



TUGAS AKHIR - RE184804

# PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KELURAHAN RANGKAH, KECAMATAN TAMBAKSARI, KOTA SURABAYA

ARSITA PUSPITA DEWI  
0321164000024

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**TUGAS AKHIR - RE184804**

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
DOMESTIK KELURAHAN RANGKAH,  
KECAMATAN TAMBAKSARI, KOTA  
SURABAYA**

**ARSITA PUSPITA DEWI  
0321164000024**

Dosen Pembimbing  
**Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc**

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**FINAL PROJECT - RE184804**

# **DESIGN OF DOMESTIC SEWERAGE SYSTEM AND SEWAGE TREATMENT PLANT IN RANGKAH, TAMBAKSARI, SURABAYA**

**ARSITA PUSPITA DEWI**  
**0321164000024**

Supervisor  
**Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc**

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2020**



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KELURAHAN RANGKAH, KECAMATAN TAMBAKSARI, KOTA SURABAYA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ARSITA PUSPITA DEWI**  
NRP. 0321164000024

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc**  
NIP. 195908111987011001



**SURABAYA**  
DEPARTEMEN  
TEKNIK LINGKUNGAN  
**AGUSTUS, 2020**





**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN INSTALASI  
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN TAMBAKSARI, KOTA SURABAYA.**

Nama Mahasiswa : Arsita Puspita Dewi  
NRP : 032164000024  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc.

**ABSTRAK**

Berdasarkan studi EHRA 2015, Kelurahan Rangkah termasuk ke dalam klasifikasi beresiko tinggi terhadap kesehatan lingkungan yang disebabkan oleh kondisi sanitasi yang masih buruk. Walaupun sebagian besar penduduk sudah memiliki toilet, namun masih ada yang belum dilengkapi dengan tangki septik. Sedangkan grey water dialirkan ke saluran drainase tanpa diolah. Hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Perencanaan ini bertujuan untuk mendesain sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah domestik secara komunal.

Tahapan perencanaan dimulai dari perizinan, survei lokasi, pengumpulan data, studi literatur, pengolahan data, pembahasan dan kesimpulan. Data yang digunakan dalam perencanaan adalah data primer, berupa kualitas air limbah dan survey kondisi eksisting dan data sekunder yang berupa HSPK Kota Surabaya, data topografi dan data pemakaian air bersih. Data primer diambil dari pengukuran langsung di lapangan dan pengambilan sampel di kelurahan Rangkah sedangkan data sekunder didapat dari dinas terkait.

Jumlah penduduk yang dilayani pada perencanaan ini yaitu 21530 jiwa. Kualitas air limbah domestik yang diolah yaitu TSS= 140 mg/L, BOD = 142 mg/L, COD= 235 mg/L, Minyak dan lemak= 12 mg/L, Amoniak= 22,47 mg/L dan Total koliform=  $10^{12}$  MPN/100 mL sampel. Sistem penyaluran air limbah yang digunakan yaitu *shallow sewer* dengan diameter pipa yang digunakan 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Kedalaman maksimum penanaman pipa air limbah yaitu pada kedalaman 2,99 m dengan titik pemompaan sebanyak 4 tempat. Sedangkan unit instalasi pengolahan air limbah yang digunakan yaitu kombinasi Anaerobic Baffled reactor (ABR) – Aerobic

Biofilter dengan volume efektif masing-masing yaitu 696 m<sup>3</sup> dan 274 m<sup>3</sup>. Kualitas effluen yang dihasilkan yaitu BOD = 4,8 mg/L, COD= 9,5 mg/L, TSS = 4,9 mg/L, NH<sub>3</sub> out= 5,1 mg/L, Total Koliform = 3000 MPN/100 mL. Total biaya yang dibutuhkan yaitu Rp. 29.297.569.000.

**Kata kunci:** Air limbah domestik, *shallow sewer*, ABR, *Aerobic Biofilter*, Rangka

# **DESIGN OF DOMESTIC SEWERAGE SYSTEM AND SEWAGE TREATMENT PLANT IN RANGKAH, TAMBAKSARI, SURABAYA**

Name : ARSITA PUSPITA DEWI  
NRP : 0321640000024  
Departement : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc

## **ABSTRACT**

Based on EHRA study in 2015, Rangkah village included in to high risk of environmental health which caused by the condition of sanitation that still bad. Eventhough almost all of the local residents already have toilet, it does not equipped with septic tank. While, the grey water is streamed in to drainage channel without being treated. The purpose of this plan is to design a communal domestic sewerage system and sewage treatment.

The planning stage is started by licensing, location survey, data collection, literature study, data processing, discussion, and conclusions. Data that used in planning is primer data, such as wastewater quality, existing condition survey, and secondary data such as HSPK of Surabaya city, topographic data, and water usage data. Primer data were obtained from direct measurement in the field and sampling in Rangkah village, while secondary data were obtained from related agencies.

The total population in this plan is 21530 people. The quality of domestic wastewater is TSS = 140 mg / L, BOD = 142 mg / L, COD = 235 mg / L, Oil and fat = 12 mg / L, Ammonia = 22.47 mg / L and Total coliform = 1012 MPN / 100 mL sample. Wastewater distribution system use shallow sewer with a pipe diameter ; 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm and 300 mm. The maximum depth of wastewater pipe is 2.99 m with 4 places pumping point. The sewage treatment plant use the combination of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) - Aerobic Biofilter with efective volume respectively 696 m<sup>3</sup> and 274 m<sup>3</sup>. The result of effluent quality is BOD = 4.8 mg / L, COD = 9.5 mg / L, TSS = 4.9 mg / L, NH<sub>3</sub> out = 5.1 mg / L, Total Coliform = 3000 MPN / 100 mL . The total cost required is Rp. 29.297.569.000.

Keywords : *Domestic waste water, shallow sewer, ABR, Aerobic Biofilter, Rangkah*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur Saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya”** dapat Saya selesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam kesempatan ini, Saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc, selaku dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir,
2. Bapak Ir Bowo Djoko Marsono, M.Eng , Adhi Yuniarto S.T.,M.T.,Ph.D dan Dr. Ir. Irwan Bagyo S., M.T selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran perbaikan dalam pengerjaan Tugas Akhir,
3. Dosen-dosen pengajar di Departemen Teknik Lingkungan ITS,
4. Orang tua untuk segala doa dan dukungan yang telah diberikan,
5. Wororeni, Dita, Yasin dan Maul yang telah memberikan banyak semangat dan bantuan.
6. Teman-teman angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangat
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan bantuan kepada Saya.

Dalam penulisan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal dan sebaik mungkin, namun tentunya masih terdapat keterbatasan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki di kemudian hari.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. PERUMUSAN MASALAH .....	2
1.3. TUJUAN.....	2
1.4. RUANG LINGKUP .....	2
1.4 MANFAAT.....	3
BAB 2 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN .....	5
2.1 Luas, Batas Wilayah dan Administrasi .....	5
2.2 Kependudukan .....	6
2.3 Kondisi Topografi.....	6
2.4 Kondisi Sanitasi .....	7
2.5 Lokasi IPAL.....	8
BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
3.1 Air Limbah Domestik .....	11
3.2 Karakteristik Air Limbah Domestik .....	11
3.3 Debit Air Limbah Domestik.....	13

3.4	Sistem Pengolahan Air Limbah .....	14
3.5	Sistem Penyaluran Air Limbah .....	15
3.6	Kecepatan Aliran.....	17
3.6.1	Kecepatan Minimum dan Kecepatan Maksimum .....	17
3.7	Perhitungan Dimensi Pipa .....	17
3.8	Kemiringan Saluran Penanaman Pipa.....	19
3.9	Bangunan Pelengkap.....	20
3.10	Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	22
3.11	Teknologi Pengolahan Air Limbah.....	22
3.11.1	Pengolahan Tahap Pertama.....	23
3.11.2	Pengolahan Tahap Kedua .....	23
3.11.3	Pengolahan Tahap Ketiga .....	29
3.12	Kriteria Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik .....	32
<b>BAB 4 METODE PERENCANAAN.....</b>		<b>33</b>
4.1	Kerangka Perencanaan .....	33
4.2	Ide Tugas Akhir.....	33
4.3	Studi Literatur.....	33
4.4	Pengumpulan Data .....	35
4.5	Analisis Data Dan Pembahasan .....	38
4.6	Kesimpulan Dan Saran .....	39
<b>BAB 5 PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK .....</b>		<b>41</b>
5.1	Pemilihan Sistem SPAL.....	41
5.2	Periode Perencanaan .....	41
5.3	Proyeksi Penduduk .....	41



5.4	Perhitungan Debit Air Limbah.....	45
5.5	Pembebanan SPAL.....	48
5.6	Dimensi Pipa Air Limbah.....	49
5.7	Penanaman Pipa.....	54
5.8	Bangunan Pelengkap.....	55
<b>BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK.....</b>		
6.1	Debit Air Limbah Domestik.....	59
6.2	Karakteristik Air Limbah Domestik.....	59
6.3	Pemilihan Alternatif Pengolahan.....	61
6.4	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	65
6.4.1	Grease Trap.....	65
6.4.2	Sumur Pengumpul.....	66
6.4.3	Barscreen.....	68
6.4.4	<i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	70
6.4.5	<i>Aerobic Biofilter</i> .....	80
6.5.6	Desinfeksi.....	96
6.5.6	Profil Hidrolis.....	100
<b>BAB 7 PROSEDUR PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN.....</b>		
<b>BAB 8 BOQ DAN RAB.....</b>		
8.1	BOQ SPAL.....	107
8.1.1	Perpipaan.....	107
8.1.2	Penanaman Pipa.....	107
8.1.4	Manhole.....	113
8.1.6	HSPK SPAL.....	113

8.2	RAB SPAL .....	116
8.3	BOQ IPAL .....	125
8.3.1	Sumur Pengumpul .....	125
8.3.2	ABR 127 .....	
8.3.3	Aerobic Biofilter .....	130
8.3.4	Desinfeksi .....	132
8.3.5	HSPK IPAL .....	135
8.4	RAB IPAL .....	151
8.5	Rekapitulasi RAB .....	154
BAB 9 KESIMPULAN DAN SARAN .....		157
9.1	Kesimpulan .....	157
9.2	Saran.....	157
DAFTAR PUSTAKA.....		159

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kecamatan Tambaksari .....	5
Gambar 3. 1 Hydraulic Element for Circular Sewer .....	18
Gambar 3. 2 Anaerobic Baffled Reactor (ABR) .....	24
Gambar 3. 3 Anaerobic Biofilter .....	26
Gambar 3. 4Faktor Utama dalam Penyisihan Mikroorganisme Patogen di dalam Kolam Maturasi .....	31
Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan.....	34
Gambar 5. 1 Hydraulic Element for Circular Sewer .....	51
Gambar 5. 2 Spesifikasi Pompa Ebara .....	58
Gambar 6. 1 Alternatif Pengolahan 1 .....	62
Gambar 6. 2 Alternatif Pengolahan 2 .....	62
Gambar 6. 3 Grafik Flux Nitrifikasi .....	86
Gambar 6. 4 Media Plastik Sarang Tawon .....	87
Gambar 6. 5 Fine Buble Disk Difuser Tipe ABS KKI 215 .....	93
Gambar 6. 6 Grafik Hubungan Debit Udara dengan SOTE pada Difuser Tipe ABS KKI 215 .....	95
Gambar 6. 7 Spesifikasi Blower Hiblow HP-200 .....	96
Gambar 8. 1 Galian Tanah pada Jalan Paving Block .....	108
Gambar 8. 2 Bentuk Galian Penanaman Pipa SPALD .....	109



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Luas Wilayah, Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Tambaksari .....	6
Tabel 2. 2 Ketinggian Wilayah Kecamatan Tambaksari per Kelurahan .....	7
Tabel 3. 1 Slope Minimum Pipa untuk Setiap Diameter .....	19
Tabel 3. 2 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	22
Tabel 4. 1 Metode Analisis Data Karakteristik Air Limbah .....	36
Tabel 4. 2 Data Sekunder .....	37
Tabel 5. 1 Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Rangkah Tahun 2014-2018 .....	43
Tabel 5. 2 Koefisien Korelasi untuk Metode Aritmatika .....	44
Tabel 5. 3 Koefisien Korelasi untuk Metode Geometri .....	44
Tabel 5. 4 Koefisien Korelasi untuk Metode Least Square .....	44
Tabel 5. 5 Hasil Proyeksi Penduduk dengan Metode Least Square .....	45
Tabel 5. 6 Data Pemakaian Air Limbah Rumah Tangga kelurahan Rangkah .....	45
Tabel 5. 7 Rata-Rata Penggunaan Air Bersih per KK .....	46
Tabel 5. 8 Diameter Pipa PVC .....	51
Tabel 6. 1 Hasil Analisis Kualitas Air Limbah .....	60
Tabel 6. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik .....	61
Tabel 8. 1 Perhitungan Jumlah Pipa .....	107
Tabel 8. 2 BOQ Penanaman Pipa .....	112
Tabel 8. 3 Jumlah Manhole .....	113
Tabel 8. 4 BOQ Manhole .....	113
Tabel 8. 5 Harga Satuan Upah .....	113
Tabel 8. 6 Harga Satuan Material .....	114
Tabel 8. 7 Harga Pipa SPAL .....	115
Tabel 8. 8 RAB SPAL .....	117
Tabel 8. 9 BOQ Sumur Pengumpul .....	127
Tabel 8. 10 BOQ ABR .....	129
Tabel 8. 11 BOQ Unit Disinfeksi .....	134
Tabel 8. 12 Harga Satuan Pekerja .....	135
Tabel 8. 13 Harga Satuan Material .....	135

Tabel 8. 14 Harga Satuan Alat .....	136
Tabel 8. 15 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) IPALD	137
Tabel 8. 16 RAB ABR .....	152
Tabel 8. 17 RAB Aerobic Biofilter .....	153
Tabel 8. 18 RAB Unit Desinfeksi .....	154
Tabel 8. 19 Rekapitulasi RAB SPAL .....	155
Tabel 8. 20 Rekapitulasi RAB IPAL.....	155
Tabel 8. 21 Rekapitulasi RAB SPAL dan IPAL.....	156

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Pembebanan Air Limbah.....	162
Lampiran 2. Tabel Perhitungan Diameter Pipa Air Limbah..	168
Lampiran 3. Tabel Penanaman Pipa Air Limbah .....	183
Lampiran 4. Tabel Perhitungan Stasiun Pompa .....	188
Lampiran 5. Data Analisis Limbah Cair .....	189
Lampiran 6. Gambar DED SPAL dan IPAL.....	191





# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Kecamatan Tambaksari merupakan salah satu kecamatan di Surabaya Timur. Kelurahan Rangkah memiliki jumlah penduduk 18408 jiwa dengan kepadatan 26297,14/km<sup>2</sup> (Kecamatan Tambaksari dalam Angka 2019). Berdasarkan studi EHRA, Kelurahan Rangkah termasuk klasifikasi beresiko tinggi terhadap kesehatan lingkungan. Hal tersebut menunjukkan sanitasi di wilayah tersebut masih buruk.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air ( PermenLHK no 68 Tahun 2016). Air limbah domestik menjadi polutan terbesar yang masuk ke perairan dan berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran (Katukiza, 2012). Hal ini dikarenakan 60 – 80% dari air bersih yang digunakan akan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah ( Astika, 2017). Air limbah domestik (*grey water*) pada Kecamatan Tambaksari dibuang ke saluran tanpa diolah dahulu sehingga mencemari lingkungan. Sedangkan *black water* diolah menggunakan tangki septik.

Maka dari itu diperlukan suatu pengolahan air limbah sehingga air limbah yang dibuang ke lingkungan telah memenuhi baku mutu PermenLHK 68 Tahun 2016. Salah satu sistem pengolahan air limbah yaitu sistem pengolahan terpusat. Pengolahan sistem terpusat merupakan sistem dimana air limbah dialirkan menggunakan perpipaan dari permukiman secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke IPAL. Sistem pengolahan ini dapat menjadi solusi untuk daerah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi dan lahan terbatas. Maka dari itu, dibutuhkan sebuah perencanaan sistem penyaluran dan instalasi pengolahan

air limbah domestik pada Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya.

### **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Berapa jumlah instalasi pengolahan air limbah domestik yang diperlukan beserta lokasi dan wilayah pelayanannya?
2. Bagaimana sistem penyaluran air limbah domestik di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari?
3. Bagaimana pengolahan yang tepat untuk air limbah domestik di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari?
4. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk membangun suatu fasilitas penyaluran dan pengolahan air limbah di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari?

### **1.3. TUJUAN**

Tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah instalasi pengolahan air limbah domestik dan wilayah pelayanannya
2. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD) di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari.
3. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari.
4. Menghitung Bill of Quantity (BOQ) dan Rancangan Anggaran Belanja (RAB) dari perencanaan SPALD dan IPALD di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari.

### **1.4. RUANG LINGKUP**

Ruang lingkup perencanaan ini antara lain:

Batasan dalam lingkup perencanaan ini adalah:

1. Perencanaan dilakukan di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari.

2. Baku mutu efluen dari pengolahan air limbah domestik yang digunakan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016.
3. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan biaya.
4. Perencanaan untuk *grey water* dan *black water*.
5. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPALD) yaitu saluran primer dan sekunder.
6. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPALD)
7. Perhitungan RAB mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya.

#### **1.4 MANFAAT**

Manfaat perencanaan ini antara lain:

1. Sebagai rekomendasi desain penyaluran dan pengolahan limbah domestik di Kelurahan Rangkah.
2. Sebagai masukan untuk Pemerintah Kota Surabaya mengenai pembiayaan sistem penyaluran dan pengolahan limbah domestik yang dapat diterapkan di Kelurahan Rangkah.

**“”Halaman ini Sengaja Dikosongkan”**

## BAB 2 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

### 2.1 Luas, Batas Wilayah dan Administrasi

Kecamatan Tambaksari adalah salah satu kecamatan yang terletak di Surabaya Timur. Daerah ini sebagai kawasan permukiman, pemerintahan, perdagangan, industri dan jasa. Berikut ini merupakan batas-batas administratif Kecamatan Kota, Kota Surabaya:

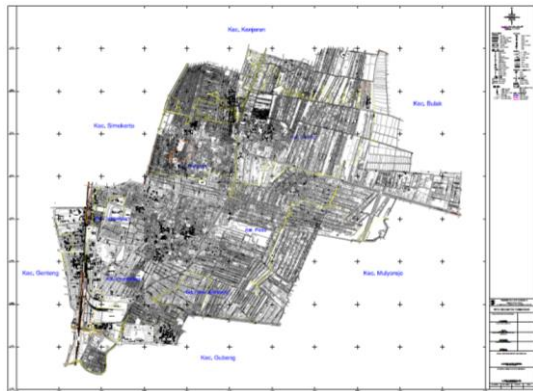
Sebelah Utara : Kecamatan Kenjeran dan Bulak

Sebelah Timur : Kecamatan Mulyorejo

Sebelah Selatan : Kecamatan Gubeng

Sebelah Barat : Kecamatan Simokerto dan Genteng.

Kecamatan Tambaksari terbagi menjadi 8 kelurahan yaitu Kelurahan Tambaksari, Rangkah, Gading, Kapas Madya Baru, Dukuh setro, Pacar keling, Pacar kembang dan Ploso dengan luas total sebesar 9,10 m<sup>2</sup>. Peta wilayah perencanaan yaitu Kelurahan Tambaksari dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini



Gambar 2. 1 Kecamatan Tambaksari

## 2.2 Kependudukan

Jumlah penduduk Kecamatan Tambaksari pada Tahun 2018 yaitu sebesar 234.473 jiwa. Jumlah penduduk Kecamatan Tambaksari per kelurahan dapat dilihat pada Tabel 2.1 Berikut ini

Tabel 2. 1 Luas Wilayah, Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Tambaksari

Kelurahan	Luas Wilayah	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan penduduk (jiwa/km <sup>2</sup> )
Pacar keling	0,7	23763	33947,14
Pacar kembang	2,09	41248	19735,89
Ploso	1,49	35918	24106,04
Tambak sari	0,63	20696	32850,79
Rangkah	0,7	18408	26297,14
Gading	0,79	30833	39029,11
Kapas Madya Baru	1,58	41596	26326,58
Dukuh Setro	1,12	22011	19652,68
Jumlah	9,1	234473	27743,17

Sumber : Kecamatan Tambaksari dalam Angka 2019

## 2.3 Kondisi Topografi

Kondisi topografi di Kecamatan Tambaksari relatif datar. Ketinggian rata-rata yaitu 4 m di atas permukaan air laut. Data ketinggian wilayah kelurahan pada Kecamatan Tambaksari dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini

Tabel 2. 2 Ketinggian Wilayah Kecamatan Tambaksari per Kelurahan

Kelurahan	Luas Wilayah	Ketinggian Wilayah	Jarak ke Kecamatan
Pacar Keling	0,7	4	1
Pacar Kembang	2,09	4	1,5
Ploso	1,49	4	1
Tambak Sari	0,63	4	1
Rangkah	0,7	4	1,3
Gading	0,79	4	2
Kapas Madya baru	1,58	4	2,5
Dukuh Setro	1,12	4	3

Sumber : Kecamatan Tambaksari dalam Angka 2019

## 2.4 Kondisi Sanitasi

Berdasarkan studi EHRA ( *Environmental Healt Risk Assesment*) 2015, Kecamatan Tambaksari termasuk klasifikasi beresiko sangat tinggi dan tinggi terhadap kesehatan lingkungan. Kelurahan Tambaksari termasuk klasifikasi beresiko sangat tinggi (poin 4) dan 7 kelurahan lainnya termasuk klasifikasi beresiko tinggi (poin 3) terhadap kesehatan lingkungan. Hasil Indeks Risiko Sanitasi dari kelurahan yang mempunyai klasifikasi 1 sampai dengan klasifikasi 4 menunjukkan bahwa permasalahan utama terkait tingginya IRS disebabkan oleh variabel air limbah domestik maupun Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS), sehingga dalam prioritas program dan kegiatan pembangunan sanitasi kedua permasalahan utama tersebut harus menjadi prioritas utama.

Berdasarkan laporan dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya 2018, jumlah penduduk yang telah melakukan STBM (Sanitasi Total Berbasis Masyarakat) tertera pada Tabel 2.3 Berikut ini

Tabel 2. 3 Kelurahan yang Telah melaksanakan STBM di Kecamatan Tambaksari

Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Desa/Kelurahan	STBM			
			Desa STBM	%	Desa stop BABS	%
Tambaksari	Rangkah	3	3	100%	2	67%
	Pacar Keling	2	2	100%	0	0%
	Gading	3	3	100%	2	67%

Sumber :Dinas Kesehatan Kota Surabaya 2018

Sanitisasi yang buruk dapat menyebabkan berbagai penularan penyakit, salah satunya yaitu diare. Penemuan kasus diare di Kecamatan Tambaksari dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini

Tabel 2. 4 Penemuan Kasus Diare di Kecamatan Tambaksari Berdasarkan Puskesmas

No	Kecamatan	Puskesmas	Jumlah Penduduk			Jumlah Penemuan		
			L	P	Total	L	P	Total
1	Tambaksari	Rangkah	34754	35775	70529	938	966	1904
		Pacar Keling	30128	30906	61034	813	834	1648
		Gading	43331	44230	87561	1170	1194	2364

Sumber :Dinas Kesehatan Kota Surabaya 2018

## 2.5 Lokasi IPAL

Lahan rencana yang digunakan untuk pembangunan IPAL terletak pada Jalan Putro Agung III, Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari. Pertimbangan yang digunakan untuk menetapkan lahan rencana IPAL adalah kepemilikan lahan. Lahan ini merupakan lahan yang paling memungkinkan untuk dijadikan rencana lokasi IPAL karena merupakan milik Pemerintah Kota Surabaya. Saat ini lahan digunakan sebagai lapangan yang biasa digunakan warga sekitar untuk bermain sepakbola. Lahan ini



memiliki ukuran 50 m x 100 m. Terdapat bangunan kandang sapi di sekeliling lahan sedangkan di bagian tengah lahan adalah tanah lapang. Sedangkan untuk pembuangan effluen IPAL dibuang ke saluran drainase sekunder yang berada di tepi jalan kemudian akan dialirkan menuju saluran drainase primer di Jalan Kapas Krampung yang terletak di sebelah timur lokasi IPAL. Tampak atas dan depan lahan ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini



Gambar 2. 2 Lokasi IPAL  
Sumber : Google Earth

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

## **BAB 3**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **3.1 Air Limbah Domestik**

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air ( PermenLHK no 68 Tahun 2016). *Grey water* (GW) adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga namun tidak termasuk yang berasal dari toilet. *Grey water* dinilai sebagai air limbah yang kadar pencemarnya ringan (*light*) dibandingkan dengan air limbah yang berasal dari kegiatan industri . Selain GW, rumah tangga juga menghasilkan limbah kotoran manusia, yang dikenal dengan blackwater (South & Nazir, 2016).

#### **3.2 Karakteristik Air Limbah Domestik**

Air limbah domestik sebagian besar tersusun dari karbon organik. Dalam perencanaan dan pengoperasian IPALD penting untuk memiliki pemahaman tentang beban organik yang terkandung di dalam air limbah domestik. Air limbah terdiri dari 99.7% air dan 0.3% bahan lain, seperti bahan padat, koloid dan terlarut. Bahan lain tersebut terbagi atas bahan organik dan anorganik (South & Nazir, 2016). Menurut Davies (2005), terdapat tiga parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan besaran organik yang terkandung di dalam air limbah domestik, yakni:

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

TSS merupakan jumlah berat kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. TSS dapat mengakibatkan kekeruhan air dan padatan tidak dapat mengendap langsung, seperti bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Bahan organik yang dimaksud terdiri dari berbagai jenis senyawa seperti selulosa, lemak, protein atau dapat juga berupa mikroorganisme.

## **2. Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (part per million). Debit air limbah juga mempengaruhi kemampuan IPAL dalam menurunkan BOD, semakin besar debit air limbah maka penurunan BOD semakin menurun.

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

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen total yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi yang bersifat *biodegradable* maupun *non-biodegradable*.

## **3. Amonia**

Amonia merupakan ciri khas dari penguraian limbah domestik yang mengandung nitrogen seperti pada urin. Kandungan amonia yang tinggi pada limbah domestik menjadi faktor kunci yang menyebabkan eutrofikasi pada perairan. Amonia dapat bersifat toksik bagi organisme perairan jika melebihi baku mutu karena dapat mengurangi kapasitas oksigen di dalam air dan dapat ditumbuhi tanaman air seperti eceng gondok yang dapat menutupi perairan sehingga sinar matahari tidak dapat masuk menembus perairan sehingga kehidupan dalam perairan menjadi terganggu.

## **5. Minyak dan Lemak**

Kandungan minyak dan lemak yang cukup tinggi pada air limbah domestik dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi limbah. Selain itu, minyak dan lemak memiliki karakteristik tidak dapat larut dalam air. Hal ini dapat menghambat jalan masuknya udara dalam perairan sehingga mengganggu respirasi organisme perairan.

## **6. Total Coliform**

Bakteri *Coliform* merupakan organisme nonspora yang motil atau nonmotil, berbentuk batang, dan mampu memfermentasi laktosa untuk menghasilkan asam dan gas pada temperatur 37°C dalam waktu inkubasi 48 jam (Abdullah *et al.*,

2019). Konsentrasi Total *Coliform* yang tinggi melebihi batas standar baku mutu air limbah merupakan indikator adanya cemaran patogen infeksius yang menimbulkan penyebaran penyakit melalui perantara media air (*water diseases*). Selain itu kandungan limbah cair dengan konsentrasi Total *Coliform* yang tinggi juga dapat mempengaruhi kehidupan organisme biota pada suatu perairan. Penelitian keberadaan *Coliform* di perairan sungai juga menentukan kelayakan apakah air tersebut layak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, status pencemaran sungai dapat dikategorikan tercemar ringan hingga sedang sehingga tidak memenuhi baku mutu untuk budidaya perairan (Pratiwi *et al.*, 2018).

### 3.3 Debit Air Limbah Domestik

Dari hasil perkiraan besarnya debit penggunaan air bersih untuk rumah tangga, bangunan umum, institusional dan sebagainya, tidak keseluruhannya akan mengalir sebagai air limbah. Dengan kata lain, debit air limbah rata-rata harian merupakan jumlah dari debit air limbah domestik dan debit air limbah non domestik. Pada perencanaan ini digunakan sebanyak 80% air bersih menjadi air limbah. Untuk mencari besarnya debit air limbah domestik dapat digunakan rumus:

$$Q_d = (60\%-85\%) \times q_{\text{air}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Di mana:

$Q_d$  = debit air limbah domestik (L/det)

$q_{\text{air}}$  = kebutuhan air bersih domestik (L/org/hr)

Debit air limbah minimum dan puncak sangat tergantung dari pola masyarakat setempat. Penggunaan air mencapai titik puncak ketika masyarakat akan melakukan aktivitas yang menggunakan banyak air seperti bekerja, sekolah dan kebutuhan pangan. Sedangkan untuk debit minimum terjadi ketika masyarakat tidak beraktivitas seperti tidur pada malam hari. Persamaan untuk menghitung debit minimum dan puncak Menurut Fair dan Geyer, 1954 terdapat pada persamaan berikut:

$$Q_{min} = \frac{1}{5} \times \left( \frac{\text{Jumlah penduduk}}{1000} \right)^{0,2} \times Q_{ave} \quad (3.2)$$

Dimana:

$Q_{min}$  = debit air limbah minimum (l/detik)

P = Jumlah penduduk

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

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{ave} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

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

$f_{peak}$  = Faktor puncak

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

Faktor puncak merupakan rasio antara debit puncak dengan debit rata-rata. Menurut Fair dan Geyer, 1954 penentuan faktor puncak dapat dicari dengan persamaan 2.3.

$$f_{peak} = (18 + p0.5) / (4 + p0.5) \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

P = jumlah penduduk (jiwa)

### 3.4 Sistem Pengolahan Air Limbah

Sistem pengolahan air limbah menurut Metcalf and Eddy (2014) terdiri dari sistem pengumpul, sistem transmisi dan sistem pengolahan. Sistem pengelolaan air limbah dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

#### 1. Pengolahan Sistem Setempat

Pengolahan sistem setempat merupakan sistem dimana fasilitas pengolahan air limbah berada dalam persil atau batas tanah yang dimiliki. Fasilitas ini umumnya berupa tangki septik atau cubluk. Sedangkan tinja dari tangki septik akan diangkut menggunakan truk penyedot tinja dan diolah di IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja).

#### 2. Pengolahan Sistem Terpusat

Pengolahan sistem terpusat merupakan sistem dimana fasilitas pengolahan air limbah berada di luar persil yang menggunakan perpipaan air limbah dari permukiman secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke IPAL. Pengolahan sistem terpusat ini diterapkan sebagai solusi sanitasi di daerah yang memiliki keterbatasan lahan dan ruang akibat tingginya kepadatan penduduk. Pengaliran air limbah bisa berupa penyaluran konvensional, small bore sewer ataupun shallow bore sewer.

### **3.5 Sistem Penyaluran Air Limbah**

Sistem penyaluran air limbah ada 3 jenis yaitu *small bore sewer*, *shallow sewer* dan *conventional sewer*.

#### **a. Small Bore Sewer**

*Small Bore Sewer* didesain untuk menerima air limbah rumah tangga setelah diolah tangki septik dan dari air limbah kamar mandi, cuci dapur sehingga bebas dari zat padat. Outlet tangki septik harus lebih tinggi saluran pipa pengumpul. Lumpur tinja yang terakumulasi dalam tangki septik harus dikuras secara periodik. Pipa yang dipasang hanya pipa persil dan servis menuju lokasi pembuangan akhir. Pipa lateral dan pipa induk digunakan untuk beberapa daerah perencanaan dengan kepadatan penduduk tinggi dan debit air limbah yang besar.

Kriteria Small Bore Sewer adalah sebagai berikut

- Pipa hanya menerima effluen dari tangki septik (tidak termasuk lumpurnya) dan air bekas mandi dan cuci.
- Keberadaan tangki septik harus dipertahankan
- Diameter pipa minimum 100 mm
- Kecepatan maksimum dalam pipa sebesar 3 m/detik
- Sistem ini diterapkan pada kawasan yang didukung dengan tangki septik, dan dipilih untuk menghindari pembongkaran lantai rumah untuk memindahkan pipa kakus - septic tank menjadi pipa kakus - sewer.

#### **b. Shallow Sewer**

Kriteria yang dipergunakan adalah sebagai berikut

- Digunakan untuk penduduk kepadatan tinggi > 200 jiwa/ha agar jumlah volume air cukup untuk self cleansing.
- Pada kawasan berpenghasilan rendah.
- Digunakan untuk penduduk yang sudah sebagian besar memiliki sambungan air limbah dan jamban keluarga dengan sistem pembuangan yang cukup dan tidak harus memiliki tangki septik
- Diameter pipa minimal 150 mm
- Kecepatan aliran minimum > 0,5 m/detik
- Kecepatan aliran maksimum 3 x aliran rata-rata
- Kedalaman penanaman pipa minimum 0.4 m
- Penggunaan shallow sewer dikembangkan atas dasar system pengaliran yang mengandalkan penggelontoran pada penggunaan air saat pemakaian puncak.

c. Saluran Konvensional

Saluran konvensional merupakan jaringan perpipaan yang membawa air limbah ke bangunan pengolahan air limbah dan kemudian dialirkan ke badan air penerima. Sistem ini terdiri dari jaringan pipa persil, pipa lateral, dan pipa induk yang melayani penduduk. Setiap jaringan pipa dilengkapi dengan Manhole yang ditempatkan pada lokasi tertentu. Apabila kedalaman pipa air limbah mencapai 7 meter, maka diperlukan pemompaan untuk menaikkan air dan kemudian dialirkan secara gravitasi ke bangunan pengolahan dengan memperhatikan kecepatan aliran untuk self cleansing. Hal yang perlu diperhatikan untuk sistem penyaluran konvensional adalah sebagai berikut:

- a. Diameter pipa minimal 100 mm, karena membawa padatan
- b. Aliran dalam pipa harus sehalus seragam
- c. Slope pipa air limbah harus diatur agar kecepatan untuk self cleansing (0,6 m/detik) dapat terpenuhi. Aliran juga harus memiliki tinggi renang agar dapat mengalirkan padatan
- d. Kecepatan maksimum pada penyaluran konvensional sebesar

3



m/detik

### **3.6 Kecepatan Aliran**

Kecepatan pengaliran dalam sistem penyaluran air limbah harus berada dalam batasan – batasan kecepatan tertentu, sebagai berikut :

#### **3.6.1 Kecepatan Minimum dan Kecepatan Maksimum**

Kecepatan minimum untuk saluran primer maupun sekunder dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah ini adalah 0,6 m/detik. Kecepatan minimum ini didasarkan pada kemampuan pengaliran saluran dalam memberikan daya pembilasan sendiri (*self cleaning velocities*) terhadap endapan-endapan. Kecepatan minimum untuk *inverted siphon* dimana merupakan saluran air limbah yang tertekan yang sulit untuk dilaksanakan pembersihan kecepatan minimum yang digunakan adalah 0,6 m/detik. Disamping itu juga terdapat kecepatan minimum menurut kebutuhannya, misalnya :

1. Untuk mencegah terjadinya endapan organik maka digunakan kecepatan minimum 0,3 m/dt.
2. Untuk mencegah pengendapan partikel mineral seperti pasir dan kerikil digunakan kecepatan minimum 0,75 m/dt.
3. Untuk saluran air limbah yang tertekan dimana pembersihan adalah sulit dilaksanakan digunakan kecepatan minimum yang digunakan adalah 1,0 m/dt. Salah satu contoh saluran air limbah yang tertekan adalah *Inverted Syphon*.

### **3.7 Perhitungan Dimensi Pipa**

Perhitungan dimensi sistem penyaluran air limbah didasarkan pada kebutuhan sampai pada akhir periode desain yang direncanakan. Batasan-batasan yang dijadikan pedoman dalam merencanakan diameter saluran air limbah:

- $V_{maks}$  dalam pipa tidak melebihi 2,5 m/dt.
- $V_{min}$  dalam pipa tidak kurang dari 0,3 m/dt (pada saat debit minimum).
- Tinggi renang minimum 50 mm (pada saat  $Q_{min}$ ).

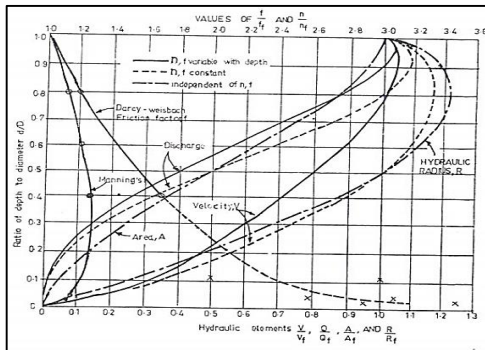
- Tinggi renang pada saat  $Q_{maks}$  antara 60% sampai 80% dari diameter pipa.
- Nilai  $d/D$  ditentukan berdasarkan pada grafik perbandingan  $Q_{min}/Q_{full}$  atau juga dapat digunakan nilai  $d/D$  antara 0,6-0,8

Perhitungan dimensi pipa air limbah berdasarkan pada pembebanan air limbah pada masing-masing pipa sesuai dengan perhitungan sebelumnya.

Dalam perhitungan dimensi pipa untuk saluran air limbah, ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

- Pada kondisi peak kecepatan minimum adalah 0.6-3.0 m/detik
- Setiap saat  $V_{full} \gg V_{peak} \gg V_{min}$

Untuk menentukan besarnya  $Q_p/Q_f$  dan  $d/D$  dapat dilihat pada grafik “*Hydraulic Elements for Circular Sewer*”.



Gambar 3. 1 Hydraulic Element for Circular Sewer

Langkah – langkah Perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai  $d/D$
2. Menghitung nilai  $Q_{full}$  ( $m^3/s$ )

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{Q_{peak}/Q_{full}}$$

3. Menghitung Diameter hitungan dan diameter terpasang (mm)

$$Q = \frac{0.312}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

4. Menghitung nilai  $Q_{full\ check}$  ( $m^3/s$ ) dari diameter hitungan (mm) dan  $V_{full}$

$$Q = \frac{0.312}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Cek\ V_{full} = Q_{full\ cek} / A_{full}$$

5. Menghitung  $Q_{min}/Q_{full\ Cek}$
6. Menghitung  $V_{full}$  dan  $V_{min}$  (m/s)

Berdasarkan nilai  $Q_{min}/Q_{full}$  melalui grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*, maka  $D_{min}/D$  dan  $V_{min}/V_{full}$

$$V_{full} = Q_{full} / A_{full}$$

$$V_{min} = (V_{min}/V_{full}) \times V_{full}$$

### 3.8 Kemiringan Saluran Penanaman Pipa

Untuk kondisi medan yang relatif datar, dibutuhkan penanaman jaringan pipa dengan kemiringan minimal yang dapat memberikan kecepatan pengaliran dengan daya pembilasan sendiri dengan nilai kekasaran Manning,  $n = 0,013$  dan  $n = 0,015$ . Slope minimum untuk tiap diameter pipa dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini

Tabel 3. 1 Slope Minimum Pipa untuk Setiap Diameter

Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	n = 0,013	n = 0,015
200	8	0,0033	0,0044
250	10	0,0025	0,0033

Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	n = 0,013	n = 0,015
300	12	0,0019	0,0026
375	15	0,0014	0,0019
450	18	0,0011	0,0015
525	21	0,0009	0,0012
600	24	0,0008	0,001
675	27	0,0007	0,0009
750	30	0,0006	0,0008
900	36	0,0004	0,0006

### 3.9 Bangunan Pelengkap

Bangunan Pelengkap berguna untuk memudahkan penyaluran air limbah dan operasional atau perawatan saluran. Beberapa bangunan pelengkap yang digunakan dalam sistem penyaluran air limbah diantaranya:

#### 1. Manhole

*Manhole* merupakan lubang yang digunakan untuk memeriksa, memelihara, dan memperbaiki aliran air yang tersumbat. *Manhole* dilengkapi dengan tutup dari beton dan *cast iron galvanized*, beserta anak tangga untuk menuruninya. Lokasi penempatan manhole yang mungkin akan digunakan:

- Pada jalur saluran yang lurus dengan jarak tertentu bergantung dari diameter saluran yang disesuaikan dengan panjang peralatan pembersihan yang akan digunakan.
- Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran vertikal maupun horizontal.
- Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan dengan pipa atau bangunan lain

Selain manhole, digunakan pula *drop manhole* yaitu bangunan terjunan yang digunakan bila perbedaan tinggi antara dua saluran

lebih dari 0,5 m dan pada saluran dengan *slope* memotong *slope* medan. Konstruksi *manhole* dapat terbuat dari beton. Lubang *manhole* harus dapat dimasuki orang yang akan memeriksa saluran tersebut. Adapun macam-macam *manhole* sebagai berikut:

- a. Manhole lurus
- b. Manhole belokan
- c. Manhole pertigaan
- d. Drop Manhole

## 2. **Bangunan Penggelontor**

Fungsi penggelontor membersihkan endapan/kotoran dalam saluran. Air penggelontoran harus bersih, tidak mengandung lumpur atau pasir, dan tidak asam, basa, atau asin. Air penggelontor alirannya tidak merusak saluran, baik karena penggerusan maupun tenaga arus balik. Sumber air penggelontor adalah air tanah, air hujan, air sungai (Kementrian PUPR, 2018).

## 3. **Grease Trap**

Bangunan *grease trap* digunakan untuk menangkap minyak dan lemak yang terdapat pada air limbah dan mencegah terjadinya penggumpalan pada sistem penyaluran air limbah. *Grease trap* menggunakan prinsip bahwa minyak dan lemak memiliki massa jenis yang lebih kecil dari pada air dan akan naik ke permukaan air. Air tersebut tinggal cukup lama pada unit tersebut pada kondisi yang laminar (Afghanistan Engineer District, 2009).

*Grease trap* pada umumnya memiliki minimal dua kompartemen. Kompartemen pertama memiliki waktu detensi minimal 7 menit, sedangkan kompartemen kedua memiliki waktu detensi minimal 5 menit (Austin Water, 2011). *Grease trap* perlu dilakukan pembersihan minyak dan lemaknya secara berkala untuk menghindari penyumbatan (Afghanistan Engineer District, 2009).

### 3.10 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi baku mutu sesuai dengan permenLH Nomor 68 Tahun 2016. Baku mutu air limbah dapat dilihat pada Tabel 3. 1 berikut ini

Tabel 3. 2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu
1	BOD5	mg/L	30
2	COD	mg/L	50
3	TSS	mg/L	50
4	Minyak dan Lemak	mg/L	10
5	pH	-	6-9
6	Amoniak	mg/L	10
7	Total Coliform	Jumlah/100mL	3000

Sumber : PermenLHK No 68 Tahun 2016

### 3.11 Teknologi Pengolahan Air Limbah

Pemilihan teknologi IPAL dipengaruhi oleh faktor karakteristik air limbah dan ketersediaan lahan. Berikut ini merupakan beberapa teknologi pengolahan air limbah. Fungsi dasar pengolahan air limbah domestik adalah untuk mempercepat proses dedgradasi polutan secara natural melalui rekayasa pada unit operasi dan proses. Secara umum, terdapat beberapa tahapan pengolahan yang harus dilakukan dalam pengolahan air limbah domestik, yakni Tahap Pertama, Tahap Kedua, Tahap Ketiga, Tahap Lanjutan, dan Tahap Pengolahan Lumpur. Tahap Ketiga dan Lanjutan merupakan opsi yang dapat direncanakan jika masih terdapat parameter tertentu yang berpotensi melebihi baku mutu lingkungan dan adanya rencana pemanfaatan air hasil olahan (PUPR, 2018).

### **3.11.1 Pengolahan Tahap Pertama**

Pengolahan Tahap Pertama bertujuan untuk menyisihkan material kasar, diskrit, dan tersuspensi (*suspended solid*) sebelum dialirkan menuju ke unit pengolahan selanjutnya. Pada awal tahapan ini terdapat pula bangunan inlet yang berfungsi untuk mengumpulkan air limbah domestik dari jaringan perpipaan sub-sistem pengumpulan. Pada umumnya, jaringan perpipaan sub-sistem pengumpulan di segmen akhir menuju IPALD, memiliki elevasi yang relatif rendah dari permukaan. Oleh karena itu, bangunan inlet berfungsi untuk menaikkan elevasi air limbah domestik ke permukaan dengan menggunakan sistem pemompaan. Hal ini dilakukan pula dengan tujuan agar IPALD dapat dioperasikan dengan menggunakan metode aliran gravitasi. Terdapat beberapa unit pengolahan pada Tahap Awal yakni Saringan Sampah (*Screen*), Bak Penyisihan Pasir (*Grit Chamber*), Bak Ekualisasi (*Equalization Tank*), dan bak sedimentasi (*primary sedimentation*).

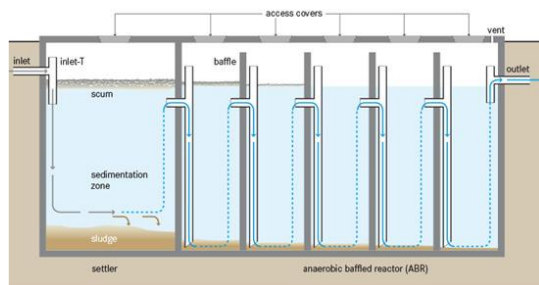
### **3.11.2 Pengolahan Tahap Kedua**

Pengolahan tahap kedua direncanakan untuk menyisihkan material organik yang ada dalam air limbah domestik dalam bentuk terlarut (*soluble*) maupun koloid (*colloid*) yang tersisa dari hasil penyisihan pada pengolahan tahap pertama. Proses ini dilakukan dengan menggunakan prinsip pengolahan biologi melalui pemanfaatan peran mikroorganisme yang sudah terkandung di dalam air limbah domestik.

#### **A. *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)***

*Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* merupakan salah satu jenis pengolahan *suspended growth* yang memanfaatkan sekat (*baffle*) dalam pengadukan yang bertujuan memungkinkan terjadinya kontak antara air limbah domestik dan mikroorganisme. Pengolahan ini adalah pengolahan yang relatif murah dari aspek operasional, sebab tidak diperlukan penggunaan energi listrik dan memiliki efisiensi penyisihan organik yang cukup baik. Namun,

teknologi ini memiliki kemampuan penyisihan bakteri patogen dan nutrient yang rendah. Oleh karena itu, efluennya masih membutuhkan pengolahan tambahan dan membutuhkan pengolahan awal berupa pengendapan/sedimentasi untuk mencegah terjadinya clogging. Aliran yang terjadi dalam ABR merupakan aliran *upflow* dan *downflow*. Populasi mikroorganismenya berkembang dalam air limbah domestik dan lapisan lumpur yang terdapat pada dasar kompartemen. ABR dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini



Gambar 3. 2 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Sumber : Guterer et al, 2009

ABR cocok digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah dengan konsentrasi BOD > 150 mg/l. Kriteria design untuk ABR menurut Guterrer, et al.(2009) yaitu:

- Kecepatan upflow = <2,0 m/jam
- Beban organik = < 3,0 kg COD/m<sup>3</sup>.hari
- HRT = >8 jam

Sedangkan Metcalf & Eddy (2014) mengungkapkan dalam bukunya, kriteria design untuk ABR meliputi:

- Konsentrasi volatile solid = 2-10%
- HRT = 6-24 jam
- SRT = >30 hari
- Beban Organik = 5-10 kg COD/m<sup>3</sup>.hari



Persamaan Perhitungan desain *Anaerobic Baffled Reactor* dapat dilihat pada langkah langkah sebagai berikut :

***Hydraulic Retention Time (HRT)***

$$HRT = V / Q \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

HRT = Waktu tinggal hidrolis (hari)

V = volume (m<sup>3</sup>)

Q = Debit (m<sup>3</sup>/hari)

***Organic Loading Rate (OLR)***

$$OLR = Q \times S_o / \text{volume} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

Q = debit (m<sup>3</sup>/hari)

S<sub>o</sub> = Total COD inlet (mg/L)

***Vup***

$$V_{up} = Q / (p \text{ satu kompartemen} \times l) \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

P = panjang satu kompartemen (m)

l = lebar satu kompartemen (m)

***Headloss (Hf)***

$$H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$F = 1,5 \times (0,01989) + \frac{0,0005078}{4R}$$

Dimana :

L = Panjang ABR (m)

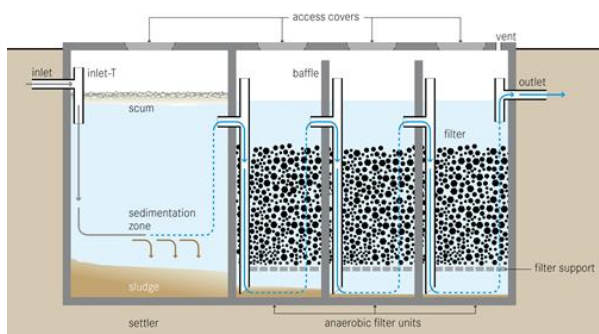
R = Jari-jari hidrolis (m)

V = kecepatan (m/s)

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

b. ***Anaerobic Biofilter***

Filter anaerobik merupakan reaktor biologis dengan pertumbuhan terlekat atau *fixed-bed*. Air limbah domestik dalam reaktor ini mengalir melalui filter sehingga partikel terjebak dan bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme yang melekat pada permukaan media. Air limbah domestik mengalir/lewat di antara media dan mikroba yang akan menguraikan bahan organik terlarut dan organik tersuspensi di dalam air limbah domestik, sehingga terjadi pengurangan kandungan organik pada efluen. Dengan adanya media yang menjadi tempat berkembangnya bakteri membentuk lendir/film akibat fermentasi oleh enzim bakteri terhadap bahan organik yang ada dalam air limbah. Film ini akan menebal menutupi aliran air limbah dicelah diantara media filter tersebut, sehingga perlu dilakukan pencucian terhadap media dengan metode back wash secara periodik. Ilustrasi unit pengolahan *anaerobic biofilter* dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini



Gambar 3. 3 Anaerobic Biofilter

Sumber : Guterer et al, 2009

**c. Rotating Biological Contactor (RBC)**

RBC adalah salah satu contoh unit pengolahan aerobik untuk air limbah. Pada RBC, terdapat pertumbuhan biomassa yang menempel pada permukaan piringan. Piringan di unit RBC selalu

berputar terus-menerus yang tujuannya memberikan kesempatan kontak biomassa dengan air limbah/zat organik, bergantian dengan kontak udara untuk penyerapan oksigen. Perputaran piringan juga menghilangkan kelebihan biomassa yang menempel pada piringan dengan penghilangan secara mekanis. Pemeliharaan pada unit RBC yakni dengan pembersihan lumpur yang mengendap setiap bulan atau dua bulan, pelumasan dengan minyak pelumas untuk bagian peralatan yang bergerak, dan penyucian dengan cara penyemprotan piringan yang mengandung biomassa berlebihan setiap 1-2 bulan. Contoh desain RBC dapat dilihat pada Gambar

Kelebihan RBC adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan lahannya kecil.
- Dapat bertahan terhadap kejutan beban organik dan hidrolis.
- Efisiensi penurunan BOD 90% - 95%.
- Kebutuhan energinya rendah.

Kekurangan RBC adalah sebagai berikut:

- Bahan sulit didapatkan di pasar lokal.
- Harus dibangun dalam ruangan tertutup agar tidak mengalami kerusakan.
- Biaya investasinya tinggi.
- Membutuhkan energi listrik.

(Soedjono, 2010).

#### **d. Aerobic Biofilter**

*Aerobic Biofilter* adalah salah satu pengolahan biologis dalam sistem pengolahan air limbah. Unit ini terdiri dari media tumbuh mikroorganisme yang tenggelam dan dilengkapi dengan sistem aerasi (Hasan dkk., 2009). Teknologi *Aerobic Biofilter* didasarkan pada prinsip pemakaian biofiltrasi melalui media granular yang ditenggelamkan dengan tujuan memberikan serta mengubah komponen biologi bahan organik berupa biomassa

yang menempel pada media, daya dukung terbesar terdapat pada permukaan media, dan dapat meremoval secara fisik partikel yang terlarut (Xing dkk., 2010). Konfigurasi aliran yang digunakan *Aerobic Biofilter* ada 2 jenis yakni aliran *upflow* dan aliran *downflow*. Aliran *upflow* yakni aliran air limbah yang mengalir dari bagian bawah reaktor, sedangkan aliran *downflow* air limbah dialirkan melalui atas reaktor (Hasan dkk., 2009).

Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H<sub>2</sub>S akan diubah menjadi sulfat (Pedoman teknis IPAL, 2011).

Menurut Barnard dan Stensel (2012), desain *Aerobic Biofilter* sebagai berikut:

- BOD loading rate = 250-300 ppd/1000 cf
- HLR = 2-4 gpm/sf
- Menggunakan *fine bubble aeration*
- NH<sub>4</sub>-N loading rate = 60-90 ppd/1000 cf

Kelebihan *Aerobic Biofilter* adalah sebagai berikut:

- Dapat digunakan pada lahan kecil.
- Pengoperasian mudah
- Tidak menggunakan bak pengendap lumpur.
- Tidak ada *bulking sludge*

Kekurangan *Aerobic Biofilter* adalah sebagai berikut:

- Peralatannya lebih kompleks.

- Perlu instrument yang bagus.
- Membutuhkan operator yang memiliki kemampuan dalam pengoperasiannya.
- Biaya operasi besar.
- Mudah terjadi penyumbatan ketika SS influen tinggi. (Barnard dan Stensel, 2012)

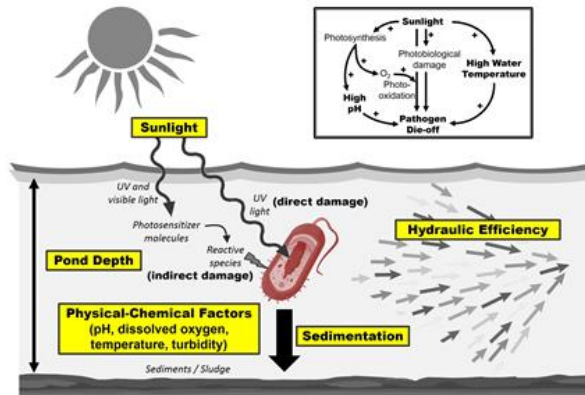
### **3.11.3 Pengolahan Tahap Ketiga**

Pengolahan tahap ketiga perlu dipertimbangkan jika masih terdapat parameter-parameter yang belum memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku sehingga diperlukan unit pengolahan tambahan agar dapat memenuhinya. Salah satu contoh yakni pada parameter total coliform. Jika hasil pengolahan pada tahap kedua masih menghasilkan nilai total coliform di atas nilai baku mutu lingkungan, maka diperlukan tambahan unit pengolahan desinfektan sehingga dapat menurunkan konsentrasi total coliform. Selain itu, terdapat parameter lain yang berpotensi masih melebihi baku mutu lingkungan yakni amonia. Jenis unit pengolahan pada tahap ketiga sangat bergantung pada parameter yang direncanakan untuk diolah.

Desinfeksi merupakan salah satu proses pengolahan yang berfungsi untuk mengurangi mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam air limbah domestik. Mikroorganisme patogen dapat menjadi sumber penyebab penyakit bagi manusia. Klorinasi merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan sebagai desinfektan sejak tahun 1850. Penggunaan klorinasi sudah dilakukan untuk mengurangi mikroorganisme patogen baik pada air minum maupun air limbah domestik. Namun, senyawa tersebut berpotensi bersifat karsinogenesis karena proses klorinasi berpotensi dapat membentuk chlorinated hydrocarbon (Qasim, 1999). Oleh karena

itu, metode lain perlu dipertimbangkan untuk dapat digunakan dalam proses desinfeksi.

Secara umum terdapat dua metode desinfeksi yang dapat digunakan dalam mengolah air limbah domestik, khususnya menyingkirkan mikroorganisme patogen. Adapun dua metode tersebut yakni metode fisika dan kimia. Metode fisika dilakukan dengan memanfaatkan panas dan radiasi baik radiasi ultraviolet maupun gamma sedangkan metode kimia dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa kimia seperti agen pengoksidasi (klorin, bromin, dan iodin), alkohol, phenol, dan lain-lain. Desinfeksi dengan menggunakan panas atau disebut juga sebagai proses pasteurisasi dapat digunakan dalam mengolah air limbah domestik khususnya untuk pengolahan lumpur. Namun, menurut Qasim (1999), proses ini sulit untuk dapat diterapkan dalam mendesinfeksi air karena energi yang dibutuhkan akan sangat besar sehingga menyebabkan tingginya biaya operasional IPALD. Metode radiasi gamma dapat dilakukan dengan memanfaatkan Kobalt 60. Metode ini dinilai memiliki efisiensi yang sangat baik dalam proses desinfeksi mikroorganisme patogen, baik pada air limbah domestik maupun lumpur dalam proses pengolahan lumpur. Namun, faktor keamanan menjadi pertimbangan yang harus diperhatikan ketika menggunakan proses radiasi karena potensi dampak negatif yang sangat besar terhadap manusia.



Gambar 3. 4 Faktor Utama dalam Penyisihan Mikroorganisme Patogen di dalam Kolam Maturasi

Metode desinfeksi dengan memanfaatkan radiasi ultraviolet dinilai merupakan metode fisik yang terbaik karena tidak memiliki resiko keamanan dan tidak meninggalkan residu bahan kimia berbahaya bagi manusia. Proses desinfeksi dengan menggunakan radiasi ultraviolet sudah cukup banyak diterapkan di IPALD maupun IPLT di Indonesia. Di Indonesia, metode ini dinilai cukup efektif karena posisi Indonesia yang berada di daerah tropis memungkinkan proses penyinaran yang lebih lama. Desinfeksi dengan menggunakan radiasi ultraviolet dapat terjadi pada Kolam Maturasi yang merupakan rangkaian dari Kolam Stabilisasi (Anaerobik/Aerobik – Fakultatif – Maturasi). Penetrasi sinar matahari menjadi sangat penting dalam proses desinfeksi pada kolam maturasi. Oleh karena itu, pengaturan kedalaman yang efektif harus dilakukan sehingga penetrasi sinar matahari dapat terjadi. Terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses desinfeksi pada kolam maturasi dengan menggunakan radiasi ultraviolet yakni waktu kontak atau detention time dan kekeruhan atau materi tersuspensi yang dapat mengganggu penetrasi sinar ke dalam air di dalam kolam.

### **3.12 Kriteria Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik**

Dalam pemilihan teknologi pengolahan air buangan domestik menurut Wulandari (2014), terdapat beberapa kriteria antara lain:

1. Lahan yang dibutuhkan tidak terlalu besar.
2. Biaya operasinya rendah.
3. Pengelolaannya mudah.
4. Perawatannya mudah dan sederhana.
5. Konsumsi energinya rendah.
6. Efisiensi pengolahan dapat mencapai standar baku mutu air buangan domestik yang disyaratkan.
7. Lumpur yang dihasilkan sedikit.



## **BAB 4**

### **METODE PERENCANAAN**

#### **4.1 Kerangka Perencanaan**

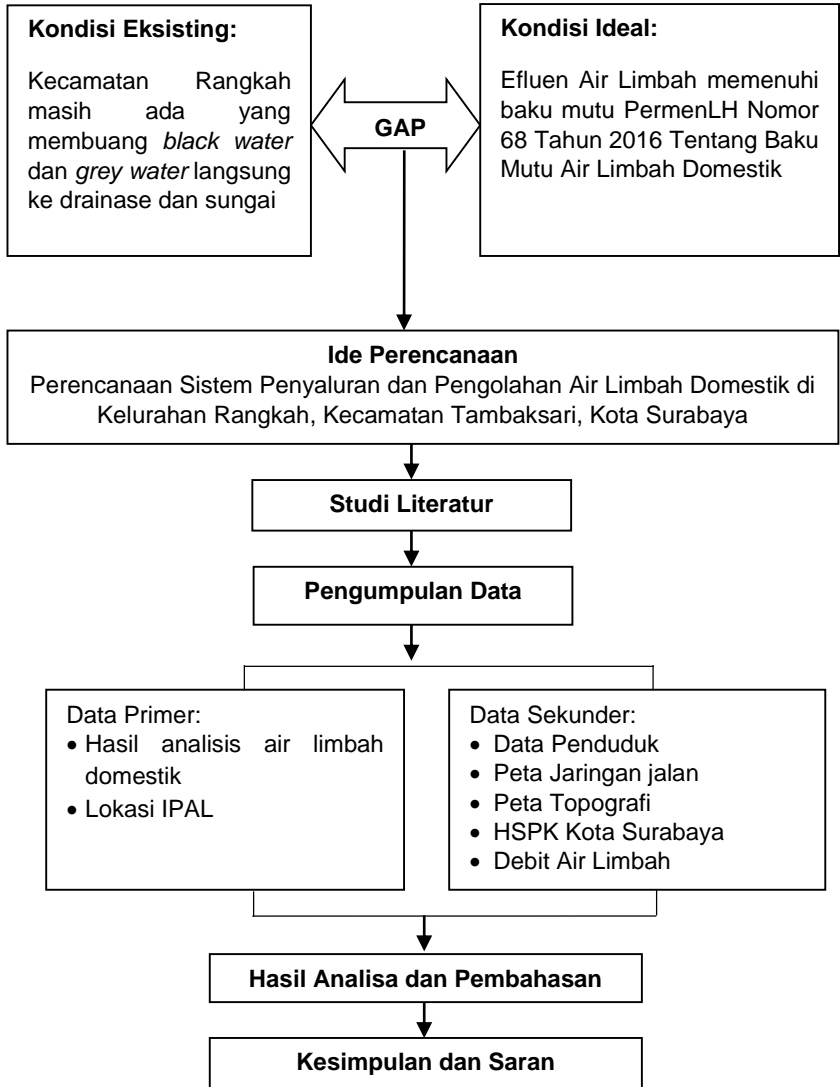
Metode perencanaan ini disusun dalam bentuk alur atau prosedur yang akan dilakukan. Kerangka perencanaan diperlukan sebagai acuan dalam melaksanakan tugas akhir. Kerangka perencanaan memperjelas alur dalam penelitian ini sehingga dapat meminimalkan kesalahan yang terjadi. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1

#### **4.2 Ide Tugas Akhir**

Ide tugas akhir diperoleh karena adanya gap antara kondisi eksisting dan kondisi ideal mengenai pengelolaan air limbah domestik. Air limbah yang akan dibuang ke lingkungan harus memenuhi baku mutu air limbah domestik nomor 68 Tahun 2016. Namun, kondisi eksisting menunjukkan bahwa pada Kelurahan Rangkah masih membuang air limbah *grey water* ke saluran tanpa diolah terlebih dahulu.

#### **4.3 Studi Literatur**

Tinjauan pustaka yang dilakukan dalam tugas akhir ini dilaksanakan untuk mendapatkan dasar teori yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan serta dalam pelaksanaan analisis dan pembahasan sehingga pada akhirnya didapatkan suatu kesimpulan dari hasil perencanaan ini. Sumber literatur yang digunakan sebagai tinjauan pustaka perencanaan ini meliputi buku-buku teks, jurnal nasional maupun internasional, penelitian terdahulu, dan lain-lain. Adapun data pendukung yang diperlukan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan

#### 4.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk memperoleh segala macam informasi yang dapat menunjang proses penelitian. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara survey, sampling dan lain-lain. Cara-cara pengumpulan yang dipilih disesuaikan berdasarkan jenis data yang hendak diambil.

Jenis data berdasarkan cara memperolehnya dibagi atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan pengukuran atau pengamatan langsung dilapangan. Disisi lain data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber data lain baik dari jurnal, dokumen dll.

##### a. Data Primer

Data primer dapat diperoleh dengan dua cara yaitu survey lokasi dan pengambilan sampel dengan analisis laboratorium. Data primer pada perencanaan ini yaitu kualitas effluen air limbah dan data hasil kuosioner.

##### 1. Kualitas Air Limbah Domestik

Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Pengambilan sampel dilakukan secara *composite sampling*. Atas pertimbangan waktu dan biaya, sampling hanya dilakukan pada satu titik sampling. Pengambilan sampel *grey water* dilakukan 3 kali pada dua kali jam puncak dan satu kali pada jam biasa. Kemudian sampel dihomogenkan untuk dianalisis

- *Sampling grey water*

Pengambilan sampel dilakukan pada pipa outlet pembuangan air limbah dari rumah warga.

- *Sampling black water*

Sampling black water dilakukan pada lokasi BABS yaitu pada pipa outlet dari closet yang dibuang langsung ke sungai.

Kemudian data yang diperoleh dianalisis di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan

ITS. Parameter yang dianalisis yaitu sesuai dengan parameter pada baku mutu air limbah domestik yaitu pH, TSS, DO, BOD dan COD, minyak dan lemak serta amonia. Metode analisis sampel untuk setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4. 1 Metode Analisis Data Karakteristik Air Limbah

No	Parameter	Metode	Instrumen	Sumber
1	pH	Elektrometri	pH meter	SNI 06-6989.11-2004
2	TSS	Gravimetri	Neraca analitik	SNI 06-6989.3-2004
3	DO	Iodometri	Winkler	SNI 06-6989.14-2004
4	BOD	Winkler	Winkler	SNI 6989.72-2009
5	COD	Titrimetri	Alat refluks, buret	SNI 6989.73:2009
6	Minyak dan Lemak	Gravimetri	Neraca analitik	SNI 06-6989.10-2004
7	Ammonia	Nessler	Spektrofotometer	SNI 06-2479-1991
8	Total Coliform	MPN	Tabung Durham	SNI 06-4158:1996

#### b. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari jurnal, buku maupun data-data dari dinas terkait. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi:

1. Data Kependudukan  
Data kependudukan merupakan informasi umum mengenai jumlah penduduk di Kecamatan Kota Surabaya. Data ini mencakup jumlah penduduk, jumlah KK, luas wilayah, persebaran penduduk di Kecamatan Kota Surabaya. Data ini diperoleh melalui Badan Pusat Statistik (BPS) Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya.
2. Data dan informasi sanitasi  
Data ini mencakup data kepemilikan fasilitas sanitasi, jumlah IPAL komunal sudah dan sedang dibangun.

3. Peta administrasi dan peta tata guna lahan daerah pelayanan  
Data ini didapat dari instansi dari BAPPEKO Kota Surabaya, data ini untuk mengetahui batas wilayah perencanaan.
4. Peta jaringan pipa PDAM  
Peta jaringan pipa PDAM untuk mengetahui lokasi penanaman pipa PDAM. Sehingga tidak salah dalam menempatkan pipa air limbah.
5. Peta Topografi  
Peta topografi diperoleh dari Bappeko Surabaya. Peta topografi yang dibutuhkan untuk merencanakan SPAL adalah peta dengan skala 1:1000 ( PUPR, 2018).
6. HSPK (Harga Satuan Pokok Kerja) Kota Surabaya  
Data ini didapat dari BAPPEKO Kota Surabaya.
7. Debit air limbah  
Debit air limbah didapatkan dari debit pemakaian air bersih yang datanya didapat dari rekening PDAM Kota Surabaya.

Tabel 4. 2 Data Sekunder

No	Data	Sumber Data
1	Data kependudukan	Badan Pusat Statistik Kota Surabaya
2	Debit pemakaian air bersih	PDAM
4	Kondisi sanitasi masyarakat kecamatan kota Surabaya	Dinas Kesehatan Kota Surabaya
5	Peta Administrasi, peta rencana tata guna lahan	BAPPEKO Kota Surabaya
5	Topografi Lahan	BAPPEKO Kota Surabaya
7	HSPK Kota Surabaya 2019	BAPPEKO Kota Surabaya

#### 4.5 Analisis Data Dan Pembahasan

Analisis data dilakukan setelah memperoleh data primer dan sekunder. Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis dan dibahas secara keseluruhan . Analisis data aspek teknis dalam perencanaan ini yaitu:

1. Penentuan proyeksi penduduk  
Pada perencanaan ini jumlah penduduk diproyeksikan menggunakan metode yang tepat. Yaitu dengan mencari koefisien korelasi terbesar dari setiap metode. Metode dengan koefisien korelasi terbesar yang dipilih.
2. Perhitungan debit air limbah domestik yang dihasilkan  
Data penggunaan air bersih diperoleh dari PDAM Kota Surabaya. Dari penggunaan air bersih dapat diperkirakan debit air limbah yang dihasilkan. Analisis kualitas air limbah dan membandingkan baku mutu yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik untuk sampel air limbah. Sehingga dapat diketahui parameter mana yang masih melebihi baku mutu.
3. Lokasi dan lahan yang tersedia untuk pembangunan IPAL.
4. Penentuan jumlah IPAL dan wilayah pelayanannya.  
Penentuan jumlah IPAL dan wilayah pelayanan dibatasi oleh beberapa hal seperti batas administrasi, kondisi jalan, rel kereta api, sungai dan lainnya.
5. Perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik (SPALD) untuk wilayah pelayanan meliputi pipa primer dan sekunder. Sistem penyaluran menggunakan *shallow sewer*. Air limbah yang dialirkan melalui sistem perpipaan yaitu black water dan grey water. Perhitungan SPALD meliputi:
  - a) Perhitungan pembebanan setiap jalur SPAL
  - b) Perhitungan dimensi pipa SPAL
  - c) Perhitungan penanaman pipa SPAL

6. Perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik (IPALD)

Perencanaan meliputi:

- a) Memilih teknologi pengolahan yang sesuai serta perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD).

Pemilihan teknologi didasarkan kepada:

- Biaya investasi
- Operasional dan maintenance
- Efisiensi removal
- Luas lahan yang diperlukan

- b) Perhitungan *mass balance* unit IPAL didapatkan dari hasil perhitungan dengan rumus yang telah ditetapkan

- c) Perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) unit IPALD disesuaikan kriteia desain.

- d) Gambar DED:

- Gambar Layout
- Gambar Denah/tampak
- Gambar detail
- Gambar potongan
- Gambar profil hidrolis

Sedangkan untuk aspek biaya meliputi perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk membangun SPALD dan IPALD mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya 2019.

#### 4.6 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dan saran didapatkan melalui hasil analisis perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban atas tujuan yang ingin dicapai dan hasil perencanaan yang telah dibuat. Sedangkan saran merupakan masukan yang dapat membangun dan menyempurnakan tugas akhir yang telah dibuat serta dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

Kesimpulan tugas akhir perencanaan ini akan meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik (SPALD) di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari
2. Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari
3. Bill of Quantity (BOQ) dan Rancangan Anggaran Belanja (RAB) dari perencanaan SPALD dan IPALD di Kelurahan Rangkah, Kecamatan Tambaksari



## **BAB 5**

### **PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK**

#### **5.1 Pemilihan Sistem SPAL**

Sistem penyaluran air limbah domestik menggunakan *shallow sewer*. Sistem ini cocok untuk diterapkan di permukiman padat seperti pada Kelurahan Rangkah. Sistem shallow sewer menggunakan penanaman pipa yang tidak terlalu dalam. Hal yang perlu diperhatikan dalam sistem *shallow sewer* kecepatan pada saat debit puncak agar terjadi *self cleansing*.

#### **5.2 Periode Perencanaan**

Periode perencanaan adalah periode yang dimulai dari tahun awal IPALD beroperasi hingga mencapai kapasitas desain keseluruhan. Periode perencanaan yang ditetapkan untuk pembangunan IPALD ini adalah 10 tahun. Periode perencanaan tersebut mempertimbangkan beberapa aspek seperti tingkat pertumbuhan penduduk, sumber dana, umur ekonomis bangunan, dan kemudahan perluasan lahan. Periode perencanaan yaitu mulai tahun 2020 hingga 2029.

#### **5.3 Proyeksi Penduduk**

Penduduk diproyeksikan untuk 10 tahun ke depan. Data jumlah penduduk serta pertumbuhan penduduk dapat dilihat pada Tabel 5.17. Pertumbuhan penduduk di Kelurahan Rangkah adalah sebesar 0,88% tiap tahun. Pertumbuhan penduduk dihitung dari rata-rata pertumbuhan penduduk tahun 2014 sampai 2018.

Metode proyeksi penduduk yang sering digunakan yaitu metode aritmatik, geometrik, dan *least square*. Untuk menentukan metode proyeksi penduduk yang tepat dapat menggunakan perhitungan koefisien korelasi atau standar deviasi. Metode yang dipilih yaitu metode dengan nilai koefisien korelasi tertinggi (mendekati 1) dan standar deviasi terendah.

a. Metode Aritmatik

$$P_n = P_o + K_a (T_a - T_o) \dots\dots\dots 5. 1$$

$$K_a = \frac{P_n - P_o}{T_a - T_o} \dots\dots\dots 5. 2$$

Keterangan:

$P_n$  = Penduduk pada tahun akhir proyeksi (jiwa)

$P_o$  = Penduduk di tahun yang diproyeksikan mundur (jiwa)

$T_a$  = Tahun akhir proyeksi

$T_o$  = Tahun yang diproyeksikan mundur

$K_a$  = Rata-rata pertumbuhan penduduk dari  $T_o$  ke  $T_a$  (jiwa/tahun)

b. Metode Geometrik

$$P_n = P_o (1 + r)^{(T_a - T_o)} \dots\dots\dots 5. 3$$

Keterangan:

$r$  = rata - rata pertumbuhan penduduk tiap tahun

c. Metode *Least Square*

Metoda ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara sumbu Y (jumlah penduduk) dengan sumbu X (tahun) dengan cara menarik garis linear antara data-data tersebut, dan meminimkan jumlah pangkat dua dari masing-masing penyimpangan jarak data-data dengan garis yang dibuat. (*Mangkoedihardjo, 1985*)

Rumus yang digunakan :

$$P_n = a + b N$$

Dimana :

$P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$N$  = selisih tahun proyeksi

Nilai a dan b dicari berdasarkan rumus :

$$a = \frac{[\sum y (\sum x^2)] + [(\sum x)(\sum x \cdot y)]}{[n (\sum x^2)] + (\sum y)^2}$$

$$b = \frac{n (\sum x \cdot y) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Dalam penggunaan metoda perhitungan yang akan digunakan dipilih berdasarkan harga koefisien korelasi yang paling mendekati 1. Sesuai atau tidaknya analisa yang akan dipilih ditentukan dengan menggunakan nilai koefisien korelasi yang berkisar antara 0 sampai 1. Persamaan koefisien korelasinya adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{\{n(\sum y^2) - (\sum y)^2\}\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}}}$$

Dimana : n = jumlah data

Jumlah penduduk Kelurahan Rangkah selama 5 tahun mulai 2014-2018 disajikan pada Tabel 5. 1 sedangkan tabel perhitungan koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai Tabel 5.4 berikut ini

Tabel 5. 1 Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Rangkah Tahun 2014-2018

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan		Rasio Pertumbuhan
			Jiwa	%	
1	2014	17578	0	0,0000	0
2	2015	17917	339	1,9285	0,019
3	2016	18434	517	2,8855	0,029
4	2017	18460	26	0,1410	0,001
5	2018	18408	-52	-0,2817	-0,003

Tabel 5. 2 Koefisien Korelasi untuk Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	r
2014	17578	0	0	0	0	0	<b>-0,806</b>
2015	17917	1	339	339	1	114921	
2016	18434	2	517	1034	4	267289	
2017	18460	3	26	78	9	676	
2018	18408	4	-52	-208	16	2704	
<b>Jumlah</b>		<b>10</b>	<b>830</b>	<b>1243</b>	<b>30</b>	<b>385590</b>	

Tabel 5. 3 Koefisien Korelasi untuk Metode Geometri

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	r
2014	17578	1	9,774	9,774	1	95,539	<b>0,88164</b>
2015	17917	2	9,794	19,587	4	95,913	
2016	18434	3	9,822	29,466	9	96,471	
2017	18460	4	9,823	39,293	16	96,498	
2018	18408	5	9,821	49,103	25	96,443	
<b>Jumlah</b>		<b>15</b>	<b>49,034</b>	<b>147,223</b>	<b>55</b>	<b>480,864</b>	

Tabel 5. 4 Koefisien Korelasi untuk Metode Least Square

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	r
2014	17578	1	17578	17578	1	308986084	<b>0,88166</b>
2015	17917	2	17917	35834	4	321018889	
2016	18434	3	18434	55302	9	339812356	
2017	18460	4	18460	73840	16	340771600	
2018	18408	5	18408	92040	25	338854464	
<b>Jumlah</b>		<b>15</b>	<b>90797</b>	<b>274594</b>	<b>55</b>	<b>1649443393</b>	

Hasil perhitungan koefisien korelasi untuk masing-masing metode menunjukkan bahwa nilai tertinggi yaitu metode *least square*. Maka dari itu, metode yang dipilih untuk proyeksi penduduk kelurahan Rangkah yaitu metode *least square*. Hasil perhitungan proyeksi penduduk dapat dilihat pada Tabel 5.5 Berikut ini

Tabel 5. 5 Hasil Proyeksi Penduduk dengan Metode Least Square

Tahun	Jumlah Penduduk
	Kelurahan Rangkah
2020	19547
2021	19768
2022	19988
2023	20208
2024	20428
2025	20649
2026	20869
2027	21089
2028	21310
2029	21530

#### 5.4 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didapatkan dari pemakaian air bersih masyarakat di Kelurahan Rangkah yang dikalikan dengan persentase air limbah. Data pemakaian air bersih selama tahun 2019-2020 didapatkan dari PDAM Kota Surabaya.

Tabel 5. 6 Data Pemakaian Air Bersih Rumah Tangga kelurahan Rangkah

Bulan	Jumlah Pelanggan	Jumlah Pemakaian
Februari 2020	5.073	111.420
Januari 2020	5.050	118.351

Bulan	Jumlah Pelanggan	Jumlah Pemakaian
Desember 2019	5.018	126.275
November 2019	4.995	122.227
Oktober 2019	4.938	121.781
September 2019	4.900	120.907
Agustus 2019	4.896	126.096
Juli 2019	4.883	122.295
Juni 2019	4.879	118.006
Mei 2019	4.873	117.587
April 19	4.878	110.912
Maret 2019	4.884	108.879

Sumber : PDAM Kota Surabaya

Data pemakaian air yang digunakan dalam perhitungan debit air limbah hanya pada klasifikasi rumah tangga dengan mengansumsikan jumlah orang per KK sebanyak 4 jiwa/KK. Untuk mengetahui kebutuhan air bersih setiap penduduk per hari, dicari rata-rata penggunaan air dalam satu tahun kemudian dibagi dengan jumlah anggota dalam satu KK. Rata-rata penggunaan air bersih pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Rata-Rata Penggunaan Air Bersih per KK

Bulan	Pemakaian Air (m <sup>3</sup> /KK.bulan)
Februari 2020	21,96

<b>Bulan</b>	<b>Pemakaian Air (m<sup>3</sup>/KK.bulan)</b>
Januari 2020	23,44
Desember 2019	25,06
November 2019	24,47
Oktober 2019	24,41
September 2019	24,29
Agustus 2019	25,56
Juli 2019	25,05
Juni 2019	24,14
Mei 2019	24,08
April 19	22,69
Maret 2019	22,29
<b>Rata-Rata</b>	<b>23,04</b>

Sumber : PDAM Kota Surabaya

Jumlah anggota keluarga untuk masing-masing KK adalah 4 orang. debit air limbah akan dihitung dengan satuan L/orang/hari. Perhitungan debit air limbah adalah sebagai berikut:

Kebutuhan air bersih tiap KK per bulan = 23,04 m<sup>3</sup>/KK/bulan

Kebutuhan air bersih tiap orang per hari =

$$= \frac{\text{Kebutuhan air per KK per bulan}}{\text{Jumlah anggota KK x 30 hari}}$$

$$= \frac{23,04}{4 \times 30} = 0,192 \text{ m}^3/\text{org.hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit air limbah (Q}_{AL}\text{)} &= \text{Kebutuhan air bersih} \times 80\% \\ &= 0,192 \times 80\% \\ &= 0,157 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \\ &= 157 \text{ L/orang.hari} \end{aligned}$$

## 5.5 Pembebanan SPAL

Perencanaan pipa SPAL menggunakan sistem *shallow sewer*. Pipa SPAL terdiri dari pipa primer, sekunder, dan tersier. Sarana air limbah menerima beban yang berbeda sesuai dengan *layout* rencana pipa. Debit infiltrasi diperhitungkan dalam pembebanan debit air limbah. Besarnya debit infiltrasi yaitu 20 m<sup>3</sup>/ha.hari atau 0,2-0,3 L/detik.km panjang pipa (UNCHS Habitat, 1986). Berikut ini adalah contoh perhitungan pembebanan pipa SPAL

### Pipa A-B

- Persen pelayanan akumulasi = 2%
- Jumlah penduduk = 432
- Panjang pipa = 44,8 m
- Debit permukiman = Jumlah penduduk x Q<sub>AL</sub>  
= 432 x 0,204 m<sup>3</sup>/orang.hari  
= 0,00102 m<sup>3</sup>/detik
- Faktor puncak =  $\frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{432}}{4 + \sqrt{432}} = 1,56$
- Q puncak = Q permukiman x F<sub>p</sub>  
= 0,00102 L/detik x 1,56  
= 0,0016L/detik
- Q infiltrasi = 0,2 L/detik.km
- Qinfiltrasi akumulasi = 0,000053 L/km
- Q peak total = 0,0016 L/detik
- Q min = 0,2 x P<sup>0,2</sup> x Q permukiman  
= 0,2 x 432<sup>0,2</sup> x 0,0016  
= 0,0002 L/detik



Debit air limbah yang dibawa pipa induk menuju instalasi pengolahan air limbah adalah akumulasi debit puncak total di saluran sebelumnya. Hasil perhitungan pembebanan pipa dapat dilihat pada tabel 5.8 lampiran.

## 5.6 Dimensi Pipa Air Limbah

Perhitungan dimensi pipa air limbah dilakukan berdasarkan hasil perhitungan pembebanan tiap jalur pipa. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC karena mudah dalam penyambungan, ringan, tahan korosi, tahan asam, fleksibel, dan karakteristik aliran sangat baik (Arsyad, 2016). Hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan dimensi pipa air limbah adalah kecepatan aliran. Kecepatan aliran yang diperlukan untuk mencapai *self cleansing* adalah minimal 0,3 m/detik atau 0,6 m/detik. Kecepatan maksimum adalah 2,5 m/detik agar tidak ada penggerusan pipa yang disebabkan oleh padatan. Berikut ini adalah contoh perhitungan dimensi pipa air limbah.

### Perhitungan Dimensi Pipa Air Limbah

#### Pipa A-B

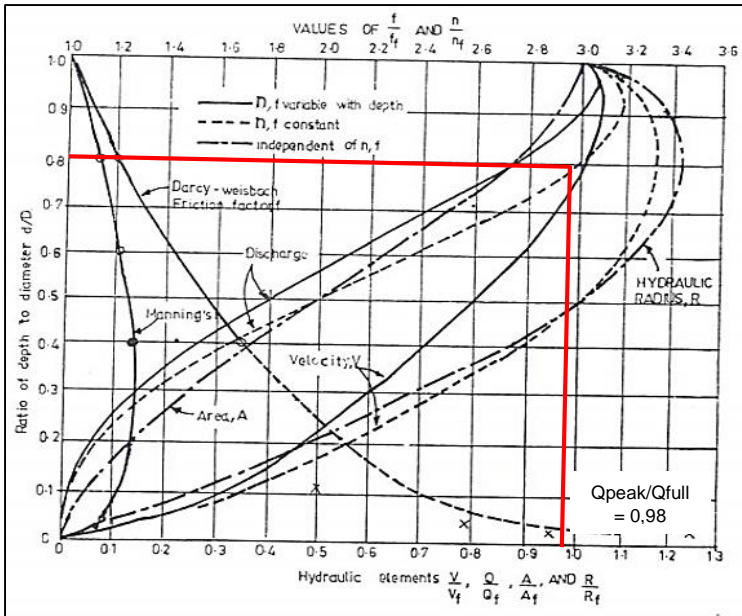
##### a. Perhitungan Dimensi Pipa

- Panjang pipa = 44,8 m
- Q peak = 0,0016 m<sup>3</sup>/detik
- Q min = 0,0002 m<sup>3</sup>/detik
- Elevasi awal = 4,01 m
- Elevasi akhir = 4,15 m
- Slope medan = -0,003 m
- Slope rencana = 0,005
- Koefisien Manning = 0,010

Koefisien Manning ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 04 Tahun 2017. Pipa yang akan digunakan berbahan PVC sehingga diambil nilai 0,010.

- d/D = 0,8

Dengan menggunakan Kurva Hidrolis Pipa Air Limbah Berbentuk Lingkaran yang ada pada Gambar 5.1, diperoleh nilai  $Q_{peak}/Q_{full}$ . Nilai tersebut didapatkan berdasarkan nilai  $d/D$  yaitu sebagai berikut.



Gambar 5. 1 Hydraulic Element for Circular Sewer

- Q peak/Q full = 0,98
- Q full = Q peak x (Q peak/Q full) = 0,00163 m<sup>3</sup>/detik
- Diameter hitung =  $[(Q \text{ full} \times n) / (0,3117 \times s^{0,5})]^{0,375}$   
 $= [(0,00163 \times 0,010) / (0,3117 \times 0,005^{0,5})]^{0,375}$   
 $= 47,7 \text{ mm}$

Ukuran diameter disesuaikan dengan diameter yang tersedia di pasaran. Pipa menggunakan pipa air limbah Kelas B SDR-41 seperti yang tertera pada Tabel 5. 8 berikut ini

Tabel 5. 8 Diameter Pipa PVC

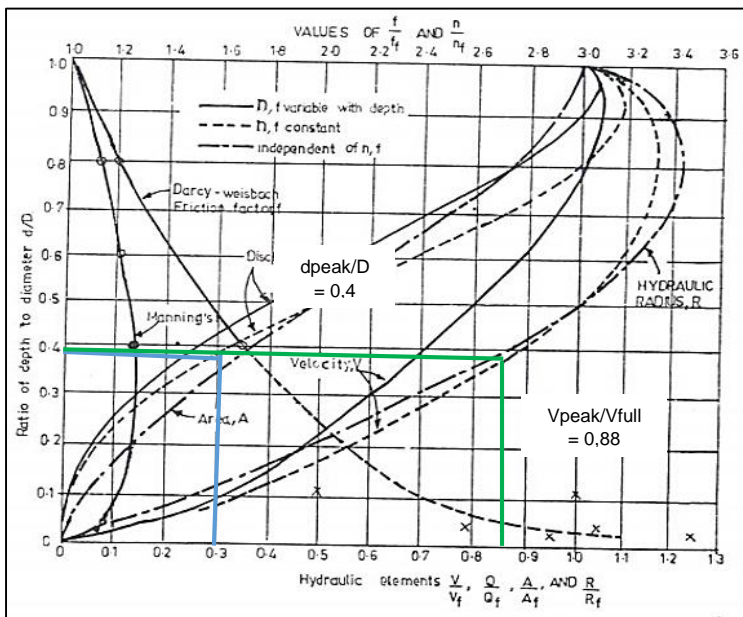
No.	Jenis	ND		Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang efektif (m)	Harga (Rp)	
		mm	inch	OD	ID			Rp per meter	Rp per Batang
1	Class A	75*	3	90	86,4	1,8	6	Rp 34.900	Rp 209.400
2	Class B	75	3	90	83,6	3,2	6	Rp 62.800	Rp 376.800
3		100	4	110	104	3,2	6	Rp 68.800	Rp 412.800
4		150	6	160	152	3,2	6	Rp 133.200	Rp 799.200
5		200	8	200	190,2	4	6	Rp 203.900	Rp 1.223.400
6		250	10	250	237,6	4,9	6	Rp 324.100	Rp 1.944.600
7		300	12	315	299,6	6,2	6	Rp 504.500	Rp 3.027.000
8		400	16	400	380,4	7,7	6	Rp 817.100	Rp 4.902.600
9		500	20	500	475,6	9,8	6	Rp 1.271.100	Rp 7.626.600
10		600	24	630	599,4	12,2	6	Rp 2.097.600	Rp12.585.560

Sumber: PT. Wahana Duta Jaya Rucika

Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 04 Tahun 2017, diameter pipa minimum untuk SPALD adalah 100 mm karena SPAL membawa padatan. Sehingga diameter pasaran yang dipilih adalah ukuran 104 mm.

- Diameter pasar = 104 mm
- Q full cek =  $0,3117 \times (d^{8/3} \times s^{0,5}) / n$   
= 0,00518 m<sup>3</sup>/detik
- Q peak/Q full check = 0,0016/0,00518  
= 0,308
- A cross pipa =  $0,25 \times 3,14 \times d^2$   
= 0,010 m<sup>2</sup>
- V full check = Q full / Across  
= 0,51 m/detik

Berdasarkan Petunjuk Operasional dan Perawatan Jaringan Pipa Air Limbah dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Kementerian Pekerjaan Umum, syarat yang harus dipenuhi dalam menentukan dimensi pipa air limbah adalah  $V_{min}$  dalam rentang 0,3 m/s agar tidak terjadi pengendapan dan  $V_{peak}$  dalam rentang 0,3 sampai 2,3 m/s.  $V_{peak}$  dapat dicari menggunakan grafik pada **Gambar 2. 1** dari nilai  $Q_{peak}/Q_{full}$  check dan  $d_{peak}/D$ . Dengan grafik yang sama dicari nilai  $V_{peak}/V_{full}$ .



- $d/D$  check = 0,4
- $V_{peak}/V_{full}$  = 0,88
- $V_{peak}$  cek =  $V_{full}$  check  $\times$  ( $V_{peak}/V_{full}$ )  
= 0,4  $\times$  0,88  
= 0,45 m/detik

Kemudian menghitung nilai  $V_{min}$ .

- $Q_{min}/Q_{full\ check} = 0,003/0,00518=0,05$
- Berdasarkan grafik didapat nilai  $d_{min}/D = 0,16$  dan  $V_{min}/V_{full} = 0,48$
- $V_{full} = \frac{Q_{full}}{A_{full}} = \frac{0,00518\ m^3/detik}{0,25 \times 3,14 \times 0,114^2} = 0,51\ m/detik$
- $V_{min} = V_{min}/V_{full} \times V_{full} = 0,48 \times 0,51 = 0,3\ m/detik$

## 5.7 Penanaman Pipa

Perencanaan penanaman pipa mempertimbangkan kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, biaya konstruksi, dan kedalaman penanaman pipa. Perhitungan penanaman pipa diusahakan supaya air dapat mengalir dengan mengandalkan gravitasi dan tidak memakai pompa. Kedalaman maksimal yang ditargetkan adalah sekitar 2,5 m. Kedalaman penanaman pipa air limbah memperhatikan letak pipa PDAM untuk mengurangi risiko kontaminasi pada pipa PDAM. Pipa air limbah diletakkan di bawah pipa PDAM yaitu dimulai pada kedalaman 1 m. Perhitungan penanaman pipa air limbah adalah sebagai berikut.

### Pipa A-B

Diketahui:

- Panjang pipa = 44,8 m
- Slope pipa = 0,005 m/m
- Headloss pipa = 0,160 m
- Elevasi medan awal = 4,01 m
- Elevasi medan akhir = 4,15 m

Perhitungan kedalaman pipa di awal adalah sebagai berikut:

#### a. Elevasi bawah pipa

- Elevasi awal = Elevasi medan awal – 1 m – diameter pipa  
 $= 4,01\ m - 1\ m - 0,114\ m$   
 $= 2,90\ m$
- Elevasi akhir = Elevasi awal – headloss  
 $= 2,90\ m - 0,224$

$$= 2,67 \text{ m}$$

b. Elevasi atas pipa

- Elevasi awal = Elevasi dasar awal + diameter  
 $= 2,90 \text{ m} - 0,224 \text{ m} = 3,01 \text{ m}$
- Elevasi hilir = Elevasi dasar akhir + diameter  
 $= 2,67 \text{ m} + 0,114 \text{ m} = 2,79 \text{ m}$

c. Kedalaman penanaman

- Penanaman awal = Elevasi medan awal – Elevasi bawah pipa  
 $= 4,01 \text{ m} - 2,90 \text{ m}$   
 $= 1,11 \text{ m}$
- Penanaman akhir = Elevasi medan akhir – Elevasi bawah pipa akhir  
 $= 4,15 \text{ m} - 2,67 \text{ m}$   
 $= 1,48 \text{ m}$

## 5.8 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap berfungsi untuk keperluan penyesuaian pengaliran, pengecekan, dan pemeliharaan dalam sistem perpipaan. Bangunan pelengkap terdiri dari manhole dan siphon.

### 1. Manhole

Manhole merupakan lubang untuk pemeriksaan saluran apabila akan melakukan pembersihan kotoran. Manhole diletakkan pada beberapa tempat yaitu di jalur lurus, perubahan slope, diameter, dan arah aliran, serta pada persilangan. Manhole pada saluran lurus dipasang berdasarkan pada ukuran diameter pipa mengacu pada Peraturan Menteri No. 04 Tahun 2017. Lokasi pemasangan manhole dapat dilihat pada Lampiran. Jumlah manhole pada masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Jumlah Manhole

Jenis Manhole	Jumlah
Manhole Lurus	42
Manhole Belokan	15
Manhole Pertigaan	35
Drop manhole	14
<b>Total</b>	<b>106</b>

## 2. Pompa

Pemompaan dilakukan ketika pipa air limbah sudah mencapai kedalaman penaman sekitar 3 m dan ketika akan melewati jembatan pipa. Pada SPAL ini dibutuhkan 4 stasiun pompa. Pompa yang digunakan harus bisa membawa partikel terbesar yang dibawa oleh sistem. Contoh perhitungan penampung air limbah dan pompa adalah sebagai berikut.

### Pipa 10P-P

Direncanakan:

- Jumlah pompa = 2 di setiap stasiun pompa
- v dalam pipa = 1,5 m/detik
- Debit pipa = 0,0050 m<sup>3</sup>/detik
- Koef. Hazen-Wiliam = 140
- k = 0,25
- Densitas = 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Efisiensi pompa = 60%

Perhitungan:

### **Perhitungan Pipa Discharge**

- Across discharge =  $\frac{Q}{v}$   
 $= \frac{0,0050}{1,5} = 0,0030 \text{ m}^2$
- Diameter =  $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$   
 $= \sqrt{\frac{4 \times 0,0030}{\pi}} = 0,057 \text{ m}$   
 $= 57 \text{ mm}$



- Diameter pakai = 75 mm
- Cek kecepatan =  $\frac{Q}{0,25 \times \pi \times d^2}$   
 $= \frac{0,0039}{0,25 \times \pi \times (\frac{75}{1000})^2} = 0,88 \text{ m/detik}$

### Perhitungan Head Pompa

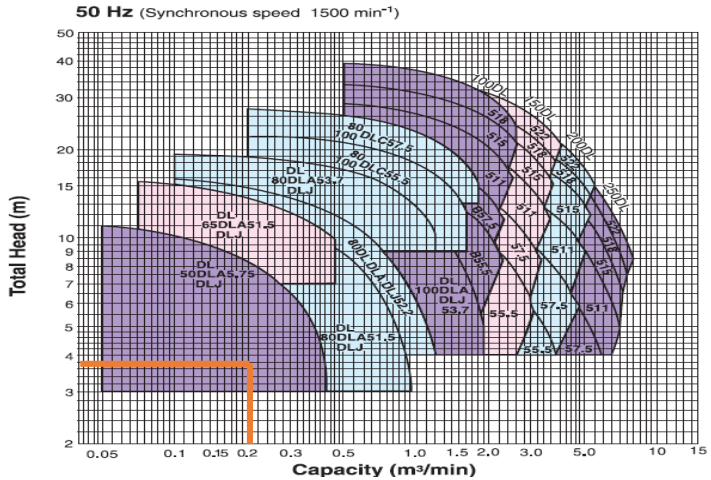
- Head statis = 2,87 m
- Panjang discharge = 9,8 m
- Hf =  $(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}})^{1,85} \times L \text{ discharge}$   
 $= (\frac{0,0114}{0,2785 \times 140 \times (\frac{89}{1000})^{2,63}})^{1,85} \times 9,8$   
 $= 0,2827 \text{ m}$
- Hv =  $\frac{v^2}{2 \times g} = \frac{1,59^2}{2 \times 9,81} = 0,1291 \text{ m}$
- Headloss belokan =  $n \times k \times \frac{v^2}{2 \times g}$   
 $= 1 \times 0,25 \times \frac{1,59^2}{2 \times 9,81} = 0,0323 \text{ m}$
- Head sisa tekan = 0,5 m
- Head pompa = Head statis + Hf + Hv + Hm + Hsisa tekan  
 $= 2,87 + 0,2827 + 0,1291 + 0,0323 + 0,5 \text{ m}$   
 $= 3,8 \text{ m}$

### Daya Pompa

- Pip =  $\frac{(Q \times \rho \times g \times H)}{E_p}$   
 $= \frac{(0,0039 \times 997 \times 9,81 \times 4,13)}{60\%} = 665,56 \text{ Watt}$

### Pemilihan Pompa

Pompa yang akan digunakan ditentukan dengan menggunakan grafik spesifikasi pompa. Pada stasiun pompa ini menggunakan pompa jenis *submersible* dengan merk Ebara. Penentuan menggunakan grafik berdasarkan plotting debit pemompaan dan head yang diperlukan. Debit pemompaan harus dikonversi ke satuan m<sup>3</sup>/menit terlebih dahulu. Berdasarkan hasil plotting grafik spesifikasi pompa, pompa yang digunakan adalah tipe DL.50DLAS.75DLJ



Gambar 5. 2 Spesifikasi Pompa Ebara

### 3. **Pumping Well**

*Pumping well* berguna untuk menampung air limbah yang akan dipompakan karena debit pompa sulit disamakan dengan debit masuk. Perhitungan *pumping well* mengacu pada kriteria berikut ini.

- Siklus = 4 kali
- Waktu operasi = 15 – 20 menit
- Waktu tinggal = < 10 menit

Perhitungan:

- Volume wet well =  $\frac{900 \times Q}{S} = \frac{900 \times 0,0038}{4} = 0,855 \text{ m}^3$
- Panjang = 1,5 m
- Lebar = 1,5 m
- As =  $P \times L = 1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ m}^2$
- H air =  $\text{Volume/As} = 2,23/2,25 = 0,99 \text{ m}$

## **BAB 6**

### **PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK**

#### **6.1 Debit Air Limbah Domestik**

Perhitungan debit air limbah pada IPAL berbeda dengan SPAL. Faktor peak untuk IPAL memiliki perbedaan dengan perhitungan faktor peak SPAL dimana untuk sistem penyaluran digunakan faktor jumlah penduduk yang dilayani sehingga memiliki faktor peak bervariasi setiap salurannya, sedangkan untuk IPAL memiliki kriteria sendiri yang dilihat dari aspek pelayanan cakupan wilayah yaitu minimum (1,3 -1,75), maka dalam perencanaan ini faktor peak yang digunakan adalah 1,3

Debit rata-rata =  $0,039 \text{ m}^3/\text{detik} = 3369,6 \text{ m}^3/\text{hari}$

Faktor Peak IPAL = 1,3

Debit Puncak =  $0,039 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1,3$

$= 0,051 \text{ m}^3/\text{detik} = 4406,4 \text{ m}^3/\text{hari}$

#### **6.2 Karakteristik Air Limbah Domestik**

Kualitas air limbah domestik didapatkan dari analisis laboratorium sampel air. Sampel air limbah grey water dan black water diambil dari saluran buangan warga yang berada dipinggir sungai. Pengambilan sampel grey water dilakukan dengan cara komposit, yaitu pengambilan sampel di 3 titik yang berbeda. Sedangkan untuk black water hanya diambil dari satu tempat karena karakteristik limbah black water cenderung sama. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan ITS. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.1 Berikut ini

Tabel 6. 1 Hasil Analisis Kualitas Air Limbah

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa		Metode Analisa
			grey water	black water	
pH		6-9	7,5	7,3	pHmeter
TSS	mg/L	30	54	340	Gravimetri
COD	mg/L O <sub>2</sub>	100	98	278	Reflux/Titrimetri
BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	52	148	Winkler
Minyak dan Lemak	mg/L	5	10	26	Gravimetri
Amoniak	mg/L NH <sub>3</sub> -N	10	4,56	78,77	Spektrofotometer
Total Koliform	MPN/100mL	3000	8 x 10 <sup>7</sup>	3,3 x 10 <sup>13</sup>	Fermentasi Multi Tabung

Kemudian dihitung kualitas air limbah campuran untuk black water dan grey water. Menurut Rinka dkk, (2014) kebutuhan air untuk flushing toilet sebanyak 6 Liter/flush. Sedangkan air limbah yang dihasilkan yaitu 204 Liter/orang.hari. sehingga kualitas air limbah campuran dapat dihitung dengan

$$C_{campuran} = \frac{Q_{gw} \times C_{gw} + Q_{bw} \times C_{bw}}{Q_{bw} + Q_{gw}}$$

Contoh perhitungan untuk parameter TSS

$$TSS = \frac{(6 \frac{L}{hari} \times 340 mg/L) + (198 \frac{L}{hari} \times 54 \frac{mg}{L})}{204 mg/L}$$

$$TSS = 62,41 \text{ mg/L}$$

Hasil perhitungan untuk parameter lain

$$BOD = 54,8 \text{ mg/L}$$

$$COD = 103,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{Minyak lemak} = 10,7 \text{ mg/L}$$

Amoniak = 6,7 mg/L  
 Total Koliform =  $1 \times 10^{12}$  MPN/100 mL

Karena hasil analisis laboratorium terlalu rendah untuk air limbah domestik, maka untuk perencanaan ini digunakan data dari literatur. Kualitas air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 6.2 Berikut ini

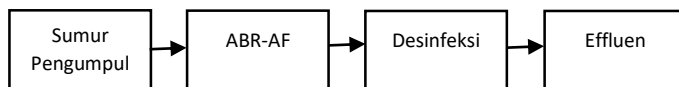
Tabel 6. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
pH	-	7,5 <sup>a</sup>	6 – 9 <sup>d</sup>
TSS	mg/L	140 <sup>b</sup>	30 <sup>d</sup>
BOD	mg/L	142 <sup>b</sup>	30 <sup>d</sup>
COD	mg/L	235 <sup>b</sup>	50 <sup>d</sup>
Minyak dan lemak	mg/L	12 <sup>b</sup>	5 <sup>d</sup>
Amoniak	mg/L	22,47 <sup>c</sup>	10 <sup>d</sup>
Total koliform	MPN/100 mL	$10^{12}$ a	3000 <sup>d</sup>

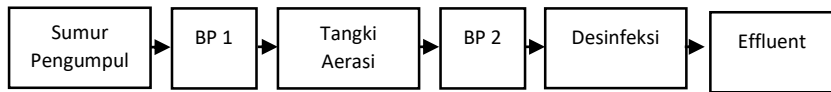
Sumber: <sup>a</sup>Hasil analisis laboratorium, <sup>b</sup>Wicaksono, 2017, <sup>d</sup>Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016, <sup>e</sup>Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, <sup>c</sup>Munadhia, 2019

### 6.3 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Pemilihan alternatif pengolahan berdasarkan data kualitas dan kuantitas air limbah. Pengolahan dapat berupa pengolahan secara aerobik, anaerobik maupun kombinasi anaerobik-aerobik. Berikut ini merupakan beberapa alternatif dalam perencanaan ini:



Gambar 6. 1 Alternatif Pengolahan 1



Gambar 6. 2 Alternatif Pengolahan 2

Tabel 6. 3 Efisiensi Removal Alternatif Pengolahan 1

Parameter	Karakteristik Air baku	Baku Mutu	Unit Pengolahan											
			Grease Trap		Sumur Pengumpul		ABR		Aerobic Biofilter		Desinfeksi		Effluent	
			%R	Hasil	%R	Hasil	%R	Hasil	%R	Hasil	%R	Hasil		
TSS	140	30	0%	140	0%	140	60%	56	90%	5,6	0%	5,6	5,6	memenuhi
BOD	142	30	0%	142	0%	142	38%	88,04	88%	10,5648	0%	10,5648	10,5648	memenuhi
COD	235	50	0%	235	0%	235	38%	145,7	85%	21,855	0%	21,855	21,855	memenuhi
Minyak dan lemak	12	5	98%	0,24	0%	0,24	0%	0,24	0%	0,24	0%	0,24	0,24	memenuhi
Amoniak	95,87	10	0%	95,87	0%	95,87	0%	95,87	89%	10,5457	0%	10,5457	10,5457	memenuhi
Total Koliform	1000000	3000	0%	1E+07	0%	1E+07	0%	1E+07	90%	1000000	99,90%	1000	1000	memenuhi

Tabel 6. 4 Efisiensi Removal Alternatif 2

Parameter	Karakteristik Air baku	Baku Mutu	Unit Pengolahan									
			Grease Trap		Sumur Pengumpul		Bak pengendap 1		Tangki Aerasi + BP 2		Desinfeksi	
			%R	Hasil	%R	Hasil	%R	Hasil	%R	Hasil	%R	Hasil
TSS	140	30	0%	140	0%	140	55%	63	94,0%	3,78	0%	3,78
BOD	142	30	0%	142	0%	142	60%	56,8	94,0%	3,408	0%	3,408
COD	235	50	0%	235	0%	235	35%	152,75	90,0%	15,275	0%	15,275
Minyak dan lemak	12	5	98%	0,24	0%	0,24	35%	0,156	92,0%	0,01248	0%	0,01248
Amoniak	95,87	10	0%	95,87	0%	95,87	0%	95,87	81,0%	18,2153	0%	18,2153
Total Koliform	10000000	3000	0%	1E+07	0%	1E+07	0%	1E+07	87,0%	1300000	99,90%	1300



Tabel 6. 5 Perbandingan Alternatif Pengolahan

No.	Parameter	Alternatif Pengolahan	
		ABR-AF	Activated Sludge
1	Lahan	Membutuhkan lahan sedang	Lahan Luas
2	Investasi	Biaya pembangunan awal sedang	Biaya pembangunan awal tinggi
3	Operasional Maintenance	Butuh pencucian media secara berkala, biaya operasional sedang, operasional mudah	Biaya tinggi, operasional lebih sulit sehingga butuh tenaga ahli
4	Efisiensi Removal	Efektif untuk penyisihan bahan organik, amoniak dan total koliform karena kombinasi anaerobik-aerobik	Kualitas effluent baik

Dari Tabel diatas dapat dilihat bahwa Pengolahan dengan menggunakan kombinasi ABR-AF lebih menguntungkan. Untuk activated sludge dapat mengolah air limbah dalam debit yang besar hanya saja pengoperasian lebih rumit dan mahal. Hanya saja ABR tidak bisa digunakan untuk IPAL skala besar. Jadi untuk IPAL skala besar harus membuat ABR dengan banyak unit sehingga memenuhi kriteria desain.

