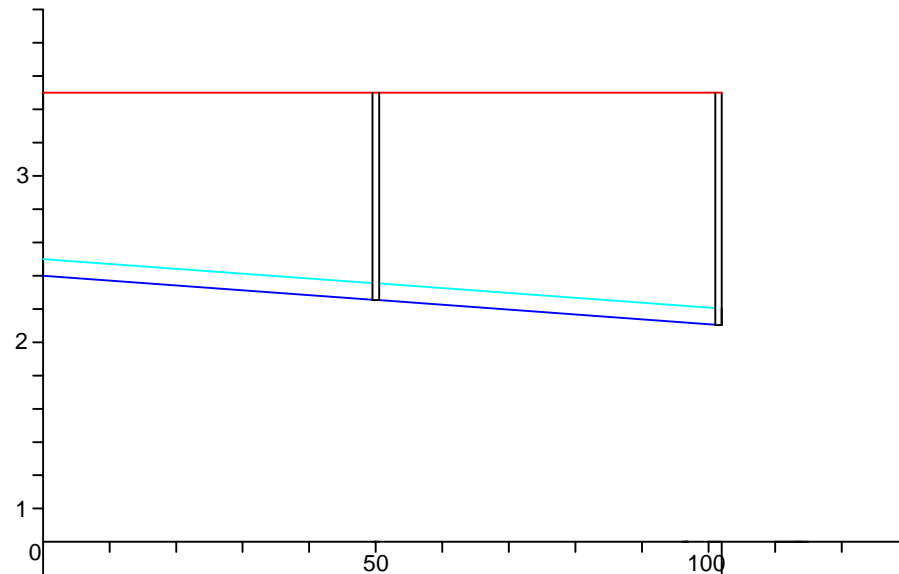
PROFIL HIDROLIS  
G1 - AB1

SKALA

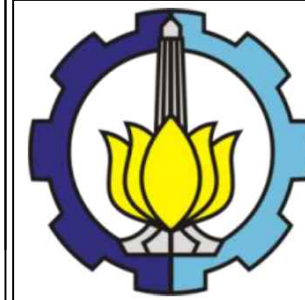
-

HALAMAN

140



Saluran	G1	AB1
Panjang Pipa (m)	102	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,2
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	2,1
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,4
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Permukaan tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

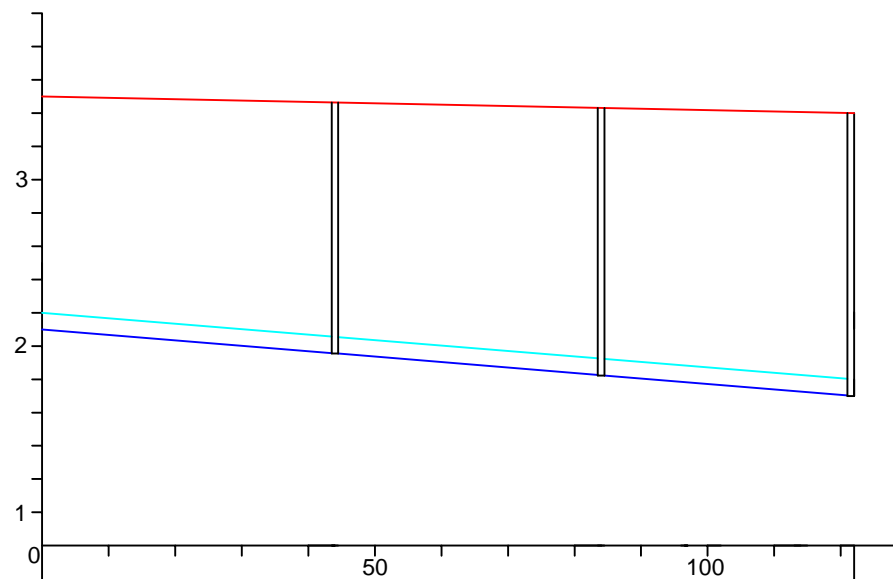
PROFIL HIDROLIS  
AB1 - PR1

SKALA

-

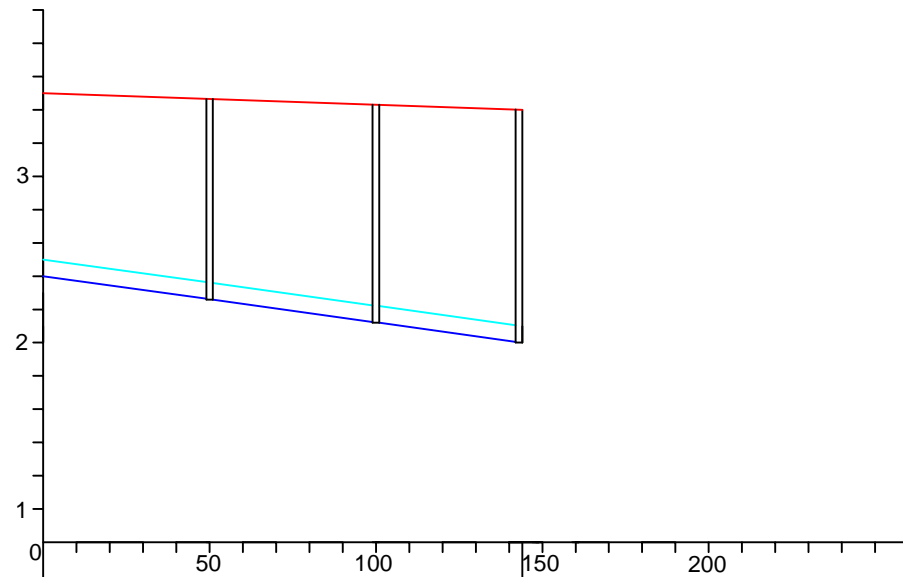
HALAMAN

141

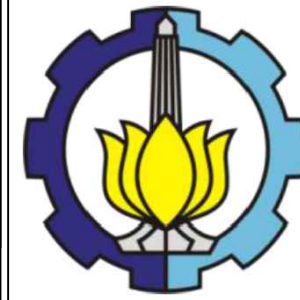


Saluran	AB1		PR1
Panjang Pipa (m)		122	
Diameter Pipa (mm)		100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5		3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,2		1,8
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,1		1,7
Kedalaman Penanaman (m)	1,4		1,8
Jenis Manhole	Belokan	Pertigaan	Pertigaan
Drop Manhole			Pertigaan





Saluran	H1		AC1
Panjang Pipa (m)		144	
Diameter Pipa (mm)		100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5		3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5		2,1
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4		2,0
Kedalaman Penanaman (m)	1,1		1,4
Jenis Manhole		Lurus	Lurus
Drop Manhole			Belokan



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS  
H1 - AC1

SKALA

-

HALAMAN

142



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

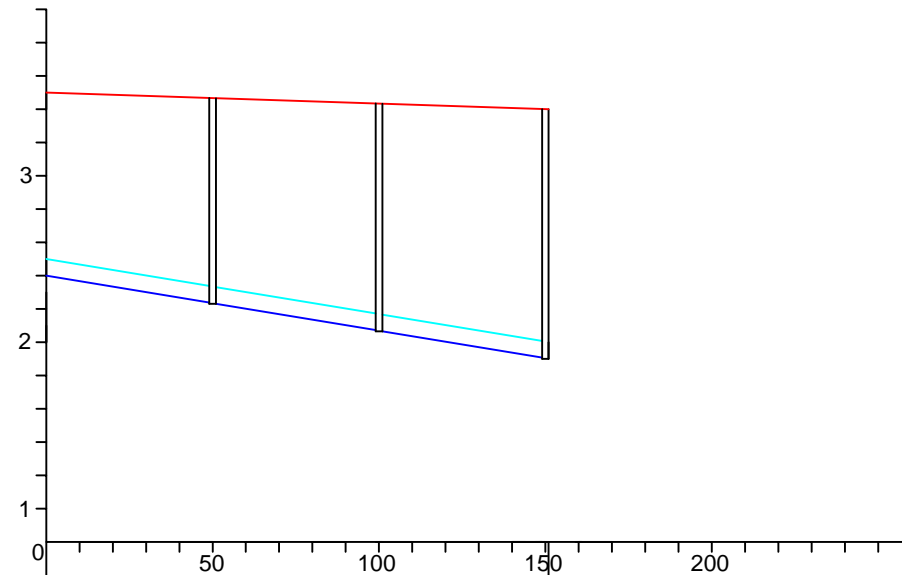
PROFIL HIDROLIS  
I1 - AC1

SKALA

-

HALAMAN

143



Saluran	I1	AC1
Panjang Pipa (m)	151	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5	2,0
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4	1,9
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,5
Jenis Manhole	Lurus	Lurus
Drop Manhole		Pertigaan



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

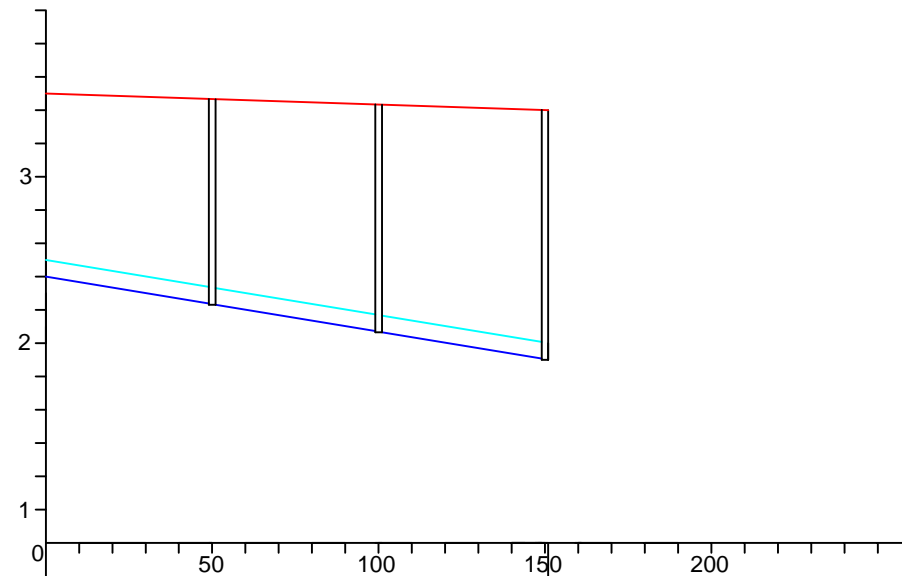
PROFIL HIDROLIS  
J1 - AC1

SKALA

-

HALAMAN

144



Saluran	J1		AC1
Panjang Pipa (m)		151	
Diameter Pipa (mm)		100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5		3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,5		2,0
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,4		1,9
Kedalaman Penanaman (m)	1,1		1,5
Jenis Manhole		Lurus	Lurus
Drop Manhole			Pertigaan



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

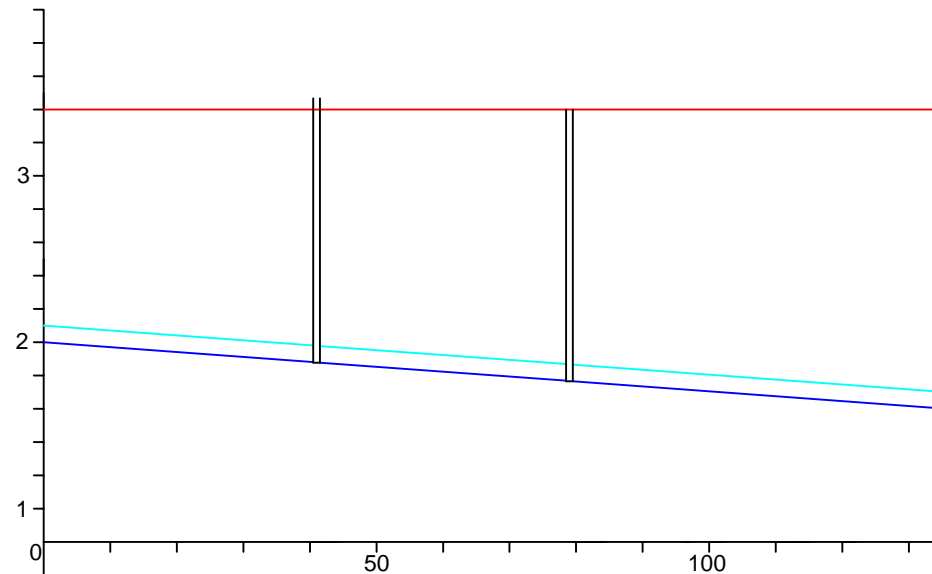
PROFIL HIDROLIS  
AC1 - PR1

SKALA

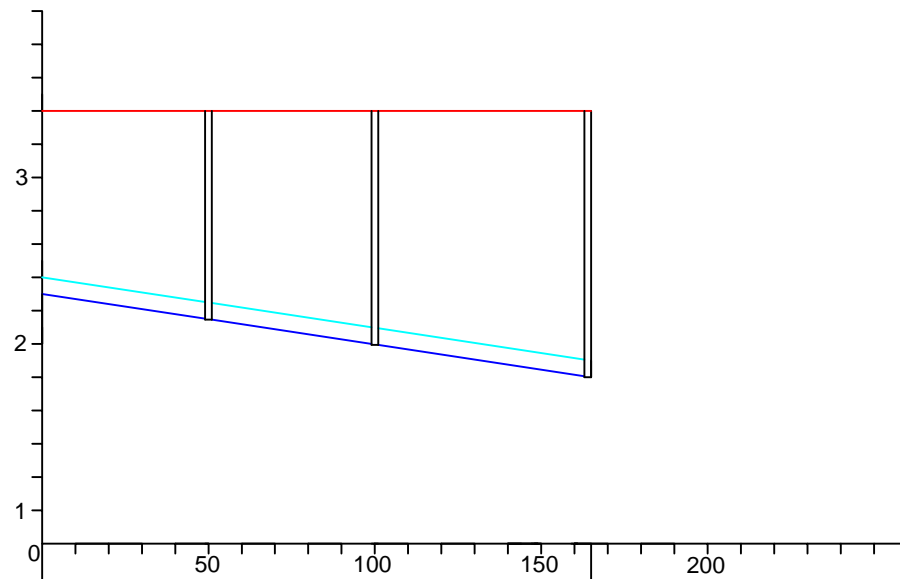
-

HALAMAN

145



Saluran	AC1	PR1
Panjang Pipa (m)	136	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,4	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,1	1,7
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,0	1,6
Kedalaman Penanaman (m)	1,4	1,8
Jenis Manhole	Belokan	Pertigaan
Drop Manhole		Pertigaan



Saluran	K1	AD1
Panjang Pipa (m)	165	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,4	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,4	1,9
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,3	1,8
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,6
Jenis Manhole	Lurus	Lurus
Drop Manhole		Belokan



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

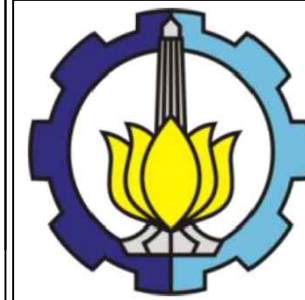
PROFIL HIDROLIS  
K1 - AD1

SKALA

-

HALAMAN

146



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

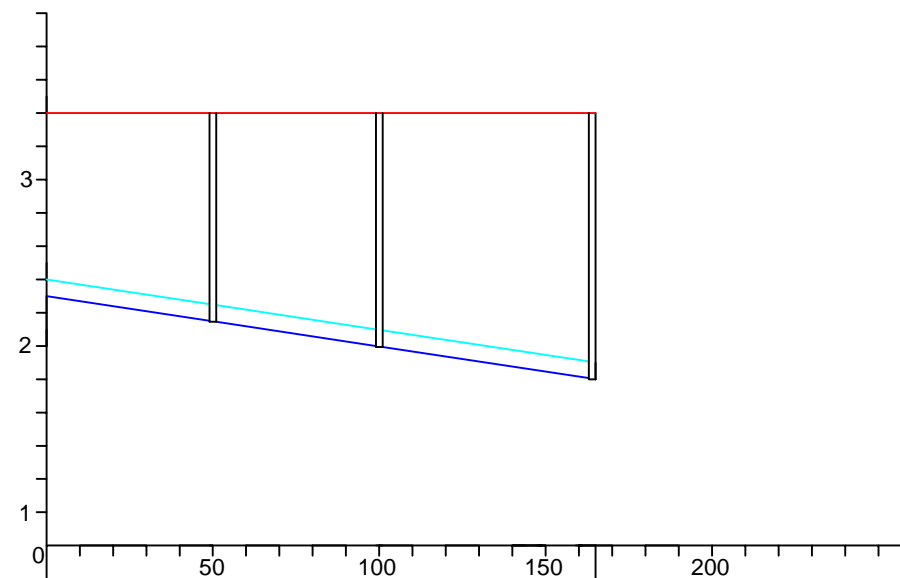
PROFIL HIDROLIS  
L1 - AD1

SKALA

-

HALAMAN

147



Saluran	L1	AD1
Panjang Pipa (m)	165	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,4	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,4	1,9
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,3	1,8
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,6
Jenis Manhole	Lurus	Lurus
Drop Manhole		Belokan



