



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH (IPAL) KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
KELURAHAN SIDOKARE KECAMATAN SIDOARJO  
KABUPATEN SIDOARJO**

**KRISTIANUS OCTAVIANUS MAGNUS PRIMA PUTRA NANGA  
3313100051**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc**

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





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH (IPAL) KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
KELURAHAN SIDOKARE KECAMATAN SIDOARJO  
KABUPATEN SIDOARJO**

**KRISTIANUS OCTAVIANUS MAGNUS PRIMA PUTRA NANGA  
3313100051**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc**

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



**FINAL PROJECT - RE 141581**

**WASTEWATER DOMESTIC TREATMENT PLANT  
SYSTEM DESIGN LEMAHPUTRO AND SIDOKARE  
VILLAGE OF SIDOARJO SUBDISTRICT  
SIDOARJO DISTRICT**

**KRISTIANUS OCTAVIANUS MAGNUS PRIMA PUTRA NANGA  
3313100051**

**SUPERVISOR**

**Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc**

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



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE KECAMATAN SIDOARJO KABUPATEN SIDOARJO

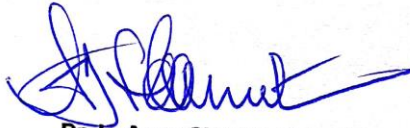
#### TUGAS AKHIR

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

Oleh:

**KRISTIANUS OCTAVIANUS MAGNUS PRIMA PUTRA NANGA**  
NRP 3313 100 051

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc**  
NIP : 19590811 198701 1 001



***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***

# **PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE KECAMATAN SIDOARJO KABUPATEN SIDOARJO**

Nama : Kristianus Octavianus Magnus Prima Putra Nanga  
NRP : 3313100051  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc

## **ABSTRAK**

Air Limbah domestik di Kota Sidoarjo belum dikelola dengan baik, dimana *greywater* dibuang langsung ke drainase tanpa melalui pengolahan. *Sustainable Development Goals* (SDGs) harus diwujudkan karena salah satu tujuannya yaitu pengolahan air limbah domestik. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019 juga memiliki target yakni 100:0:100. Lokasi perencanaan adalah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo. IPAL kawasan yang dibangun di Indonesia memang masih belum banyak, dikarenakan belum banyak kesadaran dari masyarakat tentang bahaya dari air limbah domestik. Sehingga dibutuhkan inovasi yang bisa lebih mempengaruhi kesadaran masyarakat. Tujuan dari perencanaan tugas akhir ini adalah membuat desain IPAL domestik dengan model ABR dengan kombinasi *Organica Ecotechnology* di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo.

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 lokasi. Data primer diambil dari pengukuran langsung dilapangan dan pengambilan sampel di kelurahan Lemahputro dan kelurahan Sidokare. Data sekunder diambil dari dinas terkait yaitu PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo, Bappeda Kabupaten Sidoarjo, Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare.

Hasil kajian aspek teknis, diperoleh debit air limbah rata-rata kelurahan Lemahputro adalah 1143,65 m<sup>3</sup>/hari dan kelurahan

Sidokare adalah 1658,45 m<sup>3</sup>/hari. Diameter pipa yang digunakan dalam perencanaan pengembangan SPAL dan IPAL kawasan ini adalah 100 mm, 150 mm, 200 mm dan 250 mm. ABR kelurahan Lemahputro diperoleh luas 197,01 m<sup>2</sup> dengan 3 buah unit paralel. ABR Kelurahan Sidokare diperoleh luas 206,91 m<sup>2</sup> dengan 3 buah unit paralel. Kualitas akhir pengolahan IPAL untuk kelurahan Lemahputro dan adalah BOD sebesar 14,9 mg/L, COD sebesar 32,2 mg/L, TSS 7,1 mg/L, dan Amonia membutuhkan nutrisi 0,7 mg/L. Sedangkan untuk total coliform memenuhi baku mutu karena bakteri mati dalam kondisi full aerobic. RAB total untuk SPAL dan IPAL *Cluster 1* adalah Rp 16.846.319.455 sedangkan RAB total untuk SPAL dan IPAL *Cluster 2* adalah Rp 28.098.885.497. Biaya investasi total per KK untuk *Cluster 1* adalah Rp 7.800.000 dan *Cluster 2* adalah Rp 7.200.000. Biaya retribusi setiap kepala keluarga yang harus dibayar melalui organisasi lingkungan setempat setiap bulannya yaitu sebesar Rp 6.000 *Cluster 1* dan Rp 4.000 *Cluster 2*.

Kata Kunci : ABR, Air Limbah, IPAL, *Organica Ecotechnology*, Sidoarjo

# **WASTEWATER DOMESTIC TREATMENT PLANT SYSTEM DESIGN LEMAHPUTRO AND SIDOKARE VILLAGE OF SIDOARJO SUBDISTRICT SIDOARJO DISTRICT**

Name : Kristianus Octavianus Magnus Prima Putra Nanga  
NRP : 3313100051  
Study Program : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. M.Sc

## **ABSTRACT**

Domestic waste water in the Sidoarjo city has not been well managed, where greywater is discharged directly into the drainage without going through the processing. Sustainable Development Goals (SDGs) must be realized because one of the goals is domestic waste water treatment. The National Medium Term Development Plan (RPJMN) of 2015-2019 also has a target of 100: 0: 100. The location of planning is Lemahputro and Sidokare Village, of Sidoarjo Sub-district, Sidoarjo District. IPAL area built in Indonesia is still not much, because not much awareness from the public about the dangers of domestic waste water. So it takes innovation that can further influence public awareness. The purpose of this final project planning is to make domestic IPAL design with ABR model with Organica Ecotechnology combination in Lemahputro and Sidokare Subdistrict, Sidoarjo Sub-District, Sidoarjo District.

Planning stages are started from licensing, site survey, data collection, literature study, data processing, discussion and conclusion. The data used in the planning are primary data, in the form of waste water quality and survey of existing condition and data sekunder in the form of HSPK Surabaya, location data. Primary data is taken from direct measurement of field and sampling in Lemahputro and Sidokare village. Secondary data are taken from related offices namely PDAM Delta Tirta Sidoarjo District, BAPPEDA Sidoarjo District, Lemahputro and Sidokare Village.

Result of technical aspect study, the average waste water discharge of Lemahputro urban village is 1143,65 m<sup>3</sup>/day and Sidokare urban village is 1658,45 m<sup>3</sup>/day. The pipe diameters used in SPAL and IPAL development planning of this area are 100 mm, 150 mm, 200 mm and 250 mm. Lemahputro village kelurahan was

obtained 197.01 m<sup>2</sup> with 3 parallel units. ABR Sidokare urban village was 206,91 m<sup>2</sup> with 3 parallel units. The final quality of IPAL processing for Lemahputro and BOD was 14.9 mg/L, COD 32,2 mg/L, TSS 7,1 mg/L, and Amonia needed 0.7 mg/L nutrient. While for the total coliform meet the quality standard because the bacteria die in full aerobic conditions. Total RAB for SPAL and IPAL Cluster 1 is Rp 16,846,319,455 while total RAB for SPAL and IPAL Cluster 2 is Rp 28,098,885,497. The total investment cost per KK for Cluster 1 is Rp 7,800,000 and Cluster 2 is Rp 7,200,000. The cost of each family's fee to be paid through the local environmental organization each month is Rp 6,000 Cluster 1 and Rp 4.000 Cluster 2.

Keywords: ABR, IPAL, *Organica Ecotechnology*, Sidoarjo, Wastewater

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir dengan judul “**Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo**” ini dapat terselesaikan dengan baik. Tidak dapat dipungkiri terdapat beberapa kendala dalam penyelesaian tugas akhir ini. Namun, semua itu dapat teratasi dengan segenap bantuan, motivasi, dan doa dari segenap pihak.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada;

1. Bapak Dr.Ir. Agus Slamet. Dipl. SE. MSc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, menyempatkan waktu, serta memberi masukan dalam penyusunan laporan ini.
2. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono. Dipl. SE. M.Sc. PhD, Bapak Welly Herumurti, S.T.,M.Sc dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T.,M.T.Ph.D selaku dosen penguji yang telah banyak memberi saran dan inspirasi dalam penyusunan laporan ini
3. Bapak dan Ibu yang telah memberikan semangat, doa serta menjadi motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Teman-teman angkatan 2013 Teknik Lingkungan FTSP ITS yang selalu menyalurkan energi positif dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Pihak-pihak lain yang terkait yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Serta bisa menambah referensi dan pemahaman terkait pengolahan dan perencanaan SPAL dan IPAL.

Surabaya, 26 Juli 2017

Penulis

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	4
1.4. Ruang Lingkup .....	4
1.5. Manfaat .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Definisi Limbah Cair Domestik.....	7
2.2. Karakteristik Limbah Cair Domestik.....	7
2.3. Baku Mutu Air Limbah.....	8
2.4. Debit Air Limbah Domestik.....	9
2.4.1 Debit Air limbah rata-rata.....	10
2.4.2 Debit Air limbah Minimum dan Puncak .....	10
2.5. Sistem Penyaluran Air Limbah.....	11
2.5.1 Sistem Riol Dangkal (Shallow Sewer).....	11
2.5.2 Jaringan Pipa Air Limbah .....	14
2.5.4. Bangunan Pelengkap .....	14
2.6. Pengolahan Biologis Air Limbah .....	17
2.7. Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	18
2.7.1. Anaerobic Baffled Reactor (ABR) .....	18
2.7.2. Organica Ecotechnology .....	21
BAB 3 GAMBARAN UMUM.....	25
3.1. Gambaran Umum Lokasi Perencanaan.....	25
3.1.1. Profil Wilayah dan Geografi.....	25
3.1.2. Kependudukan .....	27
3.1.3. Kondisi Tata Guna Lahan.....	27
3.2. Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan .....	28