## 6.4 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

### 6.4.1 Grease Trap

*Grease trap* atau bangunan penangkap minyak bertujuan untuk mengurangi risiko penyumbatan pada pipa yang disebabkan oleh minyak dan lemak. Pada perencanaan ini, grease trap dipasang pada masing-masing rumah dan desainnya tipikal untuk seluruh rumah. Perencanaan unit *grease trap* adalah sebagai berikut:

**Direncanakan:**

- $Q_p = 80\% \times Q_{AL} \times \text{Jumlah anggota KK} \times F_p$
- $F_p \text{ rumah} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$
- $= \frac{18 + \sqrt{4}}{4 + \sqrt{4}} = 4,44$
- $Q_p = 80\% \times 206 \times 4 \times 4,44$
- $= 2472,192 \text{ L/hari}$
- $= 2,47 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $T_d = 7 \text{ menit} = 420 \text{ detik}$
- $\text{Volume} = t_d \times Q_{\text{peak}}$
- $= 420 \text{ detik} \times 2,47 \text{ m}^3/\text{hari} / 86400$
- $= 0,012 \text{ m}^3$
- $\text{Tinggi} = 0,3 \text{ m}$
- $\text{Area} = 0,012 \text{ m}^3 / 0,3 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^2$
- $\text{Lebar} = \left(\frac{0,04 \text{ m}^2}{2}\right)^{0,5} = 0,14 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$
- $\text{Panjang} = 0,4 \text{ m}$
- $\text{Konsentrasi efluen minyak dan lemak}$
- $C_{out} = C_{in} - (C_{in} \times \%R)$
- $= 12 - (12 \times 80\%) = 2,4 \text{ mg/L}$
- $(\text{memenuhi})$
- $C_{tersisih} = C_{in} - C_{out}$
- $= 12 - 2,4 = 9,6 \text{ mg/L}$

#### 6.4.2 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul diletakkan di akhir pipa SPAL. Fungsi dari sumur pengumpul adalah menampung air limbah dan memompanya menuju unit pengolahan

Direncanakan:

- Elevasi pipa atas = 1,62 m
- Elevasi pipa dasar = 1,32 m
- $Q_{\text{peak}} = 0,051 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $= 4406,4 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{\text{min}} = Q_{\text{min}}$
- $= 0,2 \times P^{0,2} \times Q_{\text{permukiman}}$
- $= 0,2 \times 21530^{0,2} \times 51 \text{ L/detik}$

- = 75 L/detik
- = 0,0075 m<sup>3</sup>/detik
- = 648 m<sup>3</sup>/detik
- Td = 5 menit
- Elevasi tanah = 4 m
- Kedalaman pipa = 4 m – 1,32 m  
= 2,68 m
- Kedalaman air = 1,5 m
- Freeboard = 0,3 m
- Elevasi dasar sumur = Elevasi dasar pipa – freeboard – kedalaman  
= 1,32 m – 0,3 m – 1,5 m  
= -0,48 m
- Kedalaman sumur = 4 m – (-0,48) m  
= 4,48 m
- Densitas air limbah = 997 kg/m<sup>3</sup>

Perhitungan:

### Dimensi Sumur Pengumpul

- Volume sumur = Q x Td  
= 0,051 m<sup>3</sup>/detik x 5 menit x 60 detik  
= 15,3 m<sup>3</sup>
- Luas permukaan = Volume/kedalaman air  
= 15,3/1,5  
= 10,2 m<sup>2</sup>
- Rasio P : L = 2 : 1
- Lebar =  $\sqrt{\frac{As}{2}}$  = 2,25 m ≈ 2,5 m
- Panjang = 2 x 2,5 m = 5 m
- As koreksi = 2,5 m x 5 m = 12,5 m<sup>2</sup>
- Kedalaman koreksi = Volume/As koreksi  
= 15,3 / 12,5 = 1,3 m
- Cek h saat Qmin
- H = Volume / As  
= 0,0075 m<sup>3</sup>/detik x 5 menit x 60 detik  
/ 12,5 m<sup>2</sup>  
= 0,2 m

### Pompa

- Debit per pompa = 0,051 m<sup>3</sup>/detik = 3,1 m<sup>3</sup>/menit

- Jumlah pompa = 2 ( 1 beroperasi, 1 sebagai cadangan)
- v dalam pipa = 1 m/detik
- A cross pipa =  $Q/v$   
=  $0,051/1 = 0,051 \text{ m}^2$
- Diameter =  $((4 \times A \text{ cross})/3,14)^{0,5}$   
=  $0,264 \text{ m} \approx 265 \text{ mm}$
- L discharge = 6 m
- Headloss discharge =  $(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}})^{1,85} \times L \text{ discharge}$   
=  $(\frac{0,1}{0,2785 \times 120 \times 0,265^{2,63}})^{1,85} \times 6$   
= 0,03 m
- Headloss kecepatan =  $v^2/2g$   
=  $(1)^2/(2 \times 9,81) = 0,05 \text{ m}$
- Headloss belokan =  $k \times v^2/2g$   
=  $0,25 \times (1)^2/(2 \times 9,81) = 0,01 \text{ m}$
- Head statis = 4,5 m
- Head pompa = Head statis + headloss discharge + Headloss kecepatan + Headloss belokan  
=  $4,5 \text{ m} + 0,03 \text{ m} + 0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}$   
= 4,57 m
- Daya pompa =  $\frac{(Q \times \rho \times g \times H)}{E_p}$   
=  $\frac{(0,048 \times 997 \times 9,81 \times 3,34)}{60\%}$   
= 4261,773 W = 4,2 kW

Pompa yang akan digunakan adalah jenis *submersible* dengan merk Ebara. Berdasarkan hasil plotting grafik diperoleh tipe pompa yang cocok adalah DL55.5 dengan diameter pipa 200 mm.

### 6.4.3 Barscreen

Barscreen yang digunakan dalam perencanaan ini adalah tipe pembersihan manual. Barscreen diletakkan pada sumur pengumpul agar air yang dipompa telah bersih dari pengotor berukuran besar. Penyaringan dengan barscreen dilakukan agar pompa tidak mudah tersumbat.

Direncanakan:

- Q peak = 0,051 m<sup>3</sup>/detik
- Bentuk bar persegi panjang

- Faktor bentuk = 2,42
- Slope screen = 60°
- Jarak antar bar (b) = 75 mm = 7,5 x 10<sup>-2</sup> m
- Lebar bar (w) = 15 mm = 1,5 x 10<sup>-2</sup> m
- Lebar screen = 2,5 m
- Tinggi screen = 1,5 m

Perhitungan:

- A cross = H screen x lebar screen  
= 1,5 m x 2,5 m  
= 3,75 m<sup>2</sup>
- Kecepatan aliran =  $\frac{Q_{peak}}{Across}$   
=  $\frac{0,055}{3,75}$  = 0,015 m/detik
- Jumlah bar (n):  
Lebar saluran (L) = (n x w) + ((n + 1) x b)  
2,5 = (n x (1,5 x 10<sup>-2</sup>)) + ((n + 1) x (7,5 x 10<sup>-2</sup>))  
= 1,5 x 10<sup>-2</sup> n + 7,5 x 10<sup>-2</sup> n + 7,5 x 10<sup>-2</sup>  
= 0,09 n + 7,5 x 10<sup>-2</sup>  
n = 2,5 - (7,5 x 10<sup>-2</sup>) / 0,09  
= 26,9 buah ≈ 27 buah
- Jumlah bukaan antar bar (s)  
s = n + 1  
= 27 + 1 = 28 bukaan
- Lebar bukaan antar bar total (Lt):  
Lt = b x s  
= 0,075 x 28 = 2,1 m
- Panjang kisi yang terendam air (Ls):  
Ls =  $\frac{H}{\sin \alpha}$   
=  $\frac{1,5}{\sin 60}$  = 1,73 m
- Efisiensi =  $\frac{Lt}{L} \times 100\%$   
=  $\frac{2,1}{2,5} \times 100\%$  = 84%
- Kecepatan aliran saat melalui kisi pada saat bersih:  
Vs peak =  $\frac{Q_{peak}}{Lt \times Ls_{peak}} = \frac{0,051}{2,1 \times 1,73} = 0,02$  m/s
- Headloss saat bersih

$$\begin{aligned}
 hL \text{ normal (Q peak)} &= \beta \times \left(\frac{b}{w}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{vs \text{ peak}^2}{2g} \times \sin \alpha \\
 &= 2,42 \times \left(\frac{0,075}{0,015}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0,02^2}{2 \times 9,81} \times \sin 60 \\
 &= 4,2 \times 10^{-8} \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 6.4.4 Anaerobic Baffled Reactor

Pengolahan air limbah domestik yang hanya menggunakan proses anaerob maka hasil olahan hanya dapat menurunkan konsentrasi polutan minyak atau lemak, organik (BOD, COD), total padatan tersuspensi (TSS) dan amoniak (NH<sub>3</sub>). Sedangkan untuk total coliform tidak bisa turun. Jika prosesnya anaerob-aerob, maka dapat menurunkan konsentrasi polutan minyak atau lemak, organik, amoniak, TSS, dan total coliform.

Dari parameter air limbah yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan. Perhitungan ABR yaitu sebagai berikut:

- td = direncanakan 2 jam (kriteria 2-6 jam)
- BOD = 142 mg/L
- COD = 235 mg/L
- TSS = 140 mg/L
- Debit Puncak = 0,051 m<sup>3</sup>/detik = 4406,4 m<sup>3</sup>/hari
- Karena debit yang masuk terlalu besar, maka direncanakan akan dibangun 8 unit IPAL ABR yang diletakkan secara paralel dengan dimensi yang sama, maka Q setiap unitnya dapat dihitung:
- Q peak = 0,051 m<sup>3</sup>/detik  
 = 4406,4 m<sup>3</sup>/hari/ 8 unit  
 = 550,8 m<sup>3</sup>/hari  
 = 22,95 m<sup>3</sup>/jam

#### Dimensi ABR

1. Ditetapkan kedalaman ABR 3 m. Panjang kompartemen ABR maksimal 60% dari kedalaman  
 Panjang kompartemen = 60% x 3 m = 2 m
2. Luas Kompartemen = Q per jam/ Vup

$$= 22,95 \text{ m}^3/\text{jam} / 2 \text{ m/jam}$$

$$= 11,5 \text{ m}^2$$

3. Lebar Kompartemen

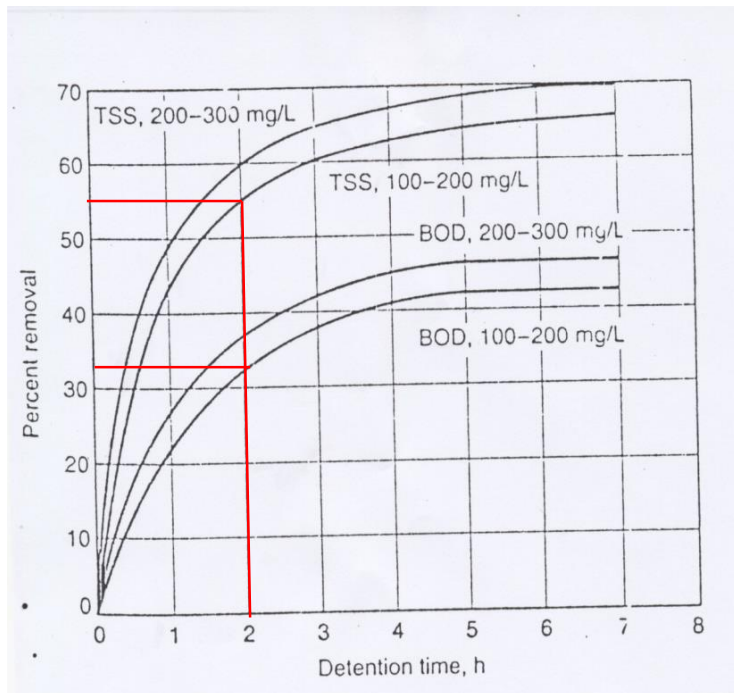
$$= \text{As} / \text{Panjang kompartemen}$$

$$= 11,5 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}$$

$$= 5,8 \text{ m}$$

### Kesetimbangan Massa di Settler

Selanjutnya dari  $t_d$  yang telah direncanakan yaitu 2 jam, maka dapat diperoleh % removal TSS dan BOD melalui grafik berikut:



- % Removal TSS = 55 %
- % Removal BOD = 33 %
- % Removal COD = 33 %

### Kesetimbangan massa di settler

- TSS in = 140 mg/L

- Massa TSS in = 550,8 m<sup>3</sup>/hari x 140 mg/L  
= 77 kg/hari
- Massa TSS = Removal TSS x Konsentrasi TSS x Q limbah  
=  $\frac{55\% \times 140 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 550800 \text{ L/hari}}{1000000}$   
= 42,4 kg/hari
- Massa TSS out = 34,6 kg/hari
- TSS out = 63 mg/L

### **COD**

- COD in = 235 mg/L
- Massa COD in = 550,8 m<sup>3</sup>/hari x 235 mg/L = 129,4 kg/hari
- Massa COD = Removal COD x Konsentrasi COD x Q limbah  
=  $\frac{33\% \times 235 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 550800 \text{ L/hari}}{1000000}$   
= 42,7 kg/hari
- Massa COD out = 86,7 kg/hari
- COD out = 157 mg/L

### **BOD**

- BOD in = 142 mg/L
- Massa BODin = 142 mg/L x 550,8 m<sup>3</sup>/hari = 78,2 kg/hari
- Massa BOD = Removal BOD x Konsentrasi BOD x Q limbah  
=  $\frac{33\% \times 142 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 550800 \text{ L/hari}}{1000000}$   
= 25,8 kg/hari
- Massa BOD out = 52,4 kg/L
- BOD out = 104,6 mg/L

### **Dimensi Ruang Lumpur dan Settler**

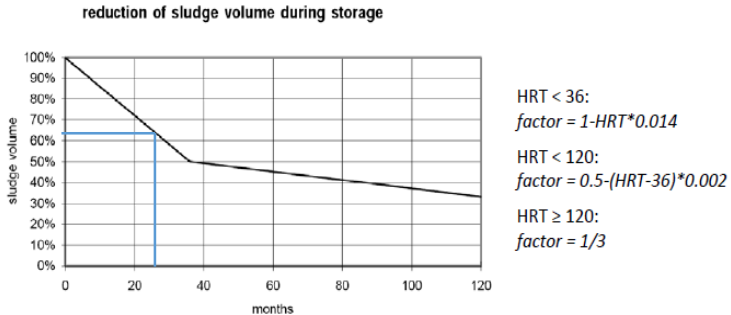
Produksi lumpur selama 2 tahun (SNI)

Massa lumpur dihasilkan = Lumpur TSS x durasi pengurasan  
= 42,4 Kg/hari x 2 tahun x 365 hari



$$= 30952 \text{ Kg/ 2 tahun}$$

Stabilisasi lumpur setelah 2 tahun atau 24 bulan, maka dapat diketahui prosentase volume lumpur dari grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur pada bulan tertentu yaitu 62 %



$$\begin{aligned} \text{Stabilisasi lumpur 2 tahun} &= 62 \% \times \text{produksi lumpur} \\ &= 62 \% \times 30952 \text{ Kg/tahun} \\ &= 18967 \text{ Kg/ 2 tahun} \end{aligned}$$

#### Densitas Lumpur

- Konsentrasi solid = 5% ;
- Densitas solid = 2,65 kg/L ;
- Konsentrasi air = 95 %
- Densitas air = 1 kg/L

$$\begin{aligned} \text{Densitas Lumpur} &= \frac{(Cs \times \rho_s) + (Cw \times \rho_w)}{100\%} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%} \\ &= 1,09 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

#### Volume Lumpur pada *settling zone*

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{stabilisasi lumpur 2 tahun} / \rho \text{ Lumpur} \\ &= 18967 \text{ kg} / 1,09 \text{ kg/L} \\ &= 17400 \text{ L} \\ &= 17,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kedalaman ABR (h) = 3 m
- h ruang lumpur = 30% x h ABR  
= 30% x 4 m = 1,2 m
- Luas ruang lumpur = Volume lumpur / h ruang lumpur  
= 17,4 m<sup>3</sup> / 1,2 m  
= 14,5 m<sup>2</sup>
- Volume settler = Q<sub>peak</sub> x t<sub>d</sub>  
= 500,8 m<sup>3</sup>/hari x 2 jam x 1 hari/24 jam  
= 42 m<sup>3</sup>
- Luas settler = Volume / h kompartemen I  
= (Q<sub>peak</sub> x t<sub>d</sub>) / h kompartemen I  
= 42 m<sup>3</sup> / 3 m  
= 14 m<sup>2</sup>
- Lebar = 5,8 m
- Panjang ruang lumpur = Luas ruang lumpur / lebar  
= 17,4 m<sup>2</sup> / 5,8 m  
= 3 m
- Panjang settler = Luas settler / lebar  
= 14 m<sup>2</sup> / 5,8 m  
= 2,5 m

Dari hasil perhitungan dimensi luas ruang lumpur lebih besar dibandingkan dengan ruang kompartemen I sehingga berpengaruh terhadap panjang masing-masing bangunan. Panjang yang digunakan adalah yang memiliki nilai terbesar yaitu 3 m karena untuk titik teraman bangunan.

**Dimensi Total ABR:**

- Free board = 0,2 m
- Tebal dinding = 0,15 m
- Panjang bak pengendap = 3 m
- Panjang Total ABR = (Panjang per kompartemen x jumlah kompartemen) + (tebal dinding x jumlah kompartemen)  
= ( 2 m x 6 ) + ( 0,15 m x 6 )  
= 12,9 m
- Lebar = 6,5 m + ( 2 tebal dinding)

$$= 5,8 \text{ m} + 0,3 \text{ m}$$

$$= 6,1 \text{ m}$$

### Perhitungan produksi lumpur ABR

Diketahui :

$$\text{BODin} = 104,6 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa BODin} &= Q \times \text{konsentrasi BOD} \\ &= 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 104,6 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \\ &= 52,4 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{CODin} = 157 \text{ mg/L}$$

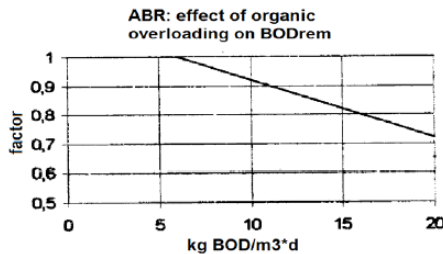
$$\begin{aligned} \text{Massa CODin} &= Q \times \text{konsentrasi COD} \\ &= 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 157 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \\ &= 86,7 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{TSSin} = 63 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TSSin} &= Q \times \text{konsentrasi TSS} \\ &= 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 63 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \\ &= 34,6 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Penentuan % removal BOD

1. Faktor grafik BOD Removal effect of organic overloading



load < 6 kg/m<sup>3</sup>\*d:  
factor = 1.00

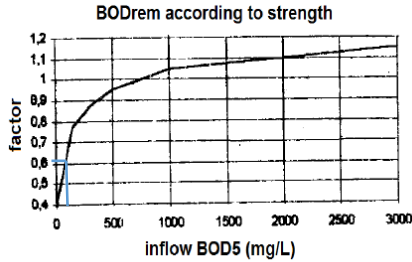
load ≥ 6 kg/m<sup>3</sup>\*d:  
factor = 1 - (load - 6) \* 0.28 / 14

$$\text{OLR} = \frac{Q \times \text{BOD in}}{\text{Volume}} = \frac{500,8 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 104,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10^{-3}}{2 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 6 \text{ kompartemen}} =$$

0,25 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari

Faktor BOD removal = 1

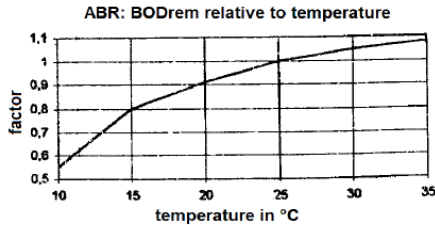
2. Faktor dari grafik BOD removal according to strength



$BOD_{in} < 150 \text{ mg/L:}$   
 $factor = BOD_{in} * 0.37 / 150 + 0.4$   
 $BOD_{in} < 300 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 150) * 0.1 / 150 + 0.77$   
 $BOD_{in} < 500 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 300) * 0.08 / 200 + 0.87$   
 $BOD_{in} < 1000 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 500) * 0.1 / 500 + 0.95$   
 $BOD_{in} < 3000 \text{ mg/L:}$   
 $factor = (BOD_{in} - 1000) * 0.1 / 2000 + 1.05$   
 $BOD_{in} \geq 3000 \text{ mg/L:}$   
 $factor = 1.15$

Faktor BOD removal = 0,6

3. Faktor dari grafik *BOD removal relative to temperature*

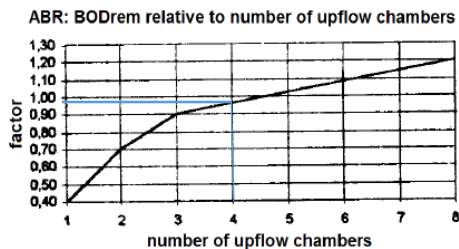


$temp < 15 \text{ °C:}$   
 $factor = (temp - 10) * 0.25 / 5 + 0.55$   
 $temp < 20 \text{ °C:}$   
 $factor = (temp - 15) * 0.11 / 5 + 0.8$   
 $temp < 25 \text{ °C:}$   
 $factor = (temp - 20) * 0.09 / 5 + 0.91$   
 $temp < 30 \text{ °C:}$   
 $factor = (temp - 25) * 0.05 / 5 + 1$   
 $temp \geq 30 \text{ °C:}$   
 $factor = (temp - 30) * 0.03 / 5 + 1.05$

Asumsi temperature air limbah = 25°C

Faktor temperature = 1

4. Faktor dari grafik *BOD removal relative to number upflow chamber*

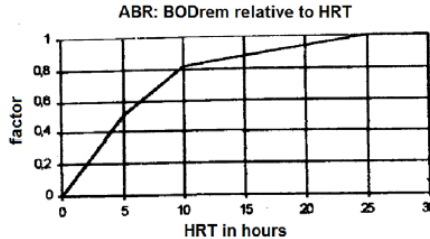


$no = 1:$   
 $factor = 0.4$   
 $no = 2:$   
 $factor = 0.7$   
 $no = 3:$   
 $factor = 0.9$   
 $no > 3:$   
 $factor = (no - 3) * 0.06 + 0.9$

Jumlah kompartemen = 4

Faktor BOD = 0,98

5. Faktor dari *BOD removal relative to HRT*



HRT < 5h:  
 $factor = HRT * 0.51 / 5$   
 HRT < 10h:  
 $factor = (HRT - 5) * 0.31 / 5 + 0.51$   
 HRT < 25h:  
 $factor = (HRT - 12) * 0.18 / 15 + 0.82$   
 HRT ≥ 25h:  
 $factor = 1$

HRT rencana = 18 jam

Faktor = 0,9

$$\begin{aligned} \% \text{ Removal BOD} &= 1 \times 0,8 \times 1 \times 0,98 \times 0,9 \\ &= 71 \% \end{aligned}$$

Produksi lumpur BOD

Range koefisien yield :  $\bar{Y} = 0,05-1$  ( digunakan 0,07)

Produksi lumpur

$P_x \text{ bio} = 0,07 \times \% \text{removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q$   
 peak

$$\begin{aligned} &= 0,07 \times 0,71 \times 94 \text{ mg/L} \times 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,3 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Produksi lumpur TSS

$$\begin{aligned} P_x \text{ TSS} &= (\text{Konsentrasi TSS- Baku mutu}) \times Q \text{ peak} \\ &= (63 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 16,5 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

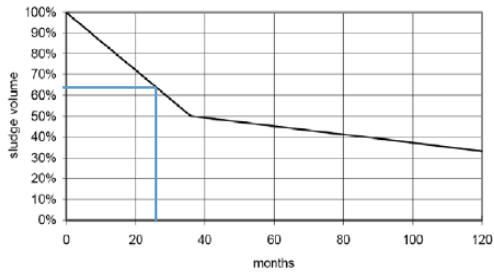
$$\begin{aligned} \text{Total lumpur} &= 2,3 \text{ kg/hari} + 16,5 \text{ kg/hari} \\ &= 18,8 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

**Produksi lumpur selama 2 tahun**

$$\begin{aligned} \text{Massa lumpur dihasilkan} &= \text{Lumpur TSS} \times \text{durasi pengurangan} \\ &= 18,8 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari} \\ &= 13724 \text{ Kg/ 2 tahun} \end{aligned}$$

Stabilisasi lumpur setelah 2 tahun atau 24 bulan, maka dapat diketahui prosentase volume lumpur dari grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur pada bulan tertentu yaitu 62 %

reduction of sludge volume during storage



HRT < 36:

$$\text{factor} = 1 - \text{HRT} * 0.014$$

HRT < 120:

$$\text{factor} = 0.5 - (\text{HRT} - 36) * 0.002$$

HRT ≥ 120:

$$\text{factor} = 1/3$$

$$\begin{aligned} \text{Stabilisasi lumpur 2 tahun} &= 62 \% \times \text{produksi lumpur} \\ &= 62 \% \times 13724 \text{ Kg/tahun} \\ &= 8509 \text{ Kg/ 2 tahun} \end{aligned}$$

#### Densitas Lumpur

- Konsentrasi solid = 5% ;
- Densitas solid = 2,65 kg/L ;
- Konsentrasi air = 95 %
- Densitas air = 1 kg/L
- Densitas Lumpur = 
$$\begin{aligned} &= \frac{(C_s \times \rho_s) + (C_w \times \rho_w)}{100\%} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%} \\ &= 1,09 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

#### Volume Lumpur pada ABR

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{stabilisasi lumpur 2 tahun} / \rho \text{ Lumpur} \\ &= 8509 \text{ kg} / 1,09 \text{ kg/L} \\ &= 7806 \text{ L} \\ &= 7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume lumpur} = p \times l \times t$$

$$7 \text{ m}^3 = 2 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \times t$$

$$T = 0,6 \text{ m}$$

#### Kesetimbangan massa ABR

## BOD

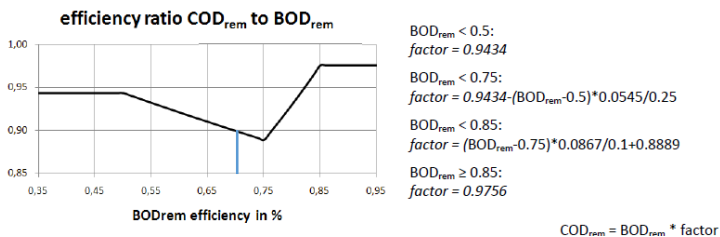
- BOD in = 104,6 mg/L
- Massa BODin = 104,6 mg/L x 500,8 m<sup>3</sup>/hari = 52,4 kg/hari
- Massa BOD = Removal BOD x Konsentrasi BOD x Q limbah  

$$= \frac{71\% \times 104,6 \frac{mg}{L} \times 500800 L/hari}{1000000}$$

$$= 37,2 \text{ kg/hari}$$
- Massa BOD out = 15,2 kg/hari
- BOD out = 30 mg/L

## COD

% removal COD



Removal COD = % removal BOD x faktor

- = 0,71 x 0,9
- = 0,64 %
- COD in = 157 mg/L
- Massa COD in = 500,8 m<sup>3</sup>/hari x 157 mg/L = 86,7 kg/hari
- Massa COD = Removal COD x Konsentrasi COD x Q limbah  

$$= \frac{64\% \times 157 \frac{mg}{L} \times 500800 L/hari}{1000000}$$

$$= 55,5 \text{ kg/hari}$$
- Massa COD out = 31,2 kg/hari
- COD out = 62,3 mg/L

## TSS

- TSS in = 63 mg/L

- Massa TSS in = 63 mg/L x 500,8 m<sup>3</sup>/hari  
= 31,5 kg/hari
- TSS out = 30 mg/L
- Massa TSS out = 15 kg/hari
- Persen removal TSS =  $\frac{(31,5-15)kg/hari}{37,8 kg/hari} \times 100\% = 52 \%$

#### 6.4.5 *Aerobic Biofilter*

Biofilter aerobik adalah proses pengolahan air limbah dengan menggunakan media penyangga dalam reaktor biologis dengan bantuan aerasi. Suplai oksigen untuk proses aerasi yang dapat diperoleh dengan mengalirkan udara melalui pipa yang dapat diperoleh melalui pipa yang berasal dari *blower*. Pada pengolahan air limbah secara biologis aerobik akan dihasilkan lumpur lebih banyak daripada proses anaerobik. Lumpur yang dihasilkan berupa biofilm hasil reduksi zat organik yang digunakan mikroba untuk berkembang biak. Perhitungan unit biofilter aerobik adalah sebagai berikut:

Penentuan efisiensi removal diambil dari (Permatasari et al, 2018)

- Removal BOD = 82,5 %
- Removal COD = 83,33 %
- Removal TSS = 83,56 %
- Removal Ammonia = 79,1 %
- Removal Total coliform = 90 %

Kemudian menghitung kesetimbangan massa pada aerobik biofilter

#### **BOD**

- BOD in = 30 mg/L
- Massa BODin = 30 mg/L x 500,8 m<sup>3</sup>/hari = 15 kg/hari
- Massa BOD = Removal BOD x Konsentrasi BOD x Q limbah  
=  $\frac{82,5\% \times 30 \frac{mg}{L} \times 500800 L/hari}{1000000}$   
= 12,3 kg/hari
- Massa BOD out = 2,7 kg/hari
- BOD out = 5,4 mg/L (memenuhi baku mutu)



## **COD**

- COD in = 62,3 mg/L
- Massa CODin = 62,3 mg/L x 500,8 m<sup>3</sup>/hari = 31,2 kg/hari
- Massa COD = Removal COD x Konsentrasi COD x Q limbah  
$$= \frac{83,3 \% \times 56,5 \frac{mg}{L} \times 500800 L/hari}{1000000}$$
$$= 25,9 \text{ kg/hari}$$
- Massa COD out = 5,3 kg/hari
- COD out = 10,5 mg/L

## **TSS**

- TSS in = 30 mg/L
- Massa TSSin = 30 mg/L x 500,8 m<sup>3</sup>/hari = 15 kg/hari
- Massa TSS = Removal TSS x Konsentrasi TSS x Q limbah  
$$= \frac{83,56 \% \times 18 \frac{mg}{L} \times 600000 L/hari}{1000000}$$
$$= 12,5 \text{ kg/hari}$$
- Massa TSS out = 2,5 kg/hari
- TSS out = 5 mg/L (memenuhi baku mutu)

## **Amoniak**

- NH<sub>3</sub> in = 24,44 mg/L
- Massa NH<sub>3</sub> in = 24,44 mg/L x 500,8 m<sup>3</sup>/hari = 12,2 kg/hari
- Massa NH<sub>3</sub> = Removal NH<sub>3</sub> x Konsentrasi NH<sub>3</sub> x Q limbah  
$$= \frac{79 \% \times 24,47 \frac{mg}{L} \times 500800 L/hari}{1000000}$$
$$= 9,6 \text{ kg/hari}$$
- Massa NH<sub>3</sub> out = 2,6 kg/hari
- NH<sub>3</sub> out = 5,2 mg/L (memenuhi baku mutu)

## **Total Koliform**

- Total Koliform in = 10<sup>12</sup> MPN / 100 mL
- Removal koliform = 90%
- Total Koliform out = 10<sup>11</sup> (tidak memenuhi baku mutu)

Untuk dapat mencapai penyisihan amonia yang diinginkan, maka akan dihitung kondisi operasional di unit ABF. Akan dihitung laju pertumbuhan spesifik dari bakteri nitrifikasi dan SRT (*Sludge Retention Time*) yang dibutuhkan. Berikut merupakan data yang dibutuhkan dalam perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Suhu} &= 30^{\circ}\text{C} \\ \mu_{\max N} &= 0,9 \text{ g VSS/g VSS.hari } (20^{\circ}\text{C}) \\ b_N &= 0,17 \text{ g/g.hari } (20^{\circ}\text{C}) \\ [\text{NH}_3]_{\text{out}} &= 6,8 \text{ mg/L} \\ K_N &= 0,5 \text{ mg/L} \\ K_O &= 0,5 \text{ mg/L} \\ \text{DO} &= 4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\mu_N = \mu_{\max N} \times \left( \frac{[\text{NH}_3]_{\text{out}}}{[\text{NH}_3]_{\text{out}} + K_N} \right) \times \left( \frac{\text{DO}}{\text{DO} + K_O} \right) - b_N$$

Sebelum mengitung  $\mu_N$ , maka nilai  $\mu_{\max N}$  dan  $b_N$  terlebih dahulu harus dikonversi terlebih dahulu, karena nilai di atas merupakan nilai ketika suhu  $20^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \mu_{\max N (30)} &= \mu_{\max N} \times (\theta^{(30-20)}) \\ &= 0,9 \times (1,072^{10}) \\ &= 1,804 \text{ VSS/g VSS.hari} \\ b_{N (30)} &= b_N \times (\theta^{(30-20)}) \\ &= 0,17 \times (1,029^{10}) \\ &= 0,23 \text{ g/g.hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_N &= \mu_{\max N} \times \left( \frac{[\text{NH}_3]_{\text{out}}}{[\text{NH}_3]_{\text{out}} + K_N} \right) \times \left( \frac{\text{DO}}{\text{DO} + K_O} \right) - b_N \\ &= 1,804 \times \left( \frac{5,2 \text{ mg/L}}{5,2 \text{ mg/L} + 0,5 \text{ mg/L}} \right) \times \left( \frac{4 \text{ mg/L}}{\frac{4 \text{ mg}}{L} + 0,5 \text{ mg/L}} \right) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,23 & \\ &= 1,23 \text{ g/g.hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SRT} &= \frac{1}{\mu_N} \\ &= \frac{1}{1,23 \frac{\text{g}}{\text{g.hari}}} \\ &= 0,81 \text{ hari} \end{aligned}$$

Nilai SRT ini digunakan untuk menghitung laju nitrifikasi dan waktu nitrifikasi pada unit ABF. Hal tersebut perlu dihitung untuk memastikan bahwa  $t_d$  (waktu tinggal) pada unit ABF

mencukupi untuk terjadinya proses nitrifikasi dengan efisiensi yang direncanakan.

### 1.1.1.1. Perhitungan Produksi Lumpur Biologis

Berikut merupakan kriteria dari masing-masing koefisien proses yang digunakan dalam menghitung lumpur biologis menurut Metcalf dan Eddy (2014).

Y	= 0,6 kg VSS/kg BOD
b	= 0,1 /hari
Y <sub>n</sub>	= 0,12 kg VSS/kg NH <sub>4</sub> -N
b <sub>n(30)</sub>	= 0,23 /hari
SRT	=0,81 hari

Berikut merupakan data yang digunakan dalam perhitungan produksi lumpur biologis pada aerobik biofilter:

Q	= 500,8 m <sup>3</sup> /hari
[BOD] <sub>in</sub>	= 30 mg/L
[BOD] <sub>out</sub>	= 5,4 mg/L
[NH <sub>3</sub> ] <sub>in</sub>	= 95,87 mg/L
[NH <sub>3</sub> ] <sub>out</sub>	= 5,2 mg/L

#### Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 P_x &= (Q \times (S_o - S_e) \times Y) / (1 + (b \times SRT)) \\
 &= (500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((30 \text{ mg/L} - 5,4 \text{ mg/L}) \times 10^{-6} \\
 &\text{kg/mg} \times 10^3 \text{ L/m}^3) \times 0,6) / (1 + (0,1 \times 0,81 \text{ hari})) \\
 &= 6,84 \text{ kg/hari} \\
 NO_x &= [NH_3]_{in} - [NH_3]_{out} \\
 &= 22,47 \text{ mg/L} - 5,2 \text{ mg/L} \\
 &= 17,27 \text{ mg/L} \\
 P_{xn} &= (Q \times NO_x \times Y_n) / (1 + (b_{n(30)} \times SRT)) \\
 &= (500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times (17,27 \text{ mg/L} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \times \\
 &10^3 \text{ L/m}^3) \times 0,12) / (1 + (0,23 \times 0,81 \text{ hari})) \\
 &= 0,87 \text{ kg/hari} \\
 P_{x \text{ bio}} &= P_x + P_{xn} \\
 &= 6,84 \text{ kg/hari} + 0,87 \text{ kg/hari} \\
 &= 7,71 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Karena ada sebagian N yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan sel mikroorganisme, maka akan dilakukan koreksi terhadap produksi NO<sub>x</sub>.

$$\begin{aligned}
 \text{NOx}(1) &= [\text{NH}_3]_{\text{in}} - [\text{NH}_3]_{\text{out}} - ((0,12 \times \text{Px bio})/Q) \\
 &= ((22,47 \text{ mg/L} - 5,2 \text{ mg/L}) \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \times 10^3 \\
 \text{L/m}^3) - ((0,12 \times 7,71 \text{ kg/hari})/ 500,8 \text{ m}^3/\text{hari}) \\
 &= 0,015 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Kemudian akan dilakukan iterasi terhadap Pxn dan Px bio sampai didapatkan nilai keduanya yang konsisten. Perhitungan.

$$\begin{aligned}
 \text{Pxn}(1) &= (Q \times \text{NOx Yn})/(1+(b_{n(30)} \times \text{SRT})) \\
 &= (500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,015 \text{ kg/m}^3 \times 0,12)/(1+(0,23 \\
 \times 0,81 \text{ hari}) \\
 &= 0,76 \text{ kg/hari} \\
 \text{Px bio}(1) &= \text{Px} + \text{Pxn}(1) \\
 &= 6,84 \text{ kg/hari} + 0,76 \text{ kg/hari} \\
 &= 7,6 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Iterasi 2

$$\begin{aligned}
 \text{NOx}(2) &= [\text{NH}_3]_{\text{in}} - [\text{NH}_3]_{\text{out}} - ((0,12 \times \text{Px bio})/Q) \\
 &= ((22,47 \text{ mg/L} - 5,2 \text{ mg/L}) \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \times 10^3 \\
 \text{L/m}^3) - ((0,12 \times 7,6 \text{ kg/hari})/ 500,8 \text{ m}^3/\text{hari}) \\
 &= 0,015 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pxn}(1) &= (Q \times \text{NOx Yn})/(1+(b_{n(30)} \times \text{SRT})) \\
 &= (500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,015 \text{ kg/m}^3 \times 0,12)/(1+(0,23 \\
 \times 0,81 \text{ hari}) \\
 &= 0,76 \text{ kg/hari} \\
 \text{Px bio}(1) &= \text{Px} + \text{Pxn}(1) \\
 &= 6,84 \text{ kg/hari} + 0,76 \text{ kg/hari} \\
 &= 7,6 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan iterasi 2 kali didapatkan nilai NOx, Pxn, dan Px bio yang konsisten

$$\begin{aligned}
 \text{NOx} &= 0,015 \text{ kg/m}^3 = 15 \text{ mg/L} \\
 \text{Pxn} &= 0,76 \text{ kg/hari} \\
 \text{Px bio} &= 7,6 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

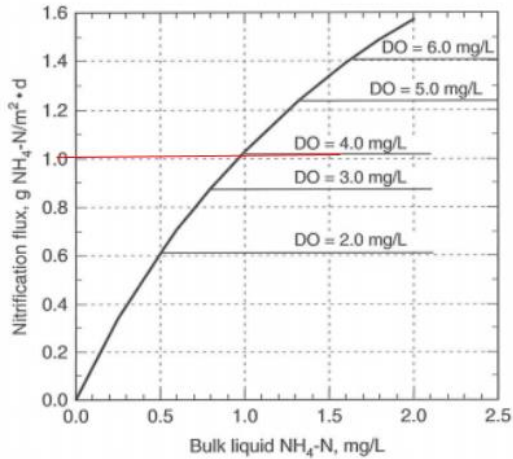
Nilai Px bio ini digunakan untuk menghitung kebutuhan oksigen dan peralatan aerasi yang digunakan dalam unit ABF.

### 1.1.1.2. Perhitungan Dimensi ABF

Perhitungan dimensi ABF didasarkan pada kebutuhan volume media untuk mereduksi substrat dan nitrifikasi, serta persentase volume media terhadap reaktor. Berikut merupakan data yang digunakan dalam perencanaan ABF:

Q in	= 500,8 m <sup>3</sup> /hari
[BOD]in	= 30 mg/L
[NH <sub>3</sub> ]in	= 22,47 mg/L
<u>Direncanakan:</u>	
DO	= 4 mg/L
V media total	= 50% V reaktor
Kedalaman reaktor	= 3 m
Lebar reaktor	= 5,8 m

Langkah pertama yaitu menentukan flux loading BOD dan flux nitrifikasi untuk menentukan kebutuhan media. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), flux loading BOD maksimal untuk keperluan nitrifikasi adalah sebesar 20 g/m<sup>2</sup>.hari. Sedangkan untuk flux nitrifikasi ditentukan berdasarkan konsentrasi DO operasional, yang disarankan sekitar 3-4 mg/L agar proses nitrifikasi berjalan efektif (Metcalf dan Eddy, 2014). Penentuan flux nitrifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



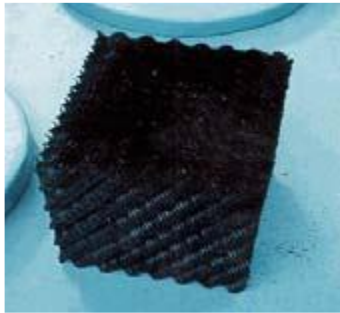
Gambar 6. 3 Grafik Flux Nitrifikasi  
Sumber: Metcalf dan Eddy, 2014

Dari grafik dapat dilihat bahwa flux nitrifikasi maksimal untuk DO operasional 4 mg/L adalah sebesar 1,08 g NH<sub>3</sub>/m<sup>2</sup>.hari. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan media untuk penyisihan BOD dan nitrifikasi pada ABF klaster 1.

$$\begin{aligned}
 m[\text{BOD}]_{\text{in}} &= [\text{BOD}]_{\text{in}} \times Q_{\text{in}} \\
 &= 30 \text{ mg/L} \times 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^{-6} \\
 &= 15 \text{ kg/hari} \\
 \text{BOD loading flux} &= 20 \text{ g/m}^2.\text{hari} \\
 \text{As media (BOD)} &= m[\text{BOD}]_{\text{in}} / \text{BOD loading flux} \\
 &= 15 \text{ kg/hari} / (20 \text{ g/m}^2.\text{hari} / 1000 \\
 &= 750 \text{ m}^2 \\
 m[\text{NH}_3]_{\text{removed}} &= [\text{NH}_3]_{\text{removed}} \times Q_{\text{in}} \\
 &= 17,27 \text{ mg/L} \times 500,8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^{-6} \\
 &= 8,6 \text{ kg/hari} \\
 \text{Nitrification flux} &= 1,08 \text{ g NH}_3/\text{m}^2.\text{hari} \\
 \text{As media (NH}_3) &= m[\text{NH}_3]_{\text{removed}} / \text{Nitrification flux}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8,6 \text{ kg/hari} / (1,08 \text{ g NH}_3/\text{m}^2.\text{hari} / \\
 1000 \text{ g/kg}) & \\
 &= 7962 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung volume media yang dibutuhkan berdasarkan luas permukaan spesifik media yang digunakan. Dalam perencanaan ini digunakan media berupa modul plastik sarang tawon (*honeycomb*). Berikut pada Gambar 6. merupakan contoh media jenis sarang tawon.



Gambar 6. 4 Media Plastik Sarang Tawon  
Sumber: Pedoman Teknis IPAL 2011

Berikut pada Tabel 4.18 merupakan spesifikasi dari media sarang tawon yang digunakan.

Tabel 4. 3 Spesifikasi Media Sarang Tawon

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Ketebalan	0,15 - 0,23	mm
2	Luas kontak spesifik	150 - 226	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
3	Diameter lubang	2	cm
4	Berat spesifik	30-35	kg/m <sup>3</sup>
5	Porositas	0,98	-

Sumber: Said, 2018

Dari tabel diketahui bahwa luas permukaan spesifik media sarang tawon berkisar antara 150-226 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Kemudian

dilakukan perhitungan volume media dan volume reaktor untuk ABF klaster 1.

$$\begin{aligned}
 \text{As media total (NH}_3\text{)} &= \text{As media(BOD)} + \text{As media} \\
 &= 750 \text{ m}^2 + 7962 \text{ m}^2 \\
 &= 8712 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas permukaan spesifik} &= 175 \text{ m}^2/\text{m}^3 \\
 \text{V media total} &= \text{As media total} / \text{Luas} \\
 \text{permukaan spesifik} &= 8712 \text{ m}^2 / 150 \text{ m}^2/\text{m}^3 \\
 &= 58,08 \text{ m}^3 \\
 \text{V media total} &= 50\% \text{ V reaktor} \\
 \text{V reaktor} &= \text{V media total} / 50\% \\
 &= 58,08 \text{ m}^3 / 50\% \\
 &= 117 \text{ m}^3 \\
 \text{Kedalaman reaktor} &= 3 \text{ m (direncanakan)} \\
 \text{Lebar reaktor} &= 5,8 \text{ m (direncanakan)} \\
 \text{Panjang reaktor} &= \text{V reaktor} / (\text{kedalaman} \times \\
 \text{lebar}) &= 117 \text{ m}^3 / (3\text{m} \times 5,8 \text{ m}) \\
 &= 7 \text{ m} \\
 \text{V reaktor cek} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \\
 \text{kedalaman} &= 7 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
 &= 121,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Setelah volume reaktor didapatkan, maka akan dilakukan perhitungan waktu detensi pada reaktor ABF. Menurut Said (2018) waktu minimal yang dibutuhkan pada unit ABF yaitu sebesar 6-8 jam. Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{V reaktor} &= 121,8 \text{ m}^3 \\
 \text{V media total} &= 58,08 \text{ m}^3 \\
 \text{Porositas media} &= 0,98 \\
 \text{V rongga media} &= \text{porositas} \times \text{V media total} \\
 &= 0,98 \times 58,08 \text{ m}^3 \\
 &= 56,92 \text{ m}^3 \\
 \text{V media} &= \text{V media total} - \text{V rongga media} \\
 &= 58,08 \text{ m}^3 - 56,92 \text{ m}^3 \\
 &= 1,16 \text{ m}^3 \\
 \text{V reaktor efektif} &= \text{V reaktor} - \text{V media}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= 121,8 \text{ m}^3 - 1,16 \text{ m}^3 \\
&= 120,64 \text{ m}^3 \\
T_d &= V \text{ reaktor efektif} / Q \text{ in} \\
&= 120,62 \text{ m}^3 / (500,8 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \\
&\text{jam/hari))} \\
&= 6 \text{ jam (memenuhi)}
\end{aligned}$$

Dalam perencanaan biofilter dapat dibuat 1 atau lebih kompartemen. Satu kompartemen diperbolehkan jika konsentrasi BOD yang masuk di bawah 10 mg/L. Hal ini dikarenakan pertumbuhan bakteri nitrifikasi lebih lambat dibandingkan bakteri untuk penyisihan BOD (Metcalf dan Eddy, 2014). Oleh karena itu akan direncanakan 2 kompartemen ABF untuk menyisihkan BOD dan sebagian amonia pada kompartemen pertama, dan proses nitrifikasi pada kompartemen kedua.

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
\text{Panjang reaktor} &= 7 \text{ m} \\
\text{Panjang kompartemen} &= \text{Panjang reaktor}/2 \\
&= 7 \text{ m} / 2 \\
&= 3,5 \text{ m} \\
\text{Lebar kompartemen} &= 5,8 \text{ m} \\
\text{Kedalaman kompartemen} &= 3 \text{ m} \\
V \text{ media total} &= 58,08 \text{ m}^3 \\
V \text{ media per kompartemen} &= V \text{ media total}/2 \\
&= 58,08 \text{ m}^3 / 2 \\
&= 29,04 \text{ m}^3 \\
\text{Panjang media} &= 3,0 \text{ m} \\
\text{Lebar media} &= 5,8 \text{ m} \\
\text{Kedalaman media} &= & V_{\text{media}} & \text{ per} \\
\text{kompartemen/(pxl)} & & & \\
&= 29,04 \text{ m}^3 / (3,0 \text{ m} \times 5,8 \text{ m}) \\
&= 1,8 \text{ m}
\end{aligned}$$

Spesifikasi media sarang tawon yang dipakai

$$\begin{aligned}
\text{Panjang maksimal} &= 1200 \text{ mm} \\
\text{Lebar maksimal} &= 600 \text{ mm} \\
\text{Tinggi maksimal} &= 600 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jenis material = PVC putih

Ketebalan media = 0,3 mm

(Sumber : PT. Kapukindo Adi Sukses)

Spesifikasi media sarang tawon yang dipakai yaitu:

Panjang = 600 mm = 60 cm

Lebar = 600 mm = 60 cm

Tinggi = 600 mm = 60 cm

Jenis material = PVC putih

Ketebalan media = 0,3 mm

Media sarang tawon yang dibutuhkan

= Volume media yang dibutuhkan/ Volume media yang dipakai

=  $58,08 \text{ m}^3 / (0,6 \text{ m} \times 0,58 \text{ m} \times 0,6 \text{ m})$

= 360 buah

Jumlah media sarang tawon yang dibutuhkan

= 360 buah x 8 unit

= 2880 buah

Panjang media tidak disamakan dengan panjang kompartemen untuk memberikan ruang bagi *under-flow* sebelum air limbah melewati media secara *up-flow*. Perhitungan kemudian dilanjutkan untuk ABF klaster lainnya.