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

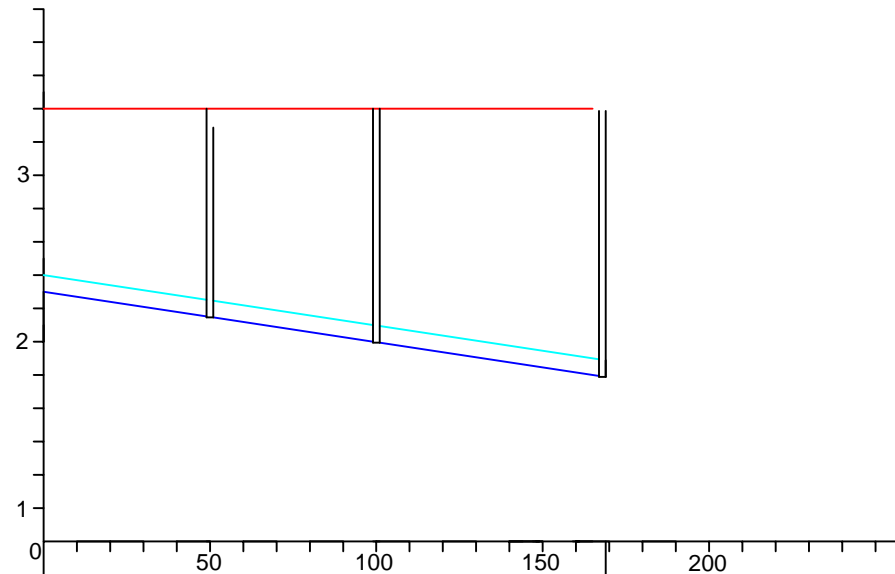
PROFIL HIDROLIS  
M1 - AD1

SKALA

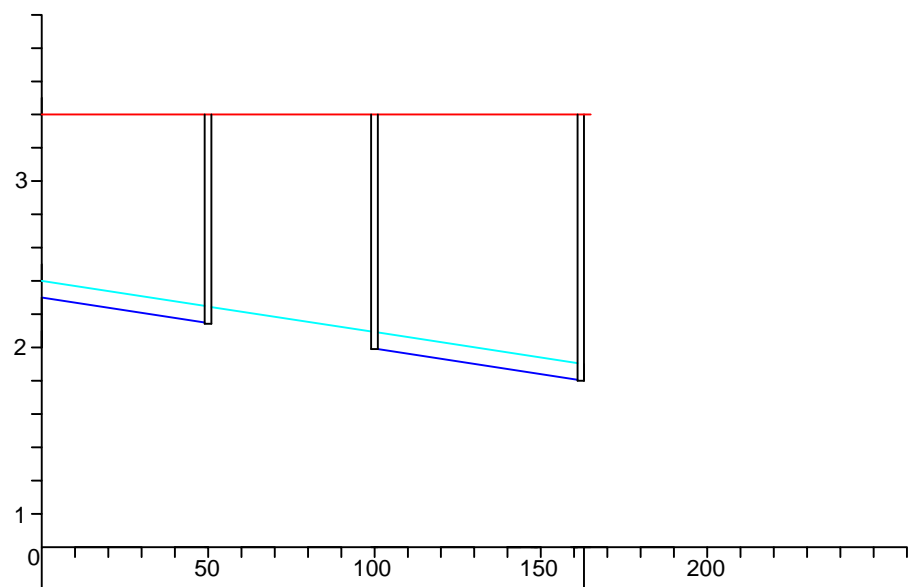
-

HALAMAN

148



Saluran	M1	AD1
Panjang Pipa (m)	167	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,4	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,4	1,9
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,3	1,8
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,6
Jenis Manhole	Lurus	Lurus
Drop Manhole		Pertigaan



Saluran	N1	AD1
Panjang Pipa (m)	164	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,4	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,4	1,9
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,3	1,8
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,6
Jenis Manhole	Lurus	Lurus
Drop Manhole		Pertigaan



**LEGENDA**

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

**JUDUL TUGAS AKHIR**

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

**NAMA / NRP**

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

**JUDUL GAMBAR**

PROFIL HIDROLIS  
N1 - AD1

<b>SKALA</b>	<b>HALAMAN</b>
-	149





LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

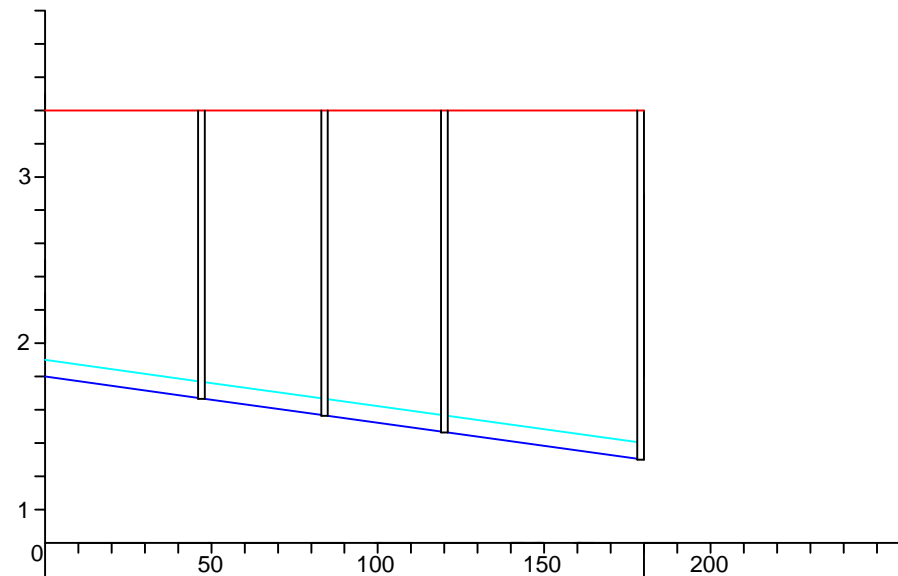
PROFIL HIDROLIS  
AD1 - PR3

SKALA

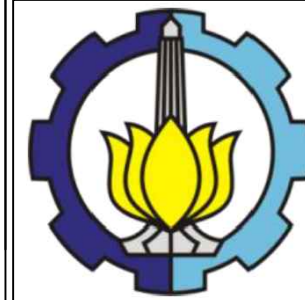
-

HALAMAN

150



Saluran	AD1	PR3
Panjang Pipa (m)	180	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,4	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	1,9	1,4
Elevasi Pipa Bawah (m)	1,8	1,3
Kedalaman Penanaman (m)	1,6	2,1
Jenis Manhole	Belokan	Pertigaan
Drop Manhole	Pertigaan	Pertigaan



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

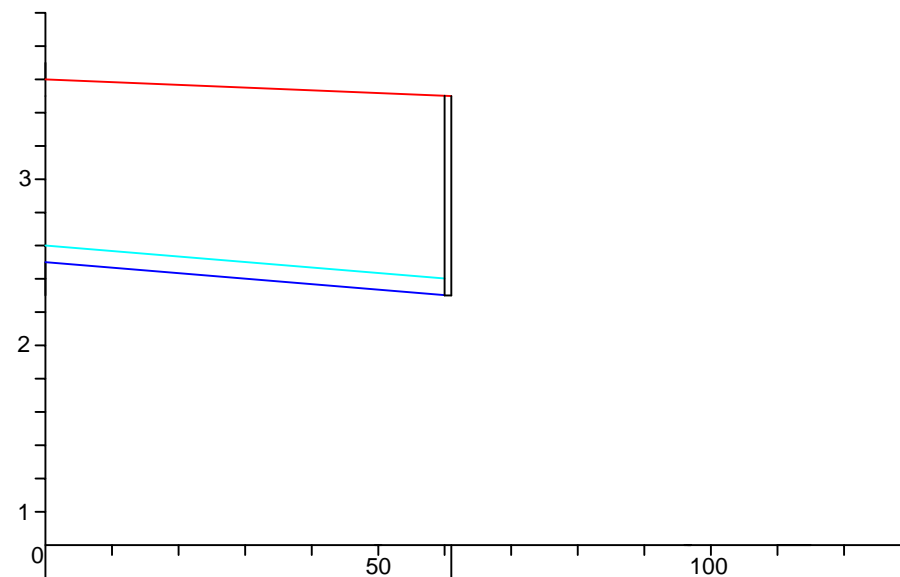
PROFIL HIDROLIS  
A2 - PR2

SKALA

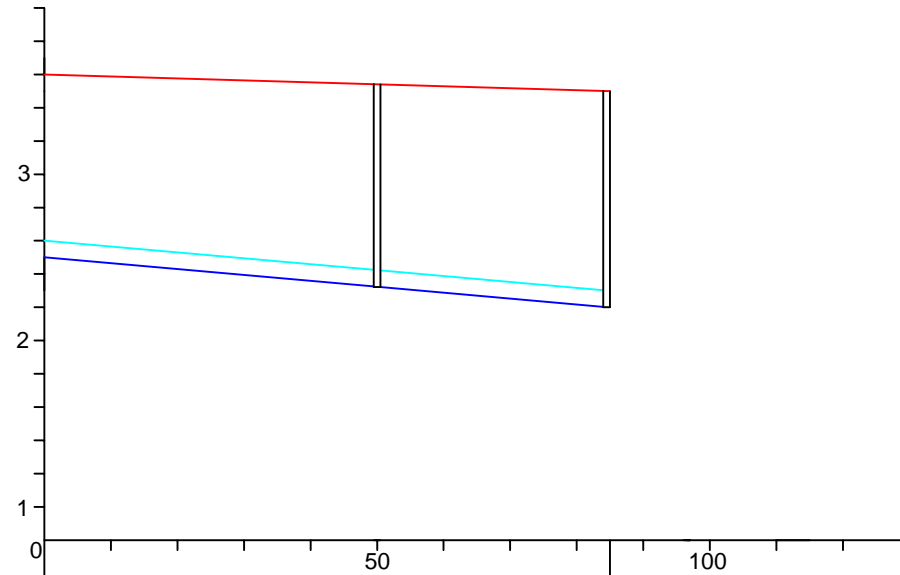
-

HALAMAN

151



Saluran	A2	PR2
Panjang Pipa (m)	61	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,4
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,3
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,2
Jenis Manhole		Belokan
Drop Manhole		



Saluran	B2	PR2
Panjang Pipa (m)	85	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole		Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS  
B2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

152



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

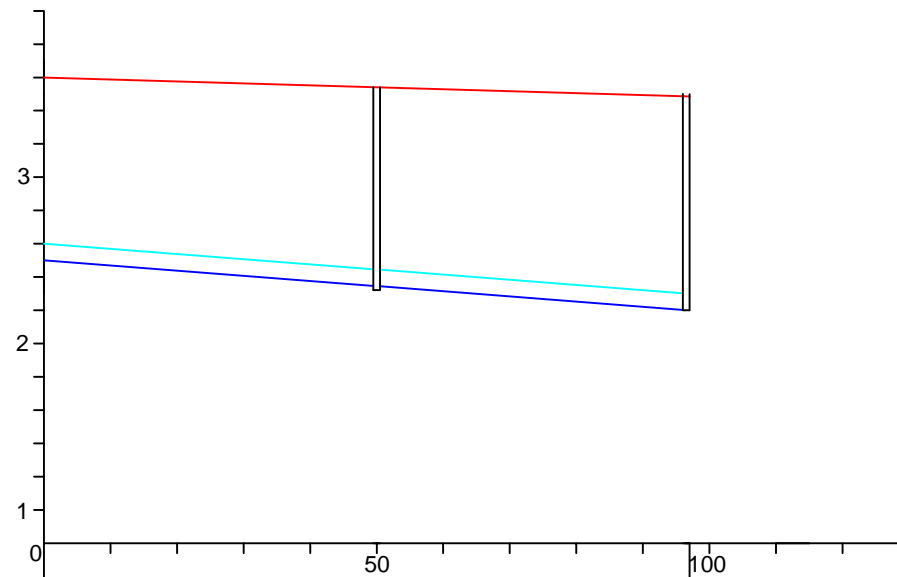
PROFIL HIDROLIS  
C2 - PR2

SKALA

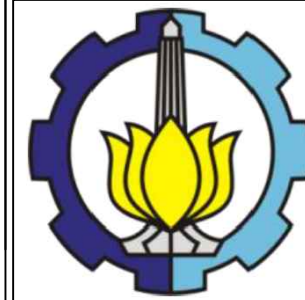
-

HALAMAN

153



Saluran	C2	PR2
Panjang Pipa (m)	97	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

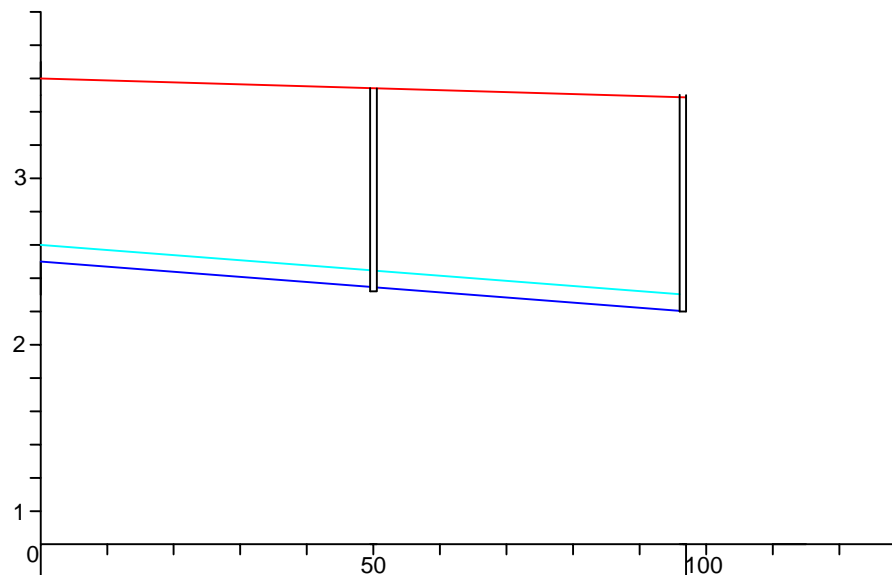
PROFIL HIDROLIS  
D2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

154



Saluran	D2	PR2
Panjang Pipa (m)	97	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

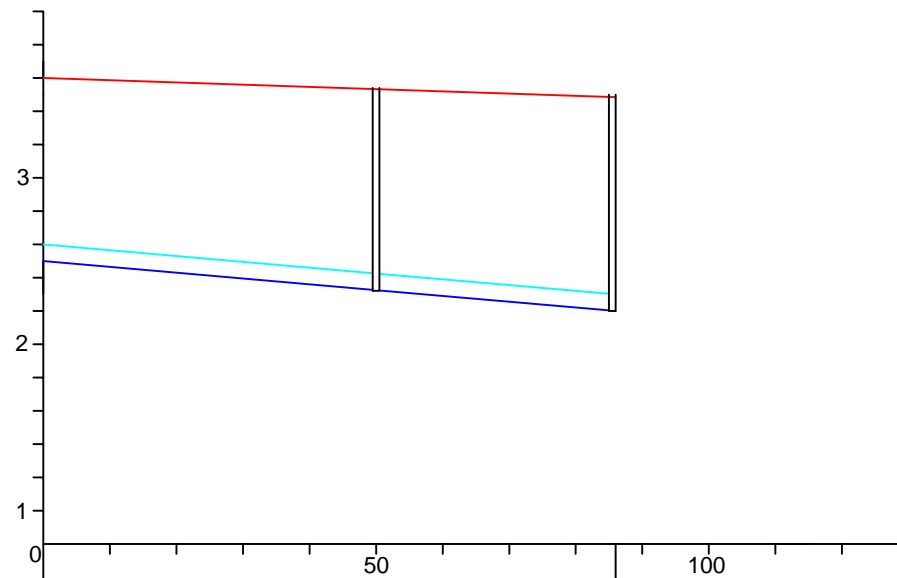
PROFIL HIDROLIS  
E2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

155



Saluran	E2	PR2
Panjang Pipa (m)	86	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