3.3. Lokasi Perencanaan IPAL.....	29
<b>BAB 4 METODE PERENCANAAN .....</b>	<b>31</b>
4.1. Umum .....	31
4.2. Kerangka Perencanaan .....	31
4.3. Tahapan Perencanaan.....	34
4.3.1 Identifikasi Masalah.....	34
4.3.2 Penentuan Ide / Judul Tugas Akhir .....	34
4.3.3 Perizinan.....	34
4.3.4 Survei Lokasi .....	35
4.3.5 Pengumpulan Data.....	35
4.3.6 Studi Literatur .....	36
4.3.7 Uji Laboratorium .....	37
4.3.8 Pengolahan Data dan Analisa .....	37
4.3.9 Hasil dan Pembahasan .....	38
4.3.10 Kesimpulan dan Rekomendasi.....	38
<b>BAB 5 PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH</b> .....	<b>39</b>
5.1 Daerah Pelayanan.....	39
5.1.1 Pembagian Blok Pelayanan Cluster 1 .....	39
5.1.2. Pembagian Blok Pelayanan Cluster 2 .....	40
5.2 Debit Air Limbah.....	41
5.3. Pembebanan Saluran Air Limbah .....	43
5.4. Dimensi Pipa Air Limbah .....	44
5.8. Penanaman Pipa.....	48
5.9. Bangunan Pelengkap.....	49
5.9.1 Manhole.....	50
<b>BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR</b> <b>LIMBAH .....</b>	<b>51</b>
6.1 Kuantitas Air Limbah .....	51
6.2 Karakteristik Air Limbah .....	51
6.3 Perhitungan Grease Trap dan Bak Kontrol .....	53
6.4 Perhitungan Sumur Pengumpul.....	53
6.4.1. Sumur Pengumpul Cluster 1 .....	54
6.4.2. Sumur Pengumpul Cluster 2 .....	59
6.5 Perhitungan Distribution Box.....	65
6.4.1. Perhitungan Distribution Box cluster 1 .....	65
6.4.2. Perhitungan Distribution Box cluster 2 .....	66
6.6 Perhitungan ABR (Anaerobic Baffled Reactor).....	67
6.5.1. Perhitungan ABR Cluster 1 .....	67

6.5.2. Perhitungan ABR Cluster 2 .....	81
6.7 Perhitungan Organica Ecotechnology.....	93
6.8. Profil Hidrolis IPAL.....	100
6.8.1. CLUSTER 1.....	101
6.8.2. CLUSTER 2.....	106
BAB 7 BOQ DAN RAB.....	113
7.1. BOQ dan RAB SPAL.....	113
7.1.1. BOQ Pipa.....	113
7.1.2. BOQ Aksesoris Pipa.....	114
7.1.3. BOQ Manhole.....	114
7.1.4. BOQ Galian dan Urugan Pipa.....	115
7.1.5. RAB SPAL.....	122
7.2. BOQ dan RAB IPAL.....	124
7.2.1 BOQ dan RAB Sumpur Pengumpul.....	124
7.2.2 BOQ dan RAB Distribution Box.....	128
7.2.3 BOQ dan RAB ABR dan Organica.....	131
7.3 Total RAB SPAL dan IPAL.....	137
BAB 8 OPERASI DAN PEMELIHARAAN.....	139
8.1. Pemeliharaan.....	139
8.2. Standard Operating Procedure (SOP).....	140
8.3. Biaya Retribusi.....	141
BAB 9 KESIMPULAN DAN SARAN.....	143
9.1. Kesimpulan.....	143
9.2. Saran.....	144
DAFTAR PUSTAKA.....	145
BIOGRAFI PENULIS.....	147

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Shallow Sewerage pada perumahan tidak teratur (A) dan teratur (B).....	12
Gambar 2.2 Grafik “Hydraulic Elements for Circular Sewer” .....	13
Gambar 2.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR).....	19
Gambar 2.4 Organica Ecotechnology.....	23
Gambar 3.1 Wilayah Kelurahan Lemahputro dan Sidokare.....	25
Gambar 3.2 Kondisi Jalan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare .....	26
Gambar 3.3 Kondisi Ruang Terbuka Hijau di Kelurahan Lemahputro dan Sidokare.....	27
Gambar 3.4 Kondisi Sungai di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare .....	28
Gambar 3.5 Lokasi perencanaan IPAL .....	30
Gambar 4. 1 Diagram Alir Metodologi Perencanaan .....	33
Gambar 5. 1 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer .....	45
Gambar 5. 2 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer .....	46
Gambar 6. 1 Grafik hubungan total head dan kapasitas pompa..	58
Gambar 6. 2 Grafik hubungan total head dan kapasitas pompa..	64
Gambar 6. 3 grafik hubungan antara $t_d$ dan % removal TSS & BOD .....	68
Gambar 6. 4 Mass Balance TSS COD dan BOD .....	70
Gambar 6. 5 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu .....	71
Gambar 6. 6 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu .....	78
Gambar 6. 7 grafik hubungan antara $t_d$ dan % removal TSS & BOD .....	81
Gambar 6. 8 Mass Balance TSS COD dan BOD .....	83
Gambar 6. 9 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu .....	84
Gambar 6. 10 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu .....	91
Gambar 7. 1 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah.....	115
Gambar 7. 2 Bentuk Galian yang direncanakan Sepanjang Saluran .....	120

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Bahan Pencemar Limbah Domestik .....	7
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	8
Tabel 2.3 Jarak antar Manhole pada Jalur lurus .....	15
Tabel 2.4 Dimensi Lubang Inspeksi .....	17
Tabel 2.5 Kriteria Desain Anaerobic Baffled Reactor.....	20
Tabel 2.6 Kualitas effluent dari Organica Ecotechnology .....	22
Tabel 5.1 Pembagian Daerah Pelayanan .....	39
Tabel 5.2 Pembagian Blok Pelayanan Cluster 1 .....	40
Tabel 5.3 Pembagian Blok Pelayanan Cluster 2.....	40
Tabel 5.4 Produksi Air Bersih PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo .....	41
Tabel 5.5 Debit Air Limbah Pelayanan Cluster 1 .....	43
Tabel 5.6 Debit Air Limbah Pelayanan Cluster 2 .....	43
Tabel 6.1 Kualitas Air Limbah.....	52
Tabel 6.2 Spesifikasi Pompa C2113-590 .....	59
Tabel 6.3 Spesifikasi Pompa C2113-590 .....	64
Tabel 7.1 Jumlah Kebutuhan Pipa Diameter Cluster 1 .....	113
Tabel 7.2 Jumlah Kebutuhan Pipa Diameter Cluster 2 .....	113
Tabel 7.3 Jumlah dan Jenis Aksesoris Pipa Cluster 1 .....	114
Tabel 7.4 Jumlah dan Jenis Aksesoris Pipa Cluster 2 .....	114
Tabel 7.5 Jenis dan Jumlah Manhole Cluster 1 .....	114
Tabel 7.6 Jenis dan Jumlah Manhole Cluster 2 .....	115
Tabel 7.7 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan .....	116
Tabel 7.8 Dimensi Saluran yang Terpakai Cluster 1 .....	116
Tabel 7.9 Dimensi Saluran yang Terpakai Cluster 2.....	118
Tabel 7.12 RAB SPAL Cluster 1.....	122
Tabel 7.13 RAB SPAL Cluster 2.....	123
Tabel 7.14 RAB Manhole, Grease Trap dan Bak Kontrol Cluster 1 . .....	123
Tabel 7.15 RAB Manhole, Grease Trap dan Bak Kontrol Cluster 2 .....	124
Tabel 7.16 RAB Sumur Pengumpul Cluster 1 .....	126
Tabel 7.17 RAB Sumur Pengumpul Cluster 2.....	127
Tabel 7.18 RAB Distribution Box Cluster 1 dan 2 .....	130
Tabel 7.19 RAB IPAL ABR dan Organica Cluster 1 .....	135
Tabel 7.20 RAB IPAL ABR dan Organica Cluster 2.....	136
Tabel 7.21 Biaya Investasi per Kepala Keluarga .....	137

Tabel 8.1 Biaya Retribusi cluster 1.....	141
Tabel 8.2 Biaya Retribusi cluster 2.....	141
Tabel 8.3 Biaya Retribusi Tiap Kepala Keluarga Seluruh Cluster	142



## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Pembebanan Pipa
- Lampiran 2 Dimensi Pipa
- Lampiran 3 Penanaman Pipa
- Lampiran 4 Manhole
- Lampiran 5 BOQ SPAL dan HSPK

## **DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR**

- Gambar 1 Peta SPAL Kelurahan Lemahputro dan Sidokare
- Gambar 2 Peta SPAL Kelurahan Lemahputro
- Gambar 3 Peta SPAL Kelurahan Sidokare
- Gambar 4 Profil Hidrolis SPAL Kelurahan Lemahputro (1)
- Gambar 5 Profil Hidrolis SPAL Kelurahan Lemahputro (2)
- Gambar 6 Profil Hidrolis SPAL Kelurahan Lemahputro (3)
- Gambar 7 Profil Hidrolis SPAL Kelurahan Sidokare (1)
- Gambar 8 Profil Hidrolis SPAL Kelurahan Sidokare (2)
- Gambar 9 Potongan Jalan dan Sambungan Rumah
- Gambar 10 Bak Kontrol dan Grease Trap
- Gambar 11 Manhole Lurus
- Gambar 12 Manhole Belokan
- Gambar 13 Manhole Pertigaan
- Gambar 14 Manhole Perempatan
- Gambar 15 Denah Sumur Pengumpul dan Distribution Box Cluster1
- Gambar 16 Potongan Sumur Pengumpul dan Distribution Box Cluster 1
- Gambar 17 Potongan Sumur Pengumpul dan Distribution Box Cluster 1
- Gambar 18 Denah Sumur Pengumpul dan Distribution Box Cluster2
- Gambar 19 Potongan Sumur Pengumpul dan Distribution Box Cluster 2
- Gambar 20 Potongan Sumur Pengumpul dan Distribution Box Cluster 2
- Gambar 21 Denah ABR Cluster 1
- Gambar 22 Potongan ABR Cluster 1
- Gambar 23 Denah ABR Cluster 2
- Gambar 24 Potongan ABR Cluster 1
- Gambar 25 Denah dan Potongan Organica Cluster 1

Gambar 26 Denah dan Potongan Organica Cluster 2

Gambar 27 Profil Hidrolis IPAL Cluster 1

Gambar 28 Profil Hidrolis IPAL Cluster 2

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin besar sebagai akibat dari perkembangan pada aktivitas kota dan proses industrialisasi di beberapa kota besar di Indonesia mengakibatkan banyak berkembangnya kawasan komersial. Salah satu permasalahan yang muncul seiring dengan perkembangan suatu kota adalah masalah perumahan dan pemukiman. Pemukiman menempati areal paling luas dalam pemanfaatan ruang, mengalami perkembangan yang selaras dengan perkembangan penduduk dan mempunyai pola-pola tertentu yang menciptakan bentuk dan struktur suatu kota yang berbeda dengan kota lainnya.