Setelah mendapatkan dimensi ABF, langkah selanjutnya adalah menghitung laju nitrifikasi dan waktu nitrifikasi, untuk memastikan bahwa waktu tinggal (td) di ABF mencukupi untuk proses nitrifikasi. Berikut merupakan data yang digunakan dalam perhitungan.

Td = 6 jam

V reaktor efektif =  $120,64 \text{ m}^3$

Q in =  $500,8 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$\begin{aligned}
Y_n &= 0,12 \text{ kg VSS/kg NH}_4\text{-N} \\
NO_x &= 0,015 \text{ kg/m}^3 \\
SRT &= 0,81 \text{ hari} \\
b_N (30) &= 0,23 \text{ g/g.hari} \\
\mu_{\max N} (30) &= 1,804 \text{ VSS/g VSS.hari} \\
[NH_3]_{\text{out}} &= 5,2 \text{ mg/L} \\
K_N &= 0,5 \text{ mg/L} \\
K_O &= 0,5 \text{ mg/L} \\
DO &= 4 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
X_n &= \frac{Q \times Y_n \times NO_x \times SRT}{V \times (1 + (b_N \times SRT))} \\
&= \frac{500,8 \times 0,12 \times 0,015 \times 0,81}{120,64 \times (1 + (0,23 \times 0,81))} \\
&= 0,0051 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_n &= \left( \frac{\mu_{\max N}}{Y_n} \right) \times \left( \frac{[NH_3]_{\text{out}}}{[NH_3]_{\text{out}} + K_N} \right) \times \left( \frac{DO}{DO + K_O} \right) \times X_n \\
&= \left( \frac{1,804}{0,12} \right) \times \left( \frac{5,2}{5,2 + 0,5} \right) \times \left( \frac{4}{4 + 0,5} \right) \times 0,0051 \\
&= 0,062 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
\end{aligned}$$

Laju nitrifikasi di atas merupakan laju saat kondisi pH netral sekitar 7,2 (Metcalf dan Eddy, 2014). Oleh karena itu perlu dihitung laju nitrifikasi pada pH operasional. Perhitungan:

$$\begin{aligned}
\text{pH} &= 7,5 \\
R_n \text{ operasional} &= R_n \times (0,0004017 \times e^{(1,0946 \times \text{pH})}) \\
&= 0,062 \text{ kg/m}^3 \times (0,0004017 \times e^{(1,0946 \times 7,5)}) \\
&= 0,09 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \\
\text{Waktu nitrifikasi} &= \left( \frac{NO_x}{R_n \text{ operasional}} \right) \times 24 \text{ jam/hari} \\
&= \left( \frac{0,015}{0,09} \right) \times 24 \text{ jam/hari} \\
&= 4 \text{ jam (memenuhi)}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan waktu nitrifikasi 4 jam, kurang dari td unit ABF. Sehingga dapat disimpulkan td pada unit ABF mencukupi untuk terjadinya proses nitrifikasi. Kemudian memeriksa konsentrasi amonia bebas (NH<sub>3</sub>). Kestimbangan antara ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dan amonia bebas (NH<sub>3</sub>) dipengaruhi oleh pH. Kadar NH<sub>3</sub> melebihi 10 mg/L dapat menghambat proses nitrifikasi (Okabe *et al.*, 2011). Perhitungan:

$$\begin{aligned}
K_a &= 1 / (e^{(6344/(273+T))}) \\
&= 1 / (e^{(6344/(273+30))}) \\
&= 0,00000000083 \\
[\text{NH}_3] &= \frac{TAN \times 10^{pH}}{\left(\frac{1}{K_a}\right) + 10^{pH}} \\
&= \frac{113,52 \times 10^{7,55}}{\left(\frac{1}{0,00000000083}\right) + 10^{7,55}} \\
&= 3,26 \text{ mg/L (memenuhi)}
\end{aligned}$$

Didapatkan konsentrasi amonia bebas sebesar 3,26 mg/L. Angka ini masih berada di bawah kadar maksimum amonia bebas yaitu 10 mg/L. Sehingga proses nitrifikasi tidak terhambat dan dapat berjalan dengan optimal.

### 1.1.1.3. Perhitungan Kebutuhan Oksigen dan Peralatan Aerasi

Kebutuhan oksigen pada unit ABF digunakan untuk utilisasi substrat, respirasi *endogenous*, serta untuk keperluan nitrifikasi. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan oksigen untuk ABF klaster 1.

$$\begin{aligned}
Ro &= Q(S_o - S_e) - 1,42P_x \text{ bio} + 4,33QNO_x \\
&= 12308 \text{ kg O}_2/\text{hari}
\end{aligned}$$

Dalam perencanaan ini akan digunakan peralatan aerasi berupa *fine bubble disk difuser* dan blower udara. Digunakan *fine bubble disk difuser* dengan merek Suzler tipe ABS KKI 215 (Gambar 4.15) dengan spesifikasi pada Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4. 4 Spesifikasi Fine Buble Disk Difuser Tipe ABS KKI 215

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Diameter	215	mm
2	Debit udara	0,5-4	m <sup>3</sup> /jam
3	Ukuran gelembung	1-3	mm

Sumber: [www.sulzer.com](http://www.sulzer.com)



Gambar 6. 5 Fine Buble Disk Difuser Tipe ABS KKI 215  
Sumber: [www.sulzer.com](http://www.sulzer.com)

Untuk dapat menghitung kebutuhan difuser dan blower, maka data kebutuhan oksigen harus diubah terlebih dahulu menjadi kebutuhan udara yang ditransfer. Berikut merupakan perhitungan Standard Oxygen Transfer Rate (SOTR) yang merupakan koreksi kebutuhan oksigen berdasarkan beberapa faktor diantaranya adalah suhu, elevasi lapangan, serta kedalaman difuser. Elevasi lapangan ( $z_b$ ) memakai data rata-rata elevasi di Kelurahan Rangkah yaitu 4 m. Berikut merupakan nilai beberapa koefisien yang didapatkan dari Mecalf dan Eddy (2014).

$g$	= 9,81 m/s <sup>2</sup>
$M$	= 28,97 kg/kg.mol
Suhu	= 30°C
$R$	= 8314 kg.m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> .kg.mol.K
$h$	= 2 m
$C_{s20}$	= 9,09 mg/L
$C_{s30}$	= 7,559 mg/L
DO	= 4 mg/L
$d_e$	= 0,4
$P_a$	= 10,33 m
$\alpha$	= 0,5
$\beta$	= 0,95
$F$	= 0,65

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
Pb/Pa &= \exp\left(-\left(\frac{g \times M \times (zb - za)}{R \times T}\right)\right) \\
&= 0,998 \\
C^{\infty 20} &= Cs_{20} \times \left(1 + \left(d \times \left(\frac{h}{Pa}\right)\right)\right) \\
&= 9,09 \times \left(1 + \left(0,4 \times \left(\frac{2}{10,33}\right)\right)\right) \\
&= 9,794 \text{ mg/L} \\
SOTR &= \\
&\left(\frac{Ro}{\alpha \times F}\right) \times \left(\frac{C^{\infty 20}}{\left(\beta \times \left(\frac{Cs_{30}}{Cs_{20}}\right) \times \left(\frac{Pb}{Pa}\right) \times C^{\infty 20}\right) - DO}\right) \times (1,024^{20-30}) \\
&= 127,1 \text{ kg O}_2/\text{hari}
\end{aligned}$$

Kemudian data kebutuhan oksigen aktual akan diubah menjadi data debit udara yang dibutuhkan mengingat dalam udara tidak hanya mengandung oksigen dan difuser memiliki efisiensi dalam menyalurkan udara dalam air limbah (SOTE). Berikut akan dihitung kebutuhan difuser dan blower untuk IPAL Klaster 1 (30 SR). Berikut merupakan nilai dari koefisien yang digunakan dari Metcalf dan Eddy (2014):

$$\begin{aligned}
SOTE &= 25\% \\
\text{Suhu (T)} &= 30^\circ\text{C} \\
\% \text{oksigen} &= 23,18\% \\
P &= 1,01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\
M &= 28,97 \text{ g/g.mol} \\
R &= 8314 \text{ N.m/mol.K}
\end{aligned}$$

Perhitungan :

Langkah pertama adalah menghitung massa jenis udara pada suhu 30°C.

$$\begin{aligned}
\rho \text{ udara} &= \frac{P \times M}{R \times T} \\
&= \frac{1,01325 \times 10^5 \times 28,97 \text{ g/g.mol}}{8314 \text{ N.mol}^{-1}\text{K} \times (273+30)} \\
&= 1,165 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

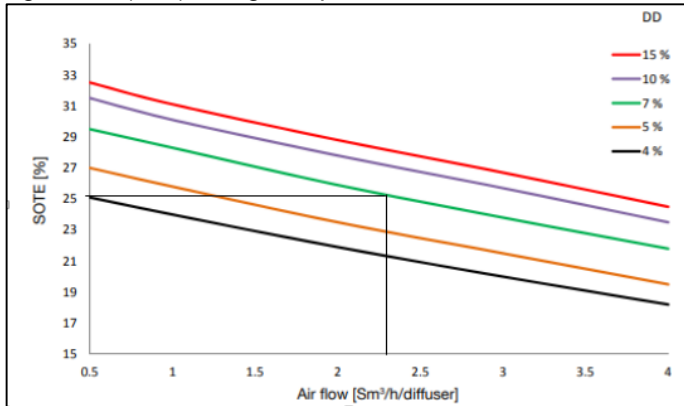
Kemudian menghitung debit udara yang dibutuhkan untuk mengalirkan oksigen sesuai perhitungan sebelumnya berdasarkan persentase oksigen dalam udara.

$$\text{Debit udara} = \frac{SOTR}{\%O_2 \times SOTE \times \rho \text{ udara}}$$

$$= \frac{127,1 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,2318 \times 0,25 \times 1,165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 1255,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk menghitung kebutuhan difuser, maka harus dicari terlebih dahulu debit yang keluar tiap difuser berdasarkan SOTE yang ditetapkan dan perbandingan luas total difuser dengan bak (D/D) dari grafik pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 6. 6 Grafik Hubungan Debit Udara dengan SOTE pada Difuser Tipe ABS KKI 215  
Sumber: [www.sulzer.com](http://www.sulzer.com)

Dari grafik di atas maka didapatkan debit yang keluar pada masing-masing difuser adalah sekitar 2,25 m<sup>3</sup>/jam.unit untuk perbandingan luas (D/D) sebesar 7%. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan jumlah difuser.

$$\text{Debit udara per difuser} = 2,25 \text{ m}^3/\text{jam.unit}$$

$$= 54 \text{ m}^3/\text{hari.unit}$$

$$\text{Debit udara} = 1255,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Jumlah difuser} = \frac{\text{Debit udara}}{\text{debit udara difuser}}$$

$$= \frac{1255,1 \text{ m}^3/\text{hari}}{54 \text{ m}^3/\text{hari.unit}}$$

$$= 23 \text{ unit}$$

$$= 23 \text{ unit}$$

$$\text{D difuser} = 0,215 \text{ m}$$

$$\text{As difuser} = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times \pi \times (0,215 \text{ m})^2 \\
 &= 0,036 \text{ m}^2 \\
 \text{Panjang ABF} &= 3,5 \text{ m} \\
 \text{Lebar ABF} &= 5,8 \text{ m} \\
 \text{As ABF} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\
 &= 3,5 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \\
 &= 20,3 \text{ m}^2 \\
 \text{D/D} &= \frac{\text{As difuser}}{\text{As ABF}} \\
 &= \frac{6,4 \text{ m}^2}{20,3 \text{ m}^2} \\
 &= 0,068 \\
 &= 6,8 \% \text{ (masih memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan ini digunakan blower merek Hiblow dengan spesifikasi pada Tabel 4.20 berikut.

Gambar 6. 7 Spesifikasi Blower Hiblow HP-200

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Power frequency	60	Hz
2	Tekanan	20	kPa
3	Debit udara	200	L/menit
4	Daya	250	W

Sumber: [www.hiblow.com](http://www.hiblow.com)

Perhitungan kebutuhan blower didasarkan pada kebutuhan udara dibanding dengan kemampuan blower dalam mensuplai udara. Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan udara} &= 1255,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit udara blower} &= 200 \text{ L/menit} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L} \times 60 \\
 &\text{menit/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= 288 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Kebutuhan blower} &= \frac{\text{Kebutuhan udara}}{\text{Debit udara blower}} \\
 &= \frac{1255,1 \text{ m}^3/\text{hari}}{288 \text{ m}^3/\text{hari.unit}} \\
 &= 5 \text{ buah.}
 \end{aligned}$$

### 6.5.6 Desinfeksi

Desinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Klor merupakan bahan yang



paling umum digunakan sebagai disinfektan karena efektif pada konsentrasi rendah, murah dan membentuk sisa klor jika diterapkan pada dosis yang mencukupi.

### Direncanakan

- Q = 4406,4 m<sup>3</sup>/hari
- Jumlah bak kontak = 2 bak
- Q per bak = m<sup>3</sup>/hari
- Kekasaran manning = 0,015
- Waktu kontak = 30 menit
- Ca(OCl)<sub>2</sub> yang digunakan mengandung 70% klor
- Kecepatan horizontal aliran = 0,5 m/menit
- ρ Ca(OCl)<sub>2</sub> = 2350 kg/m<sup>3</sup>
- Konsentrasi larutan Ca(OCl)<sub>2</sub> = 10%
- Pengadukan dilakukan satu kali setiap hari

### Perhitungan

#### Dosis klor berdasarkan total coliform

- N = 3000 MPN/100mL
- No = 100000000000 MPN/100mL
- b = 4
- n = 2,8
- $N/No = \left(\frac{C \times T}{b}\right)^{-n}$
- $10^{-8} = \left(\frac{C \times 30}{4}\right)^{-2,8}$
- C = 3,35 mg/L

#### Dosis klor total

- Dosis disinfeksi = Dosis total x 2203,2  
= 3,35 gr/m<sup>3</sup> x 2203,2 m<sup>3</sup>/hari/1000  
= 7,3 kg/hari
- Ca(OCl)<sub>2</sub> yang dibutuhkan =  $\frac{\text{Dosis}}{\text{Kadar chlorin}}$   
=  $\frac{7,3 \text{ kg/hari}}{70\%}$  = 10,4 kg/hari

#### Dimensi bak pembubuh

- Volume Ca(OCl)<sub>2</sub> =  $\frac{\text{Ca(OCl)}_2 \text{ yang dibutuhkan}}{\text{Massa Jenis}}$   
=  $\frac{10,4 \text{ kg/hari}}{2350 \text{ kg/m}^3}$  = 0,0044  
m<sup>3</sup>/hari

- Volume pengadukan = Volume  $\text{Ca}(\text{OCI})_2 \times 12 \text{ jam}$   
 $= 0,0044 \text{ m}^3/\text{hari} \times 12 \text{ jam} = 0,0022 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume pelarut =  $(90\%/10\%) \times 0,0022 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 0,02 \text{ m}^3/\text{hari} = 20 \text{ L/hari}$
- Volume bak pembubuh = Volume  $\text{Ca}(\text{OCI})_2$  + Volume pelarut  
 $= 0,02 + 0,0044 = 0,025 \text{ m}^3 = 25 \text{ L}$
- Rasio P : L : H = 1 : 1 : 1  
 Panjang = 0,5 m  
 Lebar = 0,5 m  
 Kedalaman = 0,5 m  
 Freeboard = 0,15 m

### Dimensi bak kontak

- Volume bak =  $Q \times T_d$   
 $= 2203,2 \text{ m}^3/\text{hari} / 86400 \times 30 \times 60$   
 $= 50 \text{ m}^3$
- Kedalaman = 2 m
- As = Volume bak / kedalaman  
 $= 50 / 2 = 25 \text{ m}^2$
- Rasio P : L = 1 : 1  
 Panjang = 5 m  
 Lebar = 5 m
- Lebar saluran = 0,5 m
- V horizontal =  $2203,2/86400/(0,5 \times 2) = 0,02 \text{ m/s}$
- Tebal sekat = 0,1 m
- Jumlah sekat (x) = 7
- Panjang bak- (lebar saluran. X) –(lebar saluran(x-1))=0
- Jumlah saluran = 6
- Jumlah sekat = 6
- Lebar saluran =  $(5 \text{ m} - (6 \times 0,1 \text{ m}))/7$   
 $= 0,63 \text{ m}$
- Panjang saluran = Lebar bak + (lebar bak – 2 x lebar belokan) x (jumlah saluran – 1) + (lebar saluran x (jumlah saluran – 1))  
 $= 53 \text{ m}$
- Jari-jari hidrolis =  $\frac{L \times H}{L+2H}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,4 \times 2}{0,4+2 \times 2} &&= 0,2 \text{ m} \\
 - \text{ Slope} &= \left( \frac{n \times Vh}{R^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left( \frac{0,015 \times 0,0083}{0,2^{2/3}} \right)^2 &&= 1,3 \times 10^{-7} \\
 &\text{m/m}
 \end{aligned}$$

### Headloss Bangunan

- Headloss friction = slope x panjang saluran  
=  $1,3 \times 10^{-7} \times 117,8 = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Hv =  $v^2/2g$   
=  $0,0083^2/(2 \times 9,81) = 1,4 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Hv saluran lurus = Jumlah saluran x Hv  
=  $13 \times 1,4 \times 10^{-5} = 1,9 \times 10^{-4} \text{ m}$
- Hv belokan =  $n k v^2/2g$   
=  $(13-1) \times 0,25 \times 1,4 \times 10^{-5} = 4,2 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Headloss total = Hf + Hv belokan + Hv saluran lurus  
=  $1,5 \times 10^{-5} + 1,4 \times 10^{-4} + 1,9 \times 10^{-5}$   
=  $1,74 \times 10^{-4} \text{ m}$

### Headloss Pipa Outlet

- Kecepatan aliran = 0,6 m/detik
- Ac pipa = 0,142 m<sup>2</sup>
- Diameter =  $\sqrt{\frac{4 \times Ac}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,14}{\pi}} = 0,42 \text{ m}$

### Headloss Pipa Outlet

- Panjang pipa = 10 m
- Headloss =  $\left( \frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \text{ discharge}$   
=  $\left( \frac{0,025}{0,2785 \times 110 \times 0,42^{2,63}} \right)^{1,85} \times 10 = 0,0166 \text{ m}$

### Kualitas Effluen

- BOD out = 4,8 mg/L (memenuhi baku mutu)
- COD out = 9,5 mg/L (memenuhi baku mutu)
- TSS out = 4,9 mg/L (memenuhi baku mutu)
- NH<sub>3</sub> out = 5,1 mg/L (memenuhi baku mutu)

- Total Koliform out = 3000 MPN/100 mL (memenuhi baku mutu)

### 6.5.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis menggambarkan perbedaan muka air dari inlet hingga outlet IPAL. Penurunan muka air disebabkan oleh beberapa hal, antara lain jatuhnya, belokan, kecepatan aliran, dan media filter.

#### - Sumur Pengumpul

- Debit per pompa menit =  $0,051 \text{ m}^3/\text{detik} = 3,1 \text{ m}^3/\text{menit}$
- Jumlah pompa = 1 pompa
- v dalam pipa = 1 m/detik
- A cross pipa =  $Q/v$   
=  $0,051/1 = 0,051 \text{ m}^2$
- Diameter =  $((4 \times A \text{ cross})/3,14)^{0,5}$   
=  $0,264 \text{ m} \approx 265 \text{ mm}$
- L discharge = 6 m
- Headloss discharge  
=  $\left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L \text{ discharge}$   
=  $\left(\frac{0,1}{0,2785 \times 120 \times 0,265^{2,63}}\right)^{1,85} \times 6$   
= 0,03 m
- Headloss kecepatan =  $v^2/2g$   
=  $(1)^2/(2 \times 9,81) = 0,05 \text{ m}$
- Headloss belokan =  $k \times v^2/2g$   
=  $0,25 \times (1)^2/(2 \times 9,81) = 0,01 \text{ m}$
- Head statis = 4,5 m
- Head pompa = Head statis + headloss discharge + Headloss kecepatan + Headloss belokan  
=  $4,5 \text{ m} + 0,03 \text{ m} + 0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}$   
= 4,59 m

#### - ABR

##### Bak Pengendap

Headloss kecepatan

Panjang = 3 m

Tinggi = 3 m

Tinggi sekat = 0,3 m

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari hidrolis} &= (b \times y) / (2b+y) \\ &= (3 \text{ m} \times 2,7\text{m}) / (6\text{m} + 2,7\text{m}) \\ &= 0,93\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien kekasaran} &= 1,5 \quad \times \\ (0,01989+0,0005078/4R) \\ &= 0,03\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hf} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,00001 \text{ m}\end{aligned}$$

### **Headloss Kompartemen**

Headloss kecepatan

Panjang = 2 m

Tinggi = 3 m

Tinggi sekat = 0,3 m

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari hidrolis} &= (b \times y) / (2b+y) \\ &= (2 \text{ m} \times 2,7\text{m}) / (4\text{m} + 2,7\text{m}) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hv} &= \left(\frac{v \cdot n}{R^3}\right)^2 \times L \\ &= 0,000005 \text{ m}\end{aligned}$$

Headloss kecepatan

$$\begin{aligned}\text{Koefisien kekasaran} &= 1,5 \quad \times \\ (0,01989+0,0005078/4R) \\ &= 0,03\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hf} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,00001 \text{ m}\end{aligned}$$

Headloss belokan

Tinggi sekat = 2,7 m

$$\begin{aligned}\text{Hf} &= \left(\frac{v \cdot n}{R^3}\right)^2 \times L \\ &= 0,000003 \text{ m}\end{aligned}$$

### **Aerobic Biofilter**

- Headloss kecepatan
- Panjang = 3,5 m

- Tinggi = 3 m
- Tinggi sekat = 0,3 m
- Jari-jari hidrolis =  $(b \times y) / (2b+y)$
- $= (3,5 \text{ m} \times 2,7\text{m}) / (7\text{m} + 2,7\text{m})$
- $= 0,97$
- $H_v = \frac{(v \cdot n)^2}{R^3} \times L$
- $= 0,000006 \text{ m}$
- Koefisien kekasaran = 1,5 x
- $(0,01989 + 0,0005078 / 4R)$
- $= 0,03$
- $H_f = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$
- $= 0,00001 \text{ m}$
- Headloss belokan
- Tinggi sekat = 2,7 m
- $H_f = \frac{(v \cdot n)^2}{R^3} \times L$
- $= 0,000005 \text{ m}$

#### Headloss media

- $Q = 550,8 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Kedalaman media = 1,8 m
- Ukuran rongga = 0,02 m
- Faktor bentuk media ( $\psi$ ) = 0,78
- Porositas media (e) = 0,98
- Viskositas kinematis =  $8,7 \times 10^{-7} \text{ kg/m.s}$
- Massa jenis =  $0,9963 \text{ kg/m}^3$
- Kecepatan filtrasi = 0,00002 m/s
- $N_{re} = \frac{\rho \cdot d \cdot v \cdot \psi}{\mu}$
- $= 0,35$
- $C_D = 24 / N_{re}$
- $= 68,5$
- $H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g}$
- $= 0,0000007 \text{ m}$

## Desinfeksi

### Headloss Bangunan

- Headloss friction = slope x panjang saluran  
=  $1,3 \times 10^{-7} \times 117,8 = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Hv =  $v^2/2g$   
=  $0,0083^2/(2 \times 9,81) = 1,4 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Hv saluran lurus = Jumlah saluran x Hv  
=  $13 \times 1,4 \times 10^{-5} = 1,9 \times 10^{-4} \text{ m}$
- Hv belokan =  $n k v^2/2g$   
=  $(13-1) \times 0,25 \times 1,4 \times 10^{-5} = 4,2 \times 10^{-5} \text{ m}$
- Headloss total = Hf + Hv belokan + Hv saluran lurus  
=  $1,5 \times 10^{-5} + 1,4 \times 10^{-4} + 1,9 \times 10^{-5}$   
=  $1,74 \times 10^{-4} \text{ m}$

### Headloss Pipa Outlet

- Kecepatan aliran = 0,6 m/detik
- Ac pipa = 0,142 m<sup>2</sup>
- Diameter =  $\sqrt{\frac{4 \times Ac}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,14}{\pi}} =$   
0,42 m

### Headloss Pipa Outlet

- Panjang pipa = 14 m
- Headloss =  $\left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L \text{ discharge}$   
=  $\left(\frac{0,0255}{0,2785 \times 110 \times 0,42^{2,63}}\right)^{1,85} \times 14 = 0,166 \text{ m}$

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



## **BAB 7**

### **PROSEDUR PENGOPERASIAN DAN PEMELIHARAAN**

Prosedur pengoperasian dan pemeliharaan dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan fungsi SPALD sesuai dengan perencanaan. Petunjuk ditujukan untuk masyarakat sebagai pengguna maupun untuk operator.

*Standard Operating Procedure* atau tata cara operasional merupakan standar yang mengatur pengoperasian suatu alat mengenai cara kerja maupun tahap-tahap urutan dalam mengerjakan sesuatu. Maka dibutuhkan SOP dalam pengoperasian dan pemeliharaan jaringan SPAL dan bangunan IPAL. Dalam hal ini SOP ditujukan untuk pengguna yaitu masyarakat dan operator IPAL.

SOP pengguna:

- a. Tidak membuang limbah padat kedalam jaringan pipa air limbah dan bangunan pelengkapanya yang menyebabkan tersambat.
- b. Tidak membuang limbah cair berbahan kimia kedalam jaringan pipa air limbah dan bangunan pelengkapanya yang menyebabkan membunuh bakteri dalam air limbah.
- c. Bertanggung jawab merawat bak kontrol dirumah masing-masing minimal membersihkan 3 hari sekali.
- d. Menggunakan sabun dan alat pembersih lain sewajarnya.

SOP Operator:

#### **1. SPAL**

- a. Melakukan koordinasi kepada pengguna dalam menjaga bak kontrol masing-masing dan *manhole* yang berada disekitar rumah mereka.
- b. Melakukan penggelontoran pada setiap titik *manhole* minimal 1 bulan sekali.
- c. Mengoperasikan pompa secara bergantian dan satu unit pompa lainnya dalam kondisi *standby*.

- d. Pompa pada stasiun pompa beroperasi secara otomatis. Operator harus memastikan *float switch* tidak terganggu akibat adanya sampah dan/atau tersangkut.
- e. Sumur basah harus dibersihkan setidaknya dua kali setahun, atau lebih sering jika diperlukan, untuk mencegah penumpukan padatan dan lemak. Penumpukan zat padat dapat menimbulkan bau dan kerusakan pompa.
- f. Pemeriksaan pompa harus dilakukan setiap tiga bulan. Inspeksi impeler harus dilakukan setiap tiga bulan atau saat jam motor tidak dalam 10 persen satu sama lain. Inspeksi akan memastikan bahwa impeler bebas dari serpihan.
- g. Pemeriksaan katup periksa harus dilakukan setidaknya dua kali setahun, untuk memastikan kondisi kerja yang benar dan untuk mencegah aliran balik dari aliran utama ke sumur basah.
- h. Pembersihan dan inspeksi pelampung (*float switch*) harus dilakukan empat kali setahun untuk memastikan float switch masih bekerja dengan baik.
- i. Pemeriksaan lampu dan sistem alarm harus dilakukan setiap minggu. Sistem alarm dalam keadaan bekerja dapat mengingatkan Anda tentang masalah dengan segera.

## **2. IPAL**

- a. Melakukan pengecekan sumur pengumpul minimal 1 minggu sekali.
- b. Melakukan pengecekan pompa dan blower aerobik biofilter beserta jaringan listriknya minimal 2 hari sekali.
- c. Melakukan perawatan IPAL ABR dengan mengambil lumpur pada setiap kompartemen minimal 6 bulan sekali.
- d. Melakukan perawatan IPAL Aerobik Biofilter dengan melakukan kontrol media filter.
- e. Melakukan pengurasan lumpur selama 2 tahun sekali melalui jasa pengurasan setempat

## **BAB 8**

### **BOQ DAN RAB**

Bill of Quantity (BOQ) adalah perhitungan volume dari bahan, peralatan, dan pekerjaan yang dibutuhkan dalam perencanaan SPALD maupun pembangunan IPALD. Sedangkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan bahan, peralatan, maupun pekerjaan yang didasarkan pada HSPK Kota Surabaya 2019.

#### **8.1 BOQ SPAL**

##### **8.1.1 Perpipaan**

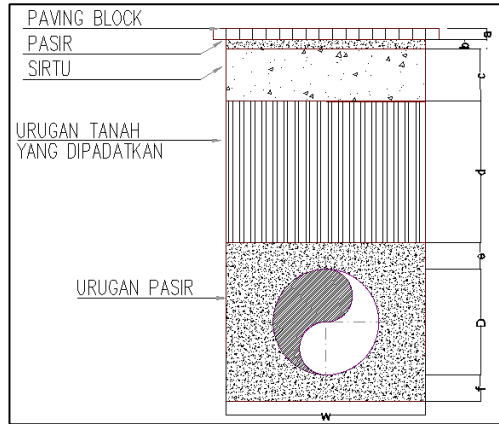
Berikut ini merupakan perhitungan kebutuhan pipa SPAL berdasarkan diameter pipa. Satu unit pipa memiliki panjang 6 m.

Tabel 8. 1 Perhitungan Jumlah Pipa

<b>Diameter</b>	<b>Panjang Total (m)</b>	<b>Jumlah Pipa</b>
104	6786	1131
152	1469,9	245
190,2	802,5	134
237,6	142,1	24
299,6	10	2

##### **8.1.2 Penanaman Pipa**

Penggalian pipa disesuaikan dengan kondisi jalan di wilayah perencanaan. Wilayah perencanaan memiliki tipe tanah alluvial berstruktur pejal dan cenderung liat. Bentuk galian persegi cocok untuk tipe tanah alluvial. Bentuk galian untuk jalan dapat dilihat pada Gambar 8.1.

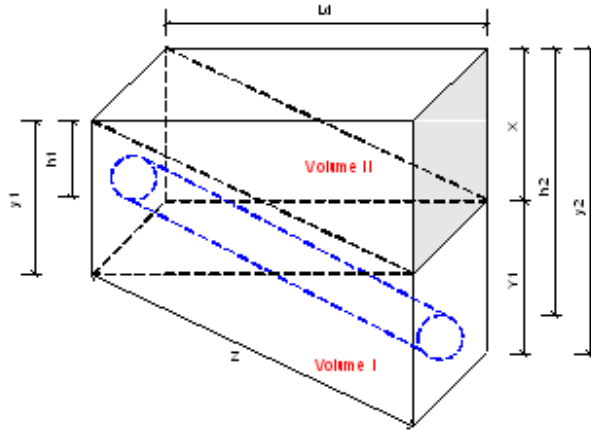


Gambar 8. 1 Galian Tanah pada Jalan Paving Block

Ketebalan setiap segmennya adalah sebagai berikut:

- $a$  = Paving block = 0,06 m
- $b$  = Pasir = 0,05 m
- $c$  = Pasir batu (sirtu) = 0,2 m
- $e$  = Urugan pasir di atas pipa = 0,15 m
- $D$  = Diameter pipa (m)
- $d$  = Urugan tanah yang dipadatkan (bervariasi)  
= Kedalaman penanaman pipa –  $(a+b+c+e+D)$
- $f$  = Urugan pasir di bawah pipa = 0,15 m
- $w$  = Lebar galian

Selanjutnya dihitung volume galian dan urugan yang dibutuhkan yang mengacu pada tipe galian di atas. Berikut adalah gambar bentuk galian pipa sepanjang saluran yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan volume galian dan urugan.



Gambar 8. 2 Bentuk Galian Penanaman Pipa SPALD

Berdasarkan gambar bentuk galian yang direncanakan, maka dapat dihitung volume galian dan urugan. Perhitungan volume galian dan urugan adalah sebagai berikut.

- $D$  = Diameter pipa (m)  
= 104 mm = 0,104 m
- $L_d$  = Panjang pipa (m)  
= 21,5 m
- $h_1$  = Kedalaman penanaman pipa awal (m)  
= 1,86 m
- $h_2$  = Kedalaman penanaman pipa akhir (m)  
= 1,86 m
- $d_1$  = Kedalaman penanaman pipa awal – (a + b + c + e + D)  
= 1,86 – (0,06 + 0,05 + 0,2 + 0,15 + 0,114)  
= 1,286 m
- $d_2$  = Kedalaman penanaman pipa akhir – (a + b + c + e + D)  
= 1,86 – (0,06 + 0,05 + 0,2 + 0,15 + 0,114)

- = 1,286 m
- $y_1$  = Kedalaman galian awal  
 $= a + b + c + d_1 + e + D + f$   
 $= 0,06 + 0,05 + 0,2 + 1,286 + 0,15 + 0,114 + 0,15$   
 $= 2,01 \text{ m}$
- $y_2$  = Kedalaman galian akhir  
 $= a + b + c + d_2 + e + D + f$   
 $= 0,06 + 0,05 + 0,2 + 1,286 + 0,15 + 0,114 + 0,15$   
 $= 2,01 \text{ m}$
- $x$  =  $y_2 - y_1$   
 $= 2,01 - 2,01 = 0 \text{ m}$
- $z$  =  $[(y_1)^2 + (Ld)^2]^{1/2}$   
 $= [(2,01)^2 + (21,5)^2]^{1/2} = 21,59 \text{ m}$
- $w$  = lebar galian  
 $= D + (2 \times 0,4)$   
 $= 0,114 + (2 \times 0,4) = 0,914 \text{ m}$
- Volume galian I =  $w \times y_1 \times z$   
 $= 0,914 \times 2,01 \times 21,59 = 39,67 \text{ m}^3$
- Volume galian II =  $\frac{1}{2} \times w \times x \times Ld$   
 $= \frac{1}{2} \times 0,914 \times 0 \times 21,5 = 0 \text{ m}^3$
- Volume galian total = volume galian I + volume galian II  
 $= 39,67 + 0 = 39,67 \text{ m}^3$
- Volume pipa =  $\frac{1}{4} \pi D^2 \times Ld$   
 $= \frac{1}{4} \pi (0,114)^2 \times 21,5 = 0,219 \text{ m}^3$
- Volume urugan pasir =  $[(w \times (e + D + f) \times Ld) - \text{volume pipa}] + (b \times w \times Ld)$   
 $= [(0,914 \times (0,15 + 0,114 + 0,15) \times 21,5) - 0,219] + (0,05 \times 0,914 \times 21,5)$   
 $= 8,89 \text{ m}^3$
- Volume urugan sirtu =  $c \times w \times Ld$   
 $= 0,2 \times 0,914 \times 21,5$   
 $= 3,93 \text{ m}^3$
- Luas paving =  $w \times Ld$   
 $= 0,914 \times 21,5$   
 $= 19,651 \text{ m}^2$
- Volume paving = Luas paving  $\times a$   
 $= 19,651 \times 0,06$   
 $= 1,18 \text{ m}^3$
- Volume urugan tanah = volume galian total – volume pipa – volume urugan pasir – volume urugan sirtu – volume paving

$$\begin{aligned}
 &= 39,67 - 0,219 - 8,89 - 3,93 - 1,18 \\
 &= 25,52 \text{ m}^3 \\
 \text{- Volume sisa galian tanah} &= \text{volume galian total} - \text{volume urugan tanah} \\
 &= 39,67 - 25,52 \\
 &= 14,23 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume penggalian dan pengurugan penanaman pipa dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. 2 BOQ Penanaman Pipa

No	Uraian	Satuan	Diameter Pakai (mm)				
			104	152	190,2	237,6	299,6
1	Panjang pipa	m	6785,80	1469,90	802,50	142,10	10,00
2	Volume galian	m3	7429,45	1755,72	996,91	185,00	13,90
3	Volume pengurangan pasir	m3	2633,13	675,81	406,47	80,34	6,44
4	Volume pengurangan sirtu	m3	1184,48	279,87	158,93	29,49	2,20
5	Volume pengurangan tanah kembali	m3	3200,87	689,42	361,04	60,03	3,90
6	Volume sisa galian	m3	4228,58	1066,30	635,87	124,97	10,00
7	Luas pemasangan paving	m2	355,34	83,96	47,68	8,85	0,00



### 8.1.4 Manhole

Ada 4 jenis manhole yang digunakan pada perencanaan ini, yaitu manhole lurus, manhole belokan, manhole pertigaan dan drop manhole. Perhitungan BOQ manhole dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. 3 Jumlah Manhole

Jenis Manhole	Jumlah
Manhole Lurus	42
Manhole Belokan	15
Manhole Pertigaan	35
Drop manhole	14
<b>Total</b>	<b>106</b>

Tabel 8. 4 BOQ Manhole

No	Uraian	Volume	Satuan
1	Galian tanah	9,28	m3
2	Urugan pasir, t = 10 cm	0,11	m3
3	Lantai kerja beton K.125, t = 5 cm	0,06	m3
4	Lantai dasar manhole, t = 30 cm beton bertulang K.250	0,34	m3
5	Dinding manhole, t = 30 cm beton bertulang K.250	4,24	m3
6	Benching beton K.250	0,18	m3
7	Penutup manhole (d = 60 cm)	1	buah

### 8.1.6 HSPK SPAL

Pada perencanaan ini analisa harga diperoleh dari HSPK Kota Surabaya Tahun 2019 yang disesuaikan dengan pekerjaan yang dibutuhkan. Harga satuan upah yang digunakan dalam perhitungan HSPK dapat dilihat pada Tabel 8.7. Untuk analisis harga satuan yang digunakan untuk pekerjaan SPALD dapat dilihat pada **Tabel 8.8** sampai **Tabel 8.10**.

Tabel 8. 5 Harga Satuan Upah

No	Jenis Pekerjaan	Upah Kerja
1	Mandor	Rp 171.000
2	Kepala tukang	Rp 171.000
3	Tukang	Rp 156.000
4	Pembantu tukang	Rp 145.000

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019.

Tabel 8. 6 Harga Satuan Material

No	Jenis Bahan	Satuan	Harga Satuan
1	Pasir urug	m3	Rp176.000
2	Pasir pasang	m3	Rp142.300
3	Pasir cor	m3	Rp265.300
4	Tanah urug	m3	Rp140.600
5	Sirtu	m3	Rp246.000
6	Paku biasa 2 - 5 inchi	Doz	Rp29.100,00
7	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	m3	Rp4.347.000,00
8	Kayu meranti bekisting	m3	Rp3.622.500,00
9	Besi siku L.30.30.1,8	Lonjor	Rp43.500,00
10	Plat besi/baja 244 x 122, tebal 1,8 mm	Lonjor	Rp514.800,00
11	Pekerjaan fabrikasi dan elektroda besi siku	Kg	Rp179.520,00
1	Pasir urug	m3	Rp176.000
2	Paving stone abu-abu persegi panjang tebal 6 cm	m2	Rp77.800
3	Bend 45o diameter 60 mm	Buah	Rp16.300
4	Bend 45o diameter 76 mm	Buah	Rp24.900
5	Bend 45o diameter 89 mm	Buah	Rp39.500
6	Bend 45o diameter 140 mm	Buah	Rp195.700

No	Jenis Bahan	Satuan	Harga Satuan
7	Semen PC 40 kg	Zak	Rp63.000
8	Semen PC 50 kg	Zak	Rp68.300
9	Batu bata merah kelas 1 (Uk. 22x11x4,5 cm)	Press	Rp800
10	Batu pecah mesin 1/2 cm	m3	Rp243.300
11	Biaya air	m3	Rp6
12	Aspal	m3	Rp50.000
13	Clamp diameter 60 mm	Buah	Rp5.200
14	Clamp diameter 76 mm	Buah	Rp7.700
15	Clamp diameter 89 mm	Buah	Rp9.800
16	Clamp diameter 140 mm	Buah	Rp10.000

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019.

Tabel 8. 7 Harga Pipa SPAL

No.	Jenis	ND		Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang efektif (m)	Harga (Rp)	
		mm	inch	OD	ID			Rp per meter	Rp per Batang
1	Class A	75*	3	90	86,4	1,8	6	34900	209400
2	Class B	75	3	90	83,6	3,2	6	62800	376800
3		100	4	110	104	3,2	6	68800	412800
4		150	6	160	152	3,2	6	133200	799200
5		200	8	200	190,2	4	6	203900	1223400
6		250	10	250	237,6	4,9	6	324100	1944600
7		300	12	315	299,6	6,2	6	504500	3027000
8		400	16	400	380,4	7,7	6	817100	4902600
9		500	20	500	475,6	9,8	6	1271100	7626600
10		600	24	630	599,4	12,2	6	2097600	12585560

Sumber: PT. Wahana Duta Jaya Rucika

## **8.2 RAB SPAL**

Berikut ini adalah RAB SPAL yang telah direncanakan dapat dilihat pada Tabel

Tabel 8. 8 RAB SPAL

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>1</b>	<b>Pekerjaan penanaman pipa diameter 104 mm</b>				
	Galian dengan permukaan paving blok (open trench)	m3	7429,45	Rp 120.750	Rp 897.106.000
	Pengangkutan tanah dari lubang galian	m3	7429,45	Rp 24.600	Rp 182.765.000
	Pengurugan pasir	m3	2633,13	Rp 259.500	Rp 683.299.000
	Pengurugan sirtu	m3	1184,48	Rp 339.451	Rp 402.072.000
	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	3200,87	Rp 225.820	Rp 722.821.000
	Pembuangan sisa galian	m3	4228,58	Rp 64.099	Rp 271.048.000
	Pemasangan paving	m2	355,34	Rp 208.828	Rp 74.206.000
	Pemasangan pipa air kotor diameter 114 mm	m	6786	Rp 11.467	Rp 77.811.000
	Jumlah				Rp 3.311.128.000

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>2</b>	<b>Pekerjaan penanaman pipa diameter 152 mm</b>				
	Galian dengan permukaan paving blok (open trench)	m3	7429,45	Rp 120.750	Rp 897.106.000
	Pengangkutan tanah dari lubang galian	m3	1755,72	Rp 24.600	Rp 43.191.000
	Pengurugan pasir	m3	675,81	Rp 259.500	Rp 175.374.000
	Pengurugan sirtu	m3	279,87	Rp 339.451	Rp 95.002.000
	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	689,42	Rp 225.820	Rp 155.685.000
	Pembuangan sisa galian	m3	1066,30	Rp 64.099	Rp 68.349.000
	Pemasangan paving	m2	83,96	Rp 208.828	Rp 17.534.000
	Pemasangan pipa air kotor diameter 152 mm	m	1469,90	Rp 22.200	Rp 32.632.000
	Jumlah				Rp 1.484.873.000

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
3	<b>Pekerjaan penanaman pipa diameter 190,2 mm</b>				
	Galian dengan permukaan paving blok (open trench)	m3	996,91	Rp 120.750	Rp 120.377.000
	Pengangkutan tanah dari lubang galian	m3	996,91	Rp 24.600	Rp 24.524.000
	Pengurugan pasir	m3	996,91	Rp 259.500	Rp 258.698.000
	Pengurugan sirtu	m3	996,91	Rp 339.451	Rp 338.402.000
	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	996,91	Rp 225.820	Rp 225.122.000
	Pembuangan sisa galian	m3	996,91	Rp 64.099	Rp 63.901.000
	Pemasangan paving	m2	996,91	Rp 208.828	Rp 208.183.000
	Pemasangan pipa air kotor diameter 114 mm	m	803	Rp 33.983	Rp 27.272.000
	Jumlah				Rp 1.266.479.000

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
4	<b>Pekerjaan penanaman pipa diameter 237,6 mm</b>				
	Galian dengan permukaan paving blok (open trench)	m3	185,00	Rp 120.750	Rp 22.340.000
	Pengangkutan tanah dari lubang galian	m3	185,00	Rp 24.600	Rp 4.552.000
	Pengurugan pasir	m3	185,00	Rp 259.500	Rp 48.009.000
	Pengurugan sirtu	m3	185,00	Rp 339.451	Rp 62.800.000
	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	185,00	Rp 225.820	Rp 41.778.000
	Pembuangan sisa galian	m3	185,00	Rp 64.099	Rp 11.859.000
	Pemasangan paving	m2	185,00	Rp 208.828	Rp 38.634.000
	Pemasangan pipa air kotor diameter 114 mm	m	142	Rp 54.017	Rp 7.676.000
	Jumlah				Rp 237.648.000



No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
5	<b>Pekerjaan penanaman pipa diameter 299,6 mm</b>				
	Galian dengan permukaan paving blok (open trench)	m3	13,90	Rp 120.750	Rp 1.679.000
	Pengangkutan tanah dari lubang galian	m3	13,90	Rp 24.600	Rp 342.000
	Pengurugan pasir	m3	13,90	Rp 259.500	Rp 3.607.000
	Pengurugan sirtu	m3	13,90	Rp 339.451	Rp 4.718.000
	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	13,90	Rp 225.820	Rp 3.139.000
	Pembuangan sisa galian	m3	13,90	Rp 64.099	Rp 891.000
	Pemasangan pipa air kotor diameter 114 mm	m	10	Rp 84.083	Rp 841.000
	Jumlah				Rp 15.217.000

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
----	--------	--------	--------	--------------	--------------

<b>6</b>	<b>Pekerjaan manhole</b>				
	Jumlah manhole	buah	106		
	Galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	9,28	Rp 120.750	Rp 118.824.000
	Dinding manhole beton K-250, t = 30 cm	m3	6,06	Rp 1.160.044	Rp 745.166.000
	Pembuatan benching manhole beton K-250	m3	0,18	Rp 1.160.044	Rp 22.134.000
	Lantai dasar manhole beton K-250, t = 30 cm	m3	0,34	Rp 1.160.044	Rp 41.808.000
	Lantai kerja beton K-100, t = 5 cm	m3	0,06	Rp 865.721	Rp 5.506.000
	Pengurugan pasir, t = 10 cm	m3	0,11	Rp 259.500	Rp 3.026.000
	Pembuangan sisa galian	m3	12,56	Rp 64.099	Rp 85.339.000
	Pemasangan tutup manhole	buah	1	Rp 305.357	Rp 32.368.000
		Jumlah			Rp 1.054.171.000

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>7</b>	<b>Pekerjaan sambungan rumah</b>				
	Jumlah sambungan rumah	SR	5383		
	Pengukuran dan pemasangan bouwplank	Titik	4	Rp117.209	Rp2.523.745.000
	Penggalian tanah	m3	1,88	Rp120.750	Rp1.221.995.000
	Pengurugan pasir	m3	0,88	Rp259.500	Rp1.229.262.000
	Pengurugan tanah	m3	1,01	Rp225.820	Rp1.227.745.000
	Pembuangan tanah keluar lokasi proyek	m3	0,98	Rp64.099	Rp338.145.000
	Pekerjaan pemasangan pipa d = 100 mm	m	10	Rp111.740	Rp6.014.965.000
	Pengerugan lumpur, t air = 30 cm	m3	0,94	Rp41.000	Rp207.461.000
	Pembersihan dan perapihan lokasi pekerjaan	m2	9,14	Rp12.250	Rp602.708.000
	Jumlah				Rp13.366.026.000

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>8</b>	<b>Pekerjaan grease trap</b>				
	Jumlah grease trap	buah	5383		
	Galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	0,08	Rp 120.750	Rp 52.000.000
	Pengurugan pasir	m3	0,01	Rp 259.500	Rp 13.969.000
	Pemasangan batu-bata	m2	1	Rp 152.093	Rp 818.717.000
	Lantai kerja beton K-100, t = 5 cm	m3	0	Rp 865.721	-
	Cover, beton bertulang K-100	m3	0	Rp 968.496	-
	Jumlah				Rp 884.686.000
<b>9</b>	<b>Pompa</b>				
	Pompa submersible Ebara DL.50DLAS.75DLJ	buah	2	Rp 17.500.000	Rp 35.000.000
	Pompa submersible Ebara 50 DL5.75	buah	2	Rp 38.000.000	Rp 76.000.000
	Pompa submersible Ebara DL.50DLAS.75DLJ	buah	2	Rp 17.500.000	Rp 35.000.000
	Pompa submersible Ebara 80DL.DLA.DLJ52.2	buah	2	Rp 37.180.000	Rp 74.360.000
	Jumlah				Rp 220.360.000

### 8.3 BOQ IPAL

#### 8.3.1 Sumur Pengumpul

Contoh perhitungan BOQ dari sumur pengumpul adalah sebagai berikut.

##### Diketahui:

- Jumlah sumur = 1 buah
- Panjang = 5 m
- Lebar = 2,5 m
- Kedalaman = 4,48 m
- Tebal plat dasar = 0,3 m
- Lebar sepatu lantai = 0,3 m
- Tebal dinding beton = 0,3 m
- Tebal lapisan pasir = 0,1 m
- Tebal lantai kerja = 0,05 m

##### Perhitungan:

- Luas permukaan =  $2,5 \times 5 = 12,5 \text{ m}^2$
- Panjang total = Panjang + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 5 + 0,3 + 0,3 = 5,6 \text{ m}$
- Lebar total = Lebar + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 2,5 + 0,3 + 0,3 = 3,1 \text{ m}$
- Kedalaman gali = Kedalaman total + tebal pasir + tebal lantai kerja + tebal plat bawah  
 $= 4,48 + 0,1 + 0,05 + 0,3 = 4,93 \text{ m}$
- **Pekerjaan pembersihan lapangan**  
Luas total = Panjang total x lebar total  
 $= 5,6 \times 3,1 = 17,36 \text{ m}^2$
- **Penggalian tanah dengan alat berat**  
Volume galian = As total x kedalaman total  
 $= 17,36 \times 4,93 = 85,5 \text{ m}^3$
- **Pengurangan pasir dengan pemadatan**  
Volume pasir = Luas total alas x tebal pasir  
 $= 17,36 \times 0,1 = 1,736 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan beton K-100 (untuk lantai kerja)**  
Volume lantai kerja = Luas total x tebal lantai kerja

$$= 17,36 \times 0,05 = 0,686 \text{ m}^3$$

- **Pekerjaan beton K-250**

Untuk dinding bangunan

$$\begin{aligned} \text{Volume dinding} &= (2 \times (\text{Tebal dinding} \times \text{kedalaman} \times \\ &\text{panjang})) + (2 \times (\text{Tebal dinding} \times \text{kedalaman} \times \text{lebar})) \\ &= (2 \times (0,3 \times 4,48 \times 5)) + (2 \times (0,3 \times 4,48 \\ &\times 2,5)) \end{aligned}$$

$$= 20,16 \text{ m}^3$$

Untuk plat bawah

$$\begin{aligned} \text{Volume plat bawah} &= \text{As} \times \text{tebal plat bawah} \\ &= 7,36 \times 0,3 = 2,208 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume total beton} = 20,16 + 2,208 = 22,368 \text{ m}^3$$

- **Pekerjaan pengangkutan tanah keluar proyek**

Volume tanah yang dibuang = volume tanah yang digali

$$\text{Volume tanah yang dibuang} = 85,5 \text{ m}^3$$

- **Pekerjaan pembersihan dengan besi beton (polos)**

Berat besi satuan = 110 kg/m<sup>3</sup>

Volume pembetonan = 22,368 m<sup>3</sup>

Berat besi total = Volume pembetonan x berat besi satuan

$$= 22,368 \times 110 = 2460,48 \text{ kg}$$

- **Pekerjaan bekisting sloof**

As bekisting sloof = (Tebal dinding x panjang x 2) + (tebal dinding x lebar x 2)

$$\begin{aligned} &= (0,3 \times 5 \times 2) + (0,3 \times 2,5 \times 2) \\ &= 4,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Pekerjaan bekisting dinding**

As bekisting dinding = (Kedalaman x lebar x 2) + (kedalaman x panjang x 2)

$$\begin{aligned} &= (4,48 \times 2,5 \times 2) + (4,48 \times 5 \times 2) \\ &= 67,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Pekerjaan bekisting lantai**

As bekisting lantai = Panjang x lebar

$$\begin{aligned} &= 5 \times 2,5 \\ &= 12,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- **Pekerjaan pompa**

Jumlah pompa = 2 buah

Harga pompa submersible = Rp 17.500.000

- **Pekerjaan bouwplank**

Jumlah titik = 4 titik

Hasil perhitungan BOQ unit sumur pengumpul dapat dilihat pada Tabel 8.9.