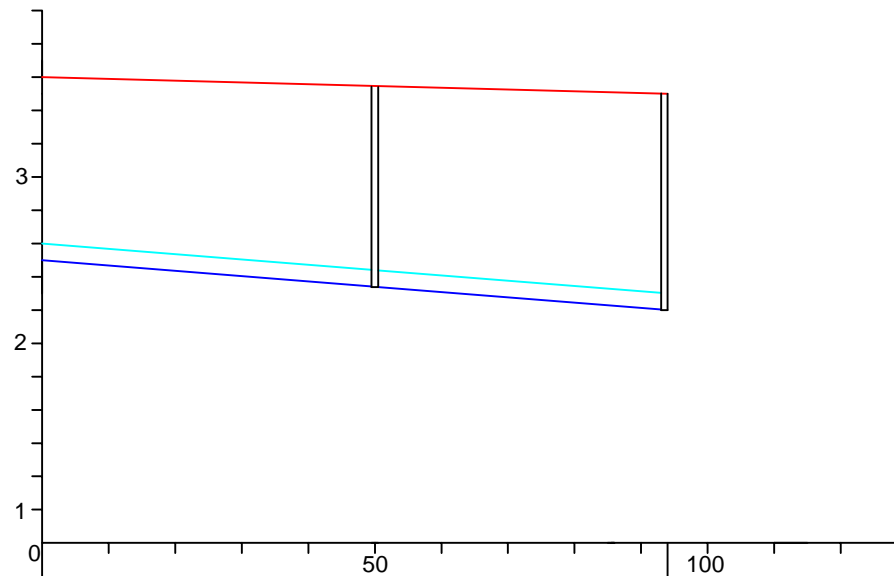
PROFIL HIDROLIS  
F2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

156



Saluran	F2	PR2
Panjang Pipa (m)	94	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

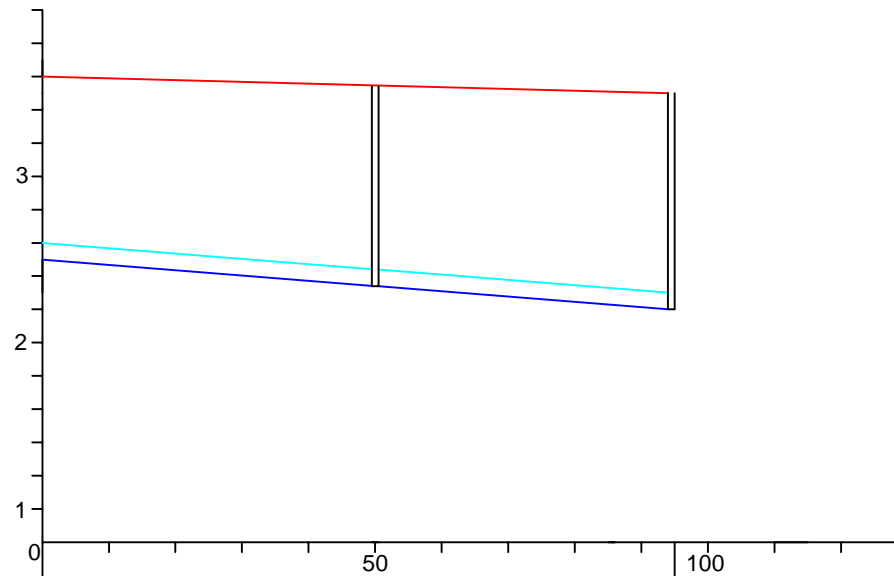
PROFIL HIDROLIS  
G2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

157



Saluran	G2	PR2
Panjang Pipa (m)	95	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		





LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

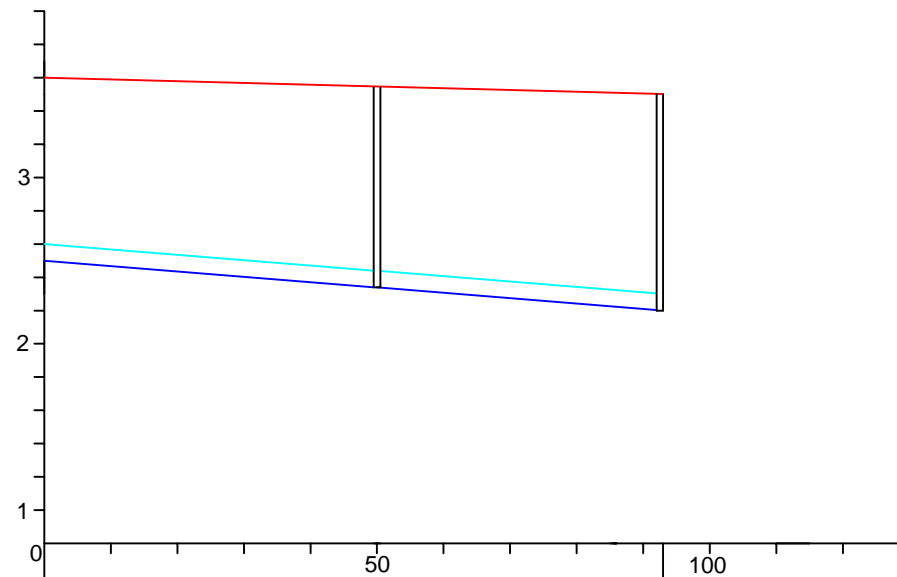
PROFIL HIDROLIS  
H2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

158



Saluran	H2	PR2
Panjang Pipa (m)	93	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

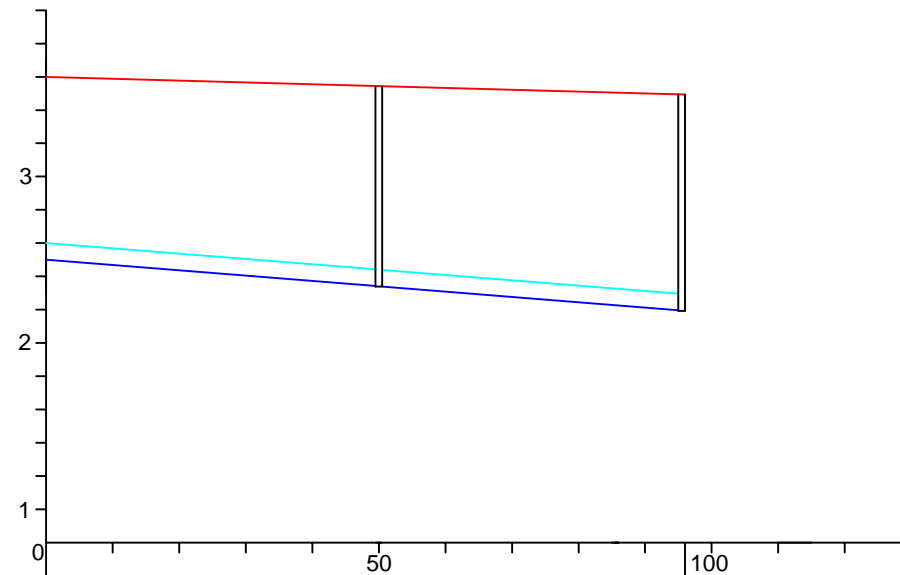
PROFIL HIDROLIS  
I2 - PR2

SKALA

-

HALAMAN

159



Saluran	I2	PR2
Panjang Pipa (m)	96	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,6	3,5
Elevasi Pipa Atas (m)	2,6	2,3
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,5	2,2
Kedalaman Penanaman (m)	1,1	1,3
Jenis Manhole	Lurus	Pertigaan
Drop Manhole		



LEGENDA

- = Elevasi tanah
- = Pipa atas
- = Pipa bawah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

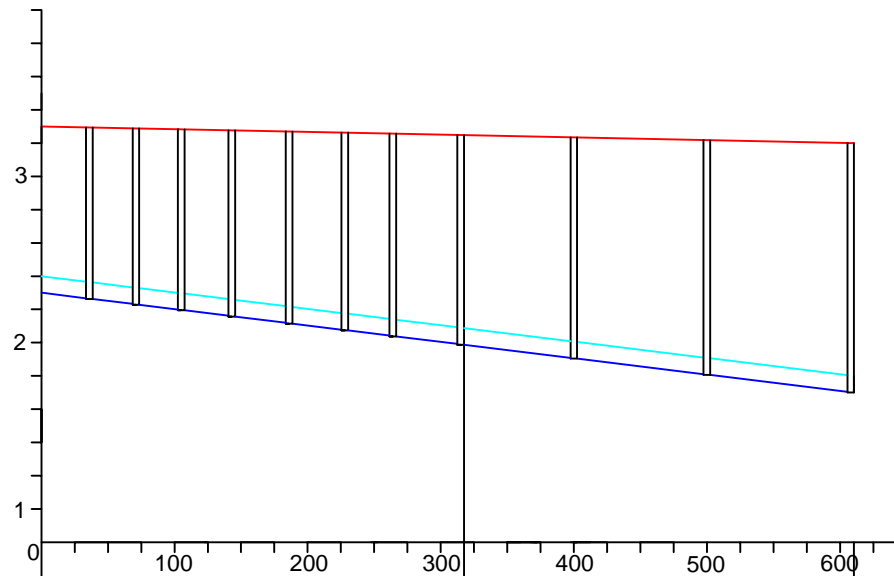
PROFIL HIDROLIS  
PR2 - PR3

SKALA

-

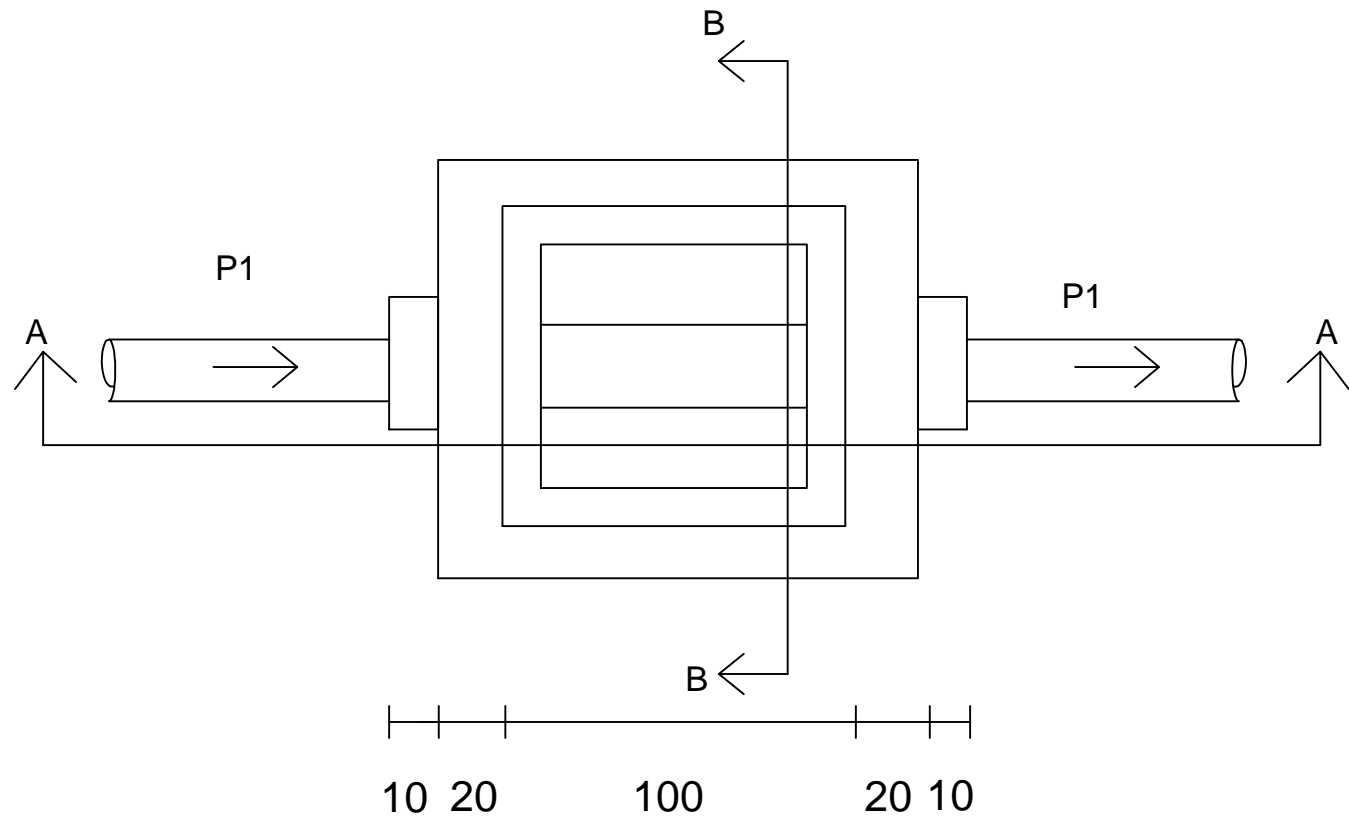
HALAMAN

160



Saluran	PR2	PR3
Panjang Pipa (m)	608	
Diameter Pipa (mm)	100	
Elevasi Muka Tanah (m)	3,5	3,4
Elevasi Pipa Atas (m)	2,4	1,8
Elevasi Pipa Bawah (m)	2,3	1,7
Kedalaman Penanaman (m)	1,2	1,7
Jenis Manhole	Pertigaan	Lurus    Lurus    Pertigaan
Drop Manhole		

**LAMPIRAN B  
MANHOLE**



LEGENDA

→ = Arah Aliran Air

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

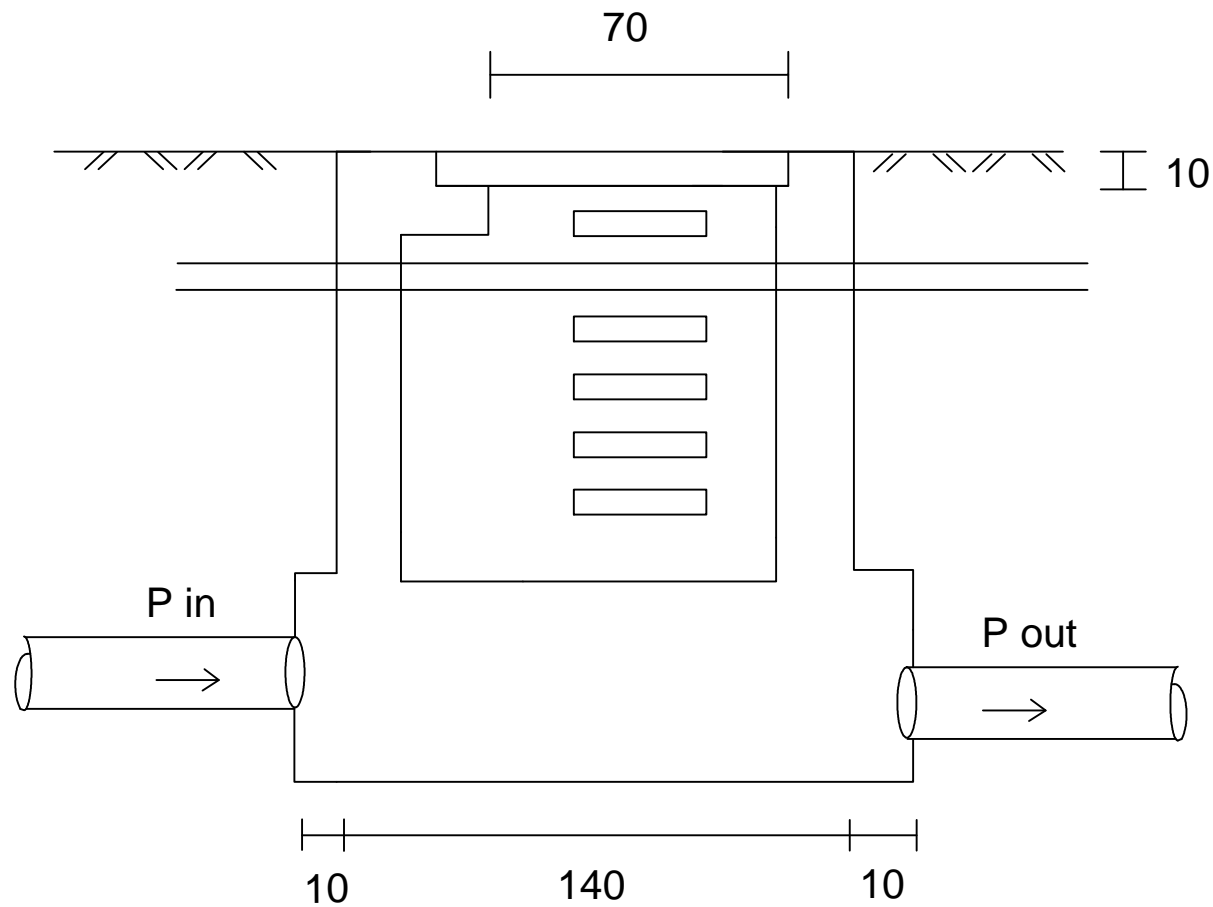
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

DENAH TIPIKAL MANHOLE LURUS

SKALA	HALAMAN
TANPA SKALA	162



LEGENDA

→ = Arah Aliran Air  
 ▨ = Muka Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
 PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
 SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
 3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
 19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