Pemukiman penduduk terutama di daerah perkotaan mempunyai masalah utama yaitu pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pembuangan air limbah yang tidak tertangani dengan baik. Sumber penghasil limbah cair terbesar di negara ini adalah dari hasil aktivitas rumah tangga. Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak (Sugiharto, 2008). Pencegahan lingkungan yang tercemar telah diupayakan di beberapa daerah dengan melakukan pengendalian pencemaran melalui UU No 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Sanitasi lingkungan merupakan salah satu program prioritas *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs merupakan sebuah program pengganti *Millenium Development Goals* (MDGs) yang berlaku pada tahun 2015 – 2030, dimana salah satu dari beberapa tujuannya ialah pengolahan air limbah domestik yang diolah sesuai dengan standar nasional (Panduan SDGs, 2015). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019 juga memiliki target yakni 100 : 0 : 100, dimana 100% untuk pelayanan air bersih, 0% kawasan kumuh, dan 100% sanitasi yang layak. Sistem pengelolaan air limbah ada dua macam sistem yaitu sistem pembuangan air limbah setempat (*on site system*) dan pembuangan terpusat (*off site system*)

(Kodoaatie, 2008). Aspek yang penting dalam pengelolaan air limbah adalah sistem penyaluran air limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu kabupaten yang lagi berkembang dalam sanitasi Nasional. Sebagai bagian dari pembangunan sanitasi Nasional, Pemerintah Kabupaten Sidoarjo pada Tahun 2010, melalui Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) telah mengikuti rangkaian kegiatan serta mengambil langkah-langkah strategis dalam Program Nasional Percepatan Pembangaun Sanitasi Permukiman tersebut. Upaya ini telah menempatkan Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu dari 8 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur yang telah ditetapkan pada tahun 2011 untuk melakukan penyusunan Buku Putih Pembangunan Sanitasi dan penyusunan Strategi Sanitasi Kabupaten/Kota (SSK).

Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo no 6 Tahun 2009, tentang Rencana Tata Ruang Wilayah tahun 2009-2029, bahwa dalam kawasan yang belum memiliki sistem pembuangan air limbah setempat dan/atau terpusat, setiap orang perseorangan atau kelompok masyarakat dilarang membuang air limbah secara langsung tanpa pengolahan ke media lingkungan. Sehingga pada perencanaan ini akan dilakukan sistem pengelolaan air limbah dengan SPAL dan IPAL di wilayah studi perencanaan. Wilayah studi perencanaan terletak di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo. Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare memiliki kondisi sanitasi yang masih belum maksimal sehingga diperlukan SPAL dan IPAL.

SPAL adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air limbah dari suatu kawasan/lahan baik itu dari rumah tangga maupun kawasan industri. Sistem penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air limbah tersebut (Dewiandratika, 2002). Secara konsep, sistem air limbah yang diterapkan di perkotaan seharusnya terpadu, kawasan atau terpusat, jadi limbah dan saluran air kotor dapat diolah dengan teratur. Untuk menghindari dampak yang merugikan dari pembuangan air limbah domestik tersebut, maka diperlukan desain instalasi pengolahan air limbah

domestik yang berfungsi menurunkan konsentrasi zat-zat pencemar sebelum air limbah tersebut dialirkan ke badan air penerima. Langkah yang sebaiknya dilakukan untuk mencapai sanitasi yang lebih baik dan lengkap adalah dengan merencanakan pembangunan IPAL yang nantinya berfungsi untuk melayani penyaluran air limbah domestik di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo.

IPAL yang digunakan adalah dengan sistem *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dengan dikombinasikan *Organica Ecotechnology*. ABR merupakan pengolahan air limbah secara fisik dan biologis dalam bentuk bak pengendap dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Morel dan Diner, 2006). Sedangkan *Organica Ecotechnology* adalah solusi inovatif untuk perbaikan dan daur ulang air limbah. *Organica Ecotechnology* merupakan pengolahan biologi, karena metode pengolahan ini menggunakan aktivitas biologi dalam penyisihan bahan-bahan pencemar. Mekanisme ini berlangsung secara alamiah dalam badan-badan air yang sehat, seperti danau dan sungai sebagai proses purifikasi (Chandra, 2007). *Organica Ecotechnology* memanfaatkan proses metabolisme organisme hidup khususnya tanaman untuk mencerna polutan organik. Kemampuan organisme untuk menangkap energi matahari dapat berguna untuk memaksimalkan degradasi biologis kontaminan. Pemilihan alternatif ABR dan *Organica* adalah dengan alasan cocok untuk pemukiman padat penduduk, lahan yang digunakan tidak terlalu luas, listrik yang digunakan kecil dan juga lumpur yang dihasilkan sedikit.

## 1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Bagaimana desain SPAL untuk Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo?
2. Bagaimana desain IPAL untuk Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo?
3. Bagaimana rancangan biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan sistem IPAL?

### 1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Merencanakan SPAL untuk diterapkan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo
2. Merencanakan ABR dan *Organica Ecotechnology* untuk diterapkan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo
3. Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam pelaksanaan pekerjaan IPAL di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo

### 1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup bertujuan untuk membatasi masalah yang akan dikaji. Adapun ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah:

1. Karakteristik air limbah domestik yang digunakan meliputi BOD, COD, TSS, Minyak dan lemak, Amoniak, Total Coliform.
2. Cakupan pelayanan IPAL Domestik adalah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo.
3. Air limbah yang diolah berupa *grey water* berasal dari rumah tangga di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare dengan asumsi 80% debit pemakaian rata-rata air minum dari PDAM Delta Tirta Sidoarjo.
4. Aspek yang akan ditinjau dalam perencanaan ini meliputi aspek teknis dan aspek finansial.
5. Baku mutu air limbah mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 Tahun 2013 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu untuk limbah domestik yang berupa permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, perhotelan dan asrama.
6. Rancangan berupa bangunan IPAL dengan alternatif proses ABR dengan kombinasi *Organica Ecotechnology*.
7. SPAL Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo.
8. *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) diperoleh dari hasil *Detail Engineering Design*

(DED) perencanaan yang meliputi tahap pembangunan dan tahap operasional dengan mengacu Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016.

### **1.5. Manfaat**

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Bagi ilmu pengetahuan dan teknologi:
  1. Memberikan kontribusi ilmiah berupa alternatif desain IPAL Domestik dengan proses *ABR* dengan kombinasi *Organica Ecotechnology*.
- Bagi Pemerintah Kabupaten Sidoarjo:
  1. Memberikan informasi hasil perencanaan IPAL Domestik Kabupaten Sidoarjo kepada Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo dan Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo.
- Bagi masyarakat Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare :
  1. Memberikan alternatif pengolahan yang tepat untuk mengolah air limbah domestik sehingga menghasilkan effluent sesuai baku mutu yang berlaku.
  2. Memastikan effluent IPAL Domestik tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan dampak negatif ke masyarakat sehingga dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat dan melindungi ekosistem.
  3. Memastikan IPAL Domestik bekerja dengan baik sehingga manfaat dari IPAL Domestik dapat dirasakan oleh masyarakat.

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Definisi Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat memasak (Sugiharto, 2008). Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air yang dibuang berlebihan melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan. Lingkungan yang rusak akan menyebabkan menurunnya tingkat kesehatan manusia yang tinggal pada lingkungannya.

### 2.2. Karakteristik Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik atau rumah tangga adalah air buangan yang berasal dari kegiatan kebersihan yaitu dari gabungan limbah dapur, kamar mandi, toilet, cucian, dan sebagainya. Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun. Sebagian limbah domestik berbentuk suspensi dan sebagian lainnya berbentuk zat terlarut.

Limbah cair ini umumnya dibagi menjadi 2 jenis, yaitu limbah cair kakus (*blackwater*) dan limbah cair mandi dan cuci (*greywater*). Menurut Metcalf dan Eddy (2003), karakteristik limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Bahan Pencemar Limbah Domestik

Parameter	Kisaran Nilai (mg/L)
<b>Padatan</b>	
- Terlarut	250 - 850
- Tersuspensi	100 - 350
<b>BOD<sub>5</sub></b>	110 - 400
<b>COD</b>	250 - 1000
<b>Nitrogen</b>	
- Organik	8 - 35
- NH <sub>3</sub>	12 - 50
<b>Minyak &amp; Lemak</b>	50 - 150

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

### 2.3. Baku Mutu Air Limbah

Sebuah peraturan yang mengatur air limbah diperlukan untuk menjaga kualitas air permukaan atau badan air agar tidak tercemar. Salah satu peraturan yang berlaku di Indonesia untuk standardisasi adalah baku mutu. Peraturan baku mutu air limbah yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Baku mutu ini mengatur kualitas air limbah domestik (Permukiman) di area Provinsi Jawa Timur. Baku mutu dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Pergub Jatim No 72 tahun 2013	Permen LHK No 68 tahun 2016
	Kadar Maksimum (mg/L)	Kadar Maksimum (mg/L)
<b>BOD<sub>5</sub></b>	30	30
<b>COD</b>	50	100
<b>TSS</b>	50	30
<b>Minyak &amp; Lemak</b>	10	5
<b>Amoniak</b>	-	10
<b>Total Coliform (jumlah/100ml)</b>	-	3000
<b>Volume Limbah Maks. (dalam liter/ orang.hari)</b>	120	100

Sumber: Baku Mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 dan PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016

Pada Tabel 2.2 terdapat parameter yang harus dipenuhi oleh setiap wilayah permukiman. Penjelasan dari setiap parameter yang tercantum pada baku mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 dan PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016 adalah sebagai berikut:

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

BOD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat-zat organik secara biokimia oleh mikroorganisme. Bahan organik dalam air buangan tersusun dari karbon, oksigen, dan sedikit unsur-unsur lainnya, seperti belerang, nitrogen. Mikroorganisme mempunyai potensi untuk bereaksi dengan oksigen. Oksigen tersebut dipergunakan oleh mikroorganisme untuk respirasi sehingga dapat menguraikan senyawa organik.

Baku mutu limbah domestik menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk permukiman dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, kandungan BOD dalam air buangan dari permukiman maksimal sebesar 30 mg/L.