Tabel 8. 9 BOQ Sumur Pengumpul

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Jumlah bak	buah	1
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	17,36
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	85,5
4	Pengurangan pasir dengan pemadatan	m3	1,736
5	Pekerjaan beton K-100	m3	0,686
6	Pekerjaan beton K-250	m3	20,368
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	85,5
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	2460,48
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	4,5
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	67,2
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	12,5
12	Pekerjaan pemasangan pompa	buah	2
13	Pekerjaan bouwplank	titik	4

### 8.3.2 ABR

Contoh perhitungan BOQ dari ABR adalah sebagai berikut.

#### Diketahui:

- Jumlah ABR = 8 buah
- Panjang = 15,6 m
- Lebar = 5,8 m
- Kedalaman = 3 m
- Tebal plat dasar = 0,3 m
- Lebar sepatu lantai = 0,3 m
- Tebal dinding beton = 0,3 m
- Tebal lapisan pasir = 0,1 m
- Tebal lantai kerja = 0,05 m

#### Perhitungan:

- Luas permukaan =  $15,6 \times 5,8$  = 90,48 m<sup>2</sup>

- Panjang total = Panjang + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 15,6 + 0,3 + 0,3 = 16,2 \text{ m}$
- Lebar total = Lebar + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 5,8 + 0,3 + 0,3 = 6,4 \text{ m}$
- Kedalaman gali = Kedalaman total + tebal pasir + tebal lantai kerja + tebal plat bawah  
 $= 3 + 0,1 + 0,05 + 0,3 = 3,45 \text{ m}$
- **Pekerjaan pembersihan lapangan**  
 Luas total = Panjang total x lebar total  
 $= 16,2 \times 6,4 = 103,68 \text{ m}^2$
- **Penggalian tanah dengan alat berat**  
 Volume galian = As total x kedalaman total  
 $= 103,68 \times 3,45 = 357,69 \text{ m}^3$
- **Pengurugan pasir dengan pemadatan**  
 Volume pasir = Luas total alas x tebal pasir  
 $= 103,68 \times 0,1 = 10,368 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan beton K-100 (untuk lantai kerja)**  
 Volume lantai kerja = Luas total x tebal lantai kerja  
 $= 103,68 \times 0,05 = 5,184 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan beton K-250**  
 Untuk dinding bangunan  
 Volume dinding =  $(2 \times (\text{Tebal dinding} \times \text{kedalaman} \times \text{panjang})) + (2 \times (\text{Tebal dinding} \times \text{kedalaman} \times \text{lebar}))$   
 $= (2 \times (0,3 \times 3,45 \times 15,6)) + (2 \times (0,3 \times 3,45 \times 5,8)) = 44,3 \text{ m}^3$   
 Untuk plat bawah  
 Volume plat bawah = As x tebal plat bawah  
 $= 103,68 \times 0,3 = 3,10 \text{ m}^3$   
 Volume total beton =  $44,3 + 3,10 = 47,4 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan pengangkutan tanah keluar proyek**  
 Volume tanah yang dibuang = volume tanah yang digali  
 Volume tanah yang dibuang =  $357,6 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)**  
 Berat besi satuan =  $110 \text{ kg/m}^3$   
 Volume pembetonan =  $47,4 \text{ m}^3$



- Berat besi total = Volume pembeconan x berat besi satuan  
= 47,4 x 110 = 5214 kg
- **Pekerjaan bekisting sloof**  
As bekisting sloof = (Tebal dinding x panjang x 2) + (tebal dinding x lebar x 2)  
= (0,3 x 15,6 x 2) + (0,3 x 5,8 x 2)  
= 12,84 m<sup>2</sup>
  - **Pekerjaan bekisting dinding**  
As bekisting dinding = (Kedalaman x lebar x 2) + (kedalaman x panjang x 2)  
= (3 x 5,8 x 2) + (3 x 15,6 x 2)  
= 128,4 m<sup>2</sup>
  - **Pekerjaan bekisting lantai**  
As bekisting lantai = Panjang x lebar  
= 15,6 x 5,8  
= 90,48 m<sup>2</sup>
  - **Pekerjaan bouwplank**  
Jumlah titik = 4 titik
  - **Pekerjaan Pipa Air Limbah**

Hasil perhitungan BOQ unit ABR dapat dilihat pada Tabel 8.9.

Tabel 8. 10 BOQ ABR

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Jumlah bak	buah	8
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m <sup>2</sup>	103,68
3	Penggalian dengan tanah berat	m <sup>3</sup>	357,69
4	Pengurangan pasir dengan pemadatan	m <sup>3</sup>	10,368
5	Pekerjaan beton K-100	m <sup>3</sup>	5,184
6	Pekerjaan beton K-250	m <sup>3</sup>	47,4
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m <sup>3</sup>	357,69
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	5214
9	Pekerjaan bekisting sloof	m <sup>2</sup>	12,84

10	Pekerjaan bekisting dinding	m <sup>2</sup>	128,4
11	Pekerjaan bekisting lantai	m <sup>2</sup>	90,48

### 8.3.3 Aerobic Biofilter

Contoh perhitungan BOQ dari sumur pengumpul adalah sebagai berikut.

#### Diketahui:

- Jumlah sumur = 8 buah
- Panjang = 7,15 m
- Lebar = 5,8 m
- Kedalaman = 3 m
- Tebal plat dasar = 0,3 m
- Lebar sepatu lantai = 0,3 m
- Tebal dinding beton = 0,3 m
- Tebal lapisan pasir = 0,1 m
- Tebal lantai kerja = 0,05 m

#### Perhitungan:

- Luas permukaan =  $7,15 \times 5,8 = 41,47 \text{ m}^2$
- Panjang total = Panjang + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 7,1 + 0,3 + 0,3 = 7,7 \text{ m}$
- Lebar total = Lebar + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 5,8 + 0,3 + 0,3 = 6,4 \text{ m}$
- Kedalaman gali = Kedalaman total + tebal pasir + tebal lantai kerja + tebal plat bawah  
 $= 3 + 0,1 + 0,05 + 0,3 = 3,45 \text{ m}$
- **Pekerjaan pembersihan lapangan**  
 Luas total = Panjang total x lebar total  
 $= 7,7 \times 6,4 = 49,28 \text{ m}^2$
- **Penggalian tanah dengan alat berat**  
 Volume galian = As total x kedalaman total  
 $= 49,28 \times 3,45 = 170,01 \text{ m}^3$
- **Pengurangan pasir dengan pemadatan**  
 Volume pasir = Luas total alas x tebal pasir  
 $= 170,01 \times 0,1 = 17,00 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan beton K-100 (untuk lantai kerja)**

- Volume lantai kerja = Luas total x tebal lantai kerja  
= 170,01 x 0,05 = 8,5  
m<sup>3</sup>
- **Pekerjaan beton K-250**  
Untuk dinding bangunan  
Volume dinding = (2 x (Tebal dinding x kedalaman x panjang)) + (2 x (Tebal dinding x kedalaman x lebar))  
= (2 x (0,3 x 3 x 7,15)) + (2 x (0,3 x 3 x 5,8))  
= 23,31 m<sup>3</sup>
  - Untuk plat bawah  
Volume plat bawah = As x tebal plat bawah  
= 49,28 x 0,3 = 14,78 m<sup>3</sup>
  - Volume total beton = 23,31 + 14,78 = 38,09 m<sup>3</sup>
  - **Pekerjaan pengangkutan tanah keluar proyek**  
Volume tanah yang dibuang = volume tanah yang digali  
Volume tanah yang dibuang = 170,01 m<sup>3</sup>
  - **Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)**  
Berat besi satuan = 110 kg/m<sup>3</sup>  
Volume pembetonan = 38,09 m<sup>3</sup>  
Berat besi total = Volume pembetonan x berat besi satuan  
= 38,09 x 110 = 4189,9 kg
  - **Pekerjaan bekisting sloof**  
As bekisting sloof = (Tebal dinding x panjang x 2) + (tebal dinding x lebar x 2)  
= (0,3 x 7,15 x 2) + (0,3 x 5,8 x 2)  
= 7,77 m<sup>2</sup>
  - **Pekerjaan bekisting dinding**  
As bekisting dinding = (Kedalaman x lebar x 2) + (kedalaman x panjang x 2)  
= (3 x 5,8 x 2) + (3 x 7,1 x 2)  
= 77,4 m<sup>2</sup>
  - **Pekerjaan bekisting lantai**  
As bekisting lantai = Panjang x lebar  
= 7,15 x 5,8  
= 41,47 m<sup>2</sup>
  - **Blower dan diffuser**  
Blower = 5

Diffuser = 23

- **Pekerjaan bouwplank**

Jumlah titik = 4 titik

Hasil perhitungan BOQ unit aerobic biofilter dapat dilihat pada Tabel 8.9.

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Jumlah bak	buah	8
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	49,28
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	170,01
4	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m3	17
5	Pekerjaan beton K-100	m3	8,5
6	Pekerjaan beton K-250	m3	23,31
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	170,01
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	4189,9
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	7,77
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	77,4
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	41,47
12	Diffuser	buah	23
13	Blower	buah	5
14	Pekerjaan bouwplank	titik	4

### 8.3.4 Desinfeksi

Contoh perhitungan BOQ dari unit disinfeksi adalah sebagai berikut.

**Diketahui:**

- Jumlah tangki = 2 buah
- Panjang = 5 m
- Lebar = 5 m
- Kedalaman total = 2 m
- Tebal plat dasar = 0,3 m
- Lebar sepatu lantai = 0,3 m
- Tebal dinding beton = 0,3 m
- Tebal lapisan pasir = 0,1 m

- Tebal lantai kerja = 0,05 m

**Perhitungan:**

- Luas permukaan =  $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$
- Panjang total = Panjang + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 5 + 0,3 + 0,3 = 5,6 \text{ m}$
- Lebar total = Lebar + tebal dinding + tebal sepatu lantai  
 $= 5 + 0,3 + 0,3 = 5,6 \text{ m}$
- Kedalaman gali = Kedalaman total + tebal pasir + tebal lantai kerja + tebal plat bawah  
 $= 2 + 0,1 + 0,05 + 0,3 = 2,45 \text{ m}$
- **Pekerjaan pembersihan lapangan**  
 Luas total = Panjang total x lebar total  
 $= 5,6 \times 5,6 = 31,36 \text{ m}^2$
- **Penggalian tanah dengan alat berat**  
 Volume galian = As total x kedalaman gali total  
 $= 31,36 \times 2,45 = 76,83 \text{ m}^3$
- **Pengurugan pasir dengan pemadatan**  
 Volume pasir = Luas total alas x tebal pasir  
 $= 31,36 \times 0,1 = 3,136 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan beton K-100 (untuk lantai kerja)**  
 Volume lantai kerja = Luas total x tebal lantai kerja  
 $= 31,36 \times 0,05 = 1,568 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan beton K-250**  
 Untuk dinding bangunan  
 Volume dinding =  $(2 \times (\text{Tebal dinding} \times \text{kedalaman} \times \text{panjang})) + (2 \times (\text{Tebal dinding} \times \text{kedalaman} \times \text{lebar}))$   
 $= (2 \times (0,3 \times 2 \times 5)) + (2 \times (0,3 \times 2 \times 5))$   
 $= 12 \text{ m}^3$   
 Untuk plat bawah  
 Volume plat bawah = As total x tebal plat bawah  
 $= 31,36 \times 0,3 = 9,40 \text{ m}^3$

- Untuk sekat = Tebal sekat x panjang sekat x jumlah sekat x kedalaman sekat  
 $= 0,1 \times (5 - 0,4) \times (13 - 1) \times 2$   
 $= 11,04 \text{ m}^3$
- Volume total beton =  $12 + 9,40 + 11,04 = 32,44 \text{ m}^3$
- **Pekerjaan pengangkutan tanah keluar proyek**  
 Volume tanah yang dibuang = volume tanah yang digali  
 Volume tanah yang dibuang =  $76,83 \text{ m}^3$
  - **Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)**  
 Berat besi satuan =  $110 \text{ kg/m}^3$   
 Volume pembetonan =  $32,44 \text{ m}^3$   
 Berat besi total = Volume pembetonan x berat besi satuan  
 $= 32,44 \times 110 = 3568,4 \text{ kg}$
  - **Pekerjaan bekisting sloof**  
 As bekisting sloof = (Tebal dinding x panjang x 2) + (tebal dinding x lebar x 2)  
 $= (0,3 \times 5 \times 2) + (0,3 \times 5 \times 2)$   
 $= 6 \text{ m}^2$
  - **Pekerjaan bekisting dinding**  
 As bekisting dinding = (Kedalaman x lebar x 2) + (kedalaman x panjang x 2)  
 $= (2 \times 5 \times 2) + (2 \times 5 \times 2)$   
 $= 40 \text{ m}^2$
  - **Pekerjaan bekisting lantai**  
 As bekisting lantai = Panjang x lebar  
 $= 5 \times 5$   
 $= 25 \text{ m}^2$
  - **Pekerjaan bouwplank**  
 Jumlah titik = 4 titik
  - **Sistem pembubuhan**  
 Jumlah dosing pump = 1 buah

Hasil perhitungan BOQ unit disinfeksi dapat dilihat pada **Tabel 8.19.**

Tabel 8. 11 BOQ Unit Disinfeksi

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Jumlah bak	buah	2
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	31,36
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	76,83
4	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m3	3,136
5	Pekerjaan beton K-100	m3	1,568
6	Pekerjaan beton K-250	m3	12
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	76,83
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	3568,4
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	12
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	40
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	25
12	Pekerjaan bouwplank	titik	4
13	Tandon pembubuh	buah	1
14	Dosing pump	buah	1

### 8.3.5 HSPK IPAL

Harga satuan yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 8.21** sampai **Tabel 8.23**.

Tabel 8. 12 Harga Satuan Pekerja

No	Jenis Pekerjaan	Upah Kerja
1	Mandor	Rp 180.000
2	Kepala tukang	Rp 180.000
3	Tukang	Rp 165.000
4	Pembantu tukang	Rp 155.000
5	Tenaga kasar	Rp 155.000

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019.

Tabel 8. 13 Harga Satuan Material

No	Jenis Bahan	Satuan	Harga Satuan
1	Pasir urug	m3	Rp 176.000
2	Pasir cor	m3	Rp 265.300
3	Paku usuk	Kg	Rp 14.800,00
4	Tanah urug	m3	Rp 140.600,00

5	Minyak bekisting	Liter	Rp	30.100,00
6	Besi beton polos	Kg	Rp	13.500,00
7	Kawat beton	Kg	Rp	25.900,00
8	Paku biasa 2 - 5 inchi	Doz	Rp	29.100,00
9	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	m3	Rp	4.347.000,00
10	Kayu meranti bekisting	m3	Rp	3.622.500,00
11	Bambu bongkolan dia. 10 - 12 cm, P 3 m	Batang	Rp	23.900,00
12	Plywood Uk. 122 x 9 mm	Lembar	Rp	105.000,00
13	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m3	Rp	4.968.000,00
14	Semen PC 40 kg	Zak	Rp	63.000
15	Batu pecah mesin 1/2 cm	m3	Rp	243.300
16	Biaya air	m3	Rp	6

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019.

Tabel 8. 14 Harga Satuan Alat

No	Jenis Alat	Satuan	Harga Satuan
1	Sewa escavator 6 m3	Jam	Rp 153.300
2	Sewa dump truck 5 ton	Jam	Rp 70.000
3	Sewa alat bantu 1 set @ 3 alat	m3	Rp 1.100
4	Decanter	Buah	Rp 9.913.750
5	Disk diffuser 26 cm	Buah	Rp 140.000
6	Blower	Buah	Rp 14.148.337
7	Bar screen	Buah	Rp 16.000.000
8	Tandon	Buah	Rp 1.900.000
9	Dosing pump	Buah	Rp 10.600.000
10	Pompa celup	Buah	Rp 4.880.000
11	Pompa ulir	Buah	Rp 150.000.000

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019



Tabel 8. 15 Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) IPALD

No	Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>1</b>	<b>Pengangkutan tanah keluar proyek</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Pembantu tukang	0,2524069	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 36.599,00
	Sewa peralatan:			Jumlah:	Rp 46.599,00
	Sewa dump truck 5 ton	0,25	jam	Rp 70.000,00	Rp 17.500,00
				Jumlah:	Rp 17.500,00
				Nilai HSPK:	Rp 64.099,00
<b>2</b>	<b>Penggalian tanah biasa untuk konstruksi</b>				
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,02520409	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 4.309,90
	Pembantu tukang	0,7572207	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 109.797,00
				Jumlah:	Rp 114.106,90
				Nilai HSPK:	Rp 114.106,90

<b>3</b>	<b>Penggalian tanah dengan alat berat</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0070572	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 1.206,77
	Pembantu tukang	0,2281758	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 33.085,50
				Jumlah:	Rp 34.292,27
	Sewa peralatan:				
	Sewa dump truck 5 ton	0,067	Jam	Rp 70.000,00	Rp 4.690,00
	Sewa escavator	0,067	Jam	Rp 153.333,00	Rp 10.273,31
				Jumlah:	Rp 14.963,31
				Nilai HSPK:	Rp 49.255,58
<b>4</b>	<b>Pengurugan tanah dengan pemadatan</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0100816	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 1.723,96
	Pembantu tukang	0,3028883	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 43.918,80
				Jumlah:	Rp 45.642,76
	Bahan:				
	Tanah urug	1,2	m3	Rp 140.667,00	Rp 168.800,40
				Jumlah:	Rp 168.800,40
	Sewa peralatan:				
	Sewa alat bantu 1 set @ 3 alat	8	m3	Rp 1.100,00	Rp 8.800,00
				Jumlah:	Rp 8.800,00
				Nilai HSPK:	Rp 223.243,16

<b>5</b>	<b>Pengurangan pasir (PADAT)</b>		<b>m3</b>		
	Upah				
	Kepala tukang/mandor	0,01008164	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 1.723,96
	Pembantu tukang	0,30288828	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 43.918,80
				Jumlah:	Rp 45.642,76
	Bahan:				
	Pasir urug	1,2	m3	Rp 177.000,00	Rp 212.400,00
				Jumlah:	Rp 212.400,00
				Nilai HSPK:	Rp 258.042,76
<b>6</b>	<b>Pengurangan sirtu (PADAT)</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,02520409	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 4.309,90
	Pembantu tukang	0,2524069	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 36.599,00
				Jumlah:	Rp 40.908,90
	Bahan:				
	Sirtu	1,2	m3	Rp 205.000,00	Rp 246.000,00
				Jumlah:	Rp 246.000,00
	Sewa peralatan:				

	Sewa stemper	0,0088	Jam	Rp 113.700,00	Rp 1.000,56
				Jumlah:	Rp 1.000,56
				Nilai HSPK:	Rp 287.909,46

<b>7</b>	<b>Pemasangan pipa air kotor diameter 4"</b>		<b>m</b>		
	Upah:				
	Kepala/tukang mandor	0,0041335	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 706,83
	Kepala/tukang mandor	0,0136102	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 2.327,34
	Tukang	0,1362081	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 21.248,46
	Pembantu tukang	0,0817798	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 11.858,07

				Jumlah:	Rp 36.140,71
	Bahan:				
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 4" pj 4 m	0,3	Batang	Rp 182.080,00	Rp 54.624,00
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 4" pj 4 m	0,105	Batang	Rp 182.080,00	Rp 19.118,40
				Jumlah:	Rp 73.742,40
				Nilai HSPK:	Rp 109.883,11
<b>8</b>	<b>Pemasangan pipa air kotor diameter 5"</b>		<b>m</b>		
	Upah:				
	Kepala/tukang mandor	0,0041335	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 706,83
	Kepala/tukang mandor	0,0136102	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 2.327,34
	Tukang	0,1362081	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 21.248,46
	Pembantu tukang	0,0817798	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 11.858,07
				Jumlah:	Rp 36.140,71
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 5" pj 4 m	0,3	Batang	Rp 297.400,00	Rp 89.220,00
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 5" pj 4 m	0,105	Batang	Rp 297.400,00	Rp 31.227,00
				Jumlah:	Rp 120.447,00
				Nilai HSPK:	Rp 132.305,07
9	Pemasangan pipa air kotor diameter 6"		m		
	Upah:				
	Kepala/tukang mandor	0,0041335	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 706,83
	Kepala/tukang mandor	0,0136102	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 2.327,34
	Tukang	0,1362081	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 21.248,46
	Pembantu tukang	0,0817798	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 11.858,07
				Jumlah:	Rp 36.140,71

	Pipa plastik PVC tipe D uk. 6" pj 4 m	0,3	Batang	Rp 361.240,00	Rp 108.372,00
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 6" pj 4 m	0,105	Batang	Rp 361.240,00	Rp 37.930,20
				Jumlah:	Rp 146.302,20
				Nilai HSPK:	Rp 158.160,27
10	Pemasangan pipa air kotor diameter 8"		m		
	Upah:				
	Kepala/tukang mandor	0,0041335	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 706,83
	Kepala/tukang mandor	0,0136102	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 2.327,34
	Tukang	0,1362081	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 21.248,46
	Pembantu tukang	0,0817798	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 11.858,07
				Jumlah:	Rp 36.140,71
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 8" pj 4 m	0,3	Batang	Rp 638.880,00	Rp 191.664,00
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 8" pj 4 m	0,105	Batang	Rp 638.880,00	Rp 67.082,40
				Jumlah:	Rp 258.746,40
				Nilai HSPK:	Rp 270.604,47

11	<b>Pemasangan pipa air kotor diameter 10"</b>		<b>m</b>		
	Upah:				
	Kepala/tukang mandor	0,0041335	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 706,83
	Kepala/tukang mandor	0,0136102	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 2.327,34
	Tukang	0,1362081	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 21.248,46

	Pembantu tukang	0,0817798	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 11.858,07
				Jumlah:	Rp 36.140,71
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 12" pj 4 m	0,3	Batang	Rp 1.114.920,00	Rp 334.476,00
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 12" pj 4 m	0,105	Batang	Rp 1.114.920,00	Rp 117.066,60
				Jumlah:	Rp 451.542,60
				Nilai HSPK:	Rp 463.400,67
<b>12</b>	<b>Pemasangan pipa air kotor diameter 12"</b>		<b>m</b>		
	Upah:				
	Kepala/tukang mandor	0,0041335	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 706,83
	Kepala/tukang mandor	0,0136102	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 2.327,34
	Tukang	0,1362081	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 21.248,46
	Pembantu tukang	0,0817798	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 11.858,07
				Jumlah:	Rp 36.140,71
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 12" pj 4 m	0,3	Batang	Rp 1.519.600,00	Rp 455.880,00
	Pipa plastik PVC tipe D uk. 12" pj 4 m	0,105	Batang	Rp 1.519.600,00	Rp 159.558,00
				Jumlah:	Rp 615.438,00

				Nilai HSPK:	Rp 627.296,07
--	--	--	--	-------------	------------------

<b>13</b>	<b>Pemasangan paving stone (blok) tbl. 6 cm abu-abu empat persegi panjang</b>		<b>m2</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0504082	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 8.619,80
	Tukang	0,5044744	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 78.698,01
	Pembantu tukang	0,2524069	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 36.599,00



				Jumlah:	Rp 123.916,81
	Bahan/material:				
	Paving stone abu-abu persegi panjang tbl. 6 cm	1,01	m2	Rp 77.800,00	Rp 78.578,00
				Jumlah:	Rp 78.578,00
					Rp 202.494,81
				Nilai HSPK:	
<b>14</b>	<b>Pembongkaran paving dipakai kembali</b>		<b>m2</b>		
	Upah:				
	Tenaga kasar	0,0201912	Orang hari	Rp 146.000,00	Rp 2.947,92
				Jumlah:	Rp 2.947,92
				Nilai HSPK:	Rp 2.947,92

<b>15</b>	<b>Pengaspalan jalan kembali</b>		<b>m2</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,006	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 1.026,00
	Pembantu tukang	0,12	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 17.400,00
				Jumlah:	Rp 18.426,00
	Sewa peralatan				
	Sewa vibrator roller min. 5 jam	0,0152	Jam	Rp 149.000,00	Rp 2.271,00
				Jumlah:	Rp 2.271,00
				Nilai HSPK:	Rp 20.697,00
<b>16</b>	<b>Penyediaan bahan aspal</b>		<b>m3</b>		

	Bahan:				
	Aspal	1	m3	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
				Jumlah:	Rp 50.000,00
				Nilai HSPK:	Rp 50.000,00

<b>17</b>	<b>Pekerjaan beton K-100</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0282286	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 4.827,09
	Tukang	0,2774609	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 43.283,90
	Pembantu tukang	1,6658855	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 241.553,40
				Jumlah:	Rp 289.664,39
	Bahan:				
	Semen PC 40 Kg	6,175	Zak	Rp 58.500,00	Rp 361.237,50
	Pasir cor	0,543125	m3	Rp 272.500,00	Rp 148.001,56

	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5257895	m3	Rp 278.000,00	Rp 146.169,48
	Biaya air	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
				Jumlah:	Rp 656.698,54
				Nilai HSPK:	Rp 946.362,93
<b>18</b>	<b>Pekerjaan beton K-125</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0282286	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 4.827,09
	Tukang	0,2774609	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 43.283,90
	Pembantu tukang	1,6658855	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 241.553,40
				Jumlah:	Rp 289.664,39
	Bahan:				
	Semen PC 40 Kg	6,9	Zak	Rp 58.500,00	Rp 403.650,00
	Pasir cor	0,5175	m3	Rp 272.500,00	Rp 141.018,75
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5326316	m3	Rp 278.000,00	Rp 148.071,58
	Biaya air	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
				Jumlah:	Rp 694.030,33
				Nilai HSPK:	Rp 983.694,72

<b>19</b>	<b>Pekerjaan beton K-175</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0282286	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 4.827,09
	Tukang	0,2774609	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 43.283,90
	Pembantu tukang	1,6658855	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 241.553,40
				Jumlah:	Rp 289.664,39
	Bahan:				
	Semen PC 40 Kg	8,15	Zak	Rp 58.500,00	Rp 476.775,00
	Pasir cor	0,480625	m3	Rp 272.500,00	Rp 130.970,31
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5415789	m3	Rp 278.000,00	Rp 150.558,93
	Biaya air	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
				Jumlah:	Rp 759.594,25
				Nilai HSPK:	Rp 1.049.258,64

<b>20</b>	<b>Pekerjaan beton K-250</b>		<b>m3</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,0282286	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 4.827,09
	Tukang	0,2774609	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 43.283,90
	Pembantu tukang	1,6658855	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 241.553,40
				Jumlah:	Rp 289.664,39
	Bahan:				
	Semen PC 40 Kg	9,6	Zak	Rp 58.500,00	Rp 561.600,00
	Pasir cor	0,4325	m3	Rp 272.500,00	Rp 117.856,25
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5468421	m3	Rp 278.000,00	Rp 152.022,10
	Biaya air	215	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
				Jumlah:	Rp 832.768,35
				Nilai HSPK:	Rp 1.122.432,74

21	<b>Pemasangan dinding Batu Merah 1 Pc: 2 Pp tebal 1/2 bata</b>		<b>m2</b>		
	Upah:				
	Kepala tukang/mandor	0,01008	Orang hari	Rp 171.000,00	Rp 1.723,68
	Tukang	0,10089	Orang hari	Rp 156.000,00	Rp 15.738,84
	Pembantu tukang	0,30289	Orang hari	Rp 145.000,00	Rp 43.919,05
				Jumlah:	Rp 61.381,57
	Bahan:				
	Semen PC 50 Kg	0,379	Zak	Rp 72.700,00	Rp 27.553,30
	Pasir pasang	0,038	m3	Rp 272.500,00	Rp 10.355,00
	Batu bata merah kelas 1 (Uk. 22x11x4,5 cm)	70	Press	Rp 800,00	Rp 56.000,00
				Jumlah:	Rp 93.908,30
				Nilai HSPK:	Rp 155.289,87

## 8.4 RAB IPAL

Berikut ini merupakan RAB IPAL yang telah direncanakan dapat dilihat pada Tabel

Tabel 6. 6 RAB Sumur Pengumpul

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Jumlah bak	buah	1		
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	17,36	Rp 12.250	Rp 213.000
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	85,5	Rp 51.251	Rp 4.382.000
4	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m3	1,736	Rp 259.500	Rp 451.000
5	Pekerjaan beton K-100	m3	0,686	Rp 865.721	Rp 594.000
6	Pekerjaan beton K-250	m3	20,368	Rp 1.160.044	Rp 23.628.000
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	85,5	Rp 64.099	Rp 5.481.000
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	2460,48	Rp 16.930	Rp 41.656.000
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	4,5	Rp 298.643	Rp 1.344.000
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	67,2	Rp 419.415	Rp 28.185.000
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	12,5	Rp 430.800	Rp 5.385.000
12	Pekerjaan pemasangan pompa	buah	2	Rp 150.002.550	Rp 300.006.000
13	Pekerjaan bouwplank	titik	4	Rp 117.209	Rp 469.000
14	Pemasangan Barscreen	unit	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000
<b>Jumlah</b>					<b>Rp 427.794.000</b>

Tabel 8. 16 RAB ABR

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga
1	Jumlah bak	buah	8			
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	103,68	Rp	12.250	Rp 10.161.000
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	357,69	Rp	51.251	Rp 146.656.000
4	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m3	10,368	Rp	259.500	Rp 21.524.000
5	Pekerjaan beton K-100	m3	5,184	Rp	865.721	Rp 35.904.000
6	Pekerjaan beton K-250	m3	47,4	Rp	1.160.044	Rp 439.889.000
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	357,69	Rp	64.099	Rp 183.421.000
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	5214	Rp	16.930	Rp 706.185.000
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	12,84	Rp	298.643	Rp 30.677.000
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	128,4	Rp	419.415	Rp 430.824.000
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	90,48	Rp	430.800	Rp 311.831.000
12	Pekerjaan bouwplank	titik	4	Rp	117.209	Rp 3.751.000
<b>Jumlah</b>						<b>Rp 2.320.823.000</b>



Tabel 8. 17 RAB Aerobic Biofilter

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan		Jumlah Harga
1	Jumlah bak	buah	8			
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	49,28	Rp	12.250	Rp 4.830.000
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	170,01	Rp	51.251	Rp 69.706.000
4	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m3	17	Rp	259.500	Rp 35.292.000
5	Pekerjaan beton K-100	m3	8,5	Rp	865.721	Rp 58.870.000
6	Pekerjaan beton K-250	m3	23,31	Rp	1.160.044	Rp 216.326.000
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	170,01	Rp	64.099	Rp 87.180.000
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	4189,9	Rp	16.930	Rp 567.481.000
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	7,77	Rp	298.643	Rp 18.564.000
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	77,4	Rp	419.415	Rp 259.702.000
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	41,47	Rp	430.800	Rp 142.923.000
12	Pekerjaan bouwplank	titik	23	Rp	117.209	Rp 21.567.000
13	Disk diffuser	buah	23	Rp	140.000	Rp 25.760.000
14	Blower	buah	5	Rp	6.926.000	Rp 277.040.000
15	Media sarang tawon	buah	360	Rp	475.000	Rp 1.368.000.000
<b>Jumlah</b>						<b>Rp3.153.241.000</b>

Tabel 8. 18 RAB Unit Desinfeksi

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Jumlah bak	buah	2		
2	Pekerjaan pembersihan lapangan	m2	31,36	Rp12.250	Rp769.000
3	Penggalian dengan tanah berat	m3	76,83	Rp51.251	Rp7.876.000
4	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m3	3,136	Rp259.500	Rp1.628.000
5	Pekerjaan beton K-100	m3	1,568	Rp865.721	Rp2.715.000
6	Pekerjaan beton K-250	m3	12	Rp1.160.044	Rp27.842.000
7	Pekerjaan pengangkutan tanah ke luar proyek	m3	76,83	Rp64.099	Rp9.850.000
8	Pekerjaan pembesian dengan besi polos	kg	3568,4	Rp16.930	Rp120.827.000
9	Pekerjaan bekisting sloof	m2	12	Rp298.643	Rp7.168.000
10	Pekerjaan bekisting dinding	m2	40	Rp419.415	Rp33.554.000
11	Pekerjaan bekisting lantai	m2	25	Rp430.800	Rp21.540.000
12	Pekerjaan bouwplank	titik	4	Rp117.209	Rp938.000
13	Tandon pembubuh	buah	1	Rp1.900.000	Rp3.800.000
14	Dosing pump	buah	1	Rp10.600.000	Rp21.200.000
<b>Jumlah</b>					<b>Rp259.707.000</b>

## 8.5 Rekapitulasi RAB

Rekapitulasi RAB untuk SPAL dan IPAL dapat dilihat pada Tabel

Tabel 8. 19 Rekapitulasi RAB SPAL

<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Total Harga</b>
1	Pekerjaan penanaman pipa diameter 104 mm	Rp 3.311.128.000
2	Pekerjaan penanaman pipa diameter 152 mm	Rp 1.484.873.000
3	Pekerjaan penanaman pipa diameter 190,2 mm	Rp 1.266.479.000
4	Pekerjaan penanaman pipa diameter 237,6 mm	Rp 237.648.000
5	Pekerjaan penanaman pipa diameter 299,6 mm	Rp 15.217.000
6	Pekerjaan manhole	Rp 1.054.171.000
7	Pekerjaan Grease Trap	Rp 884.686.000
8	Pekerjaan Sambungan Rumah	Rp 13.366.026.000
9	Pompa	Rp 220.360.000
<b>Total RAB SPAL</b>		<b>Rp 21.840.588.000</b>

Tabel 8. 20 Rekapitulasi RAB IPAL

<b>No</b>	<b>Uraian</b>	<b>Total Harga</b>
1	Sumur pengumpul	Rp 427.794.000

2	ABR	Rp	2.320.823.000
3	Aerobic Biofilter	Rp	1.785.241.000
4	Unit disinfeksi	Rp	259.707.000
<b>Total RAB IPAL</b>		<b>Rp</b>	<b>4.793.565.000</b>

Tabel 8. 21 Rekapitulasi RAB SPAL dan IPAL

No	Uraian	Total Harga	
1	SPAL	Rp	21.840.588.000
2	IPAL	Rp	4.793.565.000
<b>Total</b>		<b>Rp</b>	<b>26.634.153.000</b>
<b>PPN 10%</b>		<b>Rp</b>	<b>2.663.416.000</b>
<b>Total + PPN 10%</b>		<b>Rp</b>	<b>29.297.569.000</b>

## **BAB 9**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **9.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat ditarik kesimpulan dari perencanaan ini. Kesimpulan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah IPAL yang direncanakan untuk Kelurahan Rangkah sebanyak 1 IPAL yang melayani penduduk sebanyak 21530 jiwa dengan debit puncak IPAL sebesar 4406,4 m<sup>3</sup>/hari.
2. Sistem perpipaan air limbah yaitu menggunakan shallow sewer. Pipa yang digunakan yaitu pipa PVC Kelas B SDR-41 untuk IPAL dengan diameter pipa yaitu 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm dan 300 mm. Kedalaman penanaman pipa air limbah maksimum yaitu pada kedalaman 2,99 m dengan 4 titik pemompaan.
3. Perencanaan IPALD menggunakan Anaerobic Baffle Reactor dan Aerobic Filter. Jumlah ABR dan Aerobic Biofilter sebanyak 8 unit dengan dimensi masing-masing 5,8 m x 15 m x 3m dan 5,8 m x 7 m x 3m.
4. Jumlah biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan SPAL dan IPAL yaitu sebesar Rp. 29.297.569.000

#### **9.2 Saran**

Saran dari perencanaan ini yaitu:

1. Sebaiknya dilakukan verifikasi data di lapangan apabila diimplementasikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Umboh, J.M.L., dan Bernadus, J. 2019. "Gambaran Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Bitung (RSUD) Tahun 2015". **Community Health**. 4(1), 47-52.
- Afganistan Engineer District. 2009. **Grease Trap Design. US Army Corps of Engineers Carrollton**. *Guidance Document for Sizing and Installation of Grease Traps and Interceptors*.
- Austin Water Utility. 2011. *City of Austin*. <https://www.austintexas.gov/department/greasetrapdesign-Criteria>
- Astika, A.U.W., Sudarno, & Zaman, B. 2017. "Kajian kinerja bak settler, anaerobic baffled reactor (abr), dan anaerobic filter (af) pada tiga tipe IPAL di Semarang". **Jurnal Teknik Lingkungan**. 6(1), 1-15.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2019. **Kecamatan Tambaksari dalam Angka 2019**. Surabaya :BPS
- Barnard, J.L., dan Stensel H.D., 2012.**Biological Nutrient Removal**. Seminar at Carroll College, supported by Montana Water Environment Association.
- Fair, Geyer, dan Okun's. 2011. **Water Supply and Wastewater Removal, 3th Edition**. USA: John Wiley&Sons, Inc.
- Gutterer, B., Ludwig Sasse, Thilo Panzerbieter, dan Thorsten Reckerzügel. 2009. **Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in**

**Developing Countries: A Practical Guide.**

Bremen:BORDA.

- Hasan,H.A,Siti R.S.A, Siti.K.K dan Noorhisham T K. 2009. "A Review on The Design Criteria of Biological Aerated Filter for COD, Ammonia and Manganese Removal in Drinking Water Treatment".**Journal of Universiti Kebangsaan Malaysia**.Department of Chemical and Process Engineering
- Katukiza, A.Y., Ronteltap, M., Niwagaba, C.B., Foppen, J.W.A., Kansiime, F., & Lens, P.N.L. 2012. "Sustainable Sanitation Technology Options for Urban Slums". **Biotechnology Advances**. 30(2012), 964-978.
- Kementrian Kesehatan RI. 2011. **Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah dengan Anaerobik Aerobik Biofilter untuk Fasilitas Kesehatan**. Jakarta : Kementrian Kesehatan
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2018. **Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)**.
- Metcalf dan Eddy., 2014. **Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse Fifth Edition**. New York : Mc Graw Hill Book Co.
- Permatasari R., A Rinanti, R Ratnaningsih.2017. "Treating Domestic Effluent Wastewater Treatment by Aerobic Biofilter". **Earth and Environmental Science**.106 (2017): 1-6



- Pratiwi, A.D., Widyorini, N., dan Rahman A. 2019. "Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri Coliform di Sungai Plumbon Semarang". **Journal of Maquares**. 8(3), 211-220.
- Sasse, L. 1998. **DEWATS Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: BORDA.
- South, A.E dan Ernawita Nazir. 2016. "Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (*Grey Water*) pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas yang Berada di Tangerang Selatan". **Ecolab**. 10(2) :70-102
- UNCHS.1986. **The Design of Shallow Sewer System**. *United Nations Centre for Human Settlement (UNCHS Habitat)*.
- Wulandari, Puji Retno. 2014. **Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan)**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya, Volume 2 Nomor 3.
- Wicaksono D., 2017. **Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Kenjeran Kota Surabaya**. Surabaya: FTSP ITS

Lampiran 1. Tabel Pembebanan Air Limbah

Jalur	Jenis Pipa	L(m)	Elevasi Tanah (m)		% Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/detik)	Q air limbah (L/detik)	Q rata-rata ( m3/detik)	Faktor Peak	Q peak	Qinfiltration(L/detik.km)	Qinfiltrasi akumulasi	Qpeak total	Q min
			Awal	Akhir											
1A-2A	Sekunder	100	4,04	4,02	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	0,2	0,020	0,0009	0,00013
2A-3A	Sekunder	100	4,02	4,01	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	1,2	0,120	0,0017	0,00029
3A-A	Sekunder	19	4,01	4,01	2,0%	432	1,27405	1,019	0,00102	1,56504	0,00160	2,2	0,042	0,0016	0,00028
A-B	Primer	44,8	4,01	4,15	2,0%	432	1,27405	1,019	0,00102	1,56504	0,00160	3,2	0,143	0,0017	0,00029
1B-2B	Sekunder	92	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	4,2	0,386	0,0013	0,00019
2B-3B	Sekunder	100	4	4,2	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	5,2	0,520	0,0021	0,00036
3B-B	Sekunder	19	4,2	4,15	2,5%	538	1,58859	1,271	0,00127	1,51470	0,00192	6,2	0,118	0,0020	0,00036
4B-5B	Sekunder	100	4,25	4,2	3,5%	754	2,22402	1,779	0,00178	1,44514	0,00257	7,2	0,720	0,0033	0,00062
5B-6B	Sekunder	100	4,2	4,17	4,5%	969	2,85945	2,288	0,00229	1,39856	0,00320	8,2	0,820	0,0040	0,00080
6B-B	Sekunder	19,4	4,17	4,15	5,0%	1077	3,17717	2,542	0,00254	1,38033	0,00351	9,2	0,178	0,0037	0,00075
B-C	Primer	54,4	4,15	4,24	9,5%	2046	6,03980	4,832	0,00483	1,28434	0,00621	10,2	0,555	0,0068	0,00156
1C-2C	Sekunder	100	4,44	4,38	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	11,2	1,120	0,0020	0,00030
2C-3C	Sekunder	100	4,38	4,4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	12,2	1,220	0,0028	0,00048
3C-C	Sekunder	27	4,4	4,24	2,5%	538	1,58859	1,271	0,00127	1,51470	0,00192	13,2	0,356	0,0023	0,00040
C-D	Primer	29,4	4,24	4,3	12,0%	2585	7,62839	6,103	0,00610	1,25529	0,00766	14,2	0,417	0,0081	0,00195
10D-2D	Tersier	70,5	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	15,2	1,072	0,0020	0,00029
1D-2D	Sekunder	61	4	4	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	16,2	0,988	0,0015	0,00019
2D-3D	Sekunder	62,2	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	17,2	1,070	0,0027	0,00045
11D-3D	Tersier	70,5	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	18,2	1,283	0,0022	0,00032
3D-4D	Sekunder	41	4	4	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	19,2	0,787	0,0037	0,00071
12D-4D	Tersier	54,5	4,05	4,03	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	20,2	1,101	0,0016	0,00021
4D-5D	Sekunder	48	4,03	4,3	5,5%	1184	3,49489	2,796	0,00280	1,36447	0,00381	21,2	1,018	0,0048	0,00100
5D-D	Sekunder	95,6	4,4	4,3	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	22,2	2,122	0,0037	0,00063
6D-7D	Sekunder	100	4,3	4,5	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	23,2	2,320	0,0046	0,00084
7D-8D	Sekunder	100	4,5	4,5	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	24,2	2,420	0,0053	0,00103
8D-9D	Sekunder	100	4,5	4,49	5,0%	1077	3,17717	2,542	0,00254	1,38033	0,00351	25,2	2,520	0,0060	0,00122
9D-10D	Sekunder	51,8	4,49	4,4	5,5%	1184	3,49489	2,796	0,00280	1,36447	0,00381	26,2	1,357	0,0052	0,00107
10D-D	Sekunder	46	4,4	4,3	6,0%	1292	3,81260	3,050	0,00305	1,35051	0,00412	27,2	1,251	0,0054	0,00113

Jalur	Jenis Pipa	L(m)	Elevasi Tanah (m)		% Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/detik)	Q air limbah (L/detik)	Q rata-rata ( m3/detik)	Faktor Peak	Q peak	Qinfiltration(L/detik.km)	Qinfiltrasi akumulasi	Qpeak total	Q min
D-E	Primer	29,5	4,3	4,27	23,5%	5061	14,93588	11,949	0,01195	1,18632	0,01418	28,2	0,832	0,0150	0,00415
1E-E	Sekunder	71,2	4,67	4,27	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	29,2	2,079	0,0030	0,00044
E-F	Primer	34,6	4,27	4,32	24,5%	5276	15,57131	12,457	0,01246	1,18268	0,01473	30,2	1,045	0,0158	0,00440
2F-1F	Tersier	28,8	4,68	4,8	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	31,2	0,899	0,0014	0,00018
1F-F	Sekunder	72	4,8	4,32	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	32,2	2,318	0,0032	0,00047
F-G	Primer	37,4	4,32	4,28	25,5%	5491	16,20674	12,965	0,01297	1,17925	0,01529	33,2	1,242	0,0165	0,00465
7G-1G	Tersier	77,8	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	34,2	2,661	0,0036	0,00052
1G-2G	Sekunder	31,7	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	35,2	1,116	0,0027	0,00046
2G-3G	Sekunder	31	4	4	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	36,2	1,122	0,0034	0,00062
8G-3G	Tersier	98,1	4	4	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	37,2	3,649	0,0042	0,00053
3G-4G	Sekunder	40,4	4	4,04	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	38,2	1,543	0,0038	0,00070
9G-4G	Tersier	94,5	4,05	4,04	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	39,2	3,704	0,0046	0,00068
4G-G	Sekunder	48,6	4,04	4,28	4,5%	969	2,85945	2,288	0,00229	1,39856	0,00320	40,2	1,954	0,0052	0,00102
10G-5G	Tersier	48,8	4,77	4,67	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	41,2	2,011	0,0025	0,00032
5G-6G	Sekunder	38,5	4,67	4,45	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	42,2	1,625	0,0025	0,00037
10G-6G	Tersier	41,5	4,39	4,45	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	43,2	1,793	0,0023	0,00029
6G-G	Sekunder	31,4	4,45	4,28	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	44,2	1,388	0,0030	0,00050
G-H	Primer	66	4,28	4,13	32,0%	6891	20,33707	16,270	0,01627	1,16090	0,01889	45,2	2,983	0,0219	0,00643
H-I	Primer	9,1	4,13	4,09	32,0%	6891	20,33707	16,270	0,01627	1,16090	0,01889	46,2	0,420	0,0193	0,00568
1I-2I	Sekunder	78,2	4,71	4,17	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	47,2	3,691	0,0046	0,00067
2I-I	Sekunder	6,8	4,17	4,09	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	48,2	0,328	0,0012	0,00018
I-J	Primer	14,9	4,09	4,04	34,0%	7321	21,60793	17,286	0,01729	1,15631	0,01999	49,2	0,733	0,0207	0,00617
1J-2J	Sekunder	60	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	50,2	3,012	0,0039	0,00057
5J-2J	Tersier	86	4	4	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	51,2	4,403	0,0049	0,00063
2J-3J	Sekunder	24	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	52,2	1,253	0,0028	0,00048
3J-4J	Sekunder	74,5	4	4,09	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	53,2	3,963	0,0062	0,00114
6J-4J	Tersier	82	4,03	4,09	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	54,2	4,444	0,0049	0,00063
4J-J	Sekunder	29,7	4,09	4,04	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	55,2	1,639	0,0045	0,00088
J-K	Primer	42,2	4,04	4,02	38,0%	8182	24,14967	19,320	0,01932	1,14822	0,02218	56,2	2,372	0,0246	0,00748
1K-K	Sekunder	54,6	4,37	4,02	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	57,2	3,123	0,0040	0,00059
K-L	Primer	39,6	4,02	4	39,0%	8398	24,78510	19,828	0,01983	1,14638	0,02273	58,2	2,305	0,0250	0,00766
1L-2L	Sekunder	30,5	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	59,2	1,806	0,0027	0,00040
2L-3L	Sekunder	30	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	60,2	1,806	0,0034	0,00057

Jalur	Jenis Pipa	L(m)	Elevasi Tanah (m)		% Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/detik)	Q air limbah (L/detik)	Q rata-rata ( m3/detik)	Faktor Peak	Q peak	Qinfiltration(L/detik.km)	Qinfiltrasi akumulasi	Qpeak total	Q min
12L-13L	Tersier	100	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	61,2	6,120	0,0070	0,00103
13L-14L	Tersier	100	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	62,2	6,220	0,0071	0,00105
14L-3L	Tersier	19,6	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	63,2	1,239	0,0028	0,00048
3L-4L	Sekunder	30,5	4	4	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	64,2	1,958	0,0048	0,00094
4L-5L	Sekunder	47,7	4	4	5,0%	1077	3,17717	2,542	0,00254	1,38033	0,00351	65,2	3,110	0,0066	0,00134
15L-16L	Tersier	100	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	66,2	6,620	0,0075	0,00110
16L-17L	Tersier	100	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	67,2	6,720	0,0083	0,00140
17L-5L	Tersier	27,7	4	4	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	68,2	1,889	0,0041	0,00076
5L-L	Sekunder	66,9	4	4,12	9,0%	1938	5,71891	4,575	0,00458	1,29155	0,00591	69,2	4,629	0,0105	0,00241
6L-7L	Sekunder	100	5	5	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	70,2	7,020	0,0079	0,00116
7L-8L	Sekunder	100	5	5	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	71,2	7,120	0,0087	0,00147
8L-9L	Sekunder	100	5	4	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	72,2	7,220	0,0095	0,00174
9L-10L	Sekunder	100	4,87	4,45	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	73,2	7,320	0,0102	0,00198
10L-11L	Sekunder	15,1	4,45	4,28	5,0%	1077	3,17717	2,542	0,00254	1,38033	0,00351	74,2	1,120	0,0046	0,00094
18L-21L	Tersier	18	4,29	4,26	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	75,2	1,354	0,0019	0,00024
19L-20L	Tersier	34,5	4,55	4,38	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	76,2	2,629	0,0035	0,00052
20L-21L	Tersier	20	4,38	4,26	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	77,2	1,544	0,0031	0,00053
21L-11L	Tersier	40	4,26	4,28	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	78,2	3,128	0,0054	0,00099
11L-L	Sekunder	32	4,28	4,12	9,0%	1938	5,71891	4,575	0,00458	1,29155	0,00591	79,2	2,534	0,0084	0,00193
L-M	Primer	64,3	4,12	4,03	57,0%	12273	36,22292	28,978	0,02898	1,12197	0,03251	80,2	5,157	0,0377	0,01244
M1-M2	Sekunder	9,8	4,19	4,14	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	81,2	0,796	0,0017	0,00025
M2-M	Sekunder	23,6	4,14	4,03	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	82,2	1,940	0,0028	0,00042
M-N	Primer	96	4,03	4,03	58,0%	12488	36,85835	29,487	0,02949	1,12095	0,03305	83,2	7,987	0,0410	0,01360
1N-2N	Sekunder	60	4,42	4,14	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	84,2	5,052	0,0059	0,00087
3N-2N	Tersier	62,2	4,16	4,14	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	85,2	5,299	0,0069	0,00116
2N-N	Sekunder	20,3	4,14	4,03	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	86,2	1,750	0,0040	0,00073
N-O	Primer	34	4,03	4,02	61,0%	13134	38,76465	31,012	0,03101	1,11804	0,03467	87,2	2,965	0,0376	0,01260
1O-0	Sekunder	63,3	4	4,02	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	88,2	5,583	0,0065	0,00095
0-AH	Primer	15,1	4,02	4,02	62,0%	13350	39,40009	31,520	0,03152	1,11711	0,03521	89,2	1,347	0,0366	0,01228
1P-2P	Sekunder	22,6	5	5	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	90,2	2,039	0,0029	0,00043
2P-3P	Sekunder	19,4	5	5	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	91,2	1,769	0,0034	0,00057