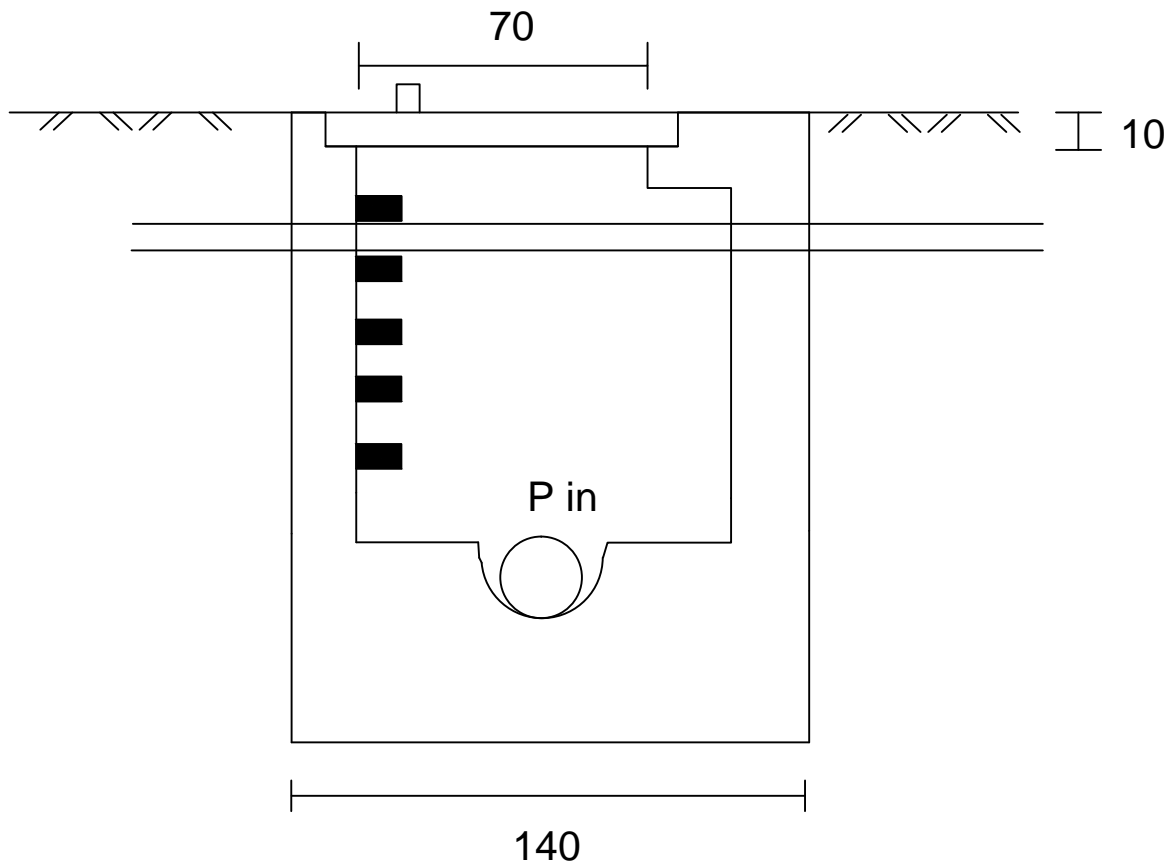
POTONGAN A-A MANHOLE LURUS

SKALA


HALAMAN

TANPA SKALA

163



LEGENDA

 = Muka Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN-B  
MANHOLE LURUS

SKALA

TANPA SKALA

HALAMAN

164



LEGENDA

→ = Arah Aliran Air

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

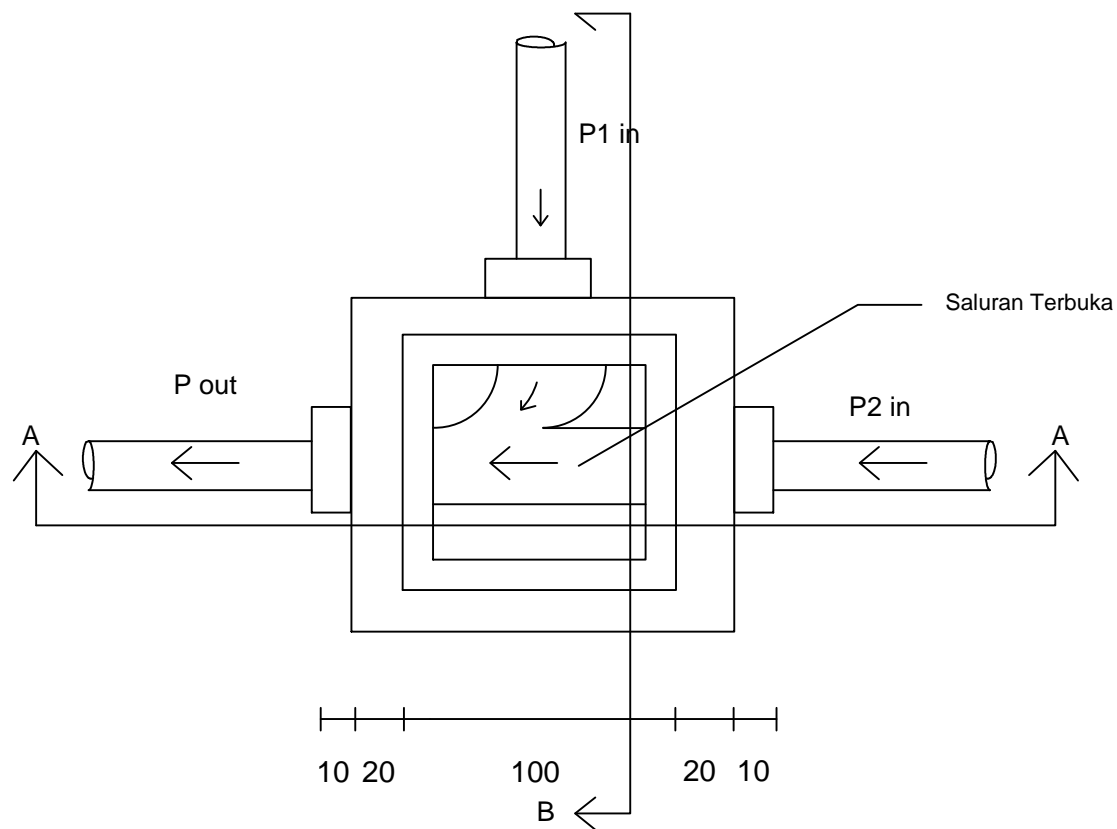
DENAH TIPIKAL MANHOLE  
PERTIGAAN

SKALA

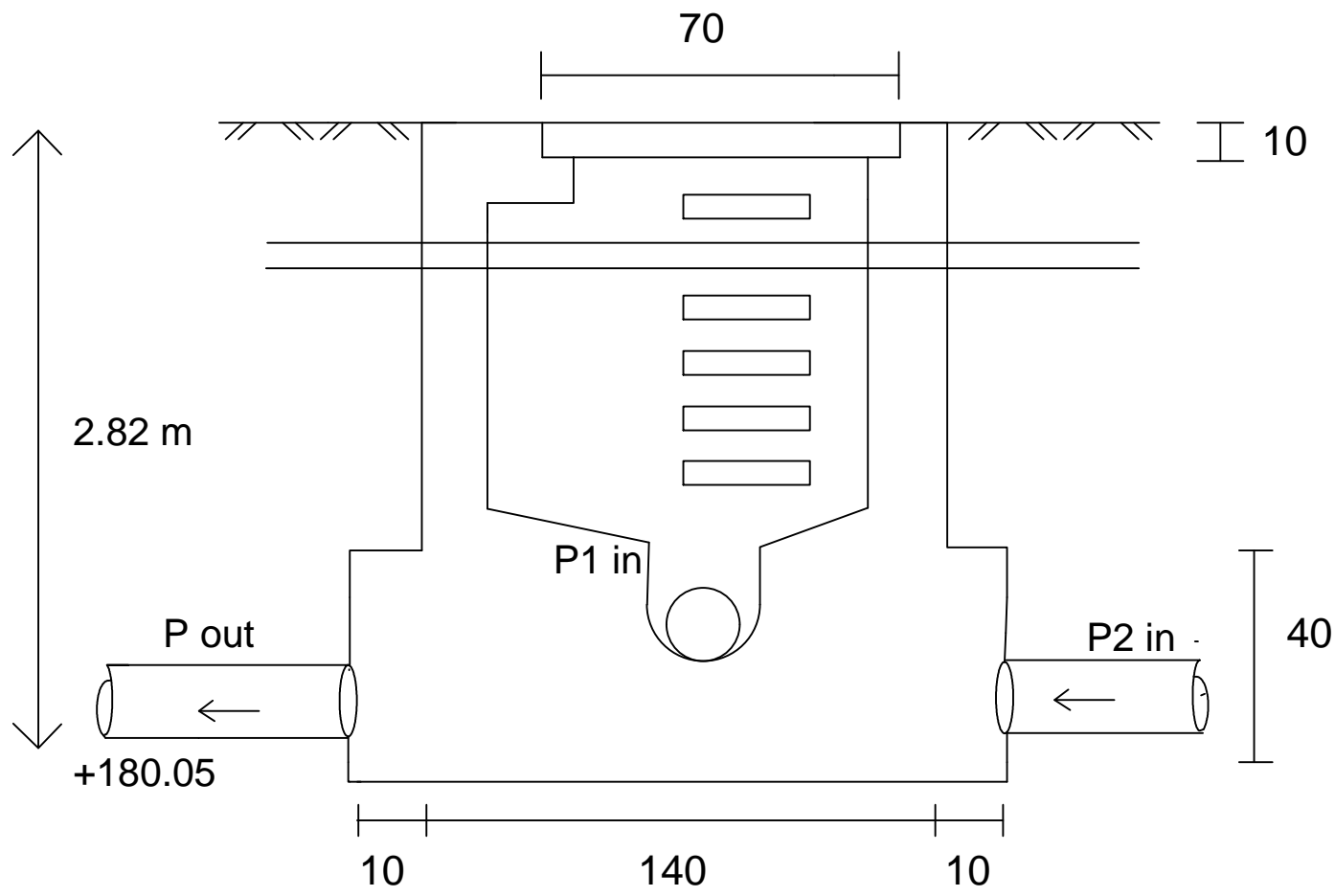
HALAMAN

TANPA SKALA

165







LEGENDA

- = Arah Aliran Air
- ≡ = Muka Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

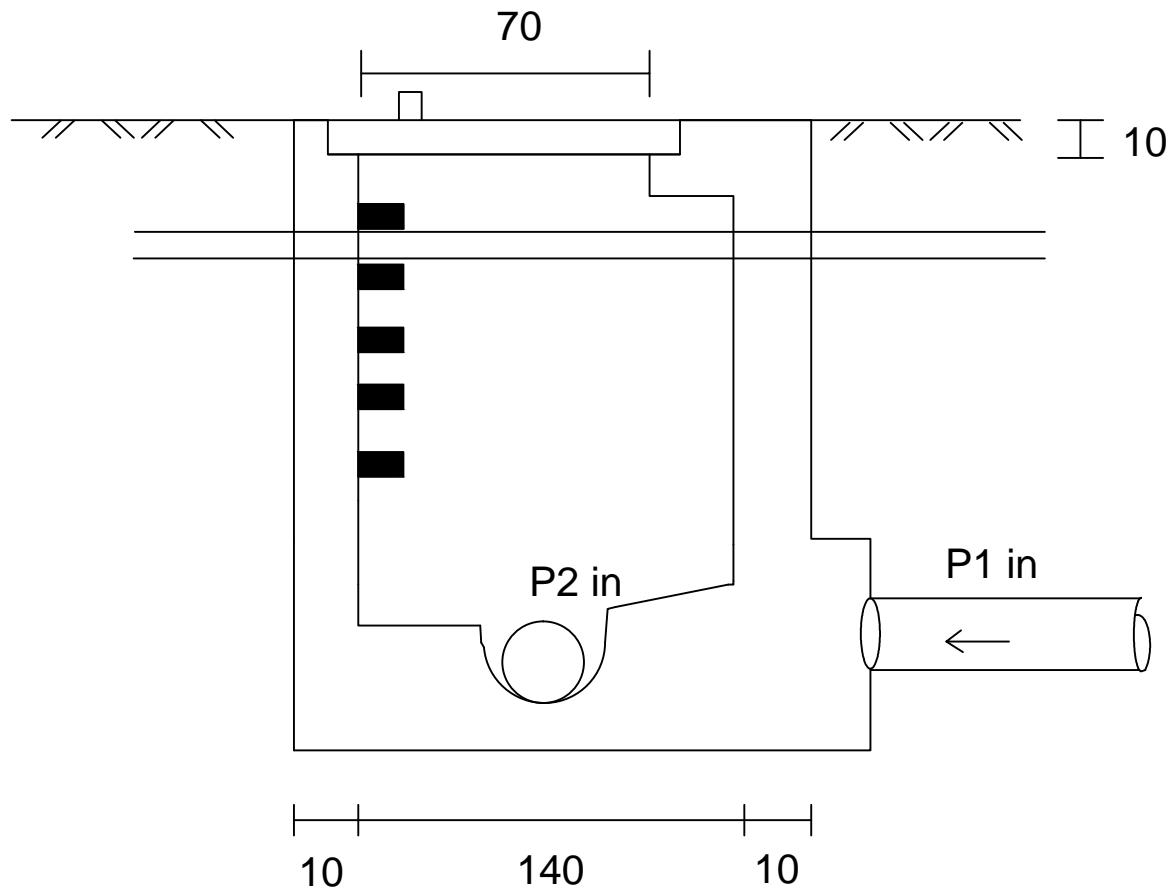
Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A  
MANHOLE PERTIGAAN

SKALA                      HALAMAN

TANPA SKALA                      166



LEGENDA

→ = Arah Aliran Air  
 ▬ = Muka Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
 PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
 SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
 3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
 19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