**b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

COD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat-zat organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik dalam air yang dapat dioksidasi secara kimia. Baku mutu limbah domestik menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Permukiman dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya kandungan COD dalam air buangan dari permukiman maksimal sebesar 50 mg/L.

**c. Padatan total (*Total Solid*)**

Jumlah zat padat yang tertinggal apabila air buangan yang diuapkan pada suhu 103–105°C. Padatan ini dapat digolongkan menjadi padatan tersuspensi, koloid, dan terlarut. Baku mutu limbah domestik menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Permukiman dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya kandungan padatan tersuspensi dalam air limbah pabrik tekstil maksimal sebesar 50 mg/L.

**d. Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak adalah komponen penting dalam makanan dan biasanya terdapat dalam air limbah. Lemak merupakan senyawa organik yang stabil dalam air dan tidak mudah diuraikan oleh mikroba. Minyak jika terdapat dalam limbah cair, dapat merugikan karena menghambat aktivitas biologi mikroba untuk pengolahan limbah cair (Tchobanoglous, 1991). Selain itu minyak dan lemak dapat merusak sistem perpipaan pada instalasi pengolahan air limbah. Baku mutu limbah cair domestik menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Permukiman dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya minyak dan lemak dalam air buangan dari permukiman adalah sebesar 10 mg/l.

**2.4. Debit Air Limbah Domestik**

Debit air limbah domestik penting untuk diketahui jumlah karena akan menentukan kapasitas bangunan pengolahan yang akan direncanakan.

### 2.4.1 Debit Air limbah rata-rata

Diperkirakan besarnya air bersih yang akan menjadi air limbah yaitu 80 – 90% dari total yang diketahui dari penggunaan rata-rata air bersih pada daerah pelayanan. Persamaan untuk menghitung total penggunaan rata-rata air bersih terdapat pada persamaan berikut.

- Debit rata-rata  
 $Q_{ave} = Q_w \times (80-90\%) \dots\dots\dots (1.1)$   
Dimana:  
 $Q_{ave}$  = Debit air limbah (liter/orang.hari)  
 $Q_w$  = Debit rata-rata penggunaan air bersih (liter/orang.hari)

### 2.4.2 Debit Air limbah Minimum dan Puncak

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:

- Debit minimum  
 $Q_{min} = 0,2 \times (P)^{1/6} \times Q_{ave} \dots\dots\dots (1.2)$   
Dimana:  
 $Q_{min}$  = debit air limbah minimum (l/detik)  
 $P$  = Jumlah penduduk  
 $Q_{ave}$  = Debit air limbah rata-rata (l/detik)

- Debit puncak  
 $Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{ave} \dots\dots\dots (1.3)$   
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.

$$f_{\text{peak}} = (18 + p^{0.5}) / (4 + p^{0.5}) \dots\dots\dots(1.4)$$

Keterangan :

P = jumlah penduduk (jiwa)

## 2.5. Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem penyaluran air limbah adalah suatu rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang air limbah dari suatu kawasan/lahan baik itu dari rumah tangga maupun kawasan industri. Sistem penyaluran biasanya menggunakan sistem saluran tertutup dengan menggunakan pipa yang berfungsi menyalurkan air limbah tersebut ke bak interceptor yang nantinya di salurkan ke saluran utama atau saluran drainase.

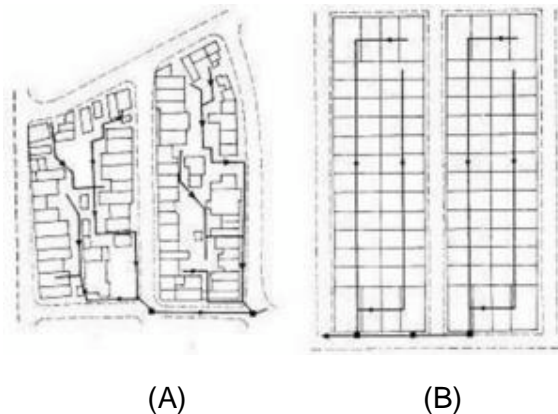
Sistem penyaluran air limbah ini pada prinsipnya terdiri dari dua macam yaitu: sistem penyaluran terpisah dan sistem penyaluran campuran, dimana sistem penyaluran terpisah adalah sistem yang memisahkan aliran air buangan dengan limpasan air hujan, sedangkan sistem penyaluran tercampur menggabungkan aliran air buangan dengan limpasan air hujan. Dalam hal ini pembahasan hanya mencakup sistem penyaluran air limbah terpisah. Kemudian sistem pengolahan limbah pun terdiri dari 2 macam yaitu sistem pengolahan on-site position dan sistem off-site position, yang akan ditinjau nantinya adalah sistem pengolahan off- site position dimana air limbah disalurkan melalui sewer (saluran pengumpul air limbah) lalu kemudian masuk ke instalasi pengolahan terpusat (Dewiandratika, 2002).

### 2.5.1 Sistem Riol Dangkal (Shallow Sewer)

Shallow sewerage disebut juga *Simplified sewerage* atau *Condominial Sewerage*. Perbedaannya dengan sistem konvensional adalah sistem ini mengangkut air buangan dalam skala kecil dan pipa dipasang dengan slope lebih landai (Dewiandratika, 2002). Perletakan saluran ini biasanya diterapkan pada blok-blok rumah. *Shallow sewer* sangat tergantung pada pembilasan air buangan untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan *self cleansing*.

Sistem ini cocok diterapkan sebagai sewerage di daerah perkampungan dengan kepadatan tinggi, tidak di lewati oleh

kendaraan berat dan memiliki kemiringan tanah sebesar 1% Shallow sewer harus dipertimbangkan untuk daerah perkampungan dengan kepadatan penduduk tinggi dimana sebagian besar penduduk sudah memiliki sambungan air bersih dan kamar mandi pribadi tanpa pembuangan setempat yang memadai. Sistem ini melayani air buangan dari kamar mandi, cucian, pipa servis, pipa lateral tanpa induk serta dilengkapi dengan pengolahan mini.



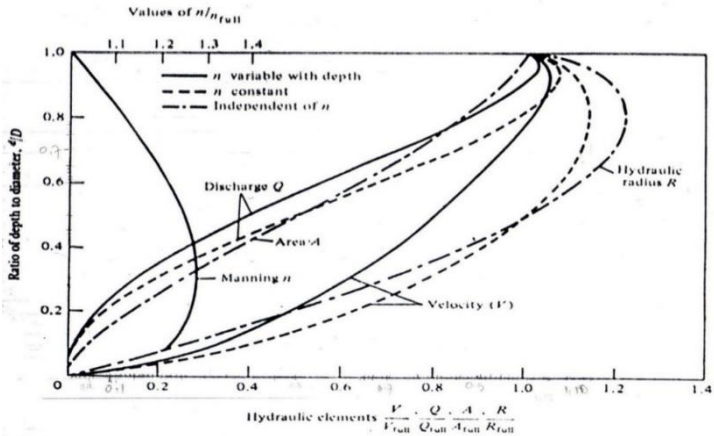
Gambar 2. 1 Shallow Sewerage pada perumahan tidak teratur (A) dan teratur (B).

(Sumber: Dewiandratika, 2002)

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan sistem penyaluran air limbah diantaranya yaitu :

- a) Konstanta Manning ( $n$ ) = 0.009 (pipa PVC), (*Municipal Piping System*, 2002)
- b) Diameter pipa minimum = 100 mm dengan saluran gravitasi (kementerian Pekerjaan Umum, 2013)
- c) kecepatan minimum = 0.6 m/s pada saat debit rata-rata atau *peak*
- d) kecepatan maksimum = 2.5 – 3.0 m/s
- e) Tinggi renang ( $d/D$ ) = 0.5 (*Design Criteria for Gravity Sanitary Sewer Lines*, 2007)

- f) Nilai  $Q_{peak}/Q_{full}$  diperoleh dari grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer* seperti terlihat pada **Gambar 2.4**.
- g) Kemiringan atau slope (S)  
 $S = \Delta H / L$   
 Dimana :  
 S = slope  
 $\Delta H$  = beda elevasi (m)  
 L = panjang pipa (m)



Gambar 2. 2 Grafik “Hydraulic Elements for Circular Sewer”  
 (Sumber: Tchobanoglous dkk., 2003)

Persamaan debit penuh dapat dilihat pada persamaan berikut

➤  $Q_{full}$   
 $Q_{full} = 0.312/n \times D^{2.667} \times S^{0.5} \dots\dots\dots(1.4)$

- Dimana :
- $Q_{full}$  = Debit pipa pada saat penuh ( $m^3/s$ )
  - $N$  = kekasaran manning
  - $D$  = diameter (m)

### 2.5.2 Jaringan Pipa Air Limbah

Jaringan pipa air limbah terdiri dari:

- a. Pipa retikulasi adalah saluran pengumpul air limbah untuk disalurkan ke pipa utama.
- b. Pipa *service* adalah saluran pengumpul air limbah dari beberapa bangunan (blok bangunan) ke pipa lateral.
- c. Pipa lateral adalah saluran pengumpul air limbah dari pipa servis ke pipa induk/utama.
- d. Pipa utama adalah pipa penerima aliran dari pipa kolektor/lateral untuk disalurkan ke IPAL atau *trunk sewer* (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

### 2.5.3 Kedalaman Pipa

Kedalaman pipa perlu diperhatikan peletakkannya untuk keamanan dari beban yang berada di atasnya. Kedalaman maksimal untuk pipa induk pada saluran terbuka adalah 7 meter atau dipilih kedalaman ekonomis sesuai dengan estimasi biaya dan kemudahan/ resiko pelaksanaan galian dan pemasangan pipa. Berikut kedalaman penanaman setiap jenis pipa menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2013):

- a. Persil  $\geq 0,4$  meter (bila beban ringan) dan  $\geq 0,8$  meter (bila beban berat)
- b. Pipa *service* 0,75 meter
- c. Pipa Lateral 1-1,2 mete

### 2.5.4. 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 menurungnya. Lokasi penempatan manhole yang mungkin akan digunakan:

- a. Pada jalur saluran yang lurus dengan jarak tertentu bergantung dari diameter saluran yang disesuaikan



dengan panjang peralatan pembersihan yang akan digunakan (Tabel 2.3).