Jalur	Jenis Pipa	L(m)	Elevasi Tanah (m)		% Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/detik)	Q air limbah (L/detik)	Q rata-rata (m <sup>3</sup> /detik)	Faktor Peak	Q peak	Qinfiltration(L/detik.km)	Qinfiltrasi akumulasi	Qpeak total	Q min
3P-4P	Sekunder	13,8	5	5	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	92,2	1,272	0,0035	0,00065
4P-5P	Sekunder	52,4	5	4,95	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	93,2	4,884	0,0078	0,00151
12P-13P	Tersier	31,4	4,97	4,96	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	94,2	2,958	0,0035	0,00044
11P-13P	Tersier	43	5	4,96	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	95,2	4,094	0,0050	0,00073
5P-6P	Sekunder	83,2	4,95	4,79	6,0%	1292	3,81260	3,050	0,00305	1,35051	0,00412	96,2	8,004	0,0121	0,00255
14P-6P	Tersier	100	4,8	4,79	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	97,2	9,720	0,0106	0,00156
6P-7P	Sekunder	100	4,79	4,59	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	98,2	9,820	0,0114	0,00193
7P-8P	Sekunder	100	4,59	4,39	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	99,2	9,920	0,0122	0,00223
8P-9P	Sekunder	98	4,39	4,2	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	100,2	9,820	0,0127	0,00247
15P-16P	Tersier	52,3	4,27	4,24	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	101,2	5,293	0,0058	0,00074
16P-17P	Tersier	6,3	4,24	4,24	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	102,2	0,644	0,0015	0,00023
17P-9P	Tersier	81,2	4,24	4,2	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	103,2	8,380	0,0100	0,00169
9P-10P	Sekunder	33,5	4,2	4,13	6,5%	1399	4,13032	3,304	0,00330	1,33809	0,00442	104,2	3,491	0,0079	0,00169
18P-10P	Tersier	48,4	4,13	4,13	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	105,2	5,092	0,0056	0,00072
10P-P	Sekunder	59,5	4,13	4,02	7,5%	1615	4,76576	3,813	0,00381	1,31686	0,00502	106,2	6,319	0,0113	0,00250
P-Q	Primer	57,3	4,02	4,02	7,5%	1615	4,76576	3,813	0,00381	1,31686	0,00502	107,2	6,143	0,0112	0,00246
1Q-Q	Sekunder	44,4	4,1	4,02	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	108,2	4,804	0,0053	0,00068
Q-R	Primer	20,2	4,02	4,02	8,0%	1722	5,08347	4,067	0,00407	1,30768	0,00532	109,2	2,206	0,0075	0,00168
1R-R	Sekunder	47	4,11	4,02	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	110,2	5,179	0,0057	0,00073
R-S	Primer	34,9	4,02	4,02	8,5%	1830	5,40119	4,321	0,00432	1,29928	0,00561	111,2	3,881	0,0095	0,00214
1S-2S	Sekunder	100	5	4,95	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	112,2	11,220	0,0121	0,00178
2S-3S	Sekunder	100	4,95	4,79	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	113,2	11,320	0,0129	0,00218
3S-4S	Sekunder	100	4,95	4,79	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	114,2	11,420	0,0137	0,00251
4S-5S	Sekunder	17,7	4,8	4,79	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	115,2	2,039	0,0049	0,00096
5S-6S	Sekunder	15,4	4,79	4,77	5,0%	1077	3,17717	2,542	0,00254	1,38033	0,00351	116,2	1,789	0,0053	0,00108
13S-6S	Tersier	11,8	4,79	4,77	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	117,2	1,383	0,0023	0,00033
6S-7S	Sekunder	16,4	4,77	4,76	6,5%	1399	4,13032	3,304	0,00330	1,33809	0,00442	118,2	1,938	0,0064	0,00136
7S-8S	Sekunder	13,4	4,76	4,75	7,5%	1615	4,76576	3,813	0,00381	1,31686	0,00502	119,2	1,597	0,0066	0,00146
8S-9S	Sekunder	13,4	4,75	4,74	8,5%	1830	5,40119	4,321	0,00432	1,29928	0,00561	120,2	1,611	0,0072	0,00163
14S-9S	Tersier	20,3	4,77	4,74	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	121,2	2,460	0,0030	0,00038
9S-10S	Sekunder	56,8	4,74	4,35	10,0%	2153	6,35434	5,083	0,00508	1,27778	0,00650	122,2	6,941	0,0134	0,00313
15S-10S	Tersier	23,3	4,36	4,35	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	123,2	2,871	0,0034	0,00043

Jalur	Jenis Pipa	L(m)	Elevasi Tanah (m)		% Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/detik)	Q air limbah (L/detik)	Q rata-rata ( m3/detik)	Faktor Peak	Q peak	Qinfiltration(L/detik.km)	Qinfiltrasi akumulasi	Qpeak total	Q min
10S-11S	Sekunder	100	4,35	4,13	11,5%	2476	7,30749	5,846	0,00585	1,26042	0,00737	124,2	12,420	0,0198	0,00474
16S-11S	Tersier	57,7	4,15	4,13	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	125,2	7,224	0,0077	0,00099
11S-12S	Sekunder	12,3	4,13	4,09	13,0%	2799	8,26064	6,609	0,00661	1,24603	0,00823	126,2	1,552	0,0098	0,00240
17S-12S	Tersier	55	4,1	4,09	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	127,2	6,996	0,0079	0,00116
12S-S	Sekunder	60,1	4,09	4,02	15,0%	3230	9,53151	7,625	0,00763	1,23015	0,00938	128,2	7,705	0,0171	0,00432
S-T	Primer	70,5	4,02	4,02	23,5%	5060	14,93270	11,946	0,01195	1,18634	0,01417	129,2	9,109	0,0233	0,00644
T-U	Primer	16	4,02	4	23,5%	5060	14,93270	11,946	0,01195	1,18634	0,01417	130,2	2,083	0,0163	0,00450
U-V	Primer	59,1	4	4	23,5%	5060	14,93270	11,946	0,01195	1,18634	0,01417	131,2	7,754	0,0219	0,00606
1W-2W	Sekunder	58	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	132,2	7,668	0,0086	0,00126
2W-3W	Sekunder	19,1	4	4	1,5%	323	0,95315	0,763	0,00076	1,63721	0,00125	133,2	2,544	0,0038	0,00061
3W-4W	Sekunder	100	4	4	2,5%	538	1,58859	1,271	0,00127	1,51470	0,00192	134,2	13,420	0,0153	0,00271
4W-5W	Sekunder	100	4	4	3,5%	754	2,22402	1,779	0,00178	1,44514	0,00257	135,2	13,520	0,0161	0,00304
5W-W	Sekunder	46	4	4	4,5%	969	2,85945	2,288	0,00229	1,39856	0,00320	136,2	6,265	0,0095	0,00188
W-X	Primer	28,9	4	4	4,5%	969	2,85945	2,288	0,00229	1,39856	0,00320	137,2	3,965	0,0072	0,00142
X-Y	Primer	50	4	4	4,5%	969	2,85945	2,288	0,00229	1,39856	0,00320	138,2	6,910	0,0101	0,00201
1Y-2Y	Sekunder	100	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	139,2	13,920	0,0148	0,00218
2Y-3Y	Sekunder	100	4	4	2,0%	431	1,27087	1,017	0,00102	1,56564	0,00159	140,2	14,020	0,0156	0,00264
3Y-4Y	Sekunder	100	4	4	3,0%	646	1,90630	1,525	0,00153	1,47595	0,00225	141,2	14,120	0,0164	0,00300
4Y-Y	Sekunder	20,4	4	4	4,0%	861	2,54174	2,033	0,00203	1,41984	0,00289	142,2	2,901	0,0058	0,00112
Y-V	Primer	83,1	4	4	8,5%	1830	5,40119	4,321	0,00432	1,29928	0,00561	143,2	11,900	0,0175	0,00395
V-Z	Primer	49,9	4	4	32,0%	6890	20,33389	16,267	0,01627	1,16091	0,01888	144,2	7,196	0,0261	0,00767
1Z-2Z	Tersier	14	4	4	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	145,2	2,033	0,0025	0,00032
2Z-Z	Sekunder	23,8	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	146,2	3,480	0,0044	0,00064
Z-AA	Primer	22,3	4	4	33,0%	7105	20,96932	16,775	0,01678	1,15857	0,01944	147,2	3,283	0,0227	0,00673
1AA-AA	Sekunder	68,5	4,22	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	148,2	10,152	0,0110	0,00162
AA-AB	Primer	35,1	4	4	34,0%	7320	21,60476	17,284	0,01728	1,15632	0,01999	149,2	5,237	0,0252	0,00751
1AB-2AB	Sekunder	62	4,18	4	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	150,2	9,312	0,0098	0,00126
2AB-3AB	Sekunder	25,5	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	151,2	3,856	0,0047	0,00070
3AB-AB	Sekunder	59,3	4	4	1,5%	323	0,95315	0,763	0,00076	1,63721	0,00125	152,2	9,025	0,0103	0,00164
AB-AC	Primer	211,6	4	4	35,5%	7643	22,55791	18,046	0,01805	1,15313	0,02081	153,2	32,417	0,0532	0,01599
1AC-AC	Sekunder	23	4	4	0,5%	108	0,31772	0,254	0,00025	1,97388	0,00050	154,2	3,547	0,0040	0,00052

Jalur	Jenis Pipa	L(m)	Elevasi Tanah (m)		% Pelayanan	Jumlah Penduduk	Q air bersih (L/detik)	Q air limbah (L/detik)	Q rata-rata ( m3/detik)	Faktor Peak	Q peak	Qinfiltration(L/detik.km)	Qinfiltrasi akumulasi	Qpeak total	Q min
AC-AD	Primer	12,4	4	4	36,0%	7751	22,87563	18,301	0,01830	1,15211	0,02108	155,2	1,924	0,0230	0,00693
AD-AE	Primer	32,9	4	4	36,0%	7751	22,87563	18,301	0,01830	1,15211	0,02108	156,2	5,139	0,0262	0,00790
1AE-AE	Sekunder	45,4	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	157,2	7,137	0,0080	0,00118
AE-AF	Primer	79,6	4	4	37,0%	7966	23,51106	18,809	0,01881	1,15013	0,02163	158,2	12,593	0,0342	0,01037
AF-AG	Primer	80	4	4	37,0%	7966	23,51106	18,809	0,01881	1,15013	0,02163	159,2	12,736	0,0344	0,01041
1AG-AG	Sekunder	63,4	4	4	1,0%	215	0,63543	0,508	0,00051	1,74974	0,00089	160,2	10,157	0,0110	0,00162
AG-AH	Primer	93	4	4	38,0%	8181	24,14649	19,317	0,01932	1,14822	0,02218	161,2	14,992	0,0372	0,01132
AH-IPAL	Primer	10	4	4	100,0%	21531	63,54658	50,837	0,05084	1,09288	0,05556	162,2	1,622	0,0572	0,02113

Lampiran 2. Tabel Perhitungan Diameter Pipa Air Limbah

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Medan	Slope Rencana	Qr (m3/detik)	Qp (m3/detik)	n	d/D	Qpeak/Qfull	Qfull	Diameter Hitung (mm)
			Awal	Akhir									
1A-2A	Sekunder	100	4,04	4,02	0,00020	0,006	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	37,029
2A-3A	Sekunder	100	4,02	4,01	0,00010	0,006	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	46,060
3A-A	Sekunder	19	4,01	4,01	0,00000	0,006	0,00101924	0,00160	0,013	0,8	0,98	0,00163	46,096
A-B	Primer	44,8	4,01	4,15	-0,00313	0,006	0,00101924	0,00160	0,013	0,8	0,98	0,00163	46,096
1B-2B	Sekunder	92	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
2B-3B	Sekunder	100	4	4,2	-0,00200	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
3B-B	Sekunder	19	4,2	4,15	0,00263	0,005	0,00127087	0,00192	0,013	0,8	0,98	0,00196	51,183
4B-5B	Sekunder	100	4,25	4,2	0,00050	0,005	0,00177922	0,00257	0,013	0,8	0,98	0,00262	57,051
5B-6B	Sekunder	100	4,2	4,17	0,00030	0,005	0,00228756	0,00320	0,013	0,8	0,98	0,00326	61,924
6B-B	Sekunder	19,4	4,17	4,15	0,00103	0,005	0,00254174	0,00351	0,013	0,8	0,98	0,00358	64,103
B-C	Primer	54,4	4,15	4,24	-0,00165	0,003	0,00483184	0,00621	0,013	0,8	0,98	0,00633	87,369
1C-2C	Sekunder	100	4,44	4,38	0,00060	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
2C-3C	Sekunder	100	4,38	4,4	-0,00020	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
3C-C	Sekunder	27	4,4	4,24	0,00593	0,005	0,00127087	0,00192	0,013	0,8	0,98	0,00196	51,183
C-D	Primer	29,4	4,24	4,3	-0,00204	0,003	0,00610271	0,00766	0,013	0,8	0,98	0,00782	94,549
10D-2D	Tersier	70,5	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
1D-2D	Sekunder	61	4	4	0,00000	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
2D-3D	Sekunder	62,2	4	4	0,00000	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
11D-3D	Tersier	70,5	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
3D-4D	Sekunder	41	4	4	0,00000	0,005	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	59,585
12D-4D	Tersier	54,5	4,05	4,03	0,00037	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
4D-5D	Sekunder	48	4,03	4,3	-0,00562	0,003	0,00279591	0,00381	0,013	0,8	0,98	0,00389	72,798
5D-D	Sekunder	95,6	4,4	4,3	0,00105	0,003	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	52,452
6D-7D	Sekunder	100	4,3	4,5	-0,00200	0,003	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	59,730
7D-8D	Sekunder	100	4,5	4,5	0,00000	0,003	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	65,574
8D-9D	Sekunder	100	4,5	4,49	0,00010	0,003	0,00254174	0,00351	0,013	0,8	0,98	0,00358	70,547
9D-10D	Sekunder	51,8	4,49	4,4	0,00174	0,003	0,00279591	0,00381	0,013	0,8	0,98	0,00389	72,798
10D-D	Sekunder	46	4,4	4,3	0,00217	0,003	0,00305008	0,00412	0,013	0,8	0,98	0,00420	74,923



Jalur Pipa	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Medan	Slope Rencana	Qr (m3/detik)	Qp (m3/detik)	n	d/D	Qpeak/Qfull	Qfull	Diameter Hitung (mm)
D-E	Primer	29,5	4,3	4,27	0,00102	0,005	0,0119487	0,01418	0,013	0,8	0,98	0,01446	108,214
1E-E	Sekunder	71,2	4,67	4,27	0,00562	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
E-F	Primer	34,6	4,27	4,32	-0,00145	0,005	0,01245705	0,01473	0,013	0,8	0,98	0,01503	109,791
2F-1F	Tersier	28,8	4,68	4,8	-0,00417	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
1F-F	Sekunder	72	4,8	4,32	0,00667	0,002	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	45,499
F-G	Primer	37,4	4,32	4,28	0,00107	0,005	0,0129654	0,01529	0,013	0,8	0,98	0,01560	111,329
7G-1G	Tersier	77,8	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
1G-2G	Sekunder	31,7	4	4	0,00000	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
2G-3G	Sekunder	31	4	4	0,00000	0,006	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	52,450
8G-3G	Tersier	98,1	4	4	0,00000	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
3G-4G	Sekunder	40,4	4	4,04	-0,00099	0,005	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	54,274
9G-4G	Tersier	94,5	4,05	4,04	0,00011	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
4G-G	Sekunder	48,6	4,04	4,28	-0,00494	0,006	0,00228756	0,00320	0,013	0,8	0,98	0,00326	59,843
10G-5G	Tersier	48,8	4,77	4,67	0,00205	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
5G-6G	Sekunder	38,5	4,67	4,45	0,00571	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
10G-6G	Tersier	41,5	4,39	4,45	-0,00145	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
6G-G	Sekunder	31,4	4,45	4,28	0,00541	0,002	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	56,595
G-H	Primer	66	4,28	4,13	0,00227	0,005	0,01626965	0,01889	0,013	0,8	0,98	0,01927	120,511
H-I	Primer	9,1	4,13	4,09	0,00440	0,005	0,01626965	0,01889	0,013	0,8	0,98	0,01927	120,511
1I-2I	Sekunder	78,2	4,71	4,17	0,00691	0,006	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	37,029
2I-I	Sekunder	6,8	4,17	4,09	0,01176	0,006	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	37,029
I-J	Primer	14,9	4,09	4,04	0,00336	0,005	0,01728635	0,01999	0,013	0,8	0,98	0,02040	123,099
1J-2J	Sekunder	60	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
5J-2J	Tersier	86	4	4	0,00000	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
2J-3J	Sekunder	24	4	4	0,00000	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
3J-4J	Sekunder	74,5	4	4,09	-0,00121	0,005	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	54,274
6J-4J	Tersier	82	4,03	4,09	-0,00073	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
4J-J	Sekunder	29,7	4,09	4,04	0,00168	0,002	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	70,754
J-K	Primer	42,2	4,04	4,02	0,00047	0,005	0,01931974	0,02218	0,013	0,8	0,98	0,02264	128,003
1K-K	Sekunder	54,6	4,37	4,02	0,00641	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
K-L	Primer	39,6	4,02	4	0,00051	0,005	0,01982808	0,02273	0,013	0,8	0,98	0,02319	129,179
1L-2L	Sekunder	30,5	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
2L-3L	Sekunder	30	4	4	0,00000	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Medan	Slope Rencana	Qr (m3/detik)	Qp (m3/detik)	n	d/D	Qpeak/Qfull	Qfull	Diameter Hitung (mm)
12L-13L	Tersier	100	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
13L-14L	Tersier	100	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
14L-3L	Tersier	19,6	4	4	0,00000	0,002	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	56,595
3L-4L	Sekunder	30,5	4	4	0,00000	0,002	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	70,754
4L-5L	Sekunder	47,7	4	4	0,00000	0,005	0,00254174	0,00351	0,013	0,8	0,98	0,00358	64,103
15L-16L	Tersier	100	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
16L-17L	Tersier	100	4	4	0,00000	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
17L-5L	Tersier	27,7	4	4	0,00000	0,002	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	64,448
5L-L	Sekunder	66,9	4	4,12	-0,00179	0,002	0,00457513	0,00591	0,013	0,8	0,98	0,00603	92,554
6L-7L	Sekunder	100	5	5	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
7L-8L	Sekunder	100	5	5	0,00000	0,002	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	56,595
8L-9L	Sekunder	100	5	4	0,01000	0,002	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	64,448
9L-10L	Sekunder	100	4,87	4,45	0,00420	0,002	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	70,754
10L-11L	Sekunder	15,1	4,45	4,28	0,01126	0,005	0,00254174	0,00351	0,013	0,8	0,98	0,00358	64,103
18L-21L	Tersier	18	4,29	4,26	0,00167	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
19L-20L	Tersier	34,5	4,55	4,38	0,00493	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
20L-21L	Tersier	20	4,38	4,26	0,00600	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
21L-11L	Tersier	40	4,26	4,28	-0,00050	0,002	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	64,448
11L-L	Sekunder	32	4,28	4,12	0,00500	0,002	0,00457513	0,00591	0,013	0,8	0,98	0,00603	92,554
L-M	Primer	64,3	4,12	4,03	0,00140	0,005	0,02897833	0,03251	0,013	0,8	0,98	0,03318	147,735
M1-M2	Sekunder	9,8	4,19	4,14	0,00510	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
M2-M	Sekunder	23,6	4,14	4,03	0,00466	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
M-N	Primer	96	4,03	4,03	0,00000	0,005	0,02948668	0,03305	0,013	0,8	0,98	0,03373	148,651
1N-2N	Sekunder	60	4,42	4,14	0,00467	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
3N-2N	Tersier	62,2	4,16	4,14	0,00032	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
2N-N	Sekunder	20,3	4,14	4,03	0,00542	0,002	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	64,448
N-O	Primer	34	4,03	4,02	0,00029	0,005	0,03101172	0,03467	0,013	0,8	0,98	0,03538	151,341
1O-0	Sekunder	63,3	4	4,02	-0,00032	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
0-AH	Primer	15,1	4,02	4,02	0,00000	0,002	0,03152007	0,03521	0,013	0,8	0,98	0,03593	180,752
1P-2P	Sekunder	22,6	5	5	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
2P-3P	Sekunder	19,4	5	5	0,00000	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
3P-4P	Sekunder	13,8	5	5	0,00000	0,005	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	54,274
4P-5P	Sekunder	52,4	5	4,95	0,00095	0,005	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	59,585

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Medan	Slope Rencana	Qr (m3/detik)	Qp (m3/detik)	n	d/D	Qpeak/Qfull	Qfull	Diameter Hitung (mm)
12P-13P	Tersier	31,4	4,97	4,96	0,00032	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
11P-13P	Tersier	43	5	4,96	0,00093	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
5P-6P	Sekunder	83,2	4,95	4,79	0,00192	0,002	0,00305008	0,00412	0,013	0,8	0,98	0,00420	80,841
14P-6P	Tersier	100	4,8	4,79	0,00010	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
6P-7P	Sekunder	100	4,79	4,59	0,00200	0,002	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	56,595
7P-8P	Sekunder	100	4,59	4,39	0,00200	0,002	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	64,448
8P-9P	Sekunder	98	4,39	4,2	0,00194	0,002	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	70,754
15P-16P	Tersier	52,3	4,27	4,24	0,00057	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
16P-17P	Tersier	6,3	4,24	4,24	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
17P-9P	Tersier	81,2	4,24	4,2	0,00049	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
9P-10P	Sekunder	33,5	4,2	4,13	0,00209	0,002	0,00330426	0,00442	0,013	0,8	0,98	0,00451	83,016
18P-10P	Tersier	48,4	4,13	4,13	0,00000	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
10P-P	Sekunder	59,5	4,13	4,02	0,00185	0,003	0,0038126	0,00502	0,013	0,8	0,98	0,00512	80,694
P-Q	Primer	57,3	4,02	4,02	0,00000	0,003	0,0038126	0,00502	0,013	0,8	0,98	0,00512	80,694
1Q-Q	Sekunder	44,4	4,1	4,02	0,00180	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
Q-R	Primer	20,2	4,02	4,02	0,00000	0,003	0,00406678	0,00532	0,013	0,8	0,98	0,00543	82,455
1R-R	Sekunder	47	4,11	4,02	0,00191	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
R-S	Primer	34,9	4,02	4,02	0,00000	0,003	0,00432095	0,00561	0,013	0,8	0,98	0,00573	84,147
1S-2S	Sekunder	100	5	4,95	0,00050	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
2S-3S	Sekunder	100	4,95	4,79	0,00160	0,005	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	47,661
3S-4S	Sekunder	100	4,95	4,79	0,00160	0,005	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	54,274
4S-5S	Sekunder	17,7	4,8	4,79	0,00056	0,005	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	59,585
5S-6S	Sekunder	15,4	4,79	4,77	0,00130	0,005	0,00254174	0,00351	0,013	0,8	0,98	0,00358	64,103
13S-6S	Tersier	11,8	4,79	4,77	0,00169	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
6S-7S	Sekunder	16,4	4,77	4,76	0,00061	0,005	0,00330426	0,00442	0,013	0,8	0,98	0,00451	69,911
7S-8S	Sekunder	13,4	4,76	4,75	0,00075	0,005	0,0038126	0,00502	0,013	0,8	0,98	0,00512	73,324
8S-9S	Sekunder	13,4	4,75	4,74	0,00075	0,005	0,00432095	0,00561	0,013	0,8	0,98	0,00573	76,461
14S-9S	Tersier	20,3	4,77	4,74	0,00148	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
9S-10S	Sekunder	56,8	4,74	4,35	0,00687	0,005	0,00508347	0,00650	0,013	0,8	0,98	0,00663	80,759
15S-10S	Tersier	23,3	4,36	4,35	0,00043	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
10S-11S	Sekunder	100	4,35	4,13	0,00220	0,005	0,00584599	0,00737	0,013	0,8	0,98	0,00752	84,670
16S-11S	Tersier	57,7	4,15	4,13	0,00035	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
11S-12S	Sekunder	12,3	4,13	4,09	0,00325	0,005	0,00660851	0,00823	0,013	0,8	0,98	0,00840	88,272

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Medan	Slope Rencana	Qr (m3/detik)	Qp (m3/detik)	n	d/D	Qpeak/Qfull	Qfull	Diameter Hitung (mm)
17S-12S	Tersier	55	4,1	4,09	0,00018	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
12S-S	Sekunder	60,1	4,09	4,02	0,00116	0,005	0,00762521	0,00938	0,013	0,8	0,98	0,00957	92,692
S-T	Primer	70,5	4,02	4,02	0,00000	0,003	0,01194616	0,01417	0,013	0,8	0,98	0,01446	119,083
T-U	Primer	16	4,02	4	0,00125	0,003	0,01194616	0,01417	0,013	0,8	0,98	0,01446	119,083
U-V	Primer	59,1	4	4	0,00000	0,003	0,01194616	0,01417	0,013	0,8	0,98	0,01446	119,083
1W-2W	Sekunder	58	4	4	0,00000	0,004	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	39,954
2W-3W	Sekunder	19,1	4	4	0,00000	0,004	0,00076252	0,00125	0,013	0,8	0,98	0,00127	45,370
3W-4W	Sekunder	100	4	4	0,00000	0,004	0,00127087	0,00192	0,013	0,8	0,98	0,00196	53,369
4W-5W	Sekunder	100	4	4	0,00000	0,004	0,00177922	0,00257	0,013	0,8	0,98	0,00262	59,489
5W-W	Sekunder	46	4	4	0,00000	0,004	0,00228756	0,00320	0,013	0,8	0,98	0,00326	64,570
W-X	Primer	28,9	4	4	0,00000	0,002	0,00228756	0,00320	0,013	0,8	0,98	0,00326	73,531
X-Y	Primer	50	4	4	0,00000	0,002	0,00228756	0,00320	0,013	0,8	0,98	0,00326	73,531
1Y-2Y	Sekunder	100	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
2Y-3Y	Sekunder	100	4	4	0,00000	0,004	0,00101669	0,00159	0,013	0,8	0,98	0,00162	49,698
3Y-4Y	Sekunder	100	4	4	0,00000	0,004	0,00152504	0,00225	0,013	0,8	0,98	0,00230	56,593
4Y-Y	Sekunder	20,4	4	4	0,00000	0,004	0,00203339	0,00289	0,013	0,8	0,98	0,00295	62,131
Y-V	Primer	83,1	4	4	0,00000	0,002	0,00432095	0,00561	0,013	0,8	0,98	0,00573	90,794
V-Z	Primer	49,9	4	4	0,00000	0,002	0,01626711	0,01888	0,013	0,8	0,98	0,01927	143,093
1Z-2Z	Tersier	14	4	4	0,00000	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
2Z-Z	Sekunder	23,8	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
Z-AA	Primer	22,3	4	4	0,00000	0,002	0,01677546	0,01944	0,013	0,8	0,98	0,01983	144,644
1AA-AA	Sekunder	68,5	4,22	4	0,00321	0,006	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	37,029
AA-AB	Primer	35,1	4	4	0,00000	0,002	0,01728381	0,01999	0,013	0,8	0,98	0,02039	146,166
1AB-2AB	Sekunder	62	4,18	4	0,00290	0,006	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	29,873
2AB-3AB	Sekunder	25,5	4	4	0,00000	0,006	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	37,029
3AB-AB	Sekunder	59,3	4	4	0,00000	0,006	0,00076252	0,00125	0,013	0,8	0,98	0,00127	42,048
AB-AC	Primer	211,6	4	4	0,00000	0,002	0,01804633	0,02081	0,013	0,8	0,98	0,02123	148,397
1AC-AC	Sekunder	23	4	4	0,00000	0,005	0,00025417	0,00050	0,013	0,8	0,98	0,00051	30,912
AC-AD	Primer	12,4	4	4	0,00000	0,002	0,0183005	0,02108	0,013	0,8	0,98	0,02151	149,128
AD-AE	Primer	32,9	4	4	0,00000	0,002	0,0183005	0,02108	0,013	0,8	0,98	0,02151	149,128
1AE-AE	Sekunder	45,4	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
AE-AF	Primer	79,6	4	4	0,00000	0,002	0,01880885	0,02163	0,013	0,8	0,98	0,02207	150,571
AF-AG	Primer	80	4	4	0,00000	0,002	0,01880885	0,02163	0,013	0,8	0,98	0,02207	150,571

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Medan	Slope Rencana	Qr (m3/detik)	Qp (m3/detik)	n	d/D	Qpeak/Qfull	Qfull	Diameter Hitung (mm)
1AG-AG	Sekunder	63,4	4	4	0,00000	0,005	0,00050835	0,00089	0,013	0,8	0,98	0,00091	38,317
AG-AH	Primer	93	4	4	0,00000	0,002	0,01931719	0,02218	0,013	0,8	0,98	0,02263	151,990
AH-IPAL	Primer	10	4	4	0,00000	0,002	0,05083726	0,05556	0,013	0,8	0,98	0,05669	214,466

( Lanjutan) Perhitungan Diameter Pipa

Jalur Pipa	Qf cek	Q min (m3/detik)	Qmin/Qfu cek	dmin/D cek	Vmin/Vfull	Vfull (m/detik)	Vmin (m/detik)	Qp/Qf cek	dpeak/D cek	Vpeak/Vfull	Vpeak (m/detik)
1A-2A	0,00567	0,0001	0,02	0,1	0,35	0,56	0,3	0,16038	0,29	0,71	0,4
2A-3A	0,00567	0,0003	0,05	0,15	0,47	0,56	0,3	0,28776	0,39	0,86	0,5
3A-A	0,00567	0,0003	0,05	0,15	0,47	0,56	0,3	0,28902	0,39	0,86	0,5
A-B	0,00567	0,0003	0,05	0,15	0,47	0,56	0,3	0,2906	0,39	0,87	0,5
1B-2B	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17538	0,3	0,73	0,4
2B-3B	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31491	0,41	0,89	0,5
3B-B	0,00518	0,0003	0,07	0,18	0,52	0,51	0,3	0,38002	0,45	0,94	0,5
4B-5B	0,00518	0,0005	0,1	0,22	0,59	0,51	0,4	0,50872	0,52	1,02	0,6
5B-6B	0,00518	0,0007	0,13	0,25	0,65	0,51	0,4	0,63391	0,59	1,07	0,6
6B-B	0,00518	0,0007	0,14	0,27	0,68	0,51	0,4	0,69438	0,62	1,09	0,6
B-C	0,00694	0,0015	0,21	0,33	0,78	0,45	0,4	0,92245	0,72	1,14	0,6
1C-2C	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17569	0,3	0,73	0,4
2C-3C	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31522	0,41	0,89	0,5
3C-C	0,00518	0,0003	0,07	0,18	0,52	0,51	0,3	0,38063	0,45	0,94	0,5
C-D	0,00694	0,0019	0,28	0,38	0,85	0,45	0,4	1,13963	0,8	1,17	0,6
10D-2D	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17455	0,3	0,73	0,4
1D-2D	0,00401	0,0001	0,02	0,09	0,31	0,39	0,2	0,13168	0,26	0,66	0,3
2D-3D	0,00401	0,0003	0,09	0,21	0,57	0,39	0,3	0,48974	0,51	1,01	0,4
11D-3D	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17455	0,3	0,73	0,4
3D-4D	0,00401	0,0006	0,16	0,29	0,71	0,39	0,3	0,80344	0,67	1,12	0,5
12D-4D	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09902	0,22	0,6	0,4
4D-D	0,00401	0,0009	0,22	0,34	0,79	0,39	0,4	1,0324	0,76	1,16	0,5
5D-6D	0,00401	0,0003	0,07	0,18	0,53	0,39	0,3	0,40174	0,46	0,96	0,4
6D-7D	0,00401	0,0004	0,1	0,23	0,61	0,39	0,3	0,57111	0,56	1,05	0,5
7D-8D	0,00401	0,0006	0,14	0,27	0,68	0,39	0,3	0,73476	0,64	1,1	0,5
8D-9D	0,00401	0,0007	0,18	0,31	0,74	0,39	0,3	0,8947	0,7	1,14	0,5
9D-D	0,00518	0,0008	0,16	0,28	0,7	0,51	0,4	0,75425	0,64	1,11	0,6
D-E	0,00878	0,004	0,46	0,5	0,99	0,41	0,5	1,65596	0,97	1,06	0,5
1E-E	0,00567	0,0001	0,02	0,1	0,35	0,56	0,2	0,15937	0,28	0,71	0,4
E-F	0,018	0,0042	0,23	0,35	0,81	0,49	0,4	0,83956	0,68	1,13	0,6
2F-1F	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09803	0,22	0,6	0,4
1F-F	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17572	0,3	0,73	0,4
F-G	0,018	0,0044	0,25	0,36	0,82	0,49	0,5	0,87203	0,69	1,14	0,6
7G-1G	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17483	0,3	0,73	0,4

Jalur Pipa	Qf cek	Q min (m3/detik)	Qmin/Qfu cek	dmin/D cek	Vmin/Vfull	Vfull (m/detik)	Vmin (m/detik)	Qp/Qf cek	dpeak/D cek	Vpeak/Vfull	Vpeak (m/detik)
1G-2G	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,30872	0,4	0,88	0,5
2G-3G	0,00518	0,0004	0,08	0,2	0,56	0,51	0,3	0,43724	0,48	0,98	0,5
8G-3G	0,00567	0,0001	0,01	0,07	0,26	0,56	0,2	0,09193	0,21	0,59	0,4
3G-4G	0,00518	0,0004	0,08	0,2	0,56	0,51	0,3	0,44017	0,49	0,98	0,5
9G-4G	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,18083	0,3	0,74	0,4
4G-G	0,00518	0,0006	0,12	0,25	0,65	0,51	0,4	0,62891	0,59	1,07	0,6
10G-5G	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,0988	0,22	0,6	0,4
5G-6G	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,1752	0,3	0,73	0,4
10G-6G	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09852	0,22	0,6	0,4
6G-G	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31031	0,4	0,88	0,5
G-H	0,018	0,0057	0,32	0,41	0,89	0,49	0,5	1,07658	0,78	1,16	0,6
H-I	0,018	0,0057	0,32	0,41	0,89	0,49	0,5	1,07668	0,78	1,16	0,6
1I-2I	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17485	0,3	0,73	0,4
2I-I	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17511	0,3	0,73	0,4
I-J	0,03105	0,0061	0,2	0,32	0,76	0,56	0,5	0,66023	0,6	1,08	0,7
1J-2J	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17414	0,3	0,73	0,4
5J-2J	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,10024	0,22	0,6	0,4
2J-3J	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31174	0,41	0,89	0,5
3J-4J	0,00518	0,0004	0,08	0,2	0,56	0,51	0,3	0,44195	0,49	0,98	0,5
6J-4J	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,28	0,51	0,2	0,10722	0,23	0,62	0,4
4J-J	0,00518	0,0006	0,11	0,24	0,62	0,51	0,4	0,56916	0,56	1,05	0,6
J-K	0,018	0,0069	0,39	0,45	0,95	0,49	0,5	1,26463	0,84	1,17	0,6
1K-K	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17394	0,3	0,73	0,4
K-L	0,018	0,007	0,39	0,45	0,95	0,49	0,5	1,26379	0,84	1,17	0,6
1L-2L	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17301	0,3	0,73	0,4
2L-3L	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,30983	0,4	0,88	0,5
12L-13L	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17569	0,3	0,73	0,4
13L-14L	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17955	0,3	0,74	0,4
14L-3L	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31598	0,41	0,89	0,5
3L-4L	0,00327	0,0006	0,17	0,3	0,73	0,32	0,3	0,89711	0,71	1,14	0,4
4L-5L	0,00327	0,0007	0,22	0,34	0,79	0,32	0,3	1,08981	0,78	1,16	0,4
15L-16L	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17569	0,3	0,73	0,4
16L-17L	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31522	0,41	0,89	0,5
17L-5L	0,00518	0,0004	0,08	0,2	0,56	0,51	0,3	0,44362	0,49	0,98	0,5
5L-L	0,00327	0,0014	0,42	0,47	0,97	0,32	0,4	1,84104	1,03	0,91	0,3
6L-7L	0,00327	0,0001	0,04	0,14	0,44	0,32	0,2	0,27779	0,38	0,85	0,3
7L-8L	0,00327	0,0003	0,08	0,2	0,57	0,32	0,2	0,49841	0,52	1,01	0,4

Jalur Pipa	Qf cek	Q min (m3/detik)	Qmin/Qf cek	dmin/D cek	Vmin/Vfull	Vfull (m/detik)	Vmin (m/detik)	Qp/Qf cek	dpeak/D cek	Vpeak/Vfull	Vpeak (m/detik)
8L-9L	0,00327	0,0004	0,13	0,26	0,66	0,32	0,3	0,70584	0,62	1,1	0,4
9L-10L	0,00327	0,0006	0,18	0,3	0,73	0,32	0,3	0,90627	0,71	1,14	0,4
10L-11L	0,00327	0,0007	0,22	0,34	0,79	0,32	0,3	1,09698	0,78	1,16	0,4
18L-21L	0,00518	0,0001	0,01	0,07	0,27	0,51	0,2	0,09761	0,22	0,6	0,4
19L-20L	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17386	0,3	0,73	0,4
20L-21L	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,3103	0,4	0,88	0,5
21L-11L	0,00518	0,0004	0,08	0,2	0,56	0,51	0,3	0,43917	0,48	0,98	0,5
11L-L	0,00327	0,0014	0,41	0,47	0,97	0,32	0,4	1,81367	1,02	0,94	0,4
L-M	0,03105	0,0108	0,35	0,43	0,92	0,56	0,6	1,05277	0,77	1,16	0,7
M1-M2	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17221	0,3	0,73	0,4
M2-M	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17312	0,3	0,73	0,4
M-N	0,03105	0,011	0,35	0,43	0,92	0,56	0,6	1,071	0,77	1,16	0,7
1N-2N	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17414	0,3	0,73	0,4
3N-2N	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,31222	0,41	0,89	0,5
2N-N	0,00518	0,0004	0,08	0,2	0,56	0,51	0,3	0,44033	0,49	0,98	0,5
N-O	0,03105	0,0117	0,38	0,45	0,94	0,56	0,6	1,12429	0,79	1,17	0,7
1O-0	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17427	0,3	0,73	0,4
0-AH	0,03105	0,0118	0,38	0,45	0,94	0,56	0,6	1,13442	0,8	1,17	0,7
AH-IPAL	0,03105	0,0118	0,38	0,45	0,94	0,56	0,6	1,13448	0,8	1,17	0,7
1P-2P	0,00327	0,0001	0,04	0,14	0,43	0,32	0,2	0,27306	0,38	0,85	0,3
2P-3P	0,00327	0,0003	0,08	0,2	0,56	0,32	0,2	0,48876	0,51	1,01	0,4
3P-4P	0,00327	0,0004	0,13	0,25	0,65	0,32	0,3	0,69092	0,61	1,09	0,4
4P-5P	0,00327	0,0006	0,17	0,3	0,73	0,32	0,3	0,88844	0,7	1,14	0,4
12P-13P	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09813	0,22	0,6	0,4
11P-13P	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,1747	0,3	0,73	0,4
5P-6P	0,00327	0,0009	0,27	0,37	0,84	0,32	0,3	1,26779	0,85	1,17	0,4
14P-6P	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17569	0,3	0,73	0,4
6P-7P	0,00327	0,0003	0,08	0,2	0,57	0,32	0,2	0,49841	0,52	1,01	0,4
7P-8P	0,00327	0,0004	0,13	0,26	0,66	0,32	0,3	0,70584	0,62	1,1	0,4
8P-9P	0,00327	0,0006	0,18	0,3	0,73	0,32	0,3	0,90614	0,71	1,14	0,4
15P-16P	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09894	0,22	0,6	0,4
16P-17P	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17409	0,3	0,73	0,4
17P-9P	0,00518	0,0003	0,05	0,16	0,48	0,51	0,3	0,3129	0,41	0,89	0,5
9P-10P	0,00327	0,001	0,29	0,39	0,87	0,32	0,3	1,36106	0,88	1,16	0,4
18P-10P	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09879	0,22	0,6	0,4
10P-P	0,00327	0,0011	0,34	0,42	0,91	0,32	0,3	1,5401	0,94	1,12	0,4
P-Q	0,00327	0,0011	0,34	0,42	0,91	0,32	0,3	1,5436	0,94	1,12	0,4



Jalur Pipa	Qf cek	Q min (m3/detik)	Qmin/Qfu cek	dmin/D cek	Vmin/Vfull	Vfull (m/detik)	Vmin (m/detik)	Qp/Qf cek	dpeak/D cek	Vpeak/Vfull	Vpeak (m/detik)
1Q-Q	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09863	0,22	0,6	0,4
Q-R	0,00327	0,0012	0,37	0,44	0,93	0,32	0,3	1,63838	0,97	1,07	0,4
1R-R	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,28	0,51	0,2	0,10761	0,23	0,62	0,4
R-S	0,00327	0,0013	0,39	0,46	0,95	0,32	0,4	1,74786	1	1	0,4
1S-2S	0,00327	0,0001	0,04	0,14	0,44	0,32	0,2	0,27779	0,38	0,85	0,3
2S-3S	0,00327	0,0003	0,08	0,2	0,57	0,32	0,2	0,49841	0,52	1,01	0,4
3S-4S	0,00327	0,0004	0,13	0,26	0,66	0,32	0,3	0,70584	0,62	1,1	0,4
4S-5S	0,00327	0,0006	0,17	0,3	0,73	0,32	0,3	0,90124	0,71	1,14	0,4
5S-6S	0,00327	0,0007	0,22	0,34	0,79	0,32	0,3	1,09197	0,78	1,16	0,4
13S-6S	0,00327	0,0001	0,04	0,14	0,43	0,32	0,2	0,2724	0,38	0,85	0,3
6S-7S	0,00327	0,0009	0,29	0,39	0,87	0,32	0,3	1,35219	0,87	1,16	0,4
7S-8S	0,00327	0,0011	0,34	0,42	0,91	0,32	0,3	1,53605	0,94	1,12	0,4
8S-9S	0,00327	0,0013	0,39	0,45	0,95	0,32	0,4	1,71814	0,99	1,02	0,4
14S-9S	0,00518	0,0001	0,01	0,07	0,27	0,51	0,2	0,0977	0,22	0,6	0,4
9S-10S	0,00401	0,0015	0,38	0,45	0,94	0,39	0,4	1,62377	0,96	1,08	0,5
15S-10S	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09782	0,22	0,6	0,4
10S-11S	0,00566	0,0018	0,31	0,41	0,89	0,37	0,4	1,30555	0,86	1,17	0,5
16S-11S	0,00401	0,0001	0,02	0,09	0,3	0,39	0,2	0,128	0,25	0,66	0,3
11S-12S	0,00566	0,002	0,36	0,44	0,92	0,37	0,4	1,45659	0,91	1,15	0,5
17S-12S	0,00327	0,0001	0,04	0,14	0,44	0,32	0,2	0,27504	0,38	0,85	0,3
12S-S	0,00566	0,0024	0,42	0,47	0,97	0,37	0,4	1,66052	0,97	1,06	0,4
S-T	0,00878	0,004	0,45	0,49	0,99	0,41	0,5	1,6313	0,97	1,08	0,5
T-U	0,00878	0,004	0,45	0,49	0,99	0,41	0,5	1,63166	0,97	1,08	0,5
U-V	0,00878	0,004	0,45	0,49	0,99	0,41	0,5	1,63301	0,97	1,08	0,5
1W-2W	0,00463	0,0001	0,03	0,12	0,38	0,45	0,2	0,19461	0,32	0,76	0,4
2W-3W	0,00463	0,0002	0,04	0,14	0,45	0,45	0,3	0,27296	0,38	0,85	0,4
3W-4W	0,00463	0,0003	0,07	0,19	0,54	0,45	0,3	0,42341	0,48	0,97	0,5
4W-5W	0,00463	0,0005	0,11	0,23	0,62	0,45	0,3	0,5673	0,55	1,05	0,5
5W-W	0,00463	0,0006	0,14	0,27	0,68	0,45	0,4	0,70494	0,62	1,1	0,5
W-X	0,00327	0,0006	0,2	0,32	0,76	0,32	0,3	0,9987	0,75	1,15	0,4
X-Y	0,00327	0,0007	0,2	0,32	0,76	0,32	0,3	1,00175	0,75	1,16	0,4
1Y-2Y	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,37	0,51	0,2	0,17569	0,3	0,73	0,4
2Y-3Y	0,00463	0,0003	0,06	0,17	0,5	0,45	0,3	0,35243	0,43	0,92	0,5
3Y-4Y	0,00463	0,0004	0,09	0,21	0,58	0,45	0,3	0,4991	0,52	1,02	0,5
4Y-Y	0,00463	0,0006	0,12	0,25	0,65	0,45	0,3	0,63739	0,59	1,07	0,5
Y-V	0,00327	0,0013	0,4	0,46	0,95	0,32	0,4	1,76399	1,01	0,98	0,4
V-Z	0,018	0,0056	0,31	0,4	0,89	0,49	0,5	1,0586	0,77	1,16	0,6

Jalur Pipa	Qf cek	Q min (m3/detik)	Qmin/Qfu cek	dmin/D cek	Vmin/Vfull	Vfull (m/detik)	Vmin (m/detik)	Qp/Qf cek	dpeak/D cek	Vpeak/Vfull	Vpeak (m/detik)
1Z-2Z	0,00518	0,0001	0,01	0,07	0,27	0,51	0,2	0,09746	0,22	0,6	0,4
2Z-Z	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17329	0,3	0,73	0,4
Z-AA	0,018	0,0058	0,32	0,41	0,89	0,49	0,5	1,08036	0,78	1,16	0,6
1AA-AA	0,00567	0,0001	0,02	0,1	0,35	0,56	0,2	0,15927	0,28	0,71	0,4
AA-AB	0,018	0,006	0,33	0,42	0,9	0,49	0,5	1,11207	0,79	1,17	0,6
1AB-2AB	0,00567	0,0001	0,01	0,07	0,26	0,56	0,2	0,09066	0,21	0,58	0,4
2AB-3AB	0,00567	0,0001	0,02	0,1	0,35	0,56	0,2	0,15994	0,29	0,71	0,4
3AB-AB	0,00567	0,0002	0,04	0,13	0,42	0,56	0,3	0,22533	0,34	0,8	0,5
AB-AC	0,018	0,0063	0,35	0,43	0,92	0,49	0,5	1,16184	0,81	1,17	0,6
1AC-AC	0,00518	0,0001	0,01	0,08	0,27	0,51	0,2	0,09781	0,22	0,6	0,4
AC-AD	0,018	0,0064	0,35	0,43	0,92	0,49	0,5	1,17747	0,81	1,17	0,6
AD-AE	0,018	0,0064	0,35	0,43	0,92	0,49	0,5	1,17784	0,81	1,17	0,6
1AE-AE	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17358	0,3	0,73	0,4
AE-AF	0,01778	0,0066	0,37	0,44	0,93	0,49	0,5	1,22476	0,83	1,17	0,6
AF-AG	0,018	0,0066	0,37	0,44	0,93	0,49	0,5	1,21058	0,83	1,17	0,6
1AG-AG	0,00518	0,0001	0,03	0,11	0,36	0,51	0,2	0,17428	0,3	0,73	0,4
AG-AH	0,018	0,0068	0,38	0,45	0,94	0,49	0,5	1,23392	0,83	1,17	0,6
AH-IPAL	0,0505	0,0205	0,41	0,47	0,96	0,64	0,6	1,10086	0,79	1,17	0,8

Jalur Pipa	Jenis Pipa	Qf cek	Q min (m3/detik)	Qmin/Qfu cek	dmin/D cek	Vmin/Vfull	Vfull (m/detik)	Vmin (m/detik)	Qp/Qf cek	dpeak/D cek	Vpeak/Vfull	Vpeak (m/detik)
1A-2A	Sekunder	0,0044391	0,0001338	0,0301393	0,1189163	0,3884928	0,5228302	0,3	0,2003721	0,3212417	0,7658314	0,5
2A-3A	Sekunder	0,0044391	0,0002893	0,0651619	0,1782006	0,5186571	0,5228302	0,3	0,3585785	0,4359361	0,9253192	0,5
3A-A	Sekunder	0,0044391	0,0002768	0,0623448	0,1741166	0,5104897	0,5228302	0,3	0,3593391	0,436421	0,9259133	0,5
A-B	Primer	0,0044391	0,0002939	0,0662128	0,1797025	0,5216372	0,5228302	0,3	0,3593391	0,436421	0,9259133	0,5
1B-2B	Sekunder	0,0040523	0,0001877	0,0463171	0,1489827	0,4579266	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
2B-3B	Sekunder	0,0040523	0,0003569	0,0880614	0,2087001	0,5770099	0,4772765	0,3	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
3B-B	Sekunder	0,0040523	0,000361	0,0890724	0,2099536	0,5793208	0,4772765	0,3	0,4750302	0,5052379	1,0024097	0,5
4B-5B	Sekunder	0,0040523	0,000622	0,1534978	0,2793297	0,6993313	0,4772765	0,4	0,6345001	0,5880898	1,0734765	0,6
5B-6B	Sekunder	0,0040523	0,0007988	0,1971174	0,3184936	0,761596	0,4772765	0,4	0,7894926	0,6595334	1,1180143	0,6
6B-B	Sekunder	0,0040523	0,0007483	0,1846672	0,3077769	0,7449116	0,4772765	0,4	0,8657795	0,6922323	1,1340223	0,6
B-C	Primer	0,0086364	0,0015603	0,1806687	0,3042627	0,7393826	0,4761832	0,4	0,7185557	0,6277506	1,0999216	0,6
1C-2C	Sekunder	0,0040523	0,0002956	0,0729483	0,1890714	0,5399602	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4

2C-3C	Sekunder	0,0040523	0,0004751	0,1172516	0,2425201	0,6374112	0,4772765	0,4	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
3C-C	Sekunder	0,0040523	0,0004031	0,0994762	0,2224803	0,6020897	0,4772765	0,3	0,4750302	0,5052379	1,0024097	0,5
C-D	Primer	0,0086364	0,0019535	0,2261997	0,3423375	0,7977521	0,4761832	0,4	0,8870244	0,701092	1,1379268	0,6
10D-2D	Tersier	0,0040523	0,0002885	0,0711913	0,1866685	0,5353035	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
1D-2D	Sekunder	0,0040523	0,0001908	0,0470854	0,1502741	0,4607347	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
2D-3D	Sekunder	0,0040523	0,0004498	0,1109899	0,2356371	0,6254212	0,4772765	0,3	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
11D-3D	Tersier	0,0040523	0,0003196	0,0788692	0,1969725	0,5550782	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
3D-4D	Sekunder	0,0040523	0,0007132	0,1760017	0,300114	0,7328186	0,4772765	0,4	0,7124474	0,6249455	1,0981972	0,6
12D-4D	Tersier	0,0040523	0,0002052	0,050647	0,1561338	0,4733198	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
4D-5D	Sekunder	0,0031389	0,0009997	0,3184971	0,4096539	0,8920218	0,3696968	0,4	1,2153645	0,8270372	1,1702237	0,5
5D-D	Sekunder	0,0031389	0,0006276	0,1999473	0,3208842	0,7652815	0,3696968	0,3	0,5071066	0,5228571	1,0194284	0,4
6D-7D	Sekunder	0,0031389	0,0008377	0,2668591	0,3733495	0,8426896	0,3696968	0,4	0,7170885	0,6270778	1,09951	0,5
7D-8D	Sekunder	0,0031389	0,0010302	0,3281895	0,4161472	0,9004444	0,3696968	0,4	0,9197657	0,7145507	1,1435091	0,5
8D-9D	Sekunder	0,0031389	0,0012236	0,3898123	0,4554606	0,9486483	0,3696968	0,4	1,1177165	0,7914851	1,166492	0,5
9D-10D	Sekunder	0,0031389	0,00107	0,3408763	0,4245104	0,9111046	0,3696968	0,4	1,2153645	0,8270372	1,1702237	0,5
10D-D	Sekunder	0,0031389	0,0011305	0,3601567	0,4369416	0,9265505	0,3696968	0,4	1,3122846	0,8610046	1,1672375	0,5
D-E	Primer	0,0111495	0,0041511	0,3723122	0,4446169	0,9358432	0,6147499	0,6	1,2713601	0,8468126	1,1694352	0,8
1E-E	Sekunder	0,0040523	0,0004367	0,1077635	0,2320186	0,6190599	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
E-F	Primer	0,0111495	0,0044008	0,3947089	0,4584531	0,9521144	0,6147499	0,6	1,3213812	0,8641305	1,1665428	0,8
2F-1F	Tersier	0,0040523	0,0001793	0,0442525	0,1454611	0,4502039	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
1F-F	Sekunder	0,0128222	0,0004719	0,0368039	0,1320553	0,4198602	0,451515	0,2	0,06937	0,1841478	0,5303873	0,3
F-G	Primer	0,0111495	0,004648	0,4168802	0,4717869	0,9671988	0,6147499	0,6	1,3713133	0,8811095	1,1612553	0,8
7G-1G	Tersier	0,0040523	0,0005223	0,1288812	0,2548552	0,6585577	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
1G-2G	Sekunder	0,0040523	0,0004575	0,1129081	0,2377648	0,6291428	0,4772765	0,4	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
2G-3G	Sekunder	0,0044391	0,0006181	0,1392497	0,2654132	0,6763321	0,5228302	0,4	0,5070581	0,5228309	1,0194039	0,6
8G-3G	Tersier	0,0040523	0,0005316	0,1311844	0,2572344	0,6625884	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
3G-4G	Sekunder	0,0040523	0,0006953	0,1715828	0,2961372	0,7264893	0,4772765	0,4	0,5554544	0,5484418	1,0422787	0,5
9G-4G	Tersier	0,0040523	0,0006758	0,1667676	0,2917479	0,7194609	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
4G-G	Sekunder	0,0044391	0,0010241	0,230699	0,345893	0,8030268	0,5228302	0,5	0,7207048	0,6287349	1,1005216	0,6
10G-5G	Tersier	0,0040523	0,0003217	0,0793949	0,1976602	0,5563804	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
5G-6G	Sekunder	0,0040523	0,0003699	0,09127	0,2126553	0,5842806	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
10G-6G	Tersier	0,0040523	0,0002938	0,072513	0,1884787	0,5388143	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
6G-G	Sekunder	0,0025629	0,0005035	0,19646	0,3179359	0,7607344	0,3018561	0,3	0,6210762	0,5815295	1,0686557	0,4
G-H	Primer	0,0111495	0,0064349	0,5771502	0,5595773	1,0515477	0,6147499	0,7	1,6940184	0,9844155	1,0393699	0,7
H-I	Primer	0,0111495	0,0056809	0,5095203	0,5241613	1,0206462	0,6147499	0,7	1,6940184	0,9844155	1,0393699	0,7
1I-2I	Sekunder	0,0044391	0,0006738	0,1517946	0,2776994	0,6966615	0,5228302	0,4	0,2003721	0,3212417	0,7658314	0,5
2I-I	Sekunder	0,0222087	0,0001791	0,0080629	0,0595433	0,2188335	0,782047	0,2	0,0400508	0,138044	0,4336082	0,4
I-J	Primer	0,0111495	0,0061712	0,5534942	0,5474256	1,0414127	0,6147499	0,7	1,7927634	1,0141125	0,9571202	0,6
1J-2J	Sekunder	0,0040523	0,0005739	0,141632	0,2677856	0,6802868	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4