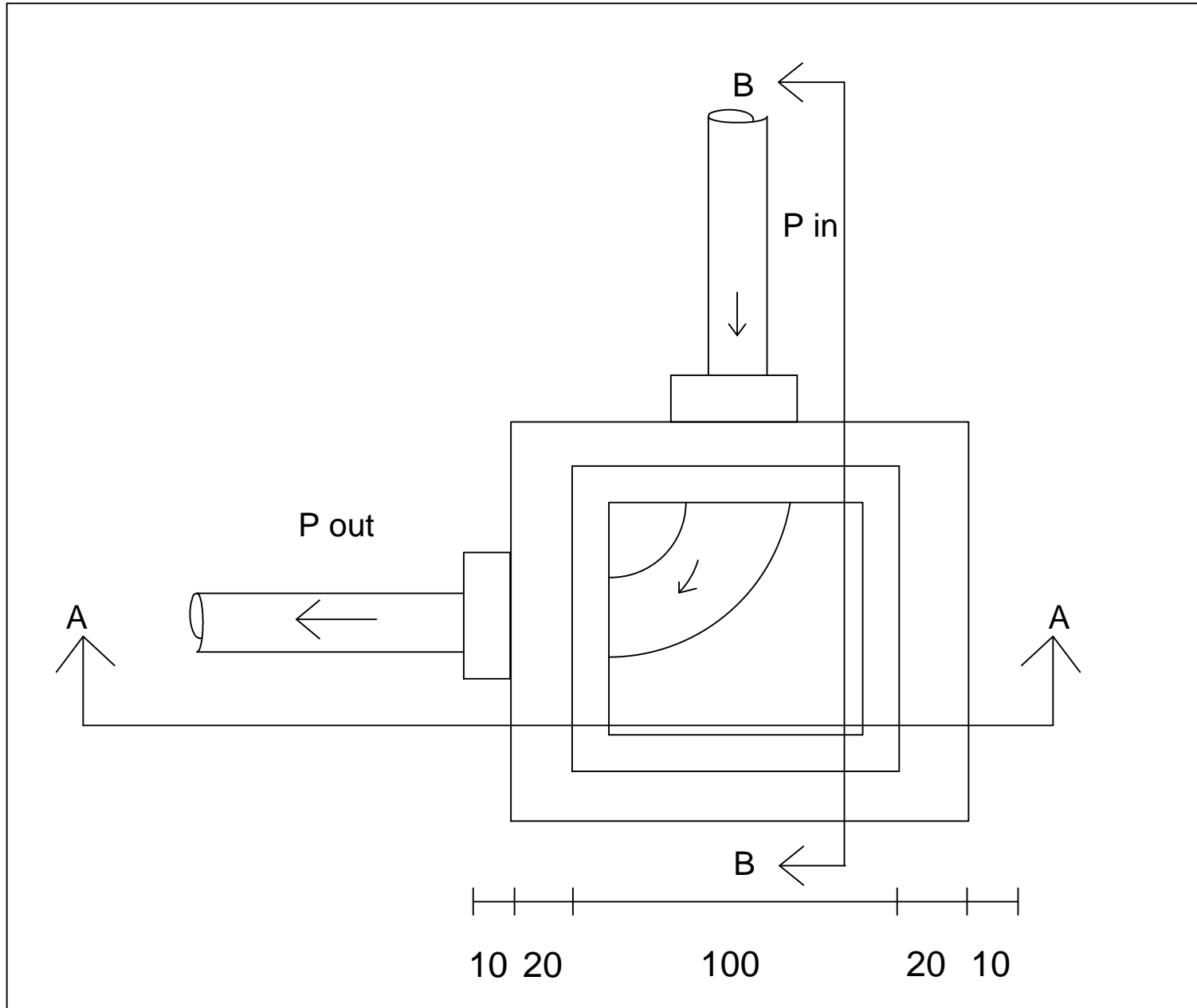
POTONGAN B-B  
 MANHOLE PERTIGAAN


SKALA

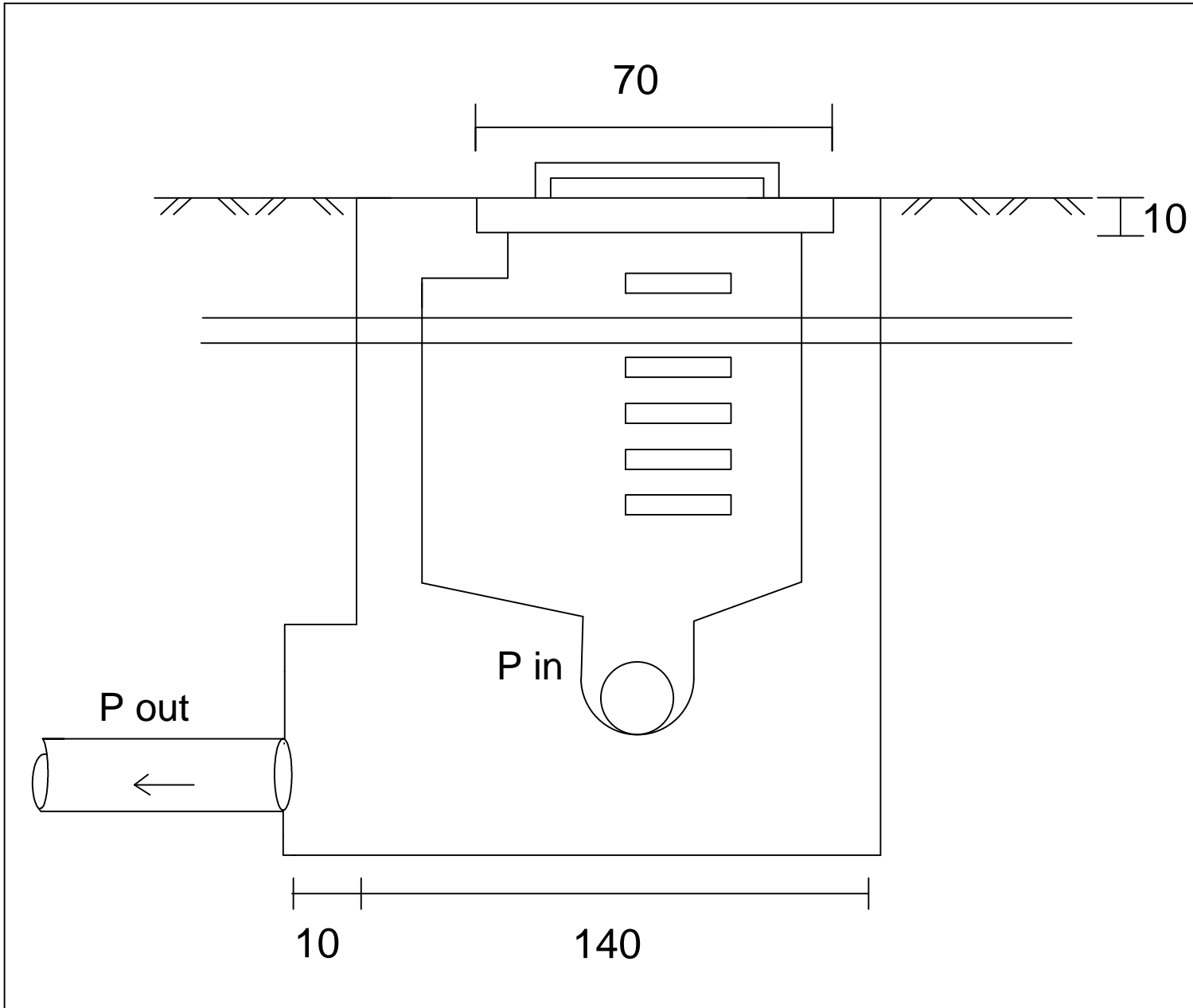
TANPA SKALA

HALAMAN

167



	
LEGENDA	
→ = Arah Aliran Air	
JUDUL TUGAS AKHIR	
ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA	
NAMA / NRP	
DEFA MEIFRIZA 3313100107	
DOSEN PEMBIMBING	
Dr. Ir. M. Razif, MM. 19530502 198103 004	
JUDUL GAMBAR	
DENAH TIPIKAL MANHOLE BELOKAN	
SKALA	HALAMAN
TANPA SKALA	168



LEGENDA

- = Arah Aliran Air
- ≡ = Muka Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

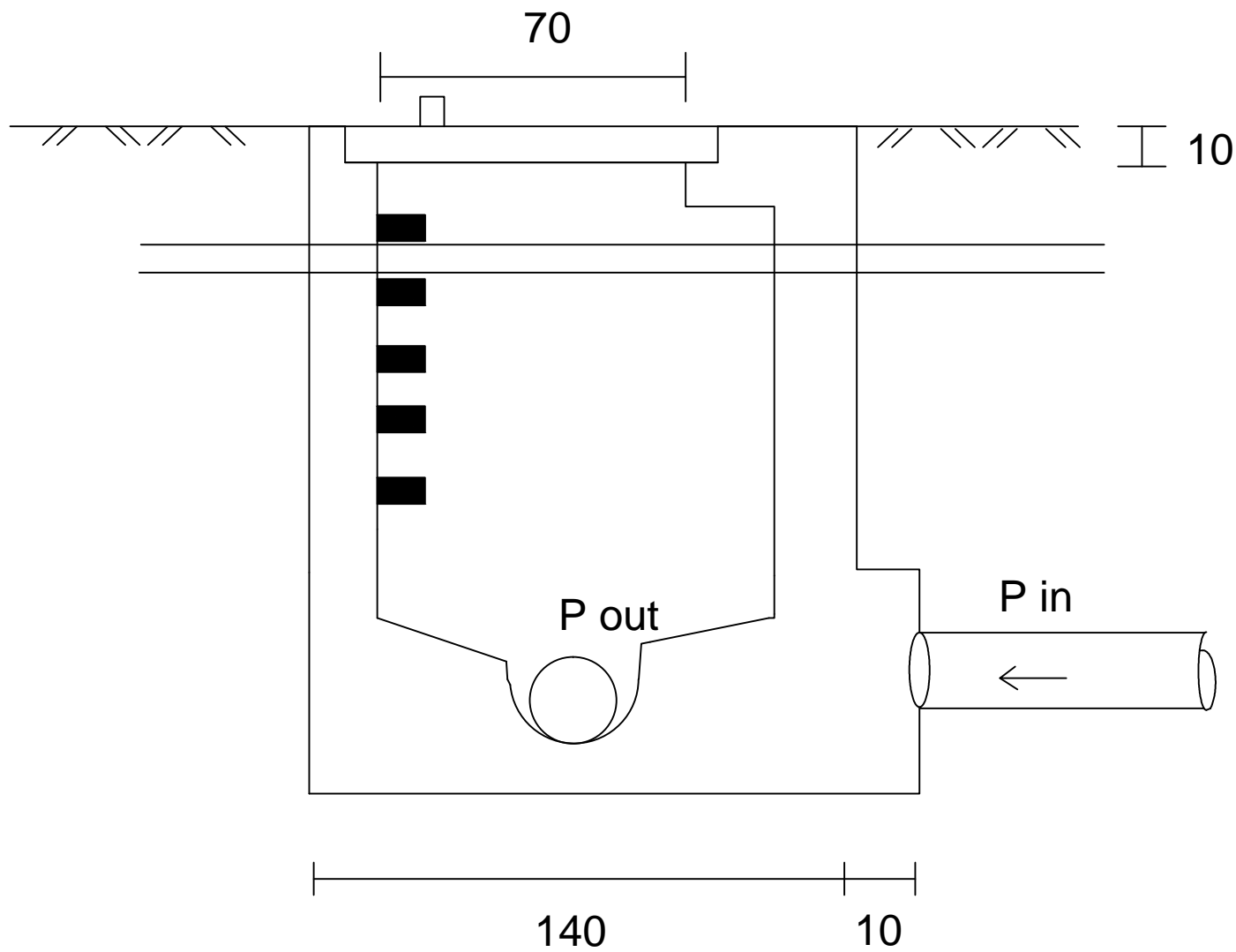
Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A  
MANHOLE BELOKAN

SKALA	HALAMAN
-------	---------

TANPA SKALA	169
-------------	-----



LEGENDA

- = Arah Aliran Air
- ▨ = Muka Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR


POTONGAN B-B  
MANHOLE BELOKAN

SKALA	HALAMAN
TANPA SKALA	170

**LAMPIRAN C**  
***DETAILED ENGINEERING DESIGN***



LEGENDA

 = Tembok Beton

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

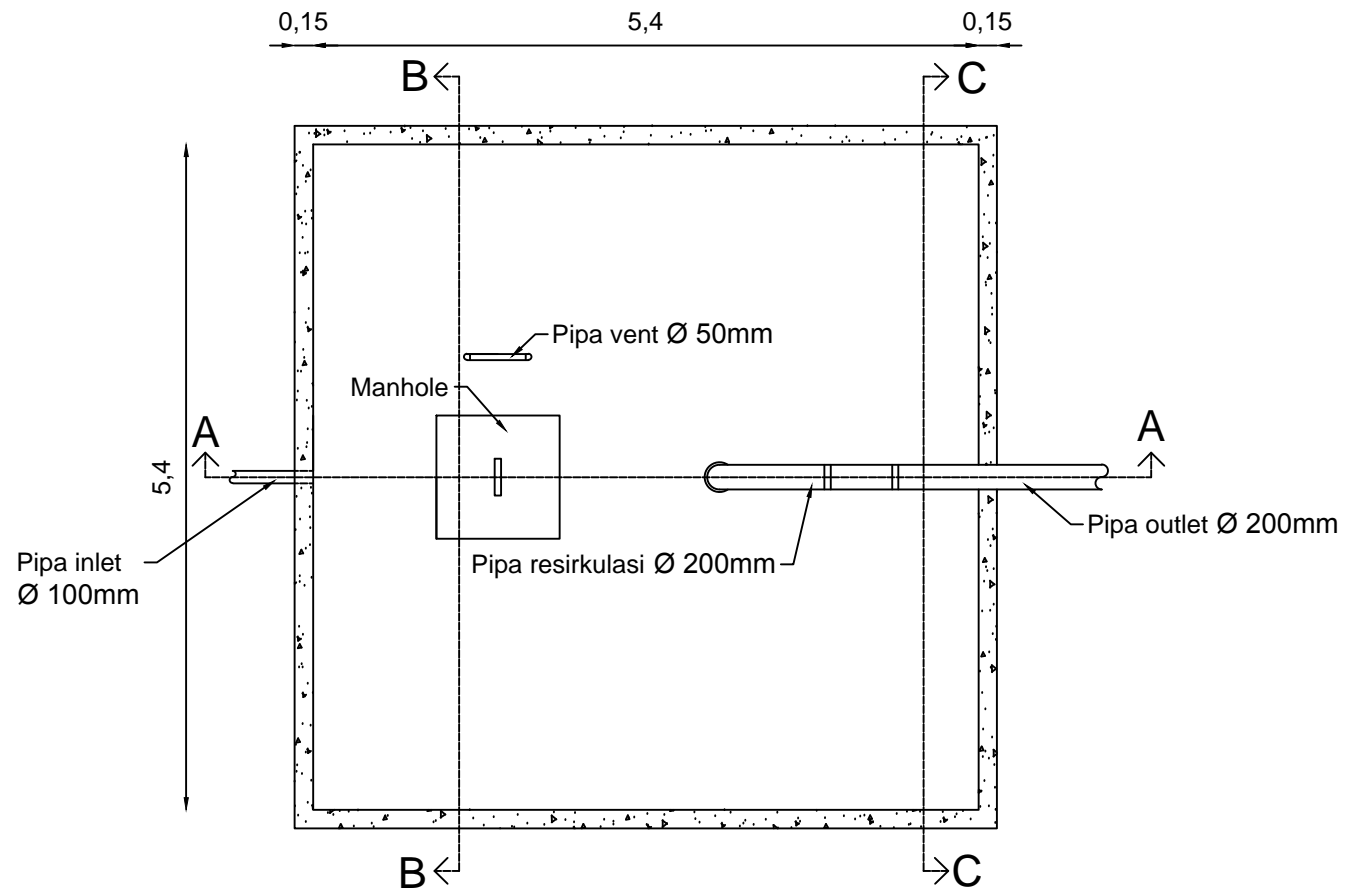
DENAH BAK EKUALISASI

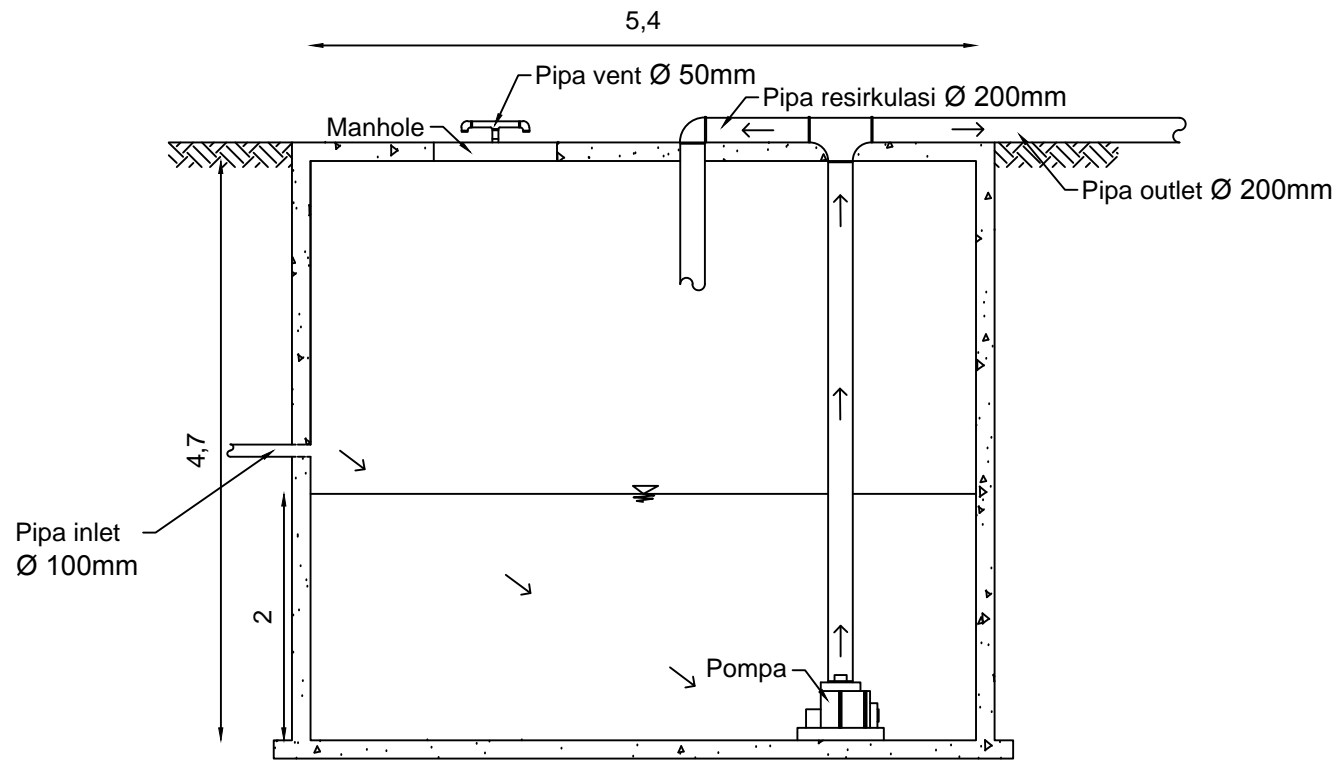
SKALA

1 : 100



HALAMAN

172





LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A  
BAK EKUALISASI

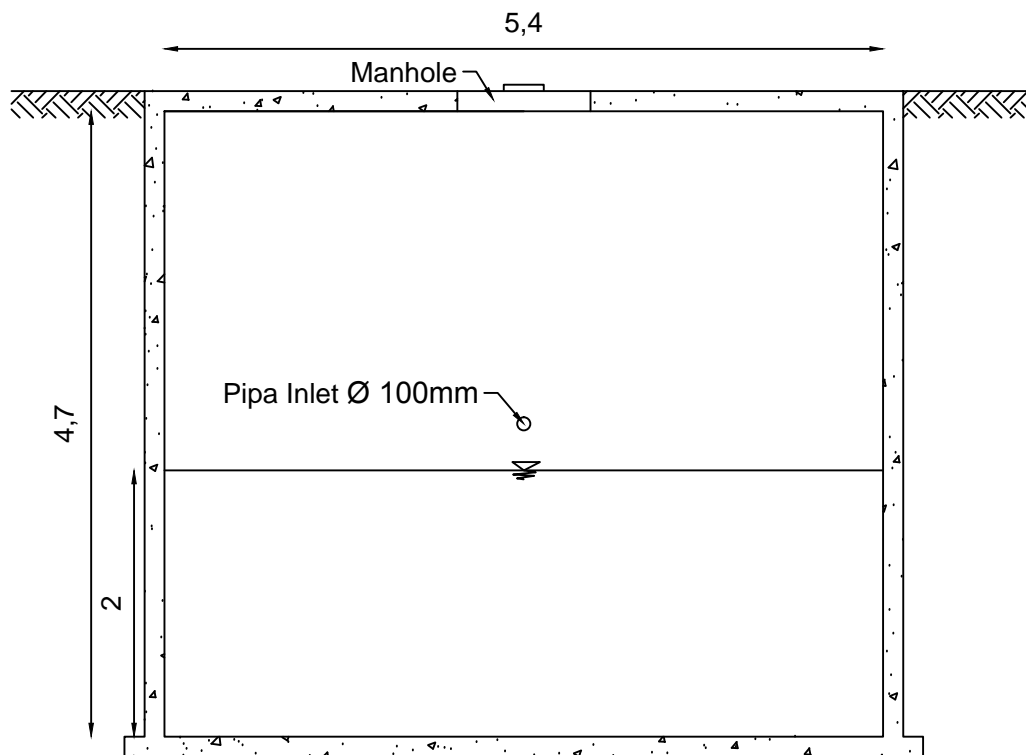
SKALA

1 : 100



HALAMAN

173





LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

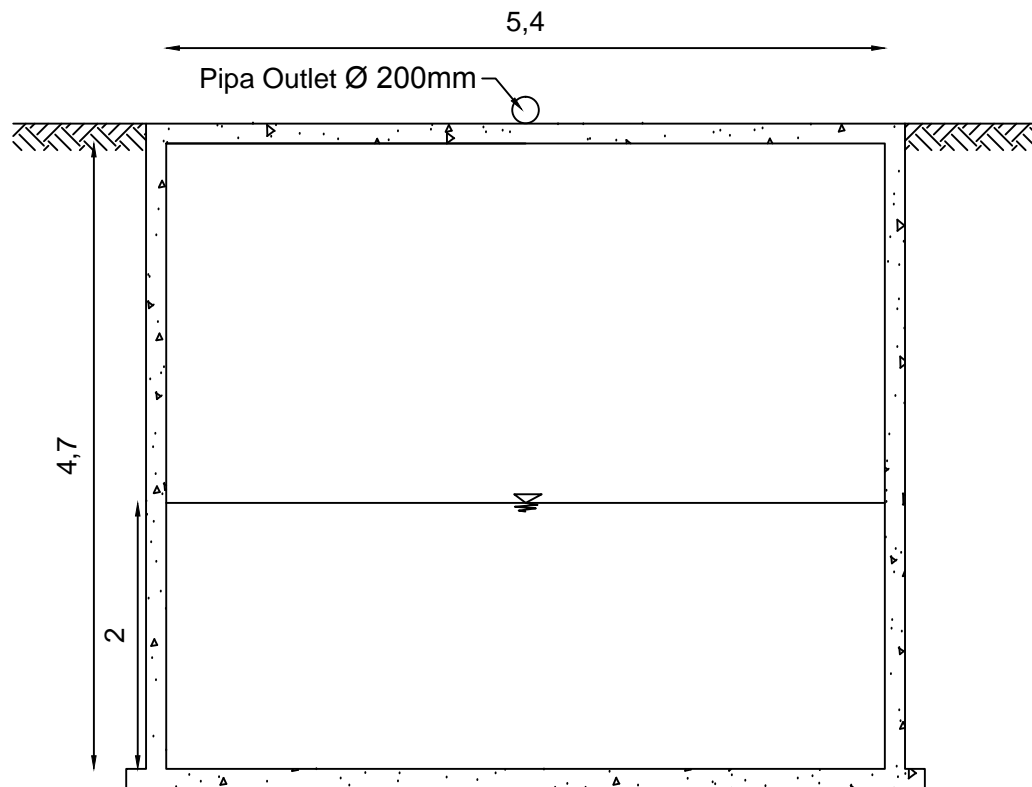
POTONGAN B-B  
BAK EKUALISASI

SKALA




HALAMAN

1 : 100

174



LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Tanah
-  = Muka Air

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK  
PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI  
SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

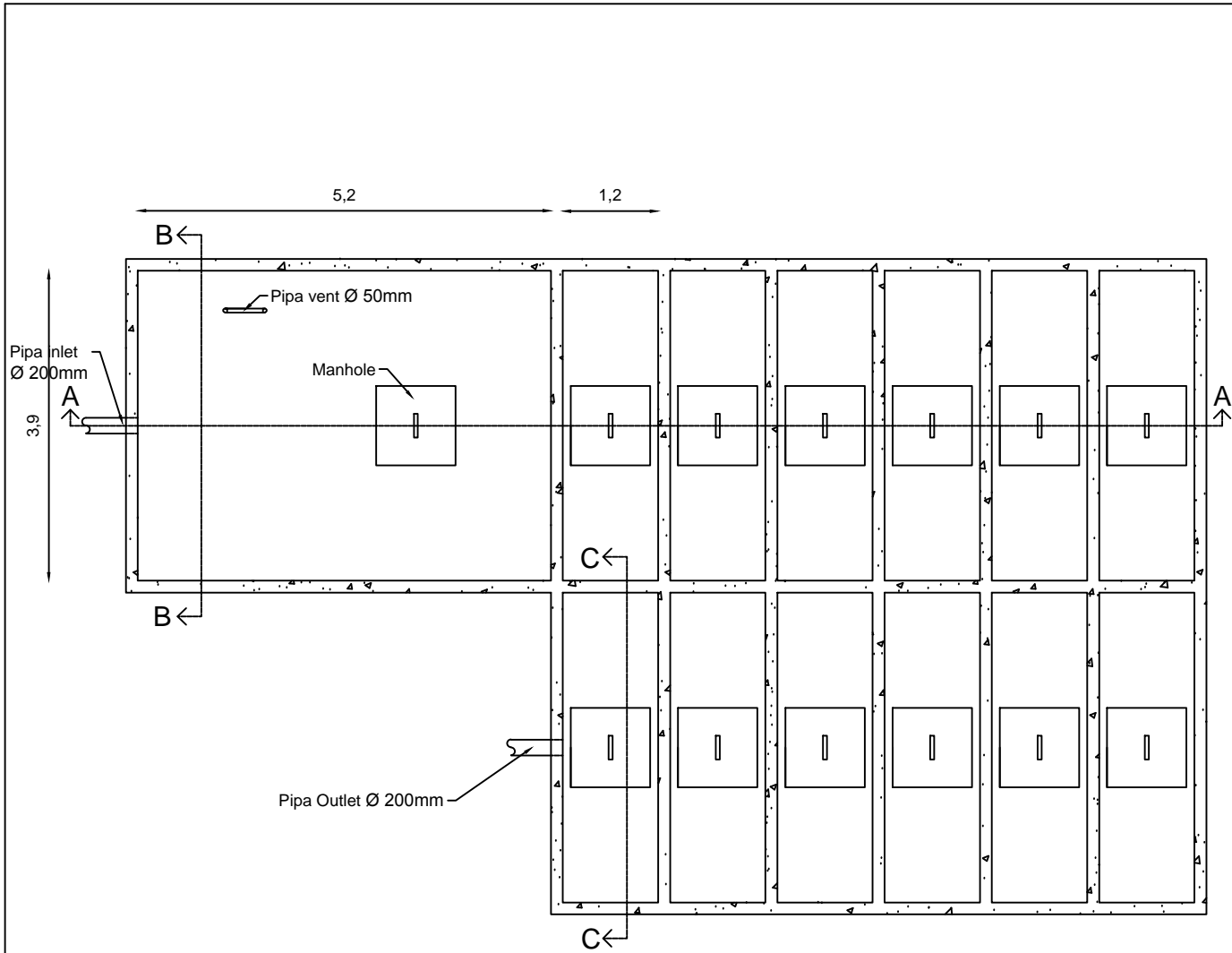
POTONGAN C-C  
BAK EKUALISASI


SKALA

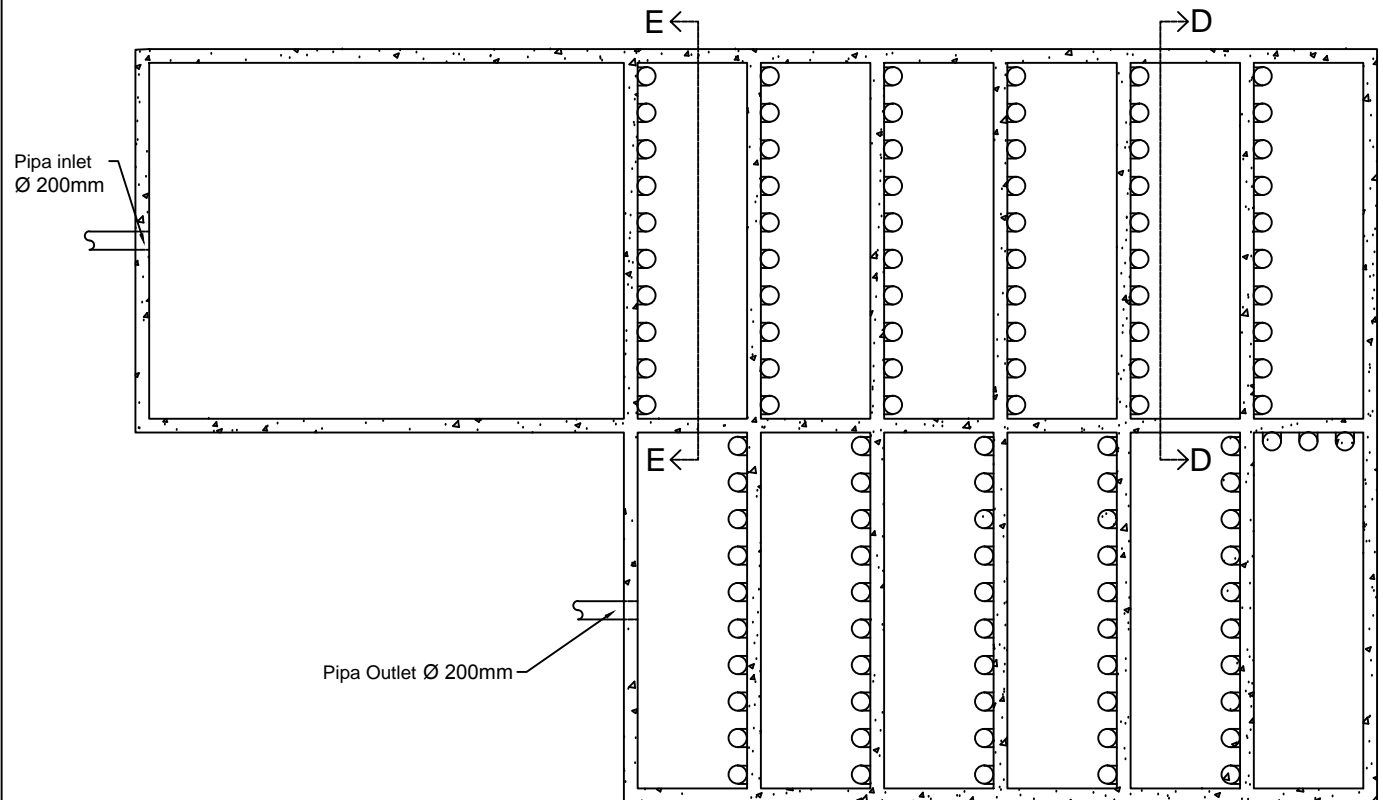
1 : 100

HALAMAN


175



<b>LEGENDA</b>	
	= Tembok Beton
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	
ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS DI SURABAYA	
<b>NAMA / NRP</b>	
DEFA MEIFRIZA 3313100107	
<b>DOSEN PEMBIMBING</b>	
Dr. Ir. M. Razif, MM. 19530502 198103 004	
<b>JUDUL GAMBAR</b>	
DENAH ANAEROBIC BAFFLED REACTOR DENGAN TUTUP	
<b>SKALA</b>	<b>HALAMAN</b>
1 : 150	176



LEGENDA

 = Tembok Beton

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA  
EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

DENAH ANAEROBIC  
BAFFLED REACTOR  
TANPA TUTUP

SKALA

HALAMAN

1 : 150

177



LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Tanah
-  = Lumpur
-  = Muka Air

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA  
EMAS DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

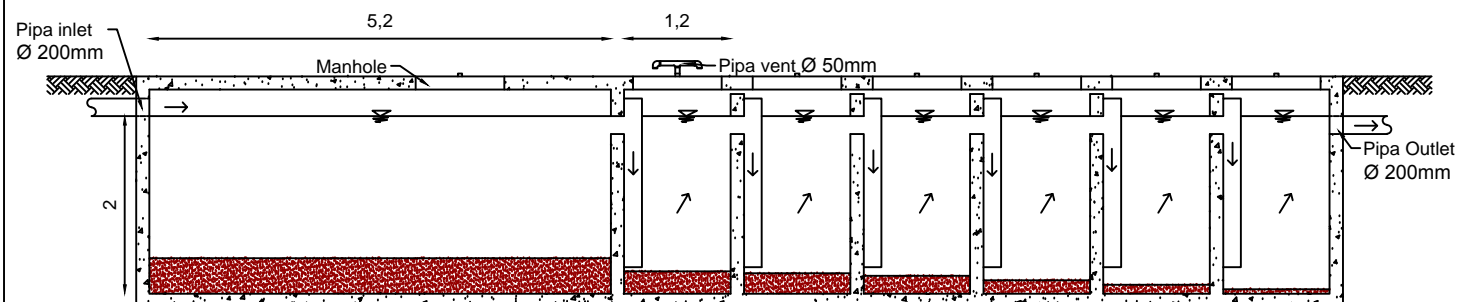
JUDUL GAMBAR

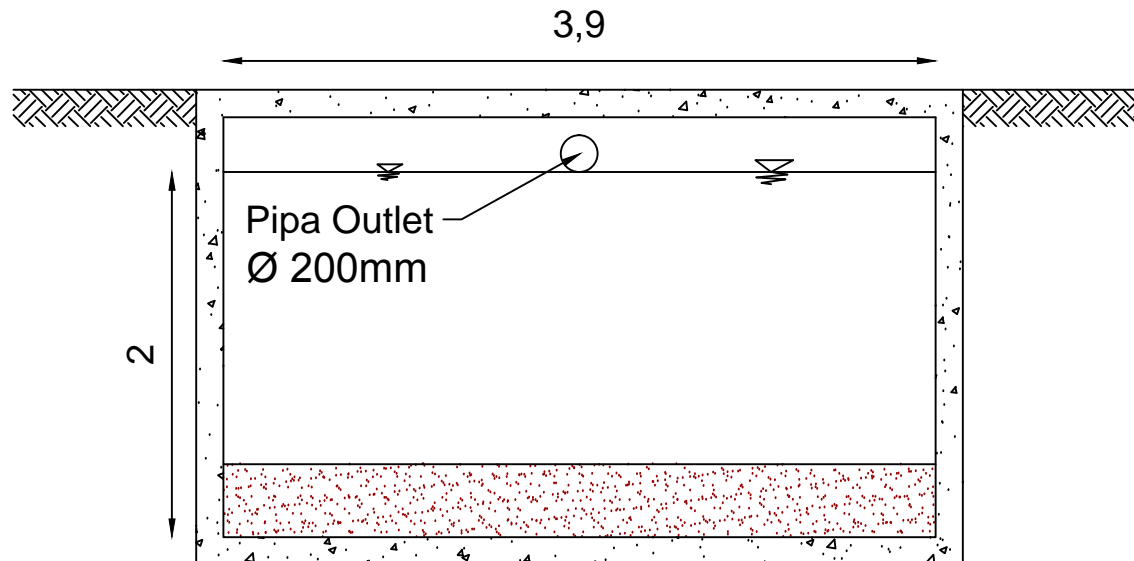
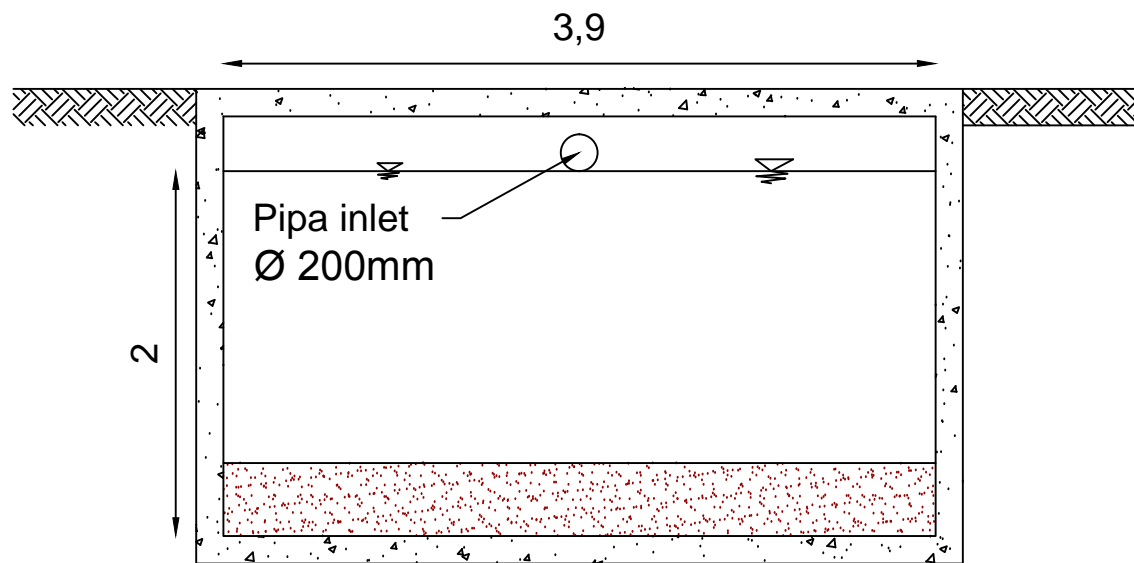
POTONGAN A-A  
ANAEROBIC BAFFLED  
REACTOR