- b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran , perubahan diameter, dan perubahan arah aliran vertikal maupun horizontal.
- c. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan dengan pipa atau bangunan lain

Tabel 2.3 Jarak antar Manhole pada Jalur lurus

Diameter (mm)	Jarak antar Manhole (m)
20 – 50	50 – 75
50 – 75	75 – 125
100 – 150	125 – 150
150 – 200	150 – 200
1000	100 – 150

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

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.

3. Stasiun Pompa

Fungsi dari stasiun pompa diantaranya:

- a. Sebagai stasiun angkat (*lift station*), dipasang pada setiap jarak tertentu pada jaringan perpipaan yang cukup dalam.
- b. Sebagai *booster station*, untuk menyalurkan air limbah yang tidak memerlukan pengaliran secara gravitasi.

#### 4. *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).

#### 5. Sambungan Rumah

Sambungan rumah berguna untuk mengalirkan air limbah yang berasal dari sumbernya yaitu rumah ke pipa induk. Sambungan pipa yang digunakan diantaranya:

- a. Pipa dari kloset (*black water*)
  - Diameter pipa minimal 75 mm
  - Bahan dari PVC atau asbes semen
  - Kemiringan pipa 1-3%
- b. Pipa untuk air limbah non tinja (*grey water*)
  - Diameter pipa minimal 50 mm
  - Bahan dari PVC atau asbes semen
  - Kemiringan pipa 0,5 - 1%
  - Khusus air limbah dari dapur dilengkapi dengan unit penangkap lemak (*grease trap*)
- c. *House Inlet* (bak kontrol)

- Luas permukaan minimal 50 cm x 50 cm (sisi dalam) dan diberi penutup plat beton yang dapat dibuka-tutup
  - Kedalaman bak 40 – 60 cm
  - Freeboard 10 cm
- d. Lubang Inspeksi/*Inspection Chamber* (IC)
- Terdapat 3 tipe IC untuk kedalaman hingga 2 m. Jika kedalaman  $\geq 2,5$  m maka menggunakan manhole seperti sistem konvensional
  - Dimensi tergantung pada tipe dan bentuk penampang IC, selengkapnya pada tabel berikut
- Tabel 2.4 Dimensi Lubang Inspeksi

Tipe IC	Kedalaman pipa (m)	Dimensi IC (m <sup>2</sup> )	
		Bujur Sangkar	Persegi panjang
IC – 1	0,75	0,4 x 0,4	0,4 x 0,6
IC – 2	0,75 – 1,35	0,7 x 0,7	0,6 x 0,8
IC – 3	1,35 – 2,5	-	0,8 x 1,2

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

## 2.6. Pengolahan Biologis Air Limbah

Pengolahan biologis dalam sebuah sistem pengolahan terbagi dalam dua jenis, yaitu sistem terlekat (*attached growth*) dan sistem sistem tersuspensi (*suspended growth*). Perbedaan dari kedua sistem ini adalah jenis media yang digunakan untuk tempat tumbuh mikroorganisme. Kelebihan dari sistem pengolahan biologis adalah dapat menurunkan parameter pencemar dalam jumlah yang besar sedangkan kekurangan dari sistem ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengolah limbah relatif lebih lama. (Metcalf dan Eddy, 2003). Proses biologis dapat dilakukan pada kondisi aerobik, kondisi anaerobik, dan kombinasi dari keduanya. Proses aerobik umumnya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan karakteristik beban pencemar zat organik yang rendah, sedangkan proses anaerobik digunakan untuk mengolah air limbah yang memiliki beban pencemar zat organik yang lebih tinggi (Said, 2000).

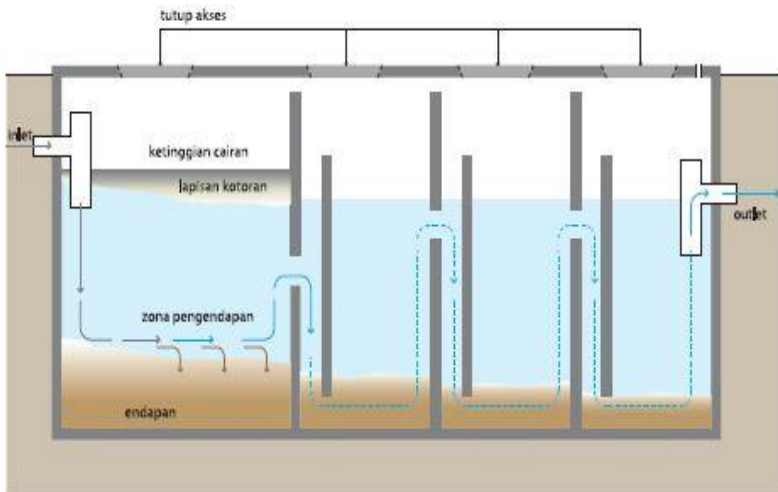
## 2.7. Instalasi Pengolahan Air Limbah

Dalam Pengolahan anaerobik yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu IPAL ABR dengan teknologi *organica* yang mengkombinasikan pengolahan konvensional dan modern. Pengolahan secara anaerobik tidak membutuhkan oksigen dalam prosesnya. Pengolahan anaerobik dapat menjadi alternatif pengolahan yang layak dan ekonomis karena kemudahan konstruksinya, mudah dioperasikan dengan biaya efisien, kemungkinan produksi lumpur yang kecil, dapat memproduksi energi dalam bentuk energi biogas dan bisa diaplikasikan dalam skala besar maupun kecil. Instalasi Pengolahan Air Limbah kawasan yang digunakan yaitu Anaerobic Baffled Reactor (ABR).

### 2.7.1. Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

*Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan pengolahan air limbah secara fisik dan biologis dalam bentuk bak pengendap dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Morel dan Diner, 2006). Ruang sedimentai terintegrasi untuk *pre-treatment* air limbah, sedangkan sekat atau *baffle* difungsikan untuk menghasilkan turbulensi. Air limbah melewati lumpur aktif ketika menuju ke kompartemen berikutnya. *Solid Retention Time* (SRT) terpisah dari *Hydraulic Retention Time* (HRT). Laju pengolahan yang tinggi disebabkan oleh adanya kontak antara air limbah dengan lumpur aktif dan SRT yang tinggi sehingga produksi lumpur aktif rendah (Wang, 2004)

ABR dapat dibangun untuk berbagai iklim, meskipun efisiensi terpengaruh pada iklim dingin (Tilley, Elizabeth et al, 2008). ABR dirancang agar alirannya turun naik seperti terlihat pada gambar 2.6. Aliran seperti ini menyebabkan aliran air limbah yang masuk (influent) lebih intensif terkontak dengan biomassa anaerobik, sehingga meningkatkan kinerja pengolahan. Penurunan BOD dalam ABR lebih tinggi daripada tangki septik, yaitu sekitar 70-95%. Perlu dilengkapi saluran udara. Untuk operasi awal perlu waktu 3 bulan untuk menstabilkan biomassa di awal proses.



Gambar 2. 3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

(Sumber: Tilley, Elizabeth et al, 2008)

#### **Aplikasi dan Efisiensi ABR:**

- Cocok untuk semua macam air limbah, seperti air limbah permukiman, rumah-sakit, hotel/penginapan, pasar umum, rumah potong hewan (RPH), industri makanan. Semakin banyak beban organik, semakin tinggi efisiensinya.
- Cocok untuk lingkungan kecil atau rumah tangga. Bisa dirancang secara efisien untuk aliran masuk (inflow) harian hingga setara dengan volume air limbah dari 1000 orang (200.000 liter/hari).
- ABR terpusat (setengah-terpusat) sangat cocok jika teknologi pengangkutan sudah ada.
- Tidak boleh dipasang jika permukaan air tanah tinggi, karena perembesan (infiltration) akan memengaruhi efisiensi pengolahan dan akan mencemari air tanah (Foxon et al, 2004).
- Truk tinja harus bisa masuk ke lokasi.
- Digunakan pada beberapa lokasi Sanimas dan MCK di Indonesia.

### Kelebihan penggunaan ABR:

- Tahan terhadap beban kejutan hidrolis dan zat organik.
- Tidak memerlukan energi listrik.
- Grey water dapat dikelola secara bersamaan.
- Dapat dibangun dan diperbaiki dengan material local yang tersedia.
- Umur pelayanan panjang.
- Penurunan zat organik tinggi.
- Biaya investasi dan operasi.

### Kekurangan penggunaan ABR:

- Memerlukan sumber air yang konstan.
- Efluen memerlukan pengolahan sekunder atau dibuang ke tempat yang cocok.
- Penurunan zat patogen rendah.
- Pengolahan pendahuluan diperlukan untuk mencegah penyumbatan.

(Sasse, 2009)

Perencanaan ABR ini membutuhkan kriteria desain. Kriteria desain unit ABR dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Kriteria Desain *Anaerobic Baffled Reactor*

No	Parameter	Nilai
1	Panjang <i>baffle</i>	50 - 60% dari ketinggian
2	<i>Upflow velocity</i>	< 2 m/jam
3	Removal BOD	70 - 95%
4	Removal COD	65 - 90%
5	Removal TSS	80%
6	Organic Loading	< 3 kg COD/m <sup>3</sup> .hari (Sasse, 2009) 5-10 kg COD/m <sup>3</sup> .hari (Tchobanoglous dkk., 2003)
7	HRT	>8 jam (Sasse, 2009) 6-24 jam (Tchobanoglous dkk., 2003)
8	SRT	>30 hari

(Sumber : Tchobanoglous dkk., 2003; Sasse, 2009)

Aksesoris tambahan dari ABR adalah pipa ven. Pipa ven adalah pipa untuk mengalirkan atau mengeluarkan gas-gas yang dihasilkan dari hasil proses anaerobik. *Branch* adalah pipa horizontal dan *stack* adalah pipa tegak. Pipa ven adalah bagian yang penting dari sistem pembuangan. Tujuan dari pemasangan pipa ven adalah mensirkulasi udara dalam proses pembuangan,

menjaga kedalaman air agar sesuai dengan yang direncanakan, dan menjaga sekat perangkat dari efek sifon atau tekanan.