5J-2J	Tersier	0,0040523	0,0006282	0,1550092	0,2807692	0,7016834	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
2J-3J	Sekunder	0,0040523	0,0004807	0,1186194	0,2440001	0,6399711	0,4772765	0,4	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
3J-4J	Sekunder	0,0040523	0,0011388	0,2810272	0,3836201	0,8570193	0,4772765	0,5	0,5554544	0,5484418	1,0422787	0,5
6J-4J	Tersier	0,0040523	0,0006334	0,1563112	0,282004	0,703697	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
4J-J	Sekunder	0,0025629	0,0008786	0,3428302	0,4257851	0,9127107	0,3018561	0,3	1,1264783	0,794734	1,1670593	0,4
J-K	Primer	0,0111495	0,0074773	0,6706395	0,6054303	1,0855962	0,6147499	0,7	1,9896162	1,0710811	0,6967169	0,5
1K-K	Sekunder	0,0040523	0,0005903	0,1456659	0,27176	0,6868803	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
K-L	Primer	0,0202737	0,0076633	0,3779922	0,4481624	0,9400721	0,7139079	0,7	1,121186	0,7927731	1,1667217	0,9
1L-2L	Sekunder	0,0040523	0,0003965	0,0978371	0,2205495	0,5986172	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
2L-3L	Sekunder	0,0040523	0,0005742	0,1416879	0,2678411	0,6803791	0,4772765	0,4	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
12L-13L	Tersier	0,0040523	0,0010312	0,2544591	0,3641457	0,8296095	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
13L-14L	Tersier	0,0040523	0,0010459	0,2580893	0,3668618	0,8334927	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
14L-3L	Tersier	0,0025629	0,0004783	0,1866253	0,3094847	0,7475881	0,3018561	0,3	0,6210762	0,5815295	1,0686557	0,4
3L-4L	Sekunder	0,0025629	0,0009405	0,3669649	0,4412554	0,9317965	0,3018561	0,3	1,1264783	0,794734	1,1670593	0,4
4L-5L	Sekunder	0,0040523	0,0013434	0,3315007	0,4183446	0,903266	0,4772765	0,5	0,8657795	0,6922323	1,1340223	0,6
15L-16L	Tersier	0,0040523	0,0011047	0,2726102	0,377549	0,8485833	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
16L-17L	Tersier	0,0040523	0,0014046	0,3466028	0,4282367	0,9157853	0,4772765	0,5	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
17L-5L	Tersier	0,0025629	0,0007587	0,2960264	0,3942284	0,8715155	0,3018561	0,3	0,8782504	0,6974454	1,1363418	0,4
5L-L	Sekunder	0,0070516	0,0024058	0,3411772	0,4247069	0,9113525	0,388802	0,4	0,8379704	0,6804775	1,1285597	0,5
6L-7L	Sekunder	0,0111495	0,0011636	0,1043593	0,2281442	0,612203	0,6147499	0,4	0,0797772	0,198159	0,5573237	0,4
7L-8L	Sekunder	0,0070516	0,0014721	0,208769	0,3282349	0,7765301	0,388802	0,4	0,2257335	0,3419672	0,7972009	0,4
8L-9L	Sekunder	0,0070516	0,0017356	0,2461323	0,3578451	0,8205286	0,388802	0,4	0,3192048	0,4101312	0,8926452	0,4
9L-10L	Sekunder	0,0070516	0,0019813	0,2809746	0,3835825	0,8569673	0,388802	0,4	0,4094246	0,4673416	0,9622356	0,4
10L-11L	Sekunder	0,0040523	0,0009395	0,2318463	0,3467943	0,804359	0,4772765	0,4	0,8657795	0,6922323	1,1340223	0,6
18L-21L	Tersier	0,0040523	0,0002376	0,0586331	0,1685992	0,4993026	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
19L-20L	Tersier	0,0040523	0,0005176	0,1277246	0,2536528	0,6565148	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
20L-21L	Tersier	0,0040523	0,0005299	0,1307625	0,2568	0,6618537	0,4772765	0,4	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
21L-11L	Tersier	0,0070516	0,0009857	0,1397882	0,2659511	0,6772301	0,388802	0,3	0,3192048	0,4101312	0,8926452	0,4
11L-L	Sekunder	0,0070516	0,0019275	0,2733502	0,3780863	0,8493339	0,388802	0,4	0,8379704	0,6804775	1,1285597	0,5
L-M	Primer	0,0202737	0,0124398	0,613592	0,5778428	1,0658884	0,7139079	0,8	1,6036918	0,9565208	1,0928794	0,8
M1-M2	Sekunder	0,0040523	0,0002479	0,0611777	0,172399	0,5070265	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
M2-M	Sekunder	0,0040523	0,0004162	0,1027132	0,2262492	0,6088313	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
M-N	Primer	0,0202737	0,0136001	0,6708246	0,605518	1,0856552	0,7139079	0,8	1,6303416	0,9648268	1,0790029	0,8
1N-2N	Sekunder	0,0040523	0,000874	0,2156884	0,3338978	0,7851089	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
3N-2N	Tersier	0,0040523	0,0011645	0,2873652	0,3881348	0,8632269	0,4772765	0,5	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
2N-N	Sekunder	0,0025629	0,0007332	0,2860674	0,3872142	0,8619658	0,3018561	0,3	0,8782504	0,6974454	1,1363418	0,4
N-O	Primer	0,0366996	0,0125988	0,3432947	0,4260877	0,9130911	0,8281297	0,8	0,9447606	0,7246725	1,1474274	1
1O-0	Sekunder	0,0040523	0,0009522	0,234967	0,3492354	0,8079569	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
0-AH	Primer	0,0232108	0,0122776	0,5289579	0,5345578	1,0301501	0,5237552	0,6	1,5170297	0,9290466	1,1283763	0,6

1P-2P	Sekunder	0,0040523	0,0004307	0,1062926	0,2303517	0,6161158	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
2P-3P	Sekunder	0,0040523	0,000568	0,1401567	0,2663187	0,6778432	0,4772765	0,4	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
3P-4P	Sekunder	0,0040523	0,0006457	0,1593311	0,2848491	0,708323	0,4772765	0,4	0,5554544	0,5484418	1,0422787	0,5
4P-5P	Sekunder	0,0040523	0,0015084	0,3722272	0,4445636	0,9357793	0,4772765	0,5	0,7124474	0,6249455	1,0981972	0,6
12P-13P	Tersier	0,0040523	0,0004431	0,1093329	0,233785	0,6221705	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
11P-13P	Tersier	0,0040523	0,0007331	0,1808964	0,3044639	0,7396999	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
5P-6P	Sekunder	0,0025629	0,002552	0,9957338	0,7449274	1,1545206	0,3018561	0,4	1,6072138	0,9576222	1,0911313	0,4
14P-6P	Tersier	0,0040523	0,0015607	0,3851469	0,4525927	0,9452989	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
6P-7P	Sekunder	0,0025629	0,0019284	0,7524222	0,6431018	1,1089859	0,3018561	0,4	0,6210762	0,5815295	1,0686557	0,4
7P-8P	Sekunder	0,0025629	0,0022304	0,8702602	0,6941094	1,1348647	0,3018561	0,4	0,8782504	0,6974454	1,1363418	0,4
8P-9P	Sekunder	0,0025629	0,0024665	0,9623801	0,7317313	1,1500147	0,3018561	0,4	1,1264783	0,794734	1,1670593	0,4
15P-16P	Tersier	0,0040523	0,0007421	0,1831218	0,306423	0,7427849	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
16P-17P	Tersier	0,0040523	0,0002256	0,0556634	0,1640642	0,4899677	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
17P-9P	Tersier	0,0040523	0,001685	0,4158186	0,4711562	0,9664987	0,4772765	0,5	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
9P-10P	Sekunder	0,0025629	0,0016924	0,6603532	0,600541	1,0822688	0,3018561	0,4	1,7251324	0,9938596	1,0163674	0,4
18P-10P	Tersier	0,0040523	0,0007163	0,1767671	0,3007979	0,7339034	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
10P-P	Sekunder	0,0031389	0,002496	0,7951793	0,6620213	1,1193225	0,3696968	0,5	1,5994784	0,9552016	1,0949373	0,5
P-Q	Primer	0,0086364	0,0024572	0,2845178	0,3861124	0,8604532	0,4761832	0,5	0,581339	0,5617042	1,0532723	0,6
1Q-Q	Sekunder	0,0040523	0,0006795	0,1676781	0,2925825	0,7208007	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
Q-R	Primer	0,0086364	0,0016776	0,1942531	0,3160573	0,7578264	0,4761832	0,4	0,6157735	0,5789196	1,066701	0,6
1R-R	Sekunder	0,0040523	0,0007276	0,1795393	0,3032635	0,7378053	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
R-S	Primer	0,0086364	0,002143	0,2481342	0,359369	0,8227343	0,4761832	0,4	0,6500562	0,5956101	1,0788422	0,6
1S-2S	Sekunder	0,0040523	0,0017814	0,4396001	0,4851054	0,9816719	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
2S-3S	Sekunder	0,0040523	0,0021819	0,5384239	0,5395551	1,0345894	0,4772765	0,5	0,3928031	0,4572904	0,9507713	0,5
3S-4S	Sekunder	0,0040523	0,0025053	0,6182349	0,5801324	1,067612	0,4772765	0,6	0,5554544	0,5484418	1,0422787	0,5
4S-5S	Sekunder	0,0040523	0,0009562	0,2359661	0,3500136	0,8091009	0,4772765	0,4	0,7124474	0,6249455	1,0981972	0,6
5S-6S	Sekunder	0,0040523	0,0010753	0,2653576	0,372246	0,8411331	0,4772765	0,5	0,8657795	0,6922323	1,1340223	0,6
13S-6S	Tersier	0,0040523	0,0003343	0,0824943	0,2016713	0,563935	0,4772765	0,3	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
6S-7S	Sekunder	0,0111495	0,0013604	0,1220153	0,2476401	0,6462402	0,6147499	0,4	0,3965551	0,4595767	0,9534083	0,6
7S-8S	Sekunder	0,0111495	0,0014567	0,1306527	0,2566868	0,6616622	0,6147499	0,5	0,4503032	0,491266	0,9881639	0,7
8S-9S	Sekunder	0,0111495	0,0016306	0,1462491	0,2723303	0,6878231	0,6147499	0,5	0,5035314	0,5209201	1,0176088	0,7
14S-9S	Tersier	0,0040523	0,0003793	0,0936099	0,215498	0,5894696	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
9S-10S	Sekunder	0,0111495	0,0031327	0,2809762	0,3835836	0,8569688	0,6147499	0,6	0,5825855	0,5623357	1,0537816	0,7
15S-10S	Tersier	0,0040523	0,0004319	0,1065734	0,2306707	0,6166799	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
10S-11S	Sekunder	0,0111495	0,0047445	0,4255339	0,4768995	0,9728252	0,6147499	0,6	0,6608744	0,6007896	1,0824397	0,7
16S-11S	Tersier	0,0040523	0,0009894	0,2441558	0,3563347	0,8183366	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
11S-12S	Sekunder	0,0111495	0,0024047	0,2156779	0,3338893	0,785096	0,6147499	0,5	0,7385425	0,6368509	1,1053701	0,7
17S-12S	Tersier	0,0040523	0,00116	0,2862598	0,3873508	0,862153	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
12S-S	Sekunder	0,0111495	0,0043199	0,3874511	0,4540112	0,9469589	0,6147499	0,6	0,8413101	0,6818988	1,1292374	0,7

S-T	Primer	0,0086364	0,0064395	0,7456242	0,6400472	1,1072317	0,4761832	0,6	1,6409957	0,9681293	1,0730259	0,6
T-U	Primer	0,0086364	0,0044963	0,5206191	0,5301203	1,026138	0,4761832	0,5	1,6409957	0,9681293	1,0730259	0,6
U-V	Primer	0,0086364	0,0060648	0,7022374	0,620231	1,0952507	0,4761832	0,6	1,6409957	0,9681293	1,0730259	0,6
1W-2W	Sekunder	0,0036245	0,0012588	0,3473064	0,4286926	0,9163549	0,4268891	0,4	0,2454048	0,3572898	0,8197234	0,4
2W-3W	Sekunder	0,0036245	0,000605	0,16693	0,2918969	0,7197002	0,4268891	0,4	0,3444328	0,4268281	0,914021	0,4
3W-4W	Sekunder	0,0036245	0,0027114	0,7480695	0,6411475	1,1078664	0,4268891	0,5	0,5310999	0,5356923	1,0311653	0,5
4W-5W	Sekunder	0,0036245	0,0030412	0,8390538	0,6809389	1,1287802	0,4268891	0,5	0,7093927	0,6235383	1,0973242	0,5
5W-W	Sekunder	0,0036245	0,001881	0,5189523	0,5292292	1,0253245	0,4268891	0,5	0,8826795	0,6992883	1,1371467	0,5
W-X	Primer	0,0025629	0,0014238	0,5555502	0,5484914	1,0423209	0,3018561	0,4	1,2482974	0,8387189	1,1700513	0,4
X-Y	Primer	0,0025629	0,0020091	0,7839094	0,6570824	1,1167106	0,3018561	0,4	1,2482974	0,8387189	1,1700513	0,4
1Y-2Y	Sekunder	0,0040523	0,0021786	0,5376159	0,5391302	1,0342152	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
2Y-3Y	Sekunder	0,0036245	0,0026381	0,7278564	0,6320001	1,1024934	0,4268891	0,5	0,4391672	0,4848547	0,981405	0,5
3Y-4Y	Sekunder	0,0036245	0,0030001	0,8277211	0,6760985	1,1264417	0,4268891	0,5	0,6210168	0,5815004	1,068634	0,5
4Y-Y	Sekunder	0,0036245	0,0011235	0,3099739	0,4038659	0,8844085	0,4268891	0,4	0,7965404	0,6626155	1,1196327	0,5
Y-V	Primer	0,0070516	0,0039528	0,560562	0,5510817	1,0445127	0,388802	0,5	0,796153	0,6624464	1,1195445	0,5
V-Z	Primer	0,0128222	0,0076733	0,5984366	0,5703109	1,0601031	0,451515	0,5	1,4728115	0,9147407	1,1415059	0,6
1Z-2Z	Tersier	0,0040523	0,0003246	0,0800977	0,1985762	0,5581118	0,4772765	0,3	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
2Z-Z	Sekunder	0,0040523	0,0006427	0,1586054	0,2841678	0,707217	0,4772765	0,4	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
Z-AA	Primer	0,0128222	0,0067253	0,5245053	0,5321925	1,0280198	0,451515	0,5	1,5157682	0,9286412	1,1287941	0,6
1AA-AA	Sekunder	0,0044391	0,0016243	0,3658956	0,4405804	0,9309795	0,5228302	0,5	0,2003721	0,3212417	0,7658314	0,5
AA-AB	Primer	0,0128222	0,0075115	0,585816	0,5639694	1,055093	0,451515	0,5	1,5586753	0,9423399	1,113051	0,6
1AB-2AB	Sekunder	0,0044391	0,0012569	0,2831305	0,3851237	0,8590929	0,5228302	0,5	0,1130199	0,2378882	0,6293583	0,4
2AB-3AB	Sekunder	0,0044391	0,000698	0,157248	0,2828893	0,7051386	0,5228302	0,4	0,2003721	0,3212417	0,7658314	0,5
3AB-AB	Sekunder	0,0044391	0,001639	0,3692274	0,4426805	0,9335165	0,5228302	0,5	0,2812282	0,383764	0,857218	0,5
AB-AC	Primer	0,0128222	0,0159888	1,2469606	0,8382476	1,1700741	0,451515	0,6	1,6229476	0,9625288	1,0830047	0,5
1AC-AC	Sekunder	0,0040523	0,0005184	0,1279382	0,2538752	0,6568929	0,4772765	0,4	0,123807	0,2495412	0,6494996	0,4
AC-AD	Primer	0,0128222	0,0069309	0,5405401	0,5406666	1,0355654	0,451515	0,5	1,6443491	0,9691666	1,0710923	0,5
AD-AE	Primer	0,0128222	0,0078992	0,616058	0,5790599	1,0668066	0,451515	0,5	1,6443491	0,9691666	1,0710923	0,5
1AE-AE	Sekunder	0,0040523	0,0011807	0,291374	0,3909659	0,8670909	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
AE-AF	Primer	0,0128222	0,0103664	0,8084699	0,6678031	1,1223044	0,451515	0,6	1,6871198	0,9823104	1,0441332	0,5
AF-AG	Primer	0,0128222	0,0104098	0,8118544	0,6692683	1,1230471	0,451515	0,6	1,6871198	0,9823104	1,0441332	0,5
1AG-AG	Sekunder	0,0040523	0,001625	0,4009993	0,4622715	0,9564945	0,4772765	0,5	0,2194967	0,3369776	0,7897426	0,4
AG-AH	Primer	0,0232108	0,0113191	0,4876649	0,5122436	1,0093028	0,5237552	0,6	0,9556087	0,7290259	1,1490374	0,7
AH-IPAL	Primer	0,043077	0,0211298	0,4905113	0,5138099	1,0108211	0,6113532	0,6	1,289759	0,8532195	1,1686292	0,8

Lampiran 3. Tabel Penanaman Pipa Air Limbah

Jalur Pipa	Jenis Pipa	Penduduk terlayani	Panjang Jalur (m)	Diameter Pipa (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman	
					Awal	Akhir			Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1A-2A	Sekunder	215	100	104	4,04	4,02	0,006	0,6	2,94	2,34	3,04	2,44	1,10	1,68
2A-3A	Sekunder	431	100	104	4,02	4,01	0,006	0,6	2,34	1,74	2,44	1,84	1,68	2,27
3A-A	Sekunder	432	19	104	4,01	4,01	0,006	0,114	1,74	1,62	1,84	1,73	2,27	2,39
A-B	Primer	432	44,8	104	4,01	4,15	0,006	0,2688	2,90	2,63	3,00	2,73	1,11	1,52
1B-2B	Sekunder	215	92	104	4	4	0,005	0,46	2,89	2,43	2,99	2,53	1,11	1,57
2B-3B	Sekunder	431	100	104	4	4,2	0,005	0,5	2,43	1,93	2,53	2,03	1,57	2,27
3B-B	Sekunder	538	19	104	4,2	4,15	0,005	0,095	1,93	1,83	2,03	1,94	2,27	2,32
4B-5B	Sekunder	754	100	104	4,25	4,2	0,005	0,5	3,14	2,64	3,24	2,74	1,11	1,56
5B-6B	Sekunder	969	100	104	4,2	4,17	0,005	0,5	2,64	2,14	2,74	2,24	1,56	2,03
6B-B	Sekunder	1077	19,4	104	4,17	4,15	0,005	0,097	2,14	2,04	2,24	2,14	2,03	2,11
B-C	Primer	2046	54,4	152	4,15	4,24	0,003	0,1632	2,63	2,46	2,78	2,62	1,52	1,78
1C-2C	Sekunder	215	100	104	4,44	4,38	0,005	0,5	3,34	2,84	3,44	2,94	1,10	1,54
2C-3C	Sekunder	431	100	104	4,38	4,4	0,005	0,5	2,84	2,34	2,94	2,44	1,54	2,06
3C-C	Sekunder	538	27	104	4,4	4,24	0,005	0,135	2,34	2,20	2,44	2,31	2,06	2,04
C-D	Primer	2585	29,4	152	4,24	4,3	0,003	0,0882	2,46	2,38	2,62	2,53	1,78	1,92
10D-2D	Tersier	215	70,5	104	4	4	0,005	0,3525	2,90	2,54	3,00	2,65	1,10	1,46
1D-2D	Sekunder	108	61	104	4	4	0,005	0,305	2,40	2,09	2,50	2,20	1,60	1,91
2D-3D	Sekunder	431	62,2	104	4	4	0,005	0,311	2,09	1,78	2,20	1,88	1,91	2,22
11D-3D	Tersier	215	70,5	104	4	4	0,005	0,3525	2,90	2,54	3,00	2,65	1,10	1,46
3D-4D	Sekunder	861	41	104	4	4	0,005	0,205	1,78	1,58	1,88	1,68	2,22	2,43
12D-4D	Tersier	108	54,5	104	4,05	4,03	0,005	0,2725	2,95	2,67	3,05	2,78	1,10	1,36
4D-5D	Sekunder	1184	48	104	4,03	4,3	0,003	0,144	1,58	1,43	1,68	1,54	2,46	2,87
5D-D	Sekunder	431	95,6	104	4,4	4,3	0,003	0,2868	3,30	3,01	3,40	3,11	1,10	1,29
6D-7D	Sekunder	646	100	104	4,3	4,5	0,003	0,3	3,20	2,90	3,30	3,00	1,10	1,60
7D-8D	Sekunder	861	100	104	4,5	4,5	0,003	0,3	2,90	2,60	3,00	2,70	1,60	1,90
8D-9D	Sekunder	1077	100	104	4,5	4,49	0,003	0,3	2,60	2,30	2,70	2,40	1,90	2,19
9D-10D	Sekunder	1184	51,8	104	4,49	4,4	0,003	0,1554	2,30	2,14	2,40	2,24	2,19	2,26
10D-D	Sekunder	1292	46	104	4,4	4,3	0,003	0,138	2,38	2,24	2,48	2,34	2,02	2,06
D-E	Primer	5061	29,5	152	4,3	4,27	0,005	0,1475	2,38	2,23	2,53	2,38	1,92	2,04
1E-E	Sekunder	215	71,2	104	4,67	4,27	0,005	0,356	3,57	3,21	3,67	3,31	1,10	1,06
E-F	Primer	5276	34,6	152	4,27	4,32	0,005	0,173	2,23	2,06	2,38	2,21	2,04	2,26
2F-1F	Tersier	108	28,8	104	4,68	4,8	0,005	0,144	3,58	3,43	3,68	3,54	1,10	1,37

Jalur Pipa	Jenis Pipa	Penduduk terlayani	Panjang Jalur (m)	Diameter Pipa (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman	
1F-F	Sekunder	215	72	190,2	4,8	4,32	0,002	0,144	3,43	3,29	3,62	3,48	1,37	1,03
F-G	Primer	5491	37,4	152	4,32	4,28	0,005	0,187	2,06	1,87	2,21	2,02	2,26	2,41
7G-1G	Tersier	215	77,8	104	4	4	0,005	0,389	2,90	2,51	3,00	2,61	1,10	1,49
1G-2G	Sekunder	431	31,7	104	4	4	0,005	0,1585	2,90	2,74	3,00	2,84	1,10	1,26
2G-3G	Sekunder	646	31	104	4	4	0,006	0,186	2,74	2,55	2,84	2,66	1,26	1,45
8G-3G	Tersier	108	98,1	104	4	4	0,005	0,4905	2,90	2,41	3,00	2,51	1,10	1,59
3G-4G	Sekunder	646	40,4	104	4	4,04	0,005	0,202	2,55	2,35	2,66	2,45	1,45	1,69
9G-4G	Tersier	215	94,5	104	4,05	4,04	0,005	0,4725	2,95	2,47	3,05	2,58	1,10	1,57
4G-G	Sekunder	969	48,6	104	4,04	4,28	0,006	0,2916	2,35	2,06	2,45	2,16	1,69	2,22
10G-5G	Tersier	108	48,8	104	4,77	4,67	0,005	0,244	3,67	3,42	3,77	3,53	1,10	1,25
5G-6G	Sekunder	215	38,5	104	4,67	4,45	0,005	0,1925	3,57	3,37	3,67	3,48	1,10	1,08
10G-6G	Tersier	108	41,5	104	4,39	4,45	0,005	0,2075	3,29	3,08	3,39	3,18	1,10	1,37
6G-G	Sekunder	431	31,4	104	4,45	4,28	0,002	0,0628	3,37	3,31	3,48	3,41	1,08	0,97
G-H	Primer	6891	66	152	4,28	4,13	0,005	0,33	1,87	1,54	2,02	1,69	2,41	2,59
H-I	Primer	6891	9,1	152	4,13	4,09	0,005	0,0455	1,54	1,49	1,69	1,64	2,59	2,60
1I-2I	Sekunder	215	78,2	104	4,71	4,17	0,006	0,4692	3,61	3,14	3,71	3,24	1,10	1,03
2I-I	Sekunder	215	6,8	190,2	4,17	4,09	0,006	0,0408	3,14	3,10	3,33	3,29	1,03	0,99
I-J	Primer	7321	14,9	152	4,09	4,04	0,005	0,0745	1,49	1,42	1,64	1,57	2,60	2,62
1J-2J	Sekunder	215	60	104	4	4	0,005	0,3	2,90	2,60	3,00	2,70	1,10	1,40
5J-2J	Tersier	108	86	104	4	4	0,005	0,43	2,90	2,47	3,00	2,57	1,10	1,53
2J-3J	Sekunder	431	24	104	4	4	0,005	0,12	2,60	2,48	2,70	2,58	1,40	1,52
3J-4J	Sekunder	646	74,5	104	4	4,09	0,005	0,3725	2,48	2,10	2,58	2,21	1,52	1,99
6J-4J	Tersier	108	82	104	4,03	4,09	0,005	0,41	2,93	2,52	3,03	2,62	1,10	1,57
4J-J	Sekunder	861	29,7	104	4,09	4,04	0,002	0,0594	2,10	2,04	2,21	2,15	1,99	2,00
J-K	Primer	8182	42,2	152	4,04	4,02	0,005	0,211	1,42	1,21	1,57	1,36	2,62	2,81
1K-K	Sekunder	215	54,6	104	4,37	4,02	0,005	0,273	3,27	2,99	3,37	3,10	1,10	1,03
K-L	Primer	8398	39,6	190,2	4,02	4	0,005	0,198	1,21	1,01	1,40	1,20	2,81	2,99
1L-2L	Sekunder	215	30,5	104	4	4	0,005	0,1525	2,90	2,74	3,00	2,85	1,10	1,26
2L-3L	Sekunder	431	30	104	4	4	0,005	0,15	2,74	2,59	2,85	2,70	1,26	1,41
12L-13L	Tersier	215	100	104	4	4	0,005	0,5	2,90	2,40	3,00	2,50	1,10	1,60
13L-14L	Tersier	215	100	104	4	4	0,005	0,5	2,40	1,90	2,50	2,00	1,60	2,10
14L-3L	Tersier	431	19,6	104	4	4	0,002	0,0392	1,90	1,86	2,00	1,96	2,10	2,14
3L-4L	Sekunder	861	30,5	104	4	4	0,002	0,061	2,59	2,53	2,70	2,64	1,41	1,47
4L-5L	Sekunder	1077	47,7	104	4	4	0,005	0,2385	2,53	2,29	2,64	2,40	1,47	1,71



Jalur Pipa	Jenis Pipa	Penduduk terlayani	Panjang Jalur (m)	Diameter Pipa (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman	
15L-16L	Tersier	215	100	104	4	4	0,005	0,5	2,90	2,40	3,00	2,50	1,10	1,60
16L-17L	Tersier	431	100	104	4	4	0,005	0,5	2,40	1,90	2,50	2,00	1,60	2,10
17L-5L	Tersier	646	27,7	104	4	4	0,002	0,0554	1,90	1,84	2,00	1,94	2,10	2,16
5L-L	Sekunder	1938	66,9	152	4	4,12	0,002	0,1338	2,29	2,16	2,45	2,31	1,71	1,96
6L-7L	Sekunder	215	100	152	5	5	0,005	0,5	3,85	3,35	4,00	3,50	1,15	1,65
7L-8L	Sekunder	431	100	152	5	5	0,002	0,2	3,35	3,15	3,50	3,30	1,65	1,85
8L-9L	Sekunder	646	100	152	5	4	0,002	0,2	3,15	2,95	3,30	3,10	1,85	1,05
9L-10L	Sekunder	861	100	152	4,87	4,45	0,002	0,2	2,95	2,75	3,10	2,90	1,92	1,70
10L-11L	Sekunder	1077	15,1	104	4,45	4,28	0,005	0,0755	2,75	2,67	2,85	2,78	1,70	1,61
18L-21L	Tersier	108	18	104	4,29	4,26	0,005	0,09	3,19	3,10	3,29	3,20	1,10	1,16
19L-20L	Tersier	215	34,5	104	4,55	4,38	0,005	0,1725	3,10	2,92	3,20	3,03	1,45	1,46
20L-21L	Tersier	431	20	104	4,38	4,26	0,005	0,1	2,92	2,82	3,03	2,93	1,46	1,44
21L-11L	Tersier	646	40	152	4,26	4,28	0,002	0,08	2,82	2,74	2,98	2,90	1,44	1,54
11L-L	Sekunder	1938	32	152	4,28	4,12	0,002	0,064	2,67	2,61	2,82	2,76	1,61	1,51
L-M	Primer	12273	64,3	190,2	4,12	4,03	0,005	0,3215	2,93	2,61	3,12	2,80	1,19	1,42
M1-M2	Sekunder	215	9,8	104	4,19	4,14	0,005	0,049	3,09	3,04	3,19	3,14	1,10	1,10
M2-M	Sekunder	215	23,6	104	4,14	4,03	0,005	0,118	3,04	2,92	3,14	3,02	1,10	1,11
M-N	Primer	12488	96	190,2	4,03	4,03	0,005	0,48	2,61	2,13	2,80	2,32	1,42	1,90
1N-2N	Sekunder	215	60	104	4,42	4,14	0,005	0,3	3,32	3,02	3,42	3,12	1,10	1,12
3N-2N	Tersier	431	62,2	104	4,16	4,14	0,005	0,311	3,06	2,75	3,16	2,85	1,10	1,40
2N-N	Sekunder	646	20,3	104	4,14	4,03	0,002	0,0406	3,02	2,98	3,12	3,08	1,12	1,05
N-O	Primer	13134	34	237,6	4,03	4,02	0,005	0,17	2,13	1,96	2,37	2,20	1,90	2,06
1O-0	Sekunder	215	63,3	104	4	4,02	0,005	0,3165	2,90	2,58	3,00	2,68	1,10	1,44
0-AH	Primer	13350	15,1	237,6	4,02	4,02	0,002	0,0302	1,96	1,93	2,20	2,17	2,06	2,09
1P-2P	Sekunder	215	22,6	104	5	5	0,005	0,113	3,90	3,78	4,00	3,89	1,10	1,22
2P-3P	Sekunder	431	19,4	104	5	5	0,005	0,097	3,78	3,69	3,89	3,79	1,22	1,31
3P-4P	Sekunder	646	13,8	104	5	5	0,005	0,069	3,69	3,62	3,79	3,72	1,31	1,38
4P-5P	Sekunder	861	52,4	104	5	4,95	0,005	0,262	3,62	3,36	3,72	3,46	1,38	1,60
12P-13P	Tersier	108	31,4	104	4,97	4,96	0,005	0,157	3,87	3,71	3,97	3,81	1,10	1,25
11P-13P	Tersier	215	43	104	5	4,96	0,005	0,215	3,90	3,68	4,00	3,79	1,10	1,28
5P-6P	Sekunder	1292	83,2	104	4,95	4,79	0,002	0,1664	3,36	3,19	3,46	3,29	1,60	1,60
14P-6P	Tersier	215	100	104	4,8	4,79	0,005	0,5	3,70	3,20	3,80	3,30	1,10	1,59
6P-7P	Sekunder	431	100	104	4,79	4,59	0,002	0,2	3,19	2,99	3,29	3,09	1,60	1,60
7P-8P	Sekunder	646	100	104	4,59	4,39	0,002	0,2	2,99	2,79	3,09	2,89	1,60	1,60

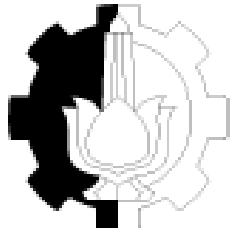
Jalur Pipa	Jenis Pipa	Penduduk terlayani	Panjang Jalur (m)	Diameter Pipa (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman	
8P-9P	Sekunder	861	98	104	4,39	4,2	0,002	0,196	2,79	2,59	2,89	2,70	1,60	1,61
15P-16P	Tersier	108	52,3	104	4,27	4,24	0,005	0,2615	3,17	2,90	3,27	3,01	1,10	1,34
16P-17P	Tersier	215	6,3	104	4,24	4,24	0,005	0,0315	2,90	2,87	3,01	2,98	1,34	1,37
17P-9P	Tersier	431	81,2	104	4,24	4,2	0,005	0,406	2,87	2,47	2,98	2,57	1,37	1,73
9P-10P	Sekunder	1399	33,5	104	4,2	4,13	0,002	0,067	2,59	2,53	2,70	2,63	1,61	1,60
18P-10P	Tersier	108	48,4	104	4,13	4,13	0,005	0,242	3,03	2,78	3,13	2,89	1,10	1,35
10P-P	Sekunder	1615	59,5	104	4,13	4,02	0,003	0,1785	2,53	2,35	2,63	2,45	1,60	1,67
P-Q	Primer	1615	57,3	152	4,02	4,02	0,003	0,1719	2,87	2,70	3,02	2,85	1,15	1,32
1Q-Q	Sekunder	108	44,4	104	4,1	4,02	0,005	0,222	3,00	2,77	3,10	2,88	1,10	1,25
Q-R	Primer	1722	20,2	152	4,02	4,02	0,003	0,0606	2,70	2,64	2,85	2,79	1,32	1,38
1R-R	Sekunder	108	47	104	4,11	4,02	0,005	0,235	3,01	2,77	3,11	2,88	1,10	1,25
R-S	Primer	1830	34,9	152	4,02	4,02	0,003	0,1047	2,64	2,53	2,79	2,68	1,38	1,49
1S-2S	Sekunder	215	100	104	5	4,95	0,005	0,5	3,90	3,40	4,00	3,50	1,10	1,55
2S-3S	Sekunder	431	100	104	4,95	4,79	0,005	0,5	3,40	2,90	3,50	3,00	1,55	1,89
3S-4S	Sekunder	646	100	104	4,95	4,79	0,005	0,5	2,90	2,40	3,00	2,50	2,05	2,39
4S-5S	Sekunder	861	17,7	104	4,8	4,79	0,005	0,0885	2,40	2,31	2,50	2,41	2,40	2,48
5S-6S	Sekunder	1077	15,4	104	4,79	4,77	0,005	0,077	2,31	2,23	2,41	2,33	2,48	2,54
13S-6S	Tersier	215	11,8	104	4,79	4,77	0,005	0,059	3,69	3,63	3,79	3,73	1,10	1,14
6S-7S	Sekunder	1399	16,4	152	4,77	4,76	0,005	0,082	2,23	2,15	2,38	2,30	2,54	2,61
7S-8S	Sekunder	1615	13,4	152	4,76	4,75	0,005	0,067	2,15	2,08	2,30	2,23	2,61	2,67
8S-9S	Sekunder	1830	13,4	152	4,75	4,74	0,005	0,067	2,08	2,01	2,23	2,17	2,67	2,73
14S-9S	Tersier	108	20,3	104	4,77	4,74	0,005	0,1015	3,67	3,56	3,77	3,67	1,10	1,18
9S-10S	Sekunder	2153	56,8	152	4,74	4,35	0,005	0,284	2,01	1,73	2,17	1,88	2,73	2,62
15S-10S	Tersier	108	23,3	104	4,36	4,35	0,005	0,1165	3,26	3,14	3,36	3,24	1,10	1,21
10S-11S	Sekunder	2476	100	152	4,35	4,13	0,005	0,5	1,73	1,23	1,88	1,38	2,62	2,90
16S-11S	Tersier	108	57,7	104	4,15	4,13	0,005	0,2885	3,05	2,76	3,15	2,86	1,10	1,37
11S-12S	Sekunder	2799	12,3	152	4,13	4,09	0,005	0,0615	1,23	1,17	1,38	1,32	2,90	2,92
17S-12S	Tersier	215	55	104	4,1	4,09	0,005	0,275	3,00	2,72	3,10	2,83	1,10	1,37
12S-S	Sekunder	3230	60,1	152	4,09	4,02	0,005	0,3005	2,94	2,64	3,09	2,79	1,15	1,38
S-T	Primer	5060	70,5	152	4,02	4,02	0,003	0,2115	2,53	2,32	2,68	2,47	1,49	1,70
T-U	Primer	5060	16	152	4,02	4	0,003	0,048	2,32	2,27	2,47	2,42	1,70	1,73
U-V	Primer	5060	59,1	152	4	4	0,003	0,1773	2,27	2,09	2,42	2,25	1,73	1,91
1W-2W	Sekunder	215	58	104	4	4	0,004	0,232	2,90	2,66	3,00	2,77	1,10	1,34
2W-3W	Sekunder	323	19,1	104	4	4	0,004	0,0764	2,66	2,59	2,77	2,69	1,34	1,41

Jalur Pipa	Jenis Pipa	Penduduk terlayani	Panjang Jalur (m)	Diameter Pipa (m)	Elevasi Tanah (m)		Slope Rencana	Headloss	Elevasi Bawah Pipa		Elevasi Atas Pipa		Kedalaman Penanaman	
3W-4W	Sekunder	538	100	104	4	4	0,004	0,4	2,59	2,19	2,69	2,29	1,41	1,81
4W-5W	Sekunder	754	100	104	4	4	0,004	0,4	2,19	1,79	2,29	1,89	1,81	2,21
5W-W	Sekunder	969	46	104	4	4	0,004	0,184	1,79	1,60	1,89	1,71	2,21	2,40
W-X	Primer	969	28,9	104	4	4	0,002	0,0578	2,90	2,84	3,00	2,94	1,10	1,16
X-Y	Primer	969	50	104	4	4	0,002	0,1	2,84	2,74	2,94	2,84	1,16	1,26
1Y-2Y	Sekunder	215	100	104	4	4	0,005	0,5	2,90	2,40	3,00	2,50	1,10	1,60
2Y-3Y	Sekunder	431	100	104	4	4	0,004	0,4	2,40	2,00	2,50	2,10	1,60	2,00
3Y-4Y	Sekunder	646	100	104	4	4	0,004	0,4	2,00	1,60	2,10	1,70	2,00	2,40
4Y-Y	Sekunder	861	20,4	104	4	4	0,004	0,0816	1,60	1,51	1,70	1,62	2,40	2,49
Y-V	Primer	1830	83,1	152	4	4	0,002	0,1662	2,74	2,57	2,89	2,72	1,26	1,43
V-Z	Primer	6890	49,9	190,2	4	4	0,002	0,0998	2,57	2,47	2,76	2,66	1,43	1,53
1Z-2Z	Tersier	108	14	104	4	4	0,005	0,07	2,90	2,83	3,00	2,93	1,10	1,17
2Z-Z	Sekunder	215	23,8	104	4	4	0,005	0,119	2,90	2,78	3,00	2,88	1,10	1,22
Z-AA	Primer	7105	22,3	190,2	4	4	0,002	0,0446	2,47	2,43	2,66	2,62	1,53	1,57
1AA-AA	Sekunder	215	68,5	104	4,22	4	0,006	0,411	3,12	2,71	3,22	2,81	1,10	1,30
AA-AB	Primer	7320	35,1	190,2	4	4	0,002	0,0702	2,43	2,36	2,62	2,55	1,57	1,64
1AB-2AB	Sekunder	108	62	104	4,18	4	0,006	0,372	3,08	2,70	3,18	2,81	1,10	1,30
2AB-3AB	Sekunder	215	25,5	104	4	4	0,006	0,153	2,70	2,55	2,81	2,66	1,30	1,45
3AB-AB	Sekunder	323	59,3	104	4	4	0,006	0,3558	2,55	2,20	2,66	2,30	1,45	1,80
AB-AC	Primer	7643	211,6	190,2	4	4	0,002	0,4232	2,36	1,93	2,55	2,12	1,64	2,07
1AC-AC	Sekunder	108	23	104	4	4	0,005	0,115	2,90	2,78	3,00	2,89	1,10	1,22
AC-AD	Primer	7751	12,4	190,2	4	4	0,002	0,0248	1,93	1,91	2,12	2,10	2,07	2,09
AD-AE	Primer	7751	32,9	190,2	4	4	0,002	0,0658	1,91	1,84	2,10	2,03	2,09	2,16
1AE-AE	Sekunder	215	45,4	104	4	4	0,005	0,227	2,90	2,67	3,00	2,77	1,10	1,33
AE-AF	Primer	7966	79,6	190,2	4	4	0,002	0,1592	1,84	1,68	2,03	1,87	2,16	2,32
AF-AG	Primer	7966	80	190,2	4	4	0,002	0,16	1,68	1,52	1,87	1,71	2,32	2,48
1AG-AG	Sekunder	215	63,4	104	4	4	0,005	0,317	2,90	2,58	3,00	2,68	1,10	1,42
AG-AH	Primer	8181	93	237,6	4	4	0,002	0,186	1,52	1,34	1,76	1,58	2,48	2,66
AH-IPAL	Primer	21531	10	299,6	4	4	0,002	0,02	1,34	1,32	1,64	1,62	2,66	2,68

**Lampiran 4. Tabel Perhitungan Stasiun Pompa**

No	Nama Pipa	Qpeak (m3/detik)	Qfull (m3/detik)	Across Pipa (m2)	Diameter Pakai (mm)	Kecepatan cek (m/detik)	Head Statis (m)	Panjang Pipa Discharge (m)	Headloss Friction (m)	Headloss Velocity (m)	Headloss Belokan (k = 0,25) (m)	Head Pompa (m)	Daya Pompa (Watt)	Merk Pompa	Tipe Pompa
1	4D-5D	0,0038	0,0039	0,0026	75	0,86	2,87	48,00	0,5459	0,0380	0,0095	3,46	215,32	Ebara	DL.50DLAS.75DLJ
2	K-L	0,0227	0,0232	0,0155	140	1,48	2,99	39,60	0,5871	0,1112	0,0278	3,72	1377,19	Ebara	DL.100DLA.DLJ53,7
3	10P-P	0,0050	0,0051	0,0034	75	1,14	2,67	59,50	1,1247	0,0659	0,0165	3,87	317,09	Ebara	DL.50DLAS.75DLJ
4	11S-12S	0,0082	0,0084	0,0056	80	1,64	2,92	152,00	5,2422	0,1369	0,0342	8,33	1118,70	Ebara	80DL.DLA.DLJ52.2

## Lampiran 5. Data Analisis Limbah Cair



**LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

### DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Arsita  
Dikirim Tanggal : 02 Maret 2020  
Sampel Dari : Black Water  
No. Laboratorium : 100-001/03/A/KL/2020

No	Parameter	Satuan	Baku Muta Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 – 9	7,30	pHmeter
2	TSS	mg/L	30	340,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O <sub>2</sub>	100	278,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	148,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	5	26,00	Gravimetri
6	Amoniak	mg/L NH <sub>3</sub> -N	10	78,77	Spektrofotometri
7	Total Koliform	MPN/100 mL	3.000	33 x 10 <sup>12</sup>	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 13 Maret 2020  
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan  
Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS  
Kepala,

Catatan :  
\*) PERMENLHK,  
No. : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air  
yang diterima laboratorium kami

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaingroem, MSc.  
NIP. 195501281985032001



LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

### DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Arsita  
Dikirim Tanggal : 02 Maret 2020  
Sampel Dari : grey Water  
No. Laboratorium : 100-002/03/A/KL/2020

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 - 9	7,50	pHmeter
2	TSS	mg/L	30	54,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O <sub>2</sub>	100	98,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	52,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	5	10,00	Gravimetri
6	Amoniak	mg/L NH <sub>3</sub> -N	10	4,56	Spektrofotometri
7	Total Koliform	MPN/100 mL	3.000	8 x 10 <sup>8</sup>	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 13 Maret 2020  
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan  
Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS  
Kepala,

Catatan :  
\*) PERMENLHK,  
No. : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air  
yang diterima laboratorium kami

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.  
NIP. 195501281985032001

**Lampiran 6. Gambar DED SPAL dan IPAL**



PETA WILAYAH PERENCANAAN  
SKALA 1:6000



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Wilayah Perencanaan  
Kelurahan Rangkah

Legenda

— = Kontur

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA

HALAMAN

1 : 6000

1





TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA







DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Blok Pelayanan

Legenda

-  = Pipa Primer SPAL
-  = Pipa Sekunder SPAL
-  = Pipa Tersier SPAL
-  = Kontur
-  = IPAL
-  = Arah Pembebanan

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

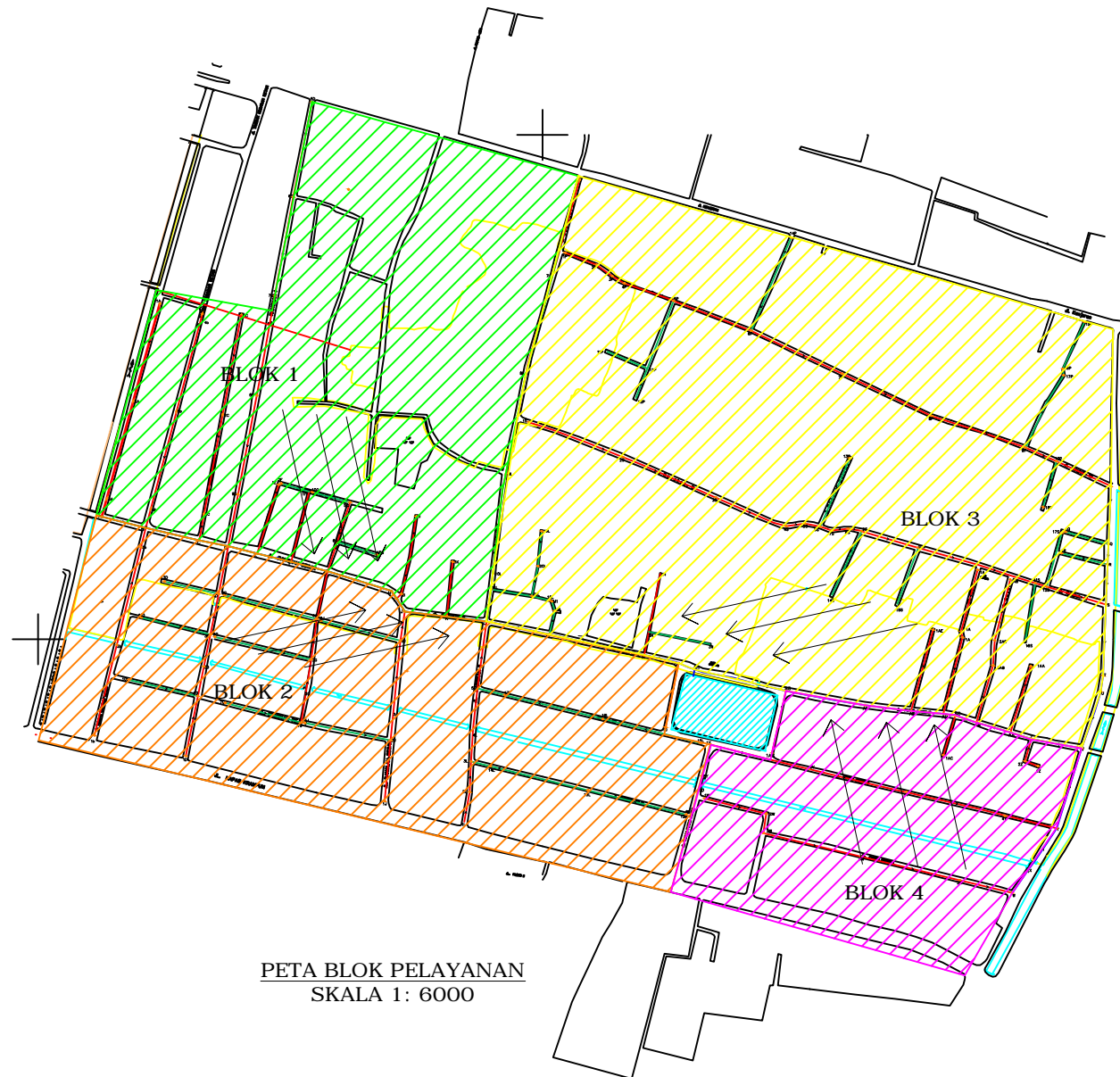
NRP  
0321164000024

SKALA

1 : 6000

HALAMAN

2



PETA BLOK PELAYANAN  
SKALA 1: 6000



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA









DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Jaringan Pipa SPAL

Legenda

-  = Pipa Primer SPAL
-  = Pipa Sekunder SPAL
-  = Pipa Tersier SPAL
-  = Kontur
-  = Manhole
-  = Stasiun Pompa
-  = IPAL
-  = Arah Aliran