SKALA	HALAMAN
-------	---------

1 : 150

178





LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Tanah
-  = Lumpur
-  = Muka Air

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

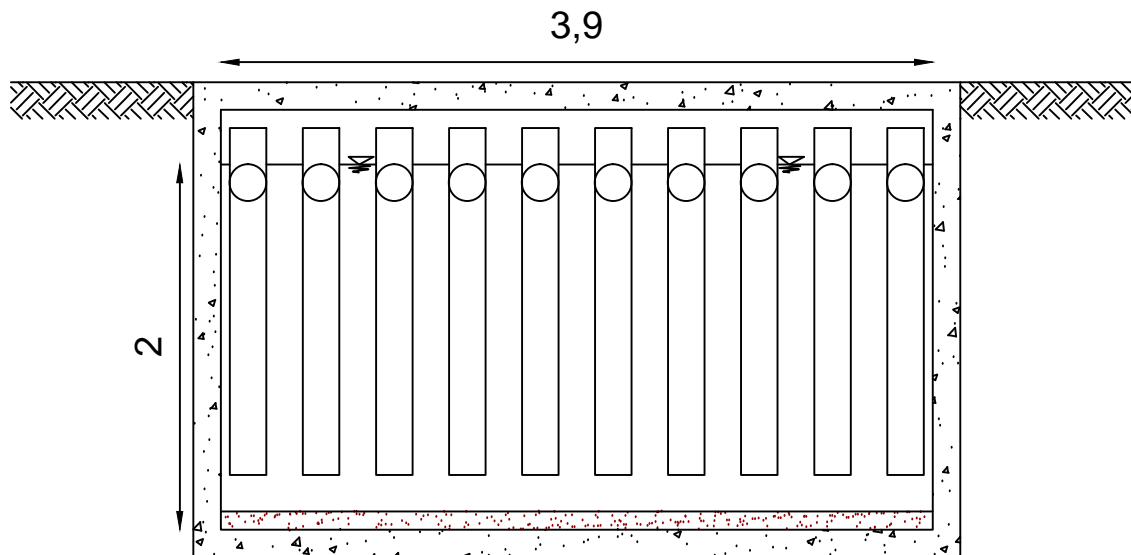
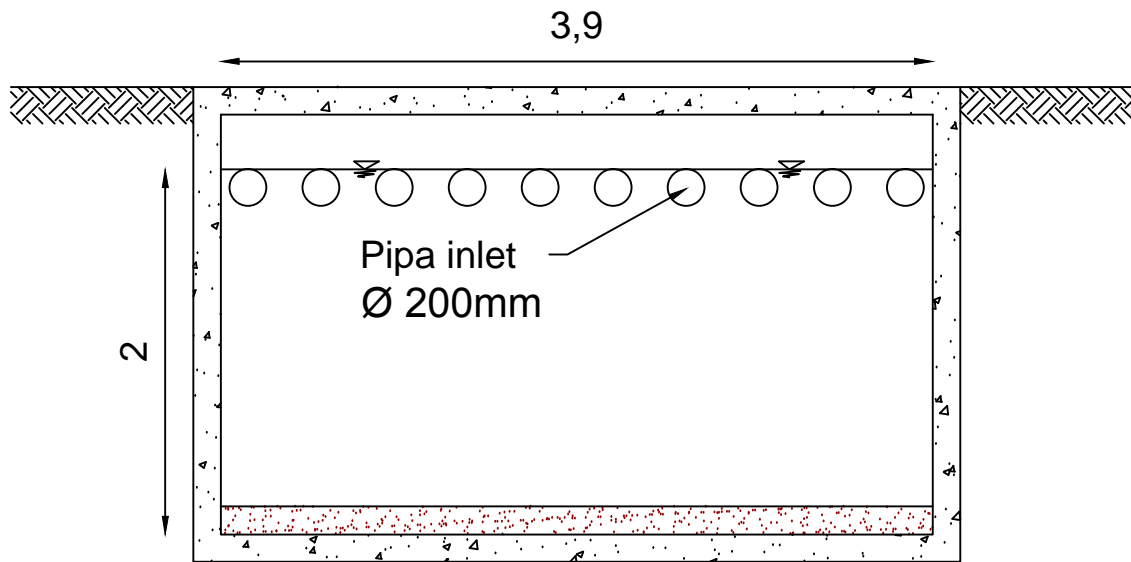
POTONGAN B-B DAN C-C  
ANAEROBIC BAFFLED REACTOR

SKALA

1 : 75

HALAMAN

179



LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Tanah
-  = Lumpur
-  = Muka Air

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN D-D DAN E-E  
ANAEROBIC BAFFLED REACTOR

SKALA


1 : 75

HALAMAN

180



LEGENDA

 = Tembok Beton

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

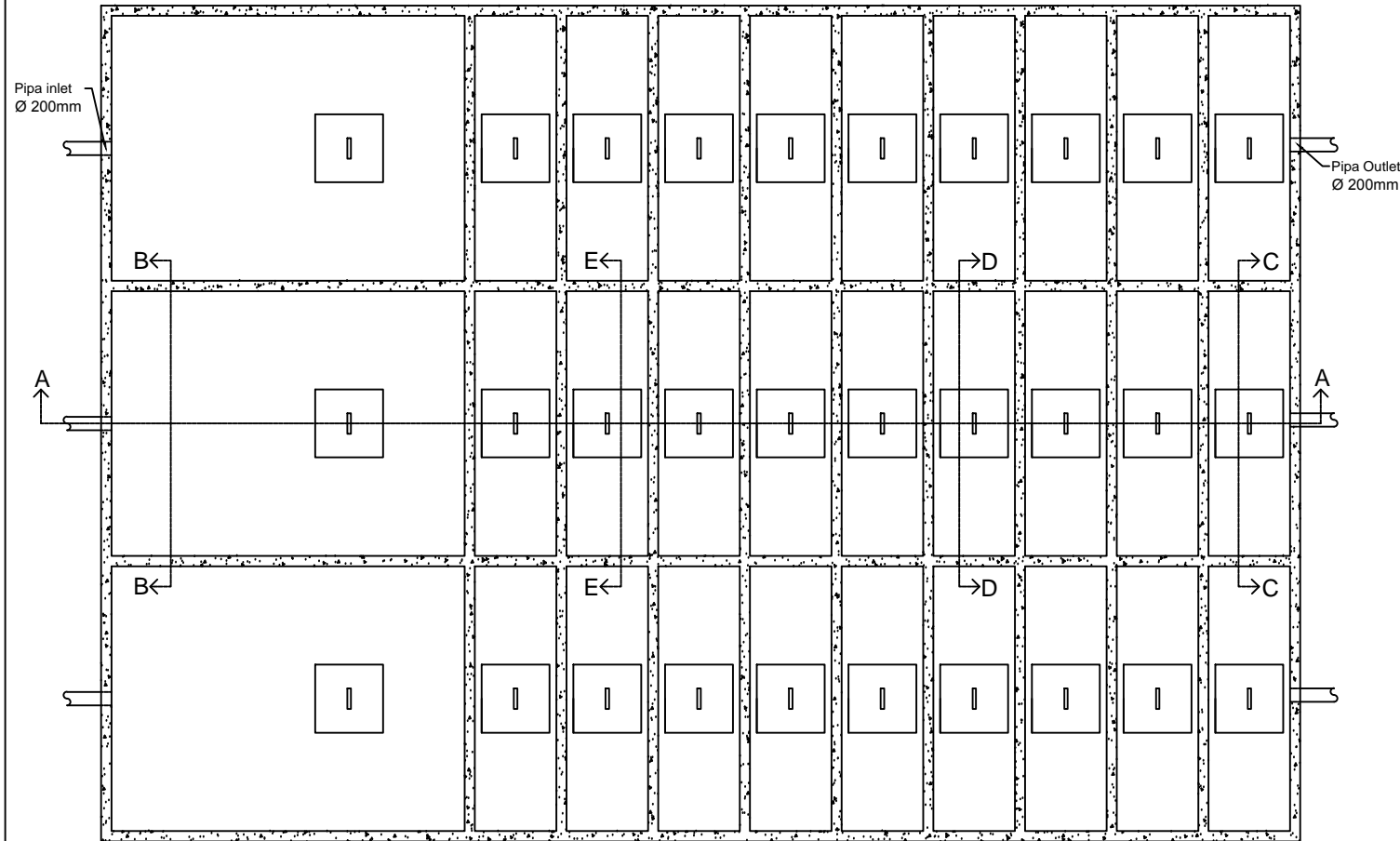
DENAH ANAEROBIC FILTER  
DENGAN TUTUP

SKALA

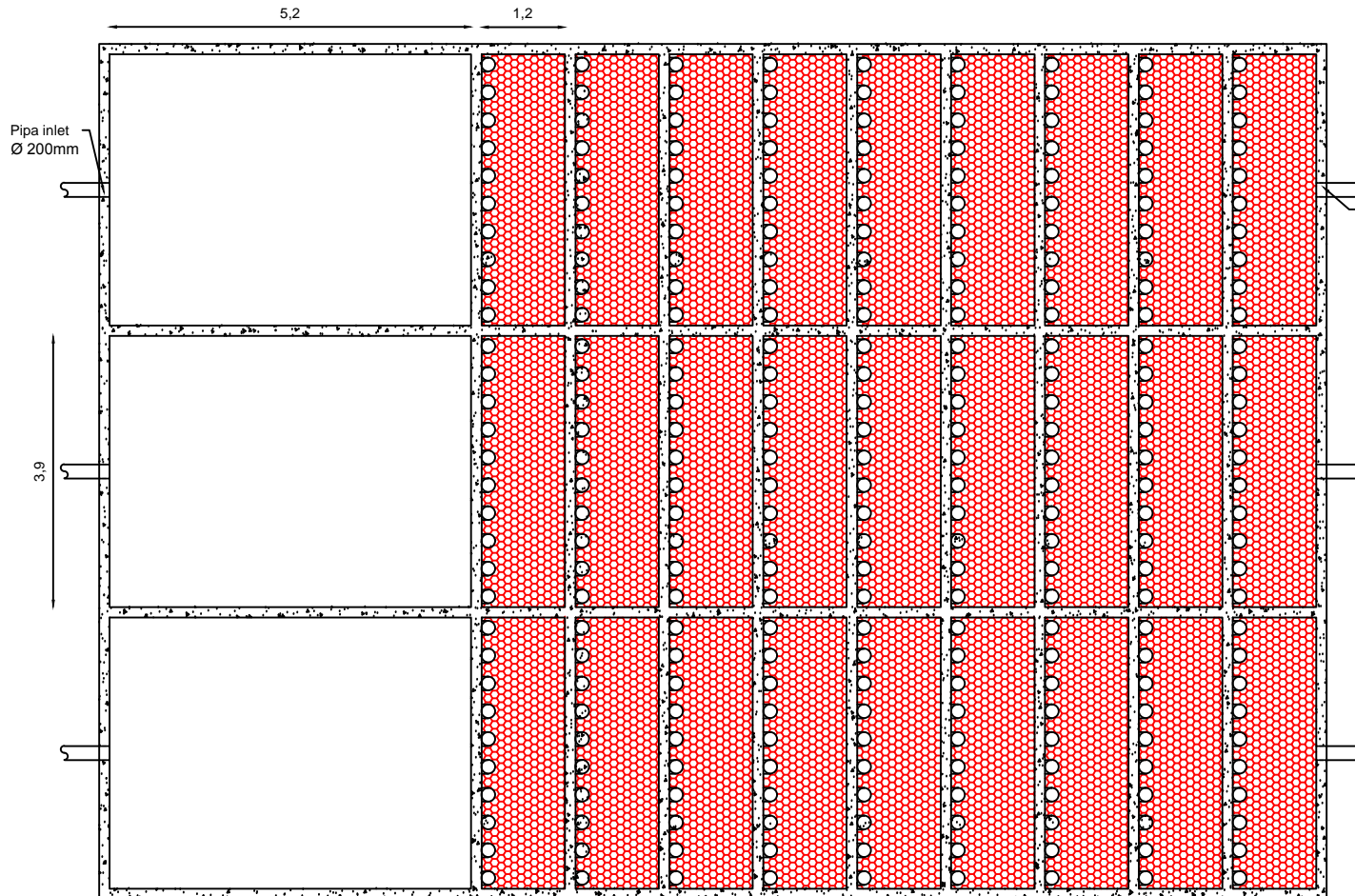
HALAMAN

1 : 175



181







#### LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Media Sarang Tawon

#### JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

#### NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

#### DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

#### JUDUL GAMBAR

DENAH ANAEROBIC FILTER  
TANPA TUTUP

SKALA


HALAMAN

1 : 175

181



LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Media Sarang Tawon
-  = Tanah
-  = Lumpur