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

- Waktu Tinggal Hidrolik (HRT)  
 $HRT = V / Q$  ..... (1.5)

Dimana:

HRT = Waktu tinggal hidrolik (hari)

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

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

- *Organic Loading Rate* (OLR)  
 $OLR = Q \times So / \text{volume}$ ..... (1.6)

Dimana :

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

So = Total COD inlet (mg/L)

- Vup  
 $Vup = Q / (p \text{ satu kompartemen} \times l)$ ..... (1.7)

Dimana :

P = panjang satu kompartemen (m)

l = lebar satu kompartemen (m)

- *Headloss* (Hf)  
 $Hf = f \times \frac{L}{4R} \times \frac{V^2}{2g}$  ..... (1.8)

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

Dimana:

L = panjang ABR (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

V = kecepatan (m/s)

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

### 2.7.2. *Organica Ecotechnology*

Reaktor biologis dalam *Organica* disusun dalam konfigurasi kaskade, masing-masing dengan biomodules dirancang khusus, dalam rangka mengoptimalkan pengembangan ekosistem yang berbeda di setiap langkah dari proses pengolahan. Setelah pengolahan primer berpengaruh pada perjalanan melalui kaskade biologi, dan dengan demikian kandungan gizi yang dikonsumsi oleh biofilm yang hidup adalah

pada kedua buatan (proprietary bio-serat Media *Organica*) dan alam (akar tanaman) media dalam setiap reaktor. Sebagai hasil dari kaskade merancang komposisi ekosistem tetap dalam perubahan biofilm dari reaktor ke reaktor, menyesuaikan diri dengan konsentrasi nutrisi menurun, sehingga memaksimalkan penguraian kontaminan dan memungkinkan *Organica* IPAL untuk mengolah air limbah dalam jumlah sedikit ruang. Kedalaman dari *Organica* sekitar 1 – 3 meter, sedangkan untuk kedalaman akar tanaman sendiri maksimal sekitar 1,5 meter. Tanaman yang digunakan adalah

Karakteristik *Organica Ecotechnology* yaitu:

1. Sistem pengolahan ekologi yang memiliki spesies 2000-3000 spesies dari tanaman, hewan dan mikroba.
2. Kemampuan metabolisme yang tinggi
3. Estetika *design* yang indah, seperti keindahan alam, bunga sebagai pengolah air limbah dan tanaman sebagai kebun.
4. Biaya investasi pembangunan dan pengoperasian rendah dan limbah dapat memenuhi baku mutu.

Keuntungan :

- Cocok untuk pemukiman padat penduduk
- Lahan yang digunakan tidak terlalu luas
- Listrik yang digunakan kecil
- Lumpur yang dihasilkan sedikit
- Biaya investasi pembangunan dan pengoperasian rendah

Kerugian :

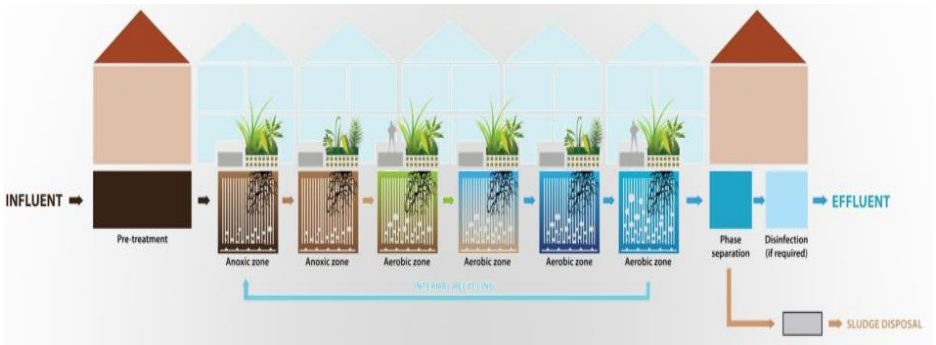
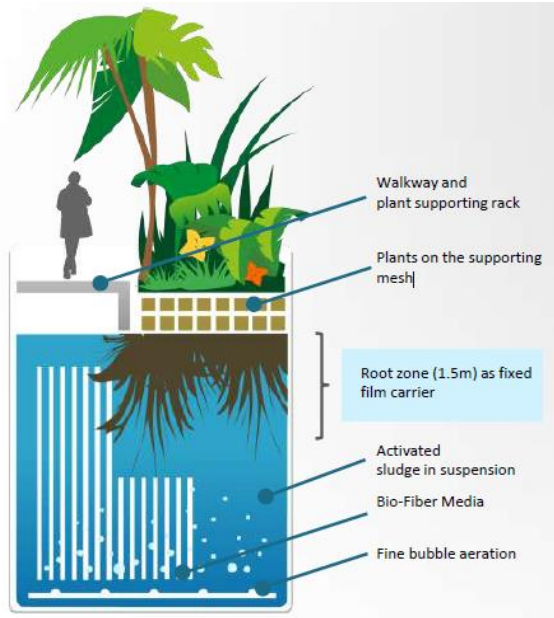
- Desain rumit
- Fiber media mahal

Tabel 2.6 Kualitas *effluent* dari *Organica Ecotechnology*

No	Parameter	Nilai
1	TN	< 10 mg/l
2	TP	< 0,5 mg/l
3	BOD	< 10 mg/l
4	COD	< 45 mg/l
5	TSS	< 10 mg/l
6	NH <sub>3</sub> N	≤ 1 mg/l

Sumber : *Organica water*, 2012





Gambar 2. 4 Organica Ecotechnology  
(Sumber : Yuje dkk, 2013)

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***

## BAB 3 GAMBARAN UMUM

### 3.1. Gambaran Umum Lokasi Perencanaan

Wilayah perencanaan pembangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kawasan pada perencanaan ini adalah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo.

#### 3.1.1. Profil Wilayah dan Geografi

Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare di Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo ini berada pada koordinat  $7^{\circ}27'29.72''$ LS, dan  $112^{\circ}42'32.13''$  LT. Pada wilayah tersebut yang akan dilayani dalam perencanaan SPAL dan juga akan disediakan unit bangunan IPAL Kawasan. Secara administratif, wilayah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare ini memiliki batas-batas, yaitu:

1. Sebelah Utara : Kelurahan Magersari
2. Sebelah Selatan : Wilayahperkampungan Tenggulunan
3. Sebelah Timur : Kelurahan Pekauman dan Celep
4. Sebelah Barat : Kelurahan Banjarnendo



Gambar 3. 1 Wilayah Kelurahan Lemahputro dan Sidokare

(Sumber: *Google Earth*, 2017)

Pada lokasi perencanaan ini sebenarnya memiliki kontur/elevasi tanah yang rendah yaitu 9,6 – 13,5 m. Sedangkan untuk jalan perumahan ini memiliki lebar jalan 5,5 - 6 m pada masing-masing gang.



Gambar 3. 2 Kondisi Jalan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare

### 3.1.2. Kependudukan

Untuk jumlah penduduk yang dilayani dalam perencanaan IPAL Kawasan dan SPAL di kawasan Kelurahan Lemahputro sebanyak 2165 KK dan Kelurahan Sidokare ini sebanyak 3939 KK sehingga jumlah total 6104 KK. Dengan jumlah per Kepala Keluarga (KK) sebanyak 5 orang. Sehingga dalam pelayanan IPAL Kawasan ini melayani penduduk sebanyak 30.520 orang. Data jumlah penduduk didapatkan dari Kecamatan Sidoarjo dalam Angka 2016 dan data dari Kelurahan Lemahputro dan Sidokare

### 3.1.3. Kondisi Tata Guna Lahan

Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare ini mempunyai Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada beberapa gang. Selain memiliki RTH, perumahan ini dilengkapi dengan berbagai fasilitas penunjang yang dibangun di sekitar perumahan yakni pertokoan, taman, dan lain-lain.



Gambar 3. 3 Kondisi Ruang Terbuka Hujau di Kelurahan Lemahputro dan Sidokare

### 3.2. Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan

Kondisi sanitasi di wilayah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare belum maksimal, dimana saluran yang terdapat di setiap depan rumah dengan lebar sekitar 50 cm digunakan untuk menampung air hujan dan *grey water* dari rumah warga yang langsung dialirkan menuju sungai yang terdapat di sebelah Utara Kelurahan Sidokare dan di sebelah Selatan Kelurahan Lemahputro. Tetapi untuk sungai sudah cukup besar dengan ukuran sekitar 10 m, sehingga ketika hujan deras risiko terjadi banjir kecil karena saluran mampu menahan debit air hujan. Sedangkan untuk *black water*, mayoritas warga sudah menggunakan tangki *septic* untuk menampungnya. Untuk kebutuhan air bersih, Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare sudah terlayani air minum dari PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo. Kondisi saluran dan sungai dapat dilihat pada Gambar 3.4.



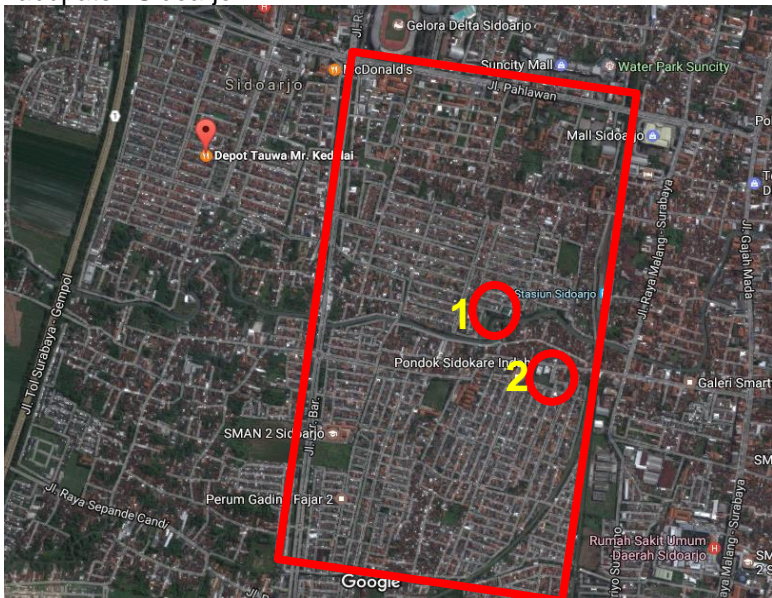
Gambar 3. 4 Kondisi Sungai di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare



### 3.3. Lokasi Perencanaan IPAL

Lokasi perencanaan yang dijadikan lokasi IPAL terdapat pada 2 titik lahan kosong yang berada di sekitar wilayah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare. Lokasi pertama yaitu berada di selatan Kelurahan Lemahputro. Sedangkan lokasi kedua berada di utara Kelurahan Sidokare. Semua lokasi penempatan IPAL merupakan lahan kosong.