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

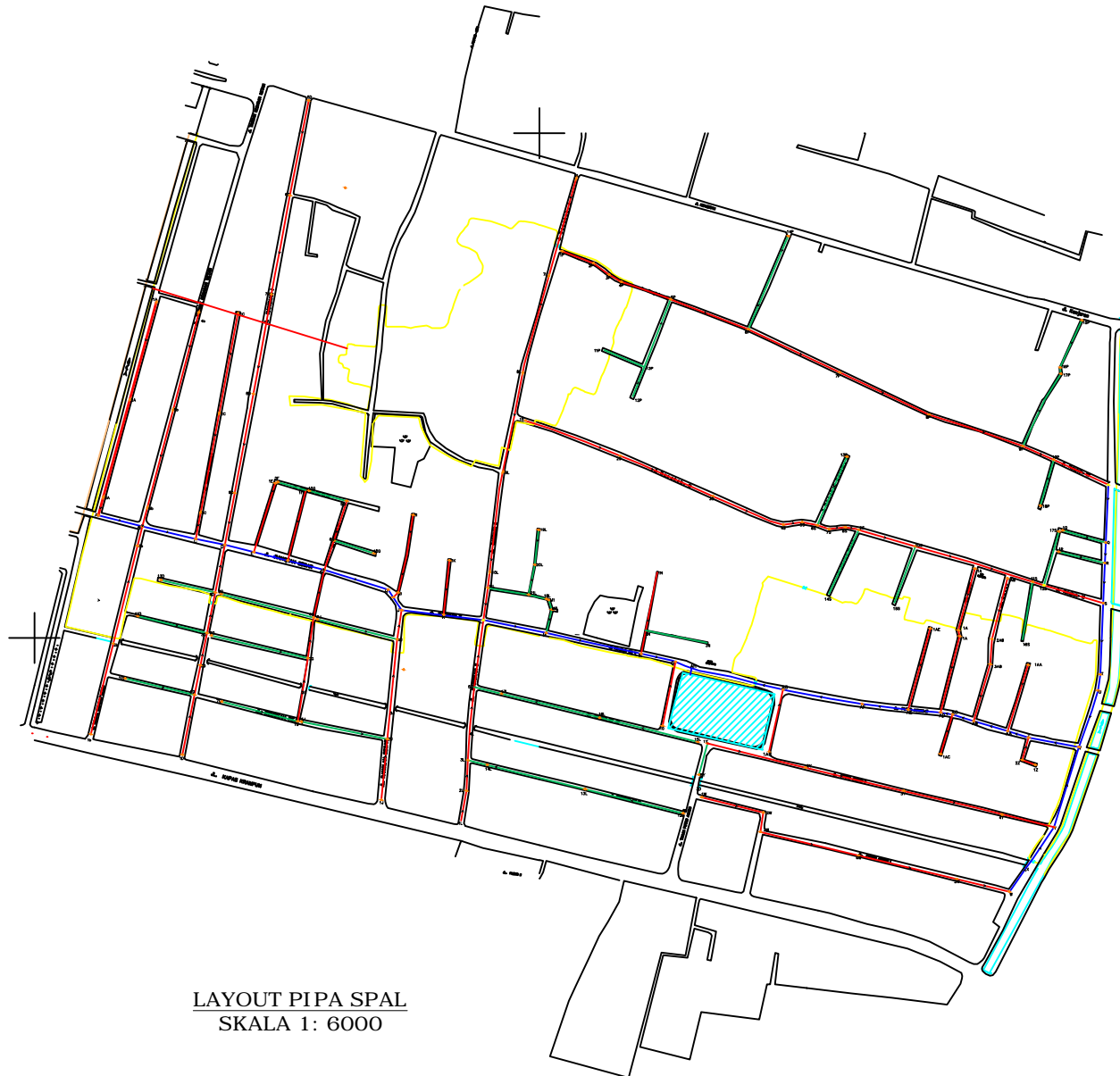
NRP  
0321164000024

SKALA

1 : 6000

HALAMAN

3



LAYOUT PIPA SPAL  
SKALA 1: 6000



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis SPAL

Legenda

— = Muka Tanah  
— = Muka Air

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

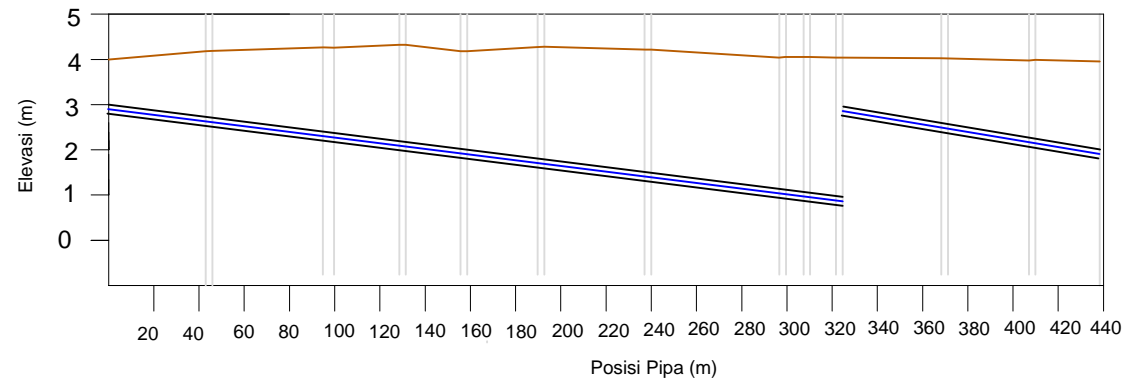
NRP  
0321164000024

SKALA

HALAMAN

1 : 100

4



Nama Pipa	A	B	C		D		E		F		G		H		J		K		L		
Panjang Pipa (m)	44,8		54,4		29,4	29,5	34,6	37,4	66		9,1	14,9	42,2		39,6						
Elevasi Muka Tanah (m)	4,01	4,15	4,24	4,3	4,27	4,32	4,28	4,13	4,09	4,04	4,02										
Elevasi Atas Pipa (m)	3,00	2,74	2,73	2,74	2,73	2,63	2,62	2,39	2,38	2,22	2,21	2,03	2,02	1,65	1,64	1,57	1,20	2,81	2,80	2,33	2,32
Elevasi Bawah Pipa (m)	2,90	2,64	2,63	2,64	2,63	2,47	2,46	2,24	2,23	2,07	2,06	1,88	1,87	1,50	1,49	1,42	1,01	2,62	2,61	2,14	2,13
Diameter Pipa (mm)	104		152		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	
Pompa/Manhole																					Pompa
Keterangan																					

PROFIL HIDROLIS SPAL



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis SPAL

Legenda

- = Muka Tanah
- = Muka Air

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

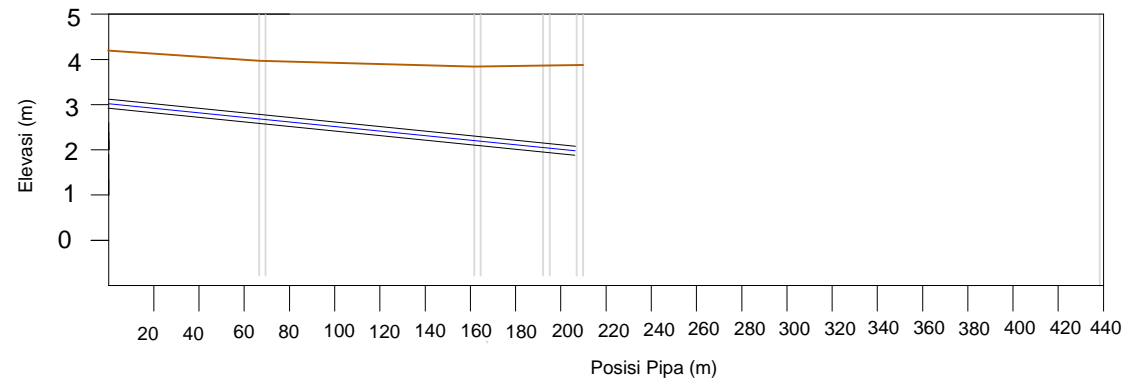
NRP  
0321164000024

SKALA

HALAMAN

1 : 100

5



Nama Pipa	L	M	N	O	AH			
Panjang Pipa (m)	64,3	96	34	15,1				
Elevasi Muka Tanah (m)	4,12	4,03	4,02	4,02	4,02			
Elevasi Atas Pipa (m)	3,12	2,81	2,80	2,38	2,37	2,81	2,20	2,17
Elevasi Bawah Pipa (m)	2,93	2,62	2,61	2,14	2,13	2,62	1,96	1,93
Diameter Pipa (mm)	190,2	190,2	237,6	237,6				
Pompa/Manhole								
Keterangan								

PROFIL HIDROLIS SPAL



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Manhole Lurus

Legenda

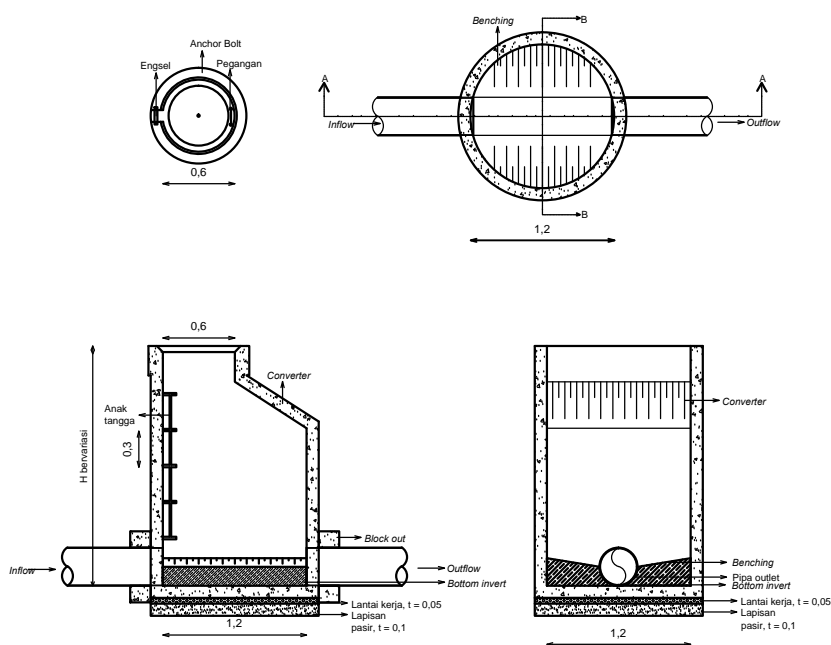
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 40

6



**MANHOLE LURUS**  
SKALA 1:40



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Manhole Belokan

Legenda

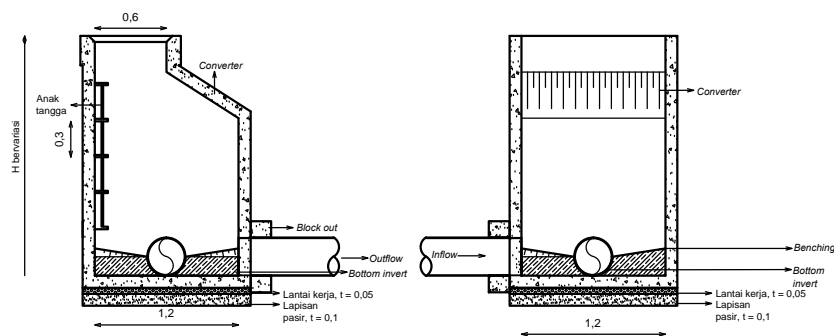
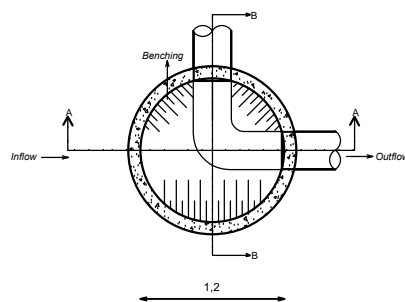
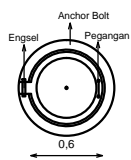
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 40

7



**MANHOLE BELOKAN**  
SKALA 1:40



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Manhole Pertigaan

Legenda

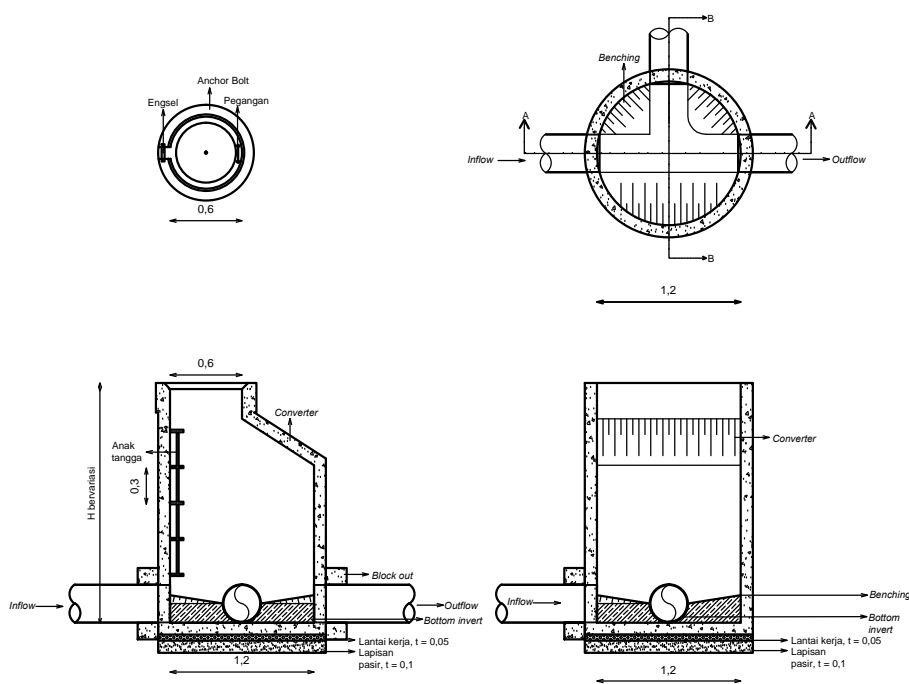
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 40

8



MANHOLE PERTIGAAN  
SKALA 1:40



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Manhole Perempatan

Legenda

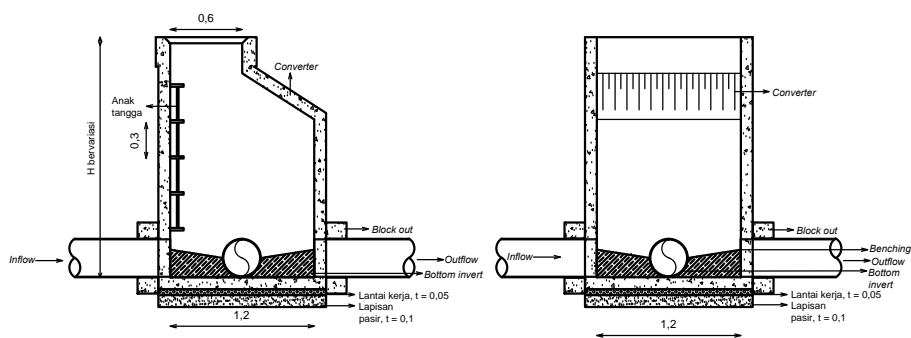
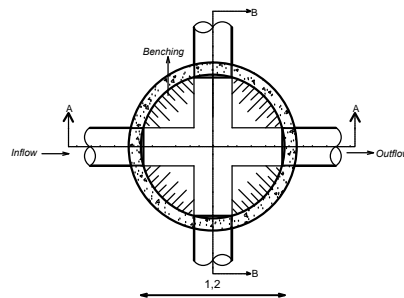
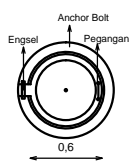
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 40

9



MANHOLE PEREMPATAN  
SKALA 1:40





TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Denah Stasiun Pompa

Legenda

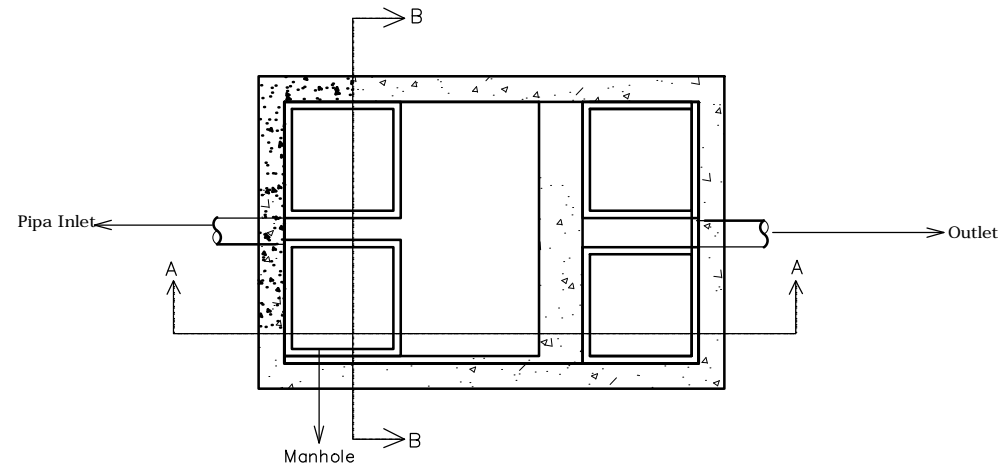
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA	HALAMAN
-------	---------

1 : 40

10



DENAH STASIUN POMPA  
SKALA 1:40



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Potongan Stasiun Pompa

Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

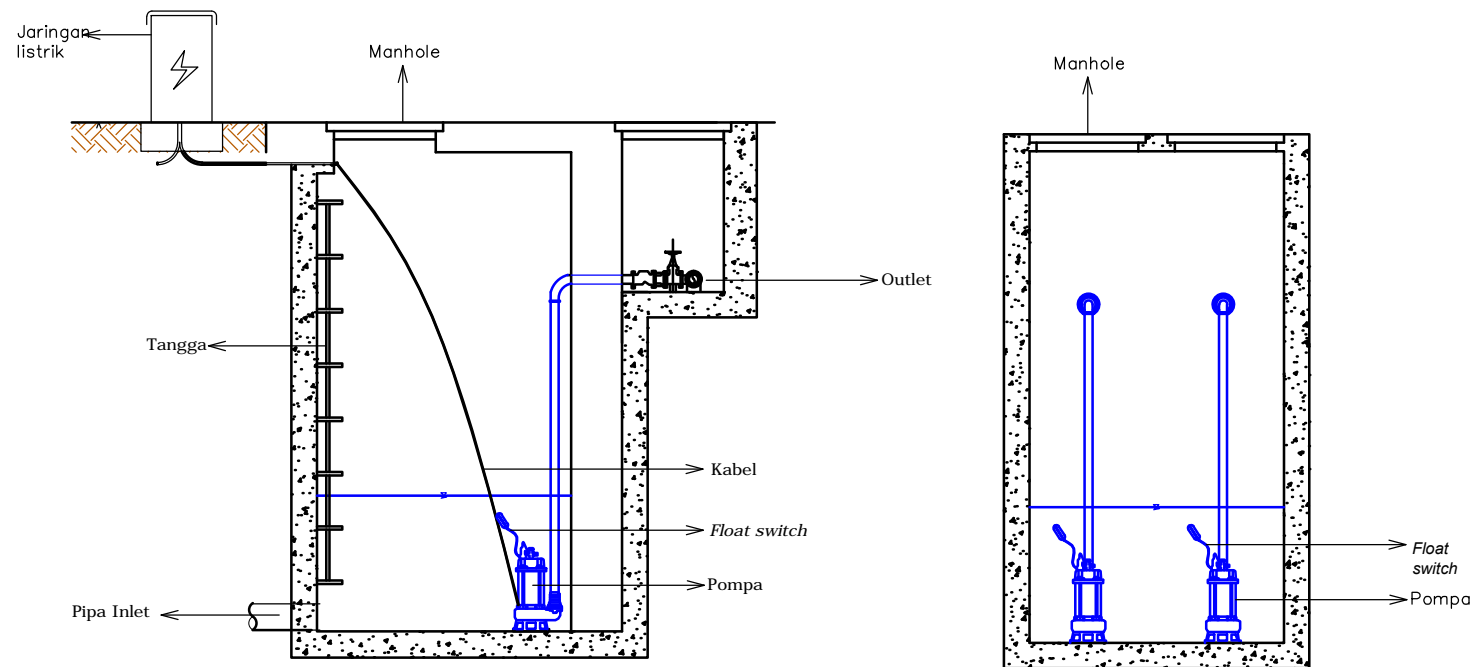
NRP  
0321164000024

SKALA

HALAMAN

1 : 40

11



POTONGAN STASIUN POMPA  
SKALA 1:40



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Layout IPAL

Legenda

1. Sumur Pengumpul
2. ABR
3. Aerobic Biofilter
4. Desinfeksi
5. Pembuangan Effluen

— = Pipa Air Limbah  
— = Saluran Drainase

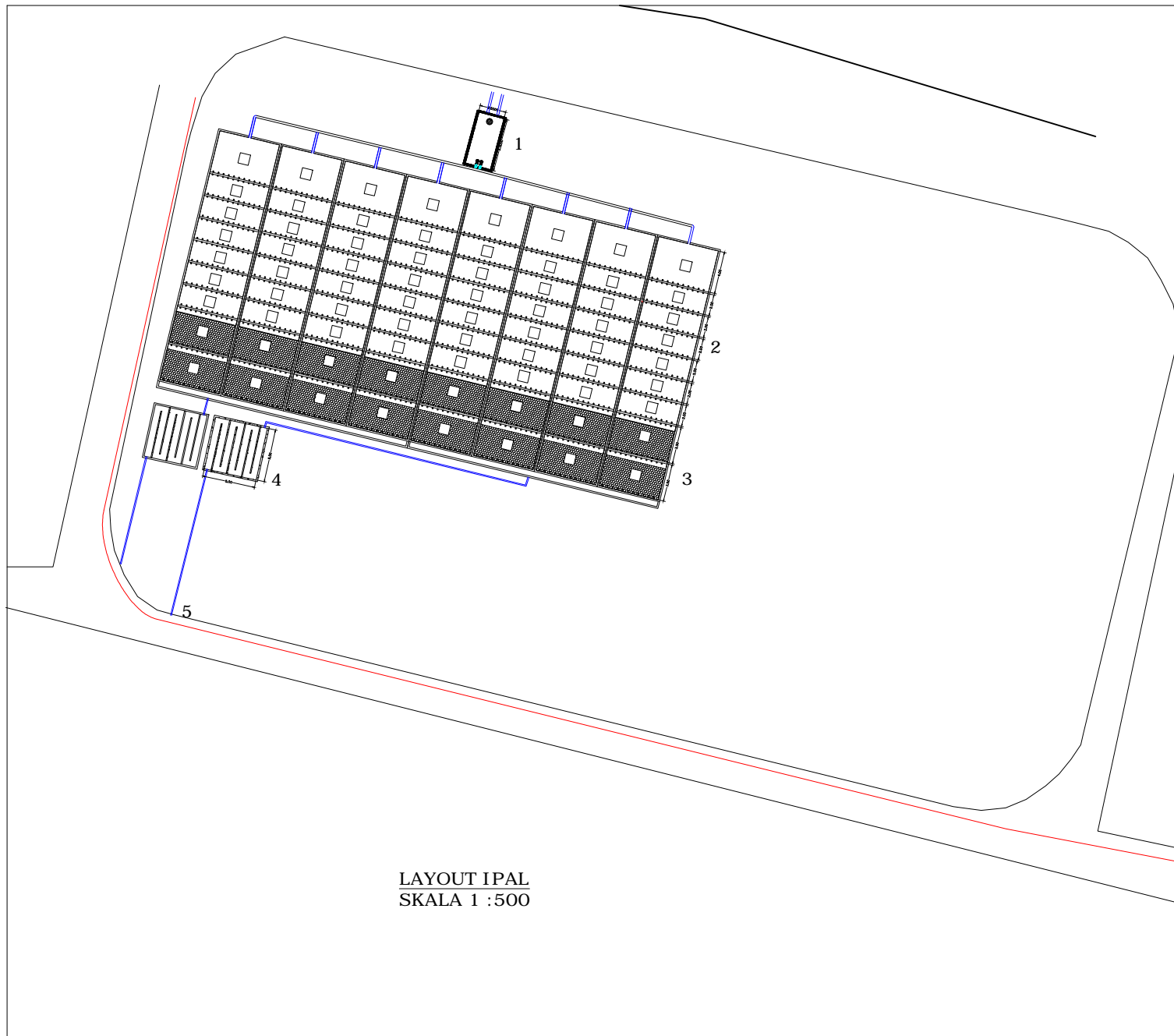
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 500

12



LAYOUT IPAL  
SKALA 1 : 500



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Denah Sumur Pengumpul

Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

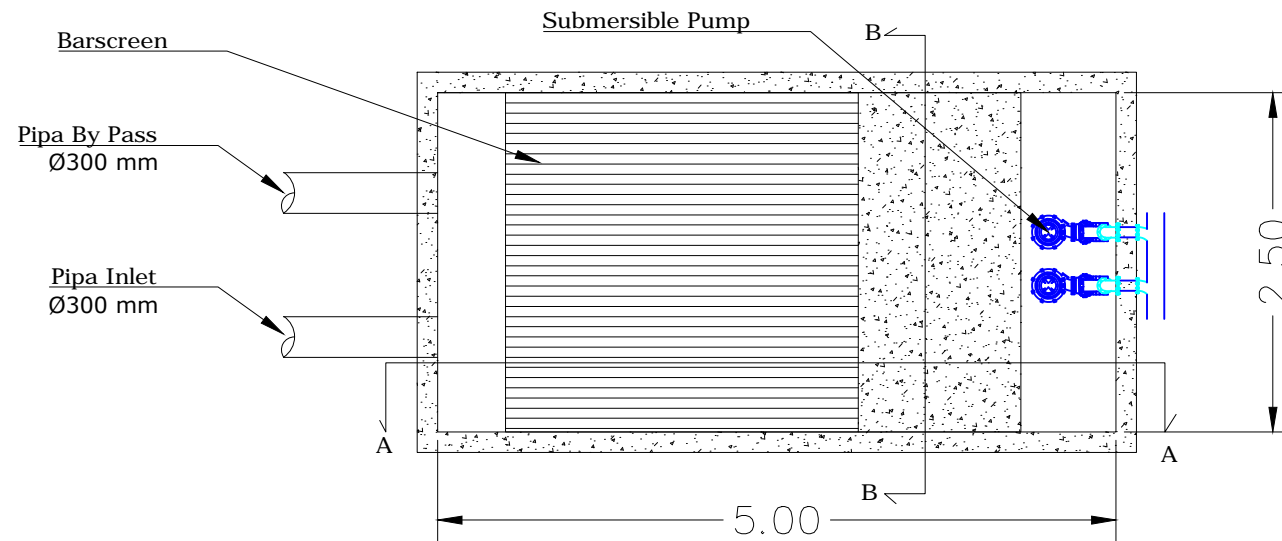
NRP  
0321164000024

SKALA

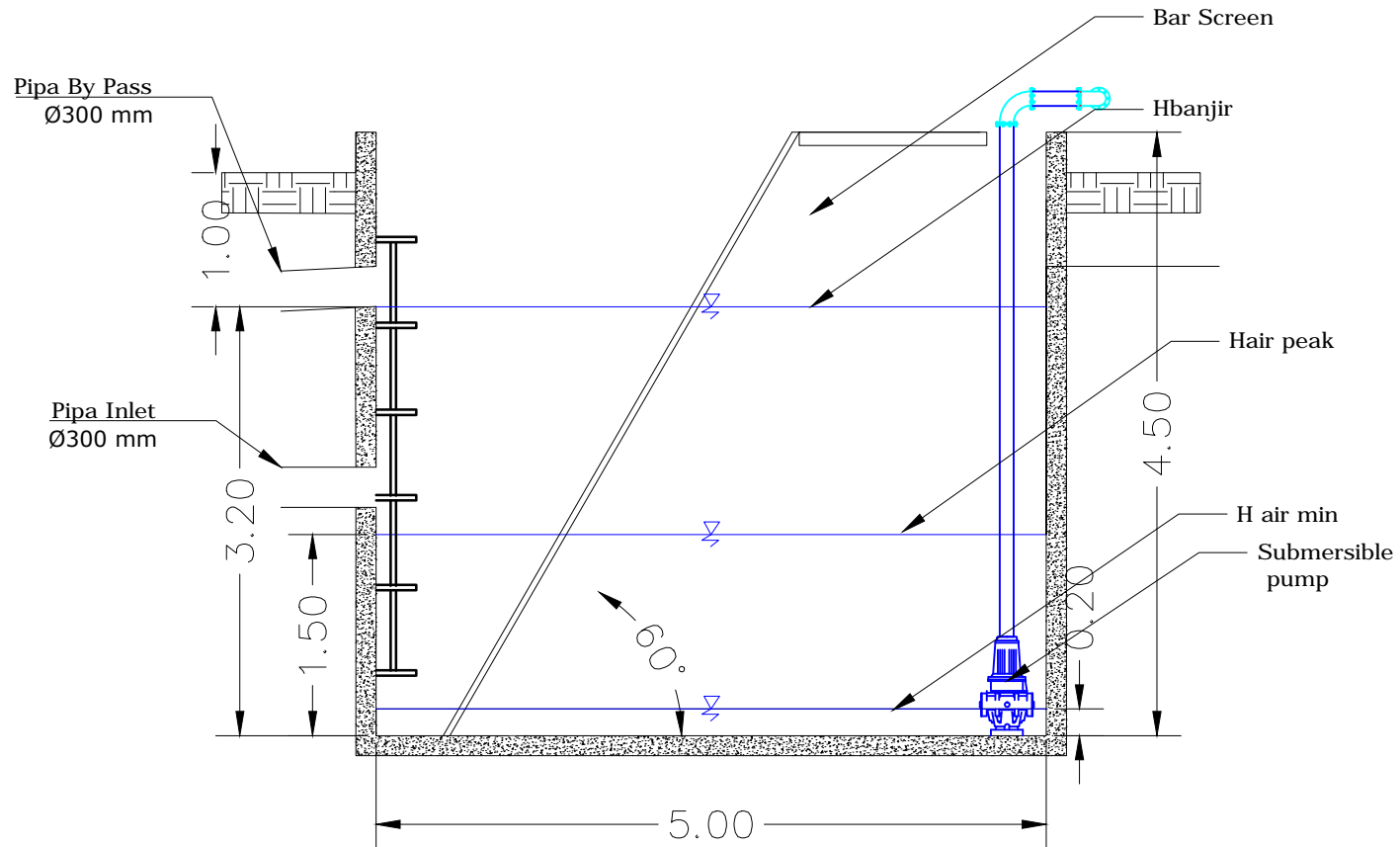
HALAMAN

1 : 50

13



DENAH SUMUR PENGUMPUL  
SKALA 1 : 50



**POTONGAN A-A SUMUR PENGUMPUL**  
SKALA 1: 50



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Potongan A-A Sumur  
Pengumpul

Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP

0321164000024

SKALA

HALAMAN

1 : 50

14



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Potongan B-B Sumur  
Pengumpul

Legenda

NAMA MAHASISWA

Arsita Puspita Dewi

NRP

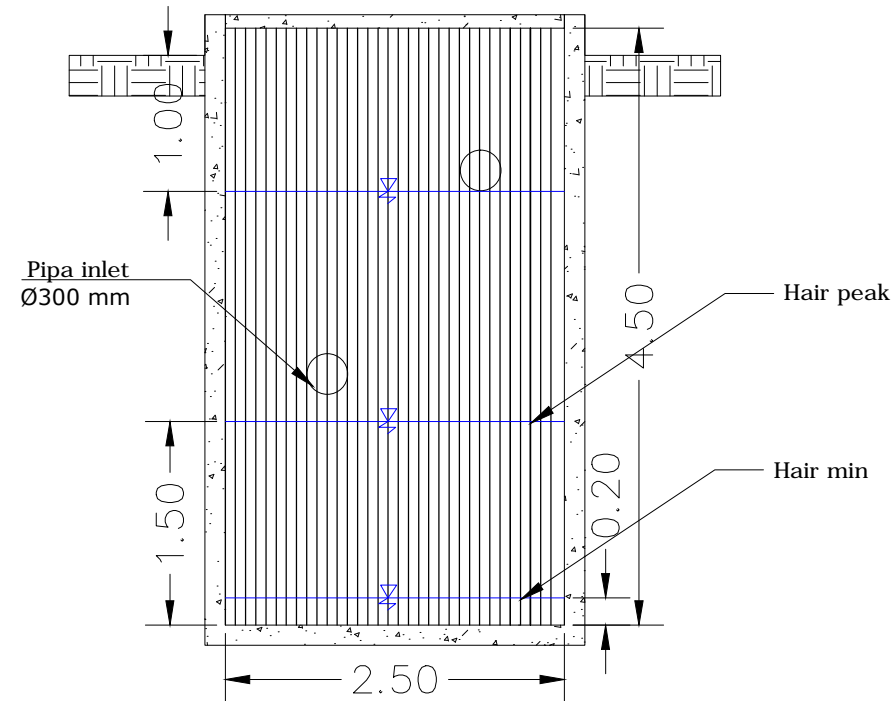
0321164000024

SKALA

1 : 50

HALAMAN

14



POTONGAN B-B SUMUR PENGUMPUL  
SKALA 1: 50



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Denah ABR- Aerobik  
Biofilter

Legenda

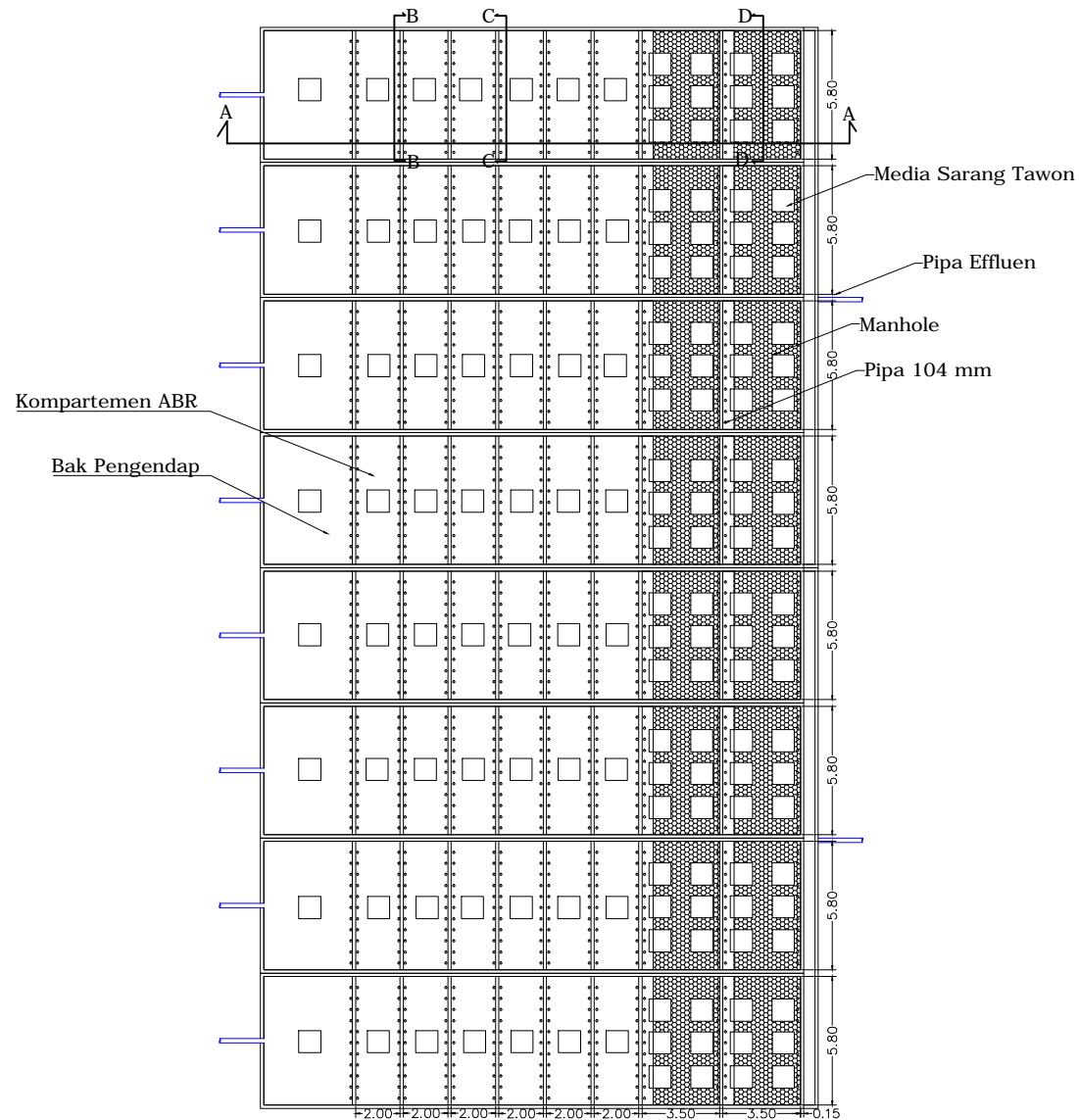
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 300

16



Denah ABR- Aerobik Biofilter  
Skala 1: 300



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Potongan A-A ABR-AF

Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

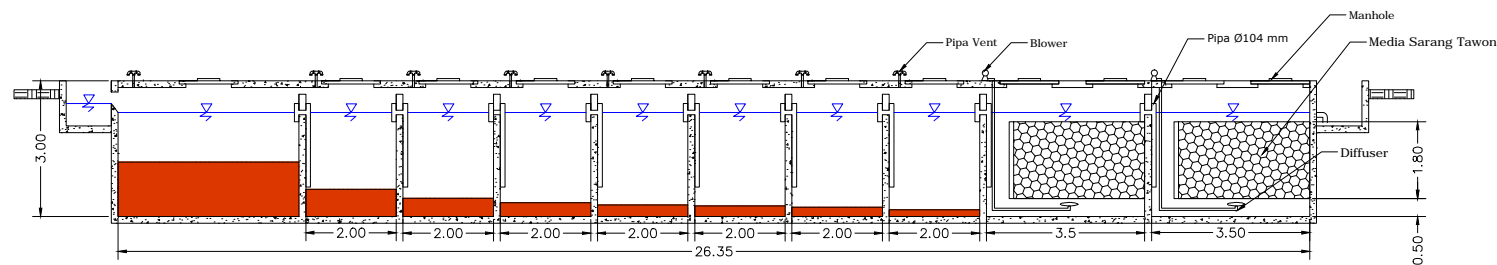
NRP  
0321164000024

SKALA

HALAMAN

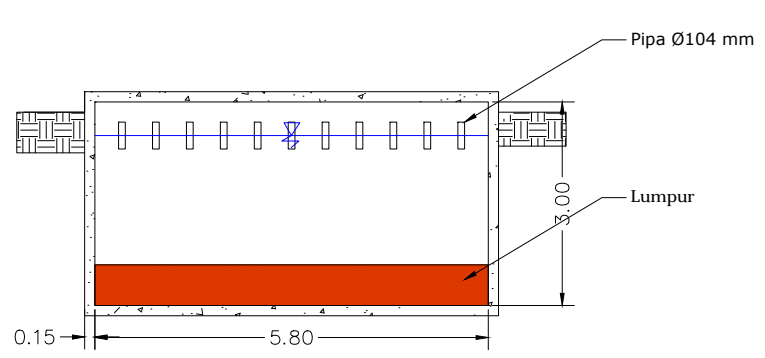
1 : 150

17

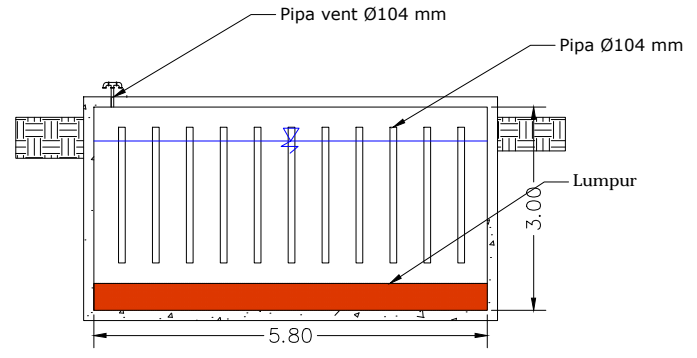


Potongan A-A ABR- Aerobik Biofilter  
Skala 1: 150

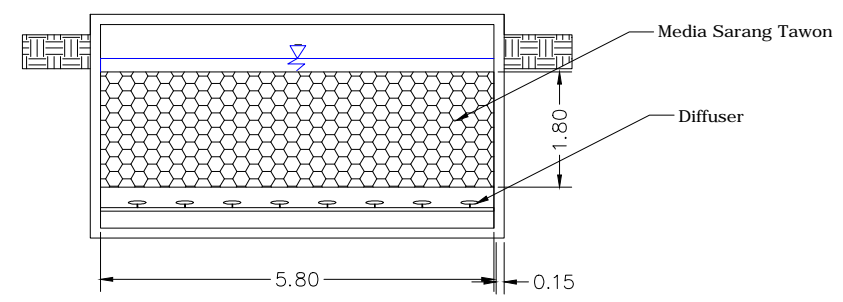




**POTONGAN B-B ABR-AEROBIC BIOFILTER**  
SKALA 1:100



**POTONGAN C-C ABR-AEROBIC BIOFILTER**  
SKALA 1:100



**POTONGAN D-D ABR-AEROBIC BIOFILTER**  
SKALA 1:100



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Potongan ABR-Aerobic  
Biofilter  
Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA	HALAMAN
1 : 100	18



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Denah Bak Desinfeksi

Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

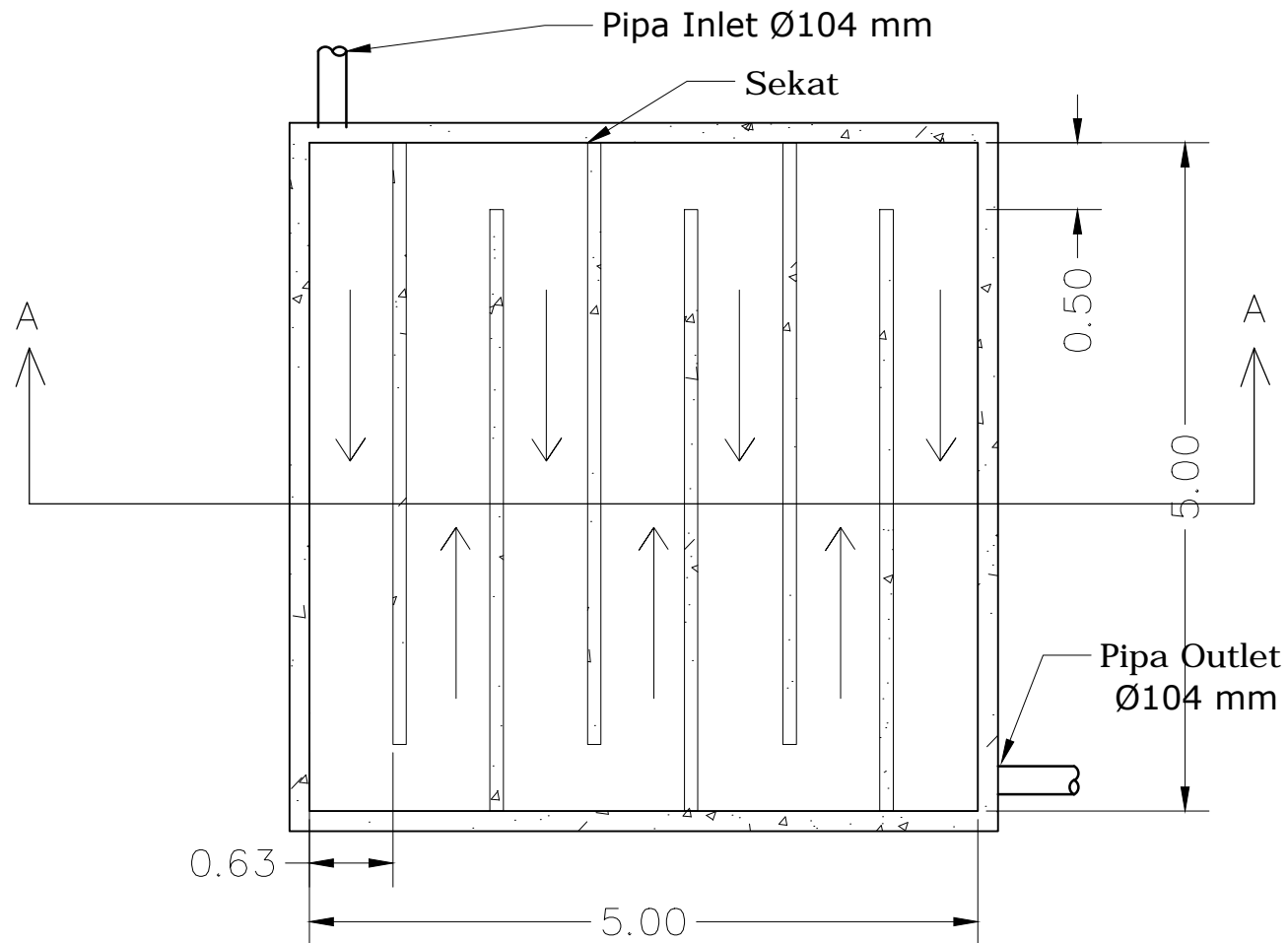
NRP  
0321164000024

SKALA

1 : 50

HALAMAN

19



DENAH BAK DESINFEKSI  
SKALA 1 : 50



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR

Potongan A-A Bak Desinfeksi

Legenda

NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

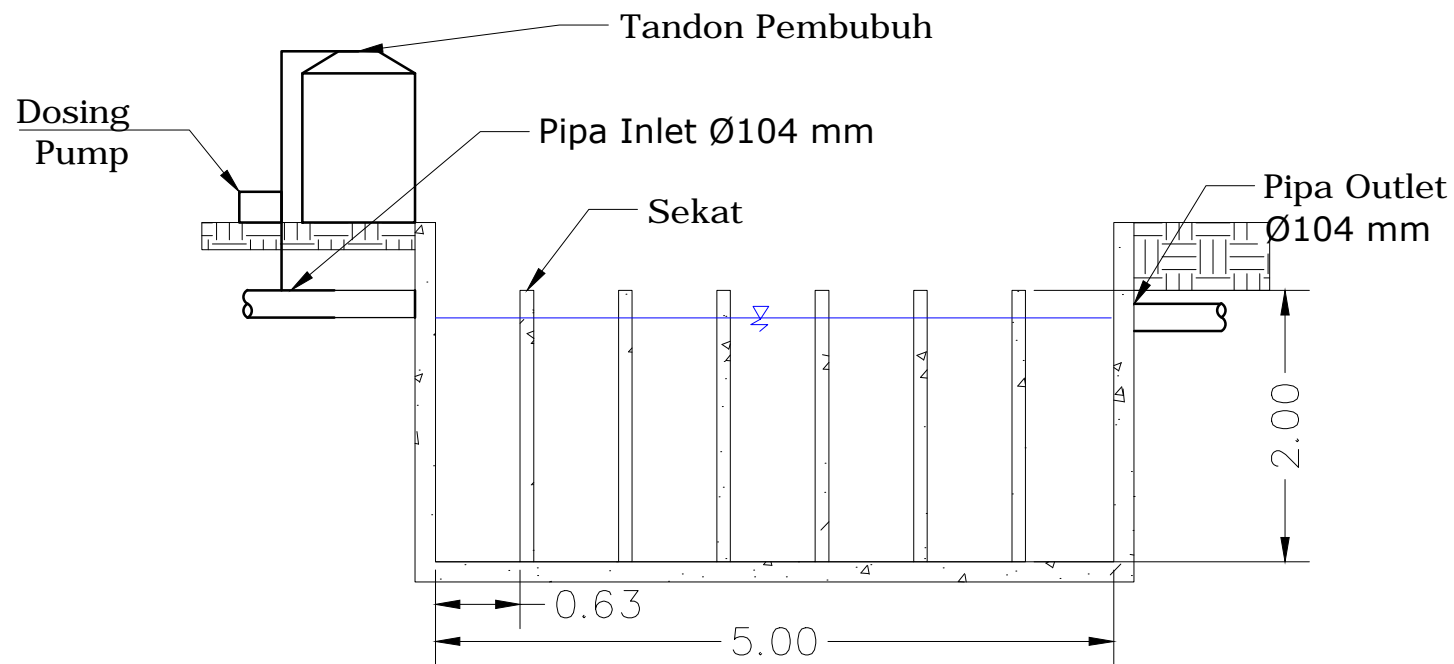
NRP  
0321164000024

SKALA

1 : 50

HALAMAN

20



POTONGAN A-A BAK DESINFEKSI  
SKALA 1 : 50



TEKNIK LINGKUNGAN  
FTSPK-ITS  
2020

TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN SPAL DAN  
IPAL DOMESTIK KELURAHAN  
RANGKAH, KECAMATAN  
TAMBAKSARI, SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

JUDUL GAMBAR  
Profil Hidrolis

Legenda

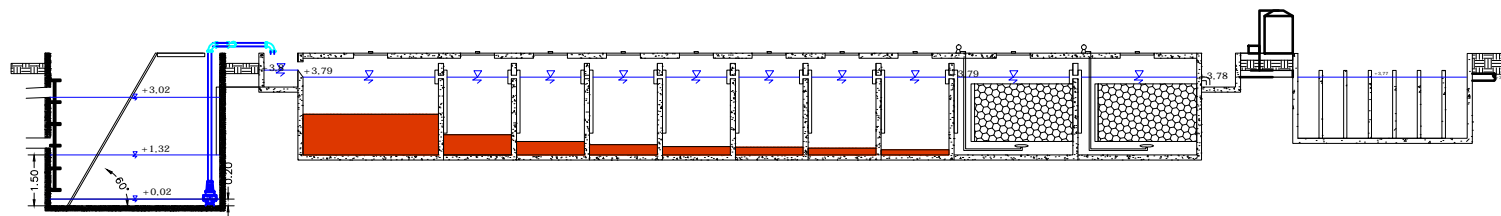
NAMA MAHASISWA  
Arsita Puspita Dewi

NRP  
0321164000024

SKALA HALAMAN

1 : 200

21



PROFIL HIDROLIS IPAL  
SKALA 1:200



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

FORM FTA-03

**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Arsita Puspita Dewi  
NRP : 0321164000024  
Judul : Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi  
Pengolahan Air Limbah Domestik Kelurahan  
Rangkah, Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	11-2-20	Asistensi revisi Proposal Tugas Akhir	
2	20-3-20	Asistensi mengenai wilayah pelayanan	
3	26-2-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir mengenai sampling air limbah	
4	28-2-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir mengenai sampling air limbah domestik	
5	15-4-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via jiitsi mengenai pembebanan pipa air limbah	
6	28-4-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via jiitsi mengenai penanaman pipa air limbah dan pemompaan.	
7	13-5-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via jiitsi mengenai bangunan pelengkap SPAL	

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
8	14-5-20	Asistensi perbaikan Laporan Tugas Akhir mengenai unit IPAL	
9	16-5-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via jiitsi	
10	5-6-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via email dan PPT seminar progress	
11	27-6-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir perbaikan dari seminar progress via jiitsi	
12	6-7-20	Asistensi hasil revisi dengan dosen pengarah	
13	5-7-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via WA mengenai desinfeksi	
14	15-7-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir via WA mengenai desinfeksi	
15	6-8-20	Asistensi Laporan Tugas Akhir hasil revisi siding lisan dan jurnal untuk POMITS	

Surabaya, 7 Agustus 2020  
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.

# Saran Perbaikan Ujian Lisan TA Genap 2019/2020

## Lisan Air

---

### Lab Teknologi Pengolahan Air

Input NRP anda (tanpa spasi,format: 32xxxxxxxxxx)

**Arsita Puspita Dewi (321164000024)**

**Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc**

**Saran:**

Ikuti masukan dan saran dosen penguji

**LULUS**

**Dosen Penguji 1: Ir. Bowo Djoko Marsono, MEng**

**Saran:**

1. Nama fakultas masih salah: Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
2. Jelaskan tentang konvensional sewer. Sellow sewer, smallbore sewer
3. Saluran air limbah menganut prinsip saluran bertekanan/tidak bertekanan, kenapa ?
4. Perhitungan diameter menggunakan rumus apa?
5. Jelaskan tahapan menentukan diameter pipa
6. Pada pipa air limbah kecepatan terbesar pada d/D berapa?
7. Pada pipa air limbah debit terbesar pada d/D berapa?
8. Brp kedalaman pipa maks. Apakah ada pemompaan?
9. Perhitungan dimensi sumur pengumpul?
10. Pengambilan lumpur difilter bagaimana?

Perbaikan:

1. nama fakultas
2. Judul gambar dan keterangan tdk sama (denah stasiun pompa)
3. Gambar diurutkan denah dan potongan stasiun pompa
4. Gambr sumur pengumpul ditambah tangga dan tempat mengambil sampah dan posisi muka tanah (semua gambar)
5. Potongan melintang ABR dan sumur pengumpul belum

**LULUS**

**Dosen Penguji 2: Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.**

**Saran:**

Lihat lebih lanjut (<https://drive.google.com/open?id=1ALWsEUmKN95TxaEg3bAaJKQGzfaVUx6e>)

**LULUS**

Ok

SEARCH



Open Talk Program Pascasarjana Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian ITS  
([http://enviro.its.ac.id/?u\\_event=open-talk-program-pascasarjana-fakultas-teknik-sipil-perencanaan-dan-kebumian-its](http://enviro.its.ac.id/?u_event=open-talk-program-pascasarjana-fakultas-teknik-sipil-perencanaan-dan-kebumian-its))

13/06/2020

Guest Lecture Series 2019 #8-Pencapaian Pembangunan Sanitasi Pemukiman di Indonesia  
([http://enviro.its.ac.id/?u\\_event=guest-lecture-series-2019-8-pencapaian-pembangunan-sanitasi-pemukiman-di-indonesia](http://enviro.its.ac.id/?u_event=guest-lecture-series-2019-8-pencapaian-pembangunan-sanitasi-pemukiman-di-indonesia))

25/04/2019