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

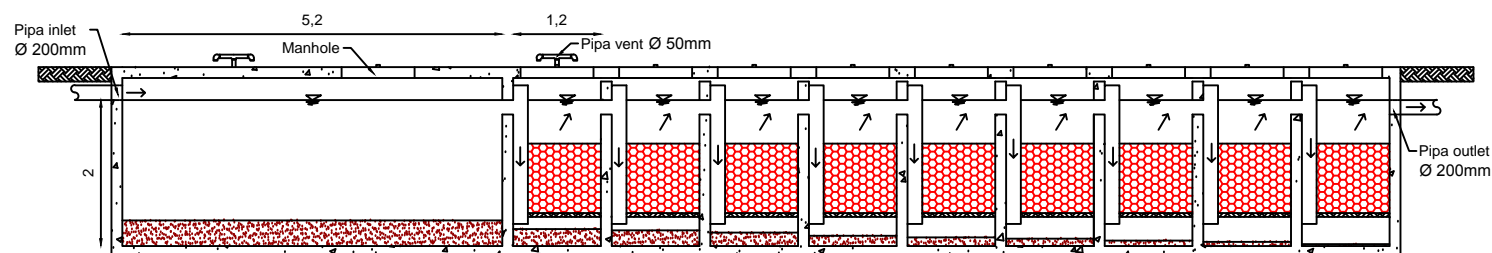
POTONGAN A-A  
ANAEROBIC FILTER

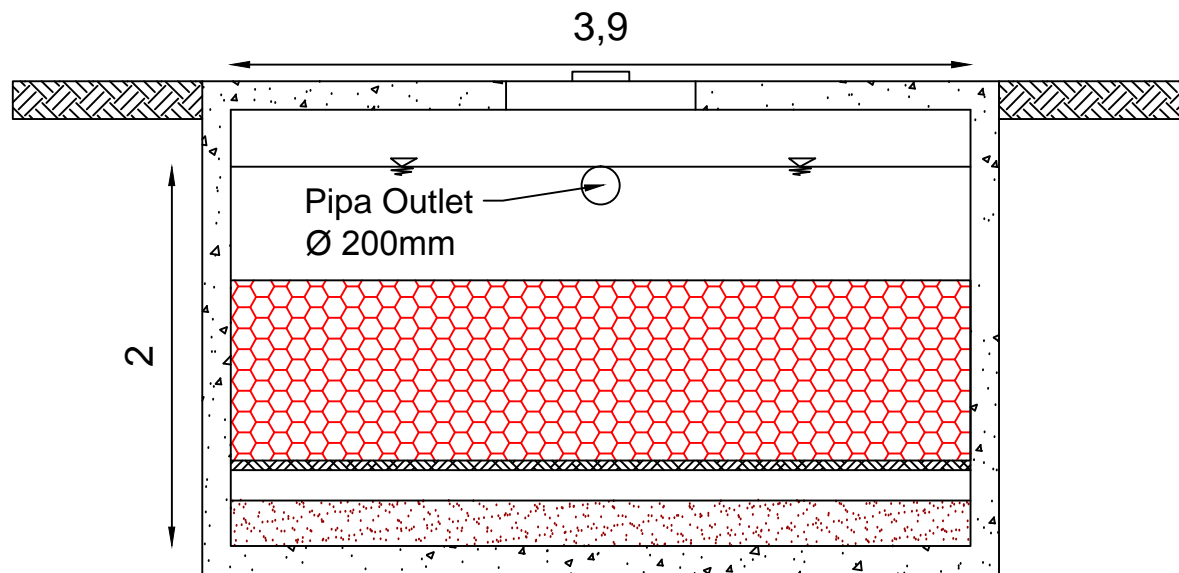
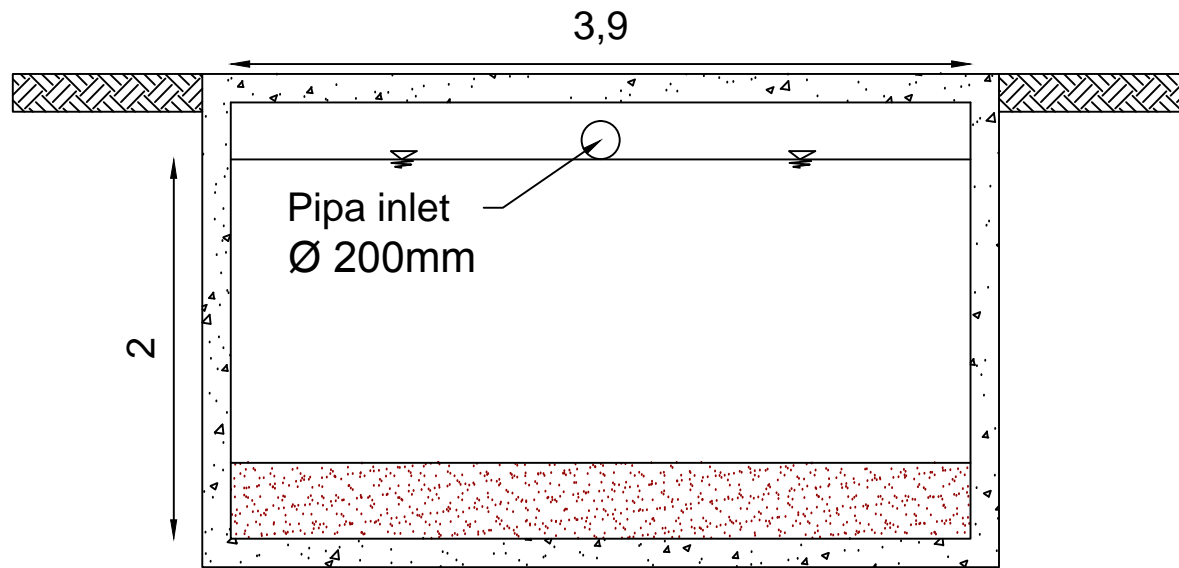
SKALA

1 : 175





HALAMAN

182





LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Media Sarang Tawon
-  = Penyangga Media
-  = Lumpur

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

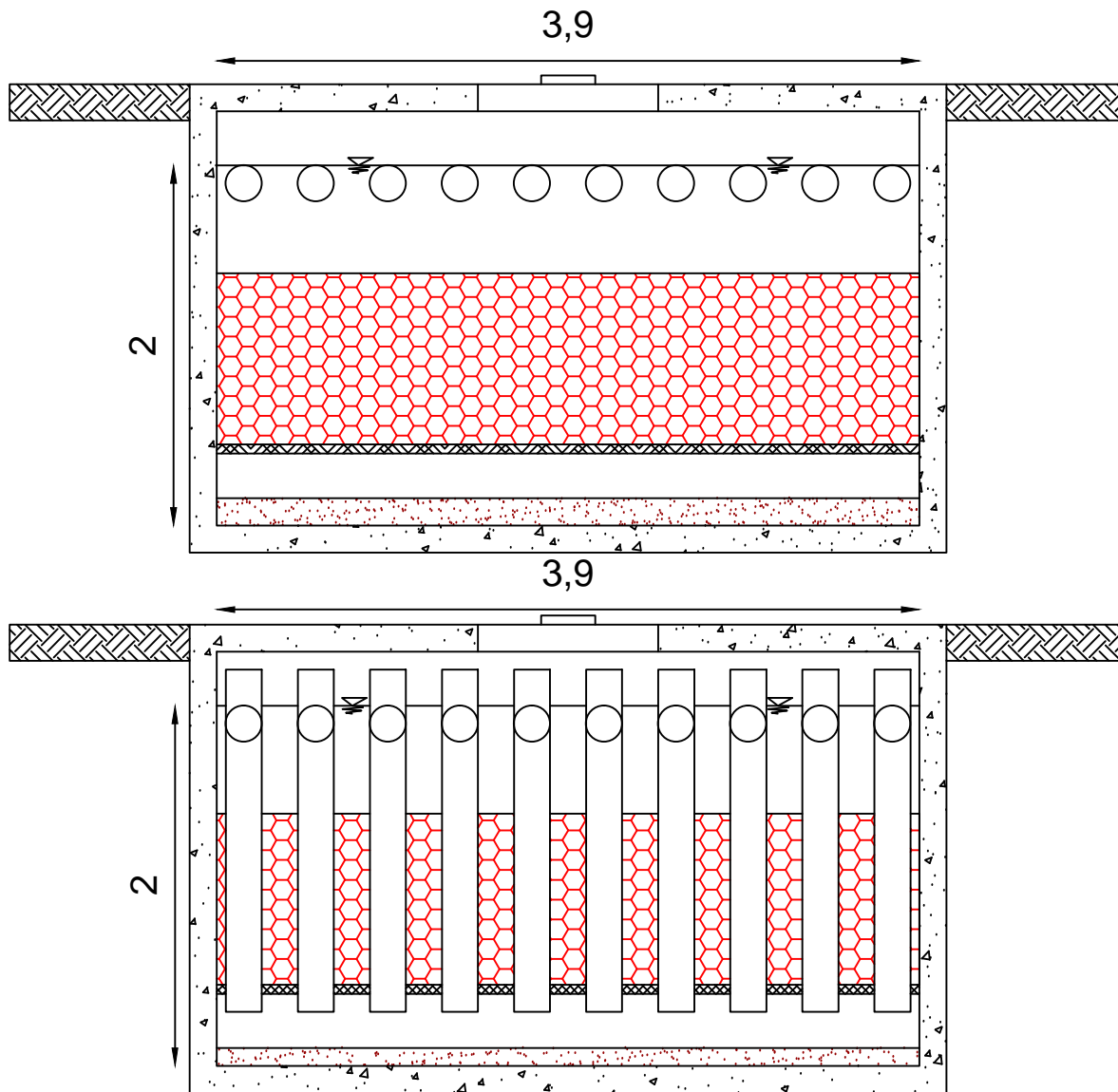
POTONGAN B-B DAN C-C  
ANAEROBIC FILTER

SKALA





1 : 75

HALAMAN

183



LEGENDA

-  = Tembok Beton
-  = Media Sarang Tawon
-  = Penyangga Media
-  = Lumpur

JUDUL TUGAS AKHIR

ALTERNATIF DESAIN SPAL DAN IPAL  
UNTUK PERUMAHAN BUMI MARINA EMAS  
DI SURABAYA

NAMA / NRP

DEFA MEIFRIZA  
3313100107

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. Razif, MM.  
19530502 198103 004

JUDUL GAMBAR

POTONGAN D-D DAN E-E  
ANAEROBIC FILTER

SKALA

1 : 75

HALAMAN

184

**LAMPIRAN D**  
**HSPK KOTA SURABAYA TAHUN 2016**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>1</b>	<b>Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi</b>		m3		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,0250	org/hr	158.000,00	3.950,00
	Pembantu Tukang	0,7500	org/hr	110.000,00	82.500,00
	<b>Jumlah</b>				86.450,00
	<b>Nilai HSPK</b>				86.450,00
<b>2</b>	<b>Pengurangan Pasir (PADAT)</b>		m3		
	<b>Bahan</b>				
	Pasir Urug	1,2000	m <sup>3</sup>	150.200,00	180.240,00
	<b>Jumlah</b>				180.240,00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,0100	org/hr	158.000,00	1.580,00
	Pembantu Tukang	0,3000	org/hr	110.000,00	33.000,00
	<b>Jumlah</b>				34.580,00

	<b>Nilai HSPK</b>				214.820,00
<b>3</b>	<b>Penggalian Tanah Kembali Untuk Konstruksi</b>		m3		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,0190	org/hr	158.000,00	3.002,00
	Pembantu Tukang	0,1020	org/hr	110.000,00	11.220,00
	<b>Jumlah</b>				14.222,00
	<b>Nilai HSPK</b>				14.222,00
<b>5</b>	<b>Pengurugan Sirtu (PADAT)</b>		m3		
	<b>Bahan</b>				
	Sirtu	1,2000	m <sup>3</sup>	163.300,00	195.960,00
	<b>Jumlah</b>				195.960,00
	<b>Sewa Peralatan</b>				
	Sewa Stemper	0,0088	Jam	109.400,00	962,72
	<b>Jumlah</b>				962,72
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,0250	org/hr	158.000,00	



					3.950,00
	Pembantu Tukang	0,2500	org/hr	110.000,00	27.500,00
	<b>Jumlah</b>				31.450,00
	<b>Nilai HSPK</b>				228.372,72
<b>4</b>	<b>Pengangkutan Tanah Keluar Proyek</b>		m3		
	<b>Sewa Peralatan</b>				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,2500	Jam	69.200,00	17.300,00
	<b>Upah</b>				
	Pembantu Tukang	0,2500	org/hr	110.000,00	27.500,00
	<b>Jumlah</b>				27.500,00
	<b>Nilai HSPK</b>				44.800,00
<b>5</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"</b>		m		
	<b>Bahan</b>				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0,3000	Batang	93.100,00	27.930,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0,1050	Batang	93.100,00	9.775,50

	<b>Jumlah</b>				37.705,50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,0041	org/hr	158.000,00	647,80
	Kepala Tukang	0,0135	org/hr	148.000,00	1.998,00
	Tukang	0,1350	org/hr	121.000,00	16.335,00
	Pembantu Tukang	0,0810	org/hr	110.000,00	8.910,00
	<b>Jumlah</b>				27.890,80
	<b>Nilai HSPK</b>				65.596,30
<b>6</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 5"</b>		m		
	<b>Bahan</b>				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 6" panjang 6m	0,3000	Batang	554.900,00	166.470,00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 6" panjang 6m	0,1050	Batang	554.900,00	58.264,50
	<b>Jumlah</b>				224.734,50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,0041	org/hr	158.000,00	

					647,80
	Kepala Tukang	0,0135	org/hr	148.000,00	1.998,00
	Tukang	0,1350	org/hr	121.000,00	16.335,00
	Pembantu Tukang	0,0810	org/hr	110.000,00	8.910,00
	<b>Jumlah</b>				27.890,80
	<b>Nilai HSPK</b>				252.625,30
<b>7</b>	<b>Pembersihan Lapangan "Ringan" dan perataan</b>		m		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,025	org/hr	158.000,00	3.950,00
	Pembantu Tukang	0,05	org/hr	110.000,00	5.500,00
	<b>Jumlah</b>				9.450,00
	<b>Nilai HSPK</b>				9.450,00
<b>8</b>	<b>Lantai Kerja K-100</b>		m		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0,06	org/hr	158.000,00	9.480,00
	Kepala Tukang Batu	0,02	org/hr	148.000,00	2.960,00
	Tukang Batu	0,2	org/hr	121.000,00	24.200,00

	Pembantu Tukang	1,2	org/hr	110.000,00	132.000,00
	<b>Jumlah</b>				168.640,00
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	5,75	zak	60.700,00	349.025,00
	Pasir Cor	0,558125	m3	243.000,00	135.624,00
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,540526	m3	487.900,00	263.722,00
	air kerja	215	liter	28	6.020,00
	<b>Jumlah</b>				754.392,00
	<b>Nilai HSPK</b>				923.032,00
<b>9</b>	<b>Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang</b>		m		
	Upah				
	mandor	0,265	org/hr	158.000,00	41.870,00
	kepala tukang besi	0,262	org/hr	148.000,00	38.776,00
	tukang besi	1,05	org/hr	121.000,00	127.050,00
	tukang batu	0,275	org/hr	121.000,00	33.275,00
	tukang kayu	1,3	org/hr	121.000,00	157.300,00
	pembantu tukang	5,3	org/hr	110.000,00	583.000,00
	<b>Jumlah</b>				981.271,00
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
	Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00

	besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
	paku usuk	1,5	kg	19.800,00	29.700,00
	kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.375,00
	kayu meranti bekisting	0,2	m3	3.350.400,00	670.080,00
	minyak bekisting	0,4	liter	29.600,00	11.840,00
	<b>Jumlah</b>				3.774.044,00
	<b>Nilai HSPK</b>				4.755.315,00
<b>9</b>	<b>Pekerjaan Dinding Beton Bertulang</b>				
	Upah				
	mandor	0,265	org/hr	158.000,00	41.870,00
	kepala tukang besi	0,262	org/hr	148.000,00	38.776,00
	tukang besi	1,05	org/hr	121.000,00	127.050,00
	tukang batu	0,275	org/hr	121.000,00	33.275,00
	tukang kayu	1,3	org/hr	121.000,00	157.300,00
	pembantu tukang	5,3	org/hr	110.000,00	583.000,00
	<b>Jumlah</b>				981.271,00
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	8,4	zak	60.700,00	509.880,00
	Pasir Cor	0,54	m3	243.000,00	131.220,00
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	487.900,00	395.199,00
	besi beton polos	157,5	kg	12.500,00	1.968.750,00
	paku usuk	1,5	kg	19.800,00	63.360,00

	plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	121.400,00	339.920,00
	kawat beton	2,25	kg	25.500,00	57.375,00
	kayu meranti bekisting	0,24	m3	3.350.400,00	804.096,00
	kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,16	m3	4.711.500,00	753.840,00
	minyak bekisting	1,6	liter	29.600,00	47.360,00
	<b>Jumlah</b>				5.071.000,00
	<b>Nilai HSPK</b>				6.052.271,00
<b>10</b>	<b>Pekerjaan Beton K-225</b>				
	<b>upah</b>				
	mandor	0,083	org/hr	158.000,00	13.114,00
	kepala batu	0,028	org/hr	148.000,00	4.144,00
	tukang batu	0,275	org/hr	121.000,00	33.275,00
	Pembantu Tukang	1,65	org/hr	110.000,00	181.500,00
	<b>Jumlah</b>				232.033,00
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	9,275	zak	60.700,00	562.992,50
	Pasir Cor	0,43625	m3	243.000,00	106.008,75
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,551053	m3	487.900,00	268.858,58
	air kerja	215	liter	28	6.020,00
	<b>Jumlah</b>				943.879,83
	<b>Nilai HSPK</b>				1.175.912,83
<b>11</b>	<b>Pekerjaan pembesian dengan besi polos / ulir</b>				

	upah				
	mandor	0,0004	org/hr	158.000,00	63,20
	kepala tukang besi	0,0007	org/hr	148.000,00	103,60
	tukang besi	0,007	org/hr	121.000,00	847,00
	pembantu tukang	0,007	org/hr	110.000,00	770,00
	<b>Jumlah</b>				1783,80
	Bahan				
	besi beton polos	1,05	kg	12.500,00	13.125,00
	kawat beton	0,015	kg	25.500,00	382,5

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di kota Jakarta, pada tanggal 29 mei tahun 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Ayah bernama Zulfakar Rasuan dan ibu bernama Desiyanti. Pernah menempuh pendidikan formal dari sekolah dasar (SD) hingga sekolah menengah atas (SMA). SD di SD Islam Al-azhar 9 Kemang Pratama, Bekasi. SMP di SMP Islam Al-azhar 8 Kemang Pratama, Bekasi. SMA di SMA Islam Al-azhar 1 Pusat, Jakarta Selatan. Kemudian, melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan tercatat sebagai mahasiswa dengan NRP 3313 100 107 pada tahun 2013.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan kampus, baik di tingkat jurusan, fakultas, maupun institut. Penulis juga aktif berorganisasi dengan menjadi staff departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HMTL periode kepengurusan 2015/2016, dan sebagai staff departemen Event Indonesia Corrossion Assosiation Student Chapter (INDOCOR SC) ITS periode kepengurusan 2015/2016. Selain itu, penulis juga bergabung dalam tim basket Teknik Lingkungan selama satu setengah tahun. Penulis telah melakukan kerja praktik di PT PAM Lyonnaise Jaya (PALYJA) Jakarta Pusat selama dua bulan di tahun 2016. Penulis dapat dihubungi melalui email : [meifriza95@gmail.com](mailto:meifriza95@gmail.com)