Berdasarkan analisis melalui aplikasi *google earth*, pemilihan lokasi IPAL mengacu pada topografi lahan karena akan memudahkan jaringan pipa SPAL dengan sistem gravitasi. Lokasi pertama dan kedua memiliki elevasi yang rendah yaitu +9,6 m. Berikut gambar 3.5 yang menunjukkan lokasi IPAL di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo.





Gambar 3. 5 Lokasi perencanaan IPAL



## **BAB 4**

### **METODE PERENCANAAN**

#### **4.1. Umum**

Metode perencanaan memiliki peranan penting dalam suatu perencanaan. Maksud dari adanya metode perencanaan ini adalah memberikan gambaran mengenai metode dan langkah – langkah yang akan digunakan dalam perencanaan, sehingga sesuai dengan tujuannya, yaitu:

- a. Memberikan kemudahan dan kelancaran dalam pelaksanaan perencanaan
- b. Memberikan gambaran awal mengenai tahapan – tahapan perencanaan yang sistematis dan efisien
- c. Memperkecil kesalahan selama pelaksanaan perencanaan
- d. Mengatasi permasalahan untuk dilakukan optimasi

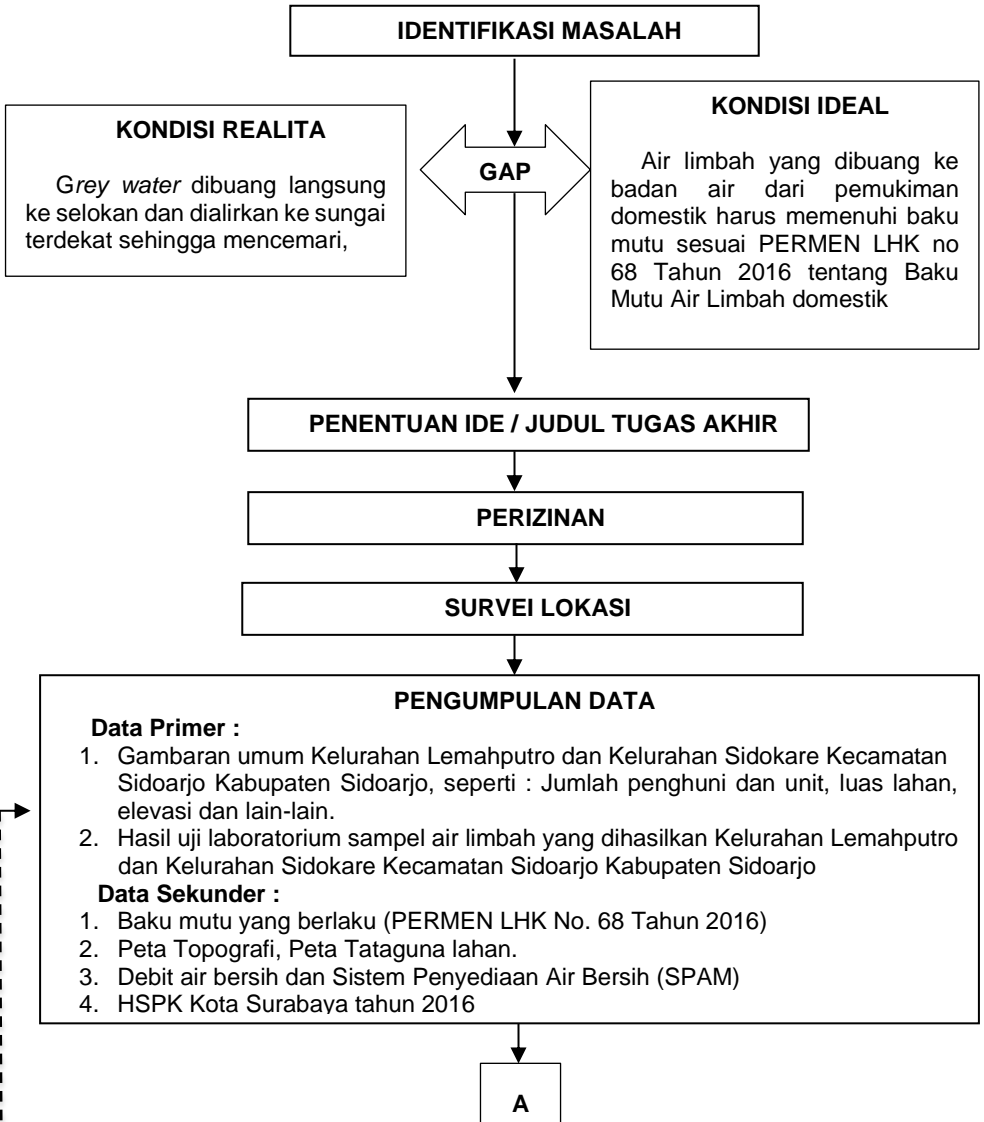
Perencanaan tugas akhir ini akan dilaksanakan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo. Rencana pembangunan SPAL dan IPAL yang akan dibuat adalah untuk kurun waktu selama 10 tahun ke depan.

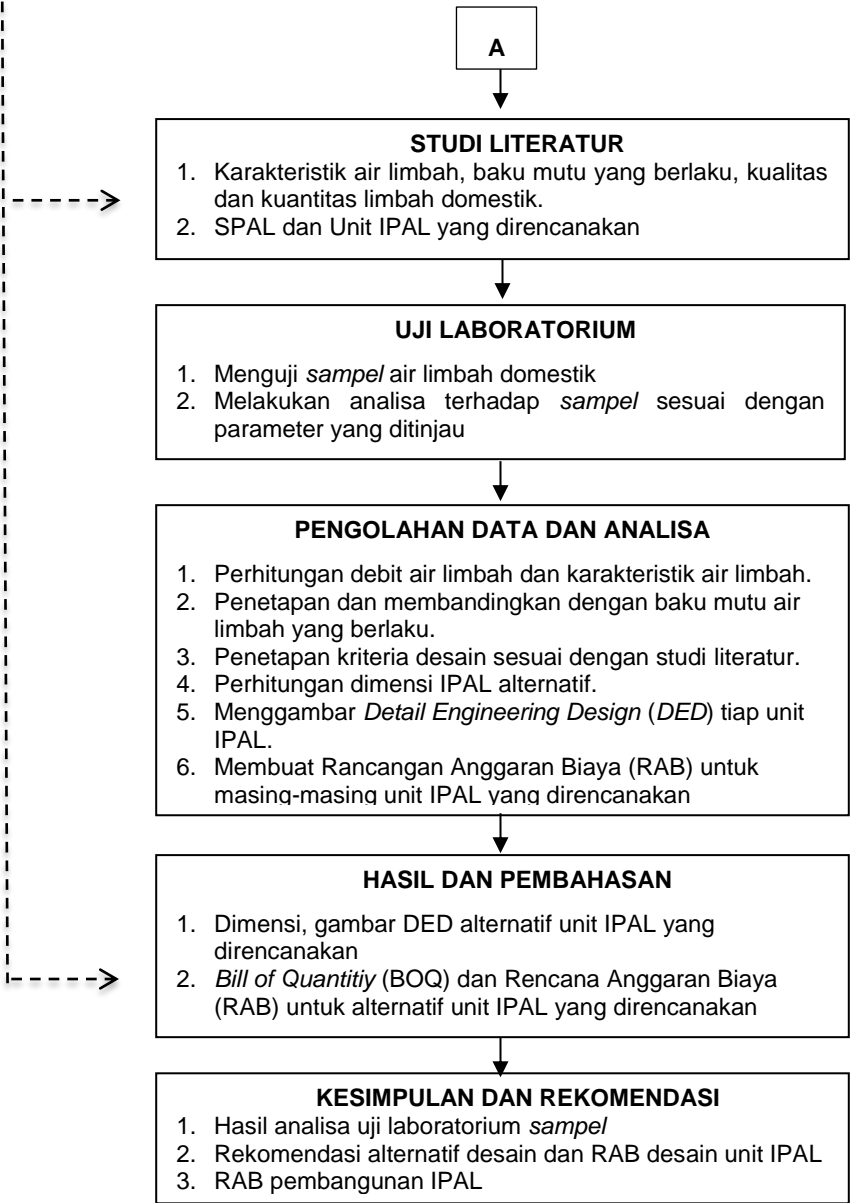
#### **4.2. Kerangka Perencanaan**

Perencanaan tugas akhir mengenai Perencanaan IPAL Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo ini terdapat beberapa tahapan dan proses dalam pelaksanaan agar mendapatkan hasil yang maksimal sehingga diharapkan perencanaan dapat direncanakan dengan baik, optimal, dan benar. Penyusunan kerangka perencanaan disusun dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan perencanaan secara sistematis
- b. Mengetahui tahapan kerja yang harus dilakukan dalam melaksanakan perencanaan
- c. Mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan perencanaan
- d. Memperkecil dan menghindari kesalahan yang mungkin terjadi dalam melaksanakan perencanaan.

Berikut adalah diagram alir metodologi perencanaan yang dilakukan dalam perencanaan tugas akhir ini yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dibawah ini





Gambar 4. 1 Diagram Alir Metodologi Perencanaan

### **4.3. Tahapan Perencanaan**

Tahapan perencanaan berisi penjabaran detail tentang kerangka perencanaan dan metodolgi studi pada tugas akhir ini terbagi menjadi 10 tahap. Berikut adalah penjelasan dari tiap tahapan

#### **4.3.1 Identifikasi Masalah**

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan identifikasi masalah disekitar daerah yang ingin dijadikan objek perencanaan. Tujuan dari tahap ini adalah mengkaji masalah yang cocok dengan tugas akhir perencana. Sanitasi lingkungan yang belum maksimal pada Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare sehingga membuat lingkungan terganggu. Oleh karena itu perlu dilakukan inovasi bidang air limbah yaitu dengan kombinasi antara ABR dengan teknologi *Organica*.

#### **4.3.2 Penentuan Ide / Judul Tugas Akhir**

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukan penentuan judul yang tepat dan sesuai dengan persetujuan dosen pembimbing dan berdasarkan lokasi yang diinginkan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperdalam latar belakang, menentukan batasan ruang lingkup, dan metode apa yang tepat sehingga pada tahap pelaksanaan studi mulai dari awal hingga akhir dapat berjalan lancar dan sudah terstruktur sehingga mempermudah perencana untuk melakukan perencanaan tugas akhir ini. Ide tugas ini adalah Perencanaan IPAL Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo.

#### **4.3.3 Perizinan**

Proses perizinan dilakukan dengan pembuatan proposal dan surat pengantar dari Departemen Teknik Lingkungan ITS yang ditunjukkan kepada pihak terkait. Pihak yang dimaksud antara lain Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Provinsi Jawa Timur, Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kabupaten Sidoarjo, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Sidoarjo, Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo, Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo. Perizinan yang ditunjukkan kepada pihak Bakesbangpol Provinsi Jawa Timur adalah izin rujukan ke Bakesbangpol Kabupaten Sidoarjo, dan untuk memperoleh data di BAPPEDA Kabupaten Sidoarjo, PDAM Delta Tirta, dan Kelurahan

Lemahputro dan Sidokare. Sedangkan perizinan yang ditunjukkan kepada pihak Bakesbangpol Kabupaten Sidoarjo adalah izin rujukan untuk memperoleh data di BAPPEDA Kabupaten Sidoarjo, PDAM Delta Tirta, dan kelurahan Lemahputro dan Sidokare. BAPPEDA Kabupaten Sidoarjo adalah untuk memperoleh data peta administrasi, peta topografi dan tata guna lahan, profil Kelurahan serta kondisi wilayah Kecamatan Sidoarjo. PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo adalah untuk memperoleh data debit air bersih dan SPAM di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare.

#### **4.3.4 Survei Lokasi**

Tahap ini dilakukan survei lokasi di area Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo untuk mengetahui kondisi di lapangan dan kendala yang terjadi di lapangan. Survei dilakukan dengan cara pengambilan gambar, pengambilan titik koordinat, pengukuran lokasi di area IPAL. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui kondisi area permukiman dan tempat yang akan dibangun IPAL serta menganalisisnya untuk mengetahui permasalahan di lokasi. Tahap survei ini dapat dilakukan secara berulang kali, tergantung pada kesepakatan antara perencana dengan pihak permukiman yang bersangkutan.

#### **4.3.5 Pengumpulan Data**

Tahap ini dilakukan secara bersamaan dengan tahap survei lokasi. Pada tahap ini, perencana melakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk proses analisa dan pengolahan data sehingga dapat memberikan hasil, kesimpulan, dan rekomendasi yang tepat dan baik bagi pihak permukiman. Data-data yang akan dikumpulkan oleh perencana antara lain:

- Data Primer
  1. Gambaran Umum Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare
    - Jumlah Penghuni dan Unit  
Jumlah unit dan jumlah penghuni dapat diketahui dari penuturan ketua RT dan warga setempat.
    - Luas Lahan  
Luas lahan yang tersedia didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan meteran.

- Elevasi  
Data elevasi didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan Global Positioning System (GPS). Hal tersebut memberi kemudahan bagi perencana untuk menggambarkan kondisi lapangan pada peta maupun permodelan jaringan SPAL dan letak IPAL.

## 2. Karakteristik limbah

Karakteristik limbah meliputi BOD, COD, TSS, Minyak dan lemak, Amoniak, Total Coliform dari hasil analisa laboratorium. Sampel air limbah diambil sebanyak 2 kali yaitu pada outlet *septic tank* dengan pengambilan 1 hari. Analisa sampling ini dilakukan di laboratorium untuk kemudian diketahui nilai dari parameter yang akan masuk pada unit pengolahan.

- Data Sekunder
  1. Baku mutu berlaku (PERMEN LHK No 68 Tahun 2016)
  2. Debit air bersih dari rekening meter air bersih bulanan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare dari PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo
  3. Peta topografi dan tata guna lahan Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare dari Dinas Bappeda Kabupaten Sidoarjo
  4. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016.

### 4.3.6 Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap untuk mengkaji dan meninjau ulang teori-teori yang akan dipakai apakah sudah sesuai dengan hasil analisis kondisi lapangan / lokasi sementara dan apakah dapat diaplikasikan. Teori yang akan digunakan adalah teori dalam perencanaan baik pengolahan dan unit IPAL, teori penelitian dari tiap parameter air limbah, dan teori cara mengevaluasi hasil uji *sampel*. Teori yang dibutuhkan meliputi :

1. Baku mutu air limbah domestik
2. Kriteria desain bangunan IPAL
3. Perhitungan debit air limbah
4. Sistem Penyaluran Air Limbah domestik (SPAL)

5. Unit Pengolahan Air Limbah yang didesain yaitu kombinasi *Anaerobic Baffled Reactor* dengan teknologi *Organica*

#### **4.3.7 Uji Laboratorium**

Tahap ini merupakan tahap pengujian air sampel dari *effluent* air limbah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare sebelum dibuang pada badan air sebagai sampel yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesetimbangan massa dan konsentrasi serta mengetahui karakteristik limbah yang dihasilkan. Karakteristik yang diuji pada laboratorium adalah BOD, COD, TSS, Minyak dan lemak, Amoniak, Total Coliform. Tahap ini akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS.

#### **4.3.8 Pengolahan Data dan Analisa**

Tahap ini dilakukan pengolahan data dari data-data yang telah dikumpulkan. Setelah diolah, perencana melakukan analisa dari hasil wawancara dan pengumpulan data yang terlihat ganjal dan perlu pembenahan. Untuk uji laboratorium dari sampel air limbah, dilakukan di laboratorium untuk menentukan dan membandingkan kebenaran data yang telah dikumpulkan. Metode yang digunakan adalah metode pengolahan secara biologi yaitu ABR dengan kombinasi *Organica Ecotechnology*. Untuk tahap analisa ini, perencana akan melakukannya dengan bantuan dan bimbingan dari dosen pembimbing dan laboran agar dapat menentukan dan mendapatkan hasil analisa yang baik dan tepat. Berdasarkan data yang telah diperoleh maka dapat dilakukan analisis data yang mencakup aspek teknis dan aspek finansial:

##### **a. Aspek Teknis**

Aspek teknis dalam perencanaan ini adalah mendesain SPAL dan IPAL. Tahapan dalam pengerjaan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pembagian blok pelayanan dan perhitungan debit air limbah tiap blok
2. Perhitungan pembebanan setiap jalur SPAL
3. Perhitungan dimensi pipa SPAL
4. Perhitungan penanaman pipa SPAL
5. Pengolahan unit IPAL yang digunakan disesuaikan perhitungan efisiensi removal yang memenuhi

6. Perhitungan *mass balance* unit IPAL didapatkan dari hasil perhitungan dengan rumus yang telah ditetapkan
7. Perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) unit IPAL ABR dan *Organica* disesuaikan kriteia desain.
8. Gambar DED:
  - Gambar Layout
  - Gambar Denah/tampak
  - Gambar detail
  - Gambar potongan
  - Gambar profil hidrolis

b. Aspek Finansial

Aspek finansial dalam hal ini yaitu bagaimana cara mendapatkan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem penyaluran air limbah.

1. Perhitungan BOQ disesuaikan dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2016.
2. Perhitungan RAB disesuaikan dengan DED.

#### **4.3.9 Hasil dan Pembahasan**

Tahap hasil dan pembahasan adalah tahap yang terdiri dari beberapa perhitungan yaitu: kualitas air limbah IPAL, perhitungan persentase removal unit alternatif, perencanaan perhitungan dimensi dari alternatif desain menggunakan ABR dengan kombinasi *Organica Ecotechnology*, perhitungan rancangan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan alternatif desain, dan pembuatan gambar teknik desain unit.

#### **4.3.10 Kesimpulan dan Rekomendasi**

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan keputusan dan kesimpulan dari hasil analisa data dengan dibimbing oleh dosen pembimbing. Tujuan dalam tahap ini adalah perencana dapat memberikan rekomendasi atau masukan bagi pihak permukiman sekiranya apa yang harus dilakukan untuk pembuatan IPAL permukiman tersebut. Rekomendasi yang dimaksud dapat berupa alternatif pengolahan, sistem diagram alir unit pengolahan, desain unit pengolahan, dan Standard Operasional Prosedur (SOP) bangunan pengolahan air limbah.



## BAB 5

### PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH

#### 5.1 Daerah Pelayanan

Daerah pelayanan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) pada perencanaan ini meliputi 2 Kelurahan. Kedua Kelurahan tersebut akan dibagi 2 *cluster* yang didasarkan pada tata letak perkotaan. Data yang diperoleh adalah jumlah Kepala Keluarga (KK), yaitu untuk kawasan Kelurahan Lemahputro sebanyak 2165 KK dan Kelurahan Sidokare ini sebanyak 3939 KK sehingga jumlah total 6104 KK. Jumlah anggota keluarga dalam 1 KK adalah 5 orang. Jumlah penduduk yang dilayani pada 2 *cluster* akan tersaji pada Tabel 5.1.

**Tabel 5. 1 Pembagian Daerah Pelayanan**

<i>Cluster</i>	Kelurahan	Kepala Keluarga (KK)	Jumlah Penduduk (orang)
1	Lemah Putro	2165	10825
2	Sidokare	3939	19695
	Total	6104	30520

Sumber:

\*Kecamatan Sidoarjo Dalam Angka, 2016

\*Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare 2016

Pembagian pada kedua *cluster* diatas didasarkan pada kondisi geografis Kelurahan Lemahputro dan Sidokare. Pada bagian tengah antara Kelurahan Lemahputro dan Sidokare terdapat sungai besar yang memiliki lebar sekitar 7 m, sehingga menjadi batas antara kelurahan lain. Kemudian topografi pada kedua Kelurahan menjadi faktor dalam pembagian kedua *cluster* sehingga memudahkan pengaliran menggunakan sistem gravitasi.

##### 5.1.1 Pembagian Blok Pelayanan *Cluster 1*

Perincian Pembagian blok pelayanan *Cluster 1* meliputi wilayah Kelurahan Lemah Putro untuk RT 01 sampai 05, RT 25 sampai 39. Pembagian blok pelayanan *Cluster 1* dapat dilihat pada Tabel 5.2

**Tabel 5. 2 Pembagian Blok Pelayanan Cluster 1**

Blok	Luas Lahan	Luas Blok	Pelayanan	Jumlah penduduk
	(m <sup>2</sup> )	Ha	%	orang
1	169356	16.9	24	2615
2	125828	12.6	34	3670
3	101867	10.2	15	1580
4	102509	10.3	27	2960

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembagian jumlah penduduk dan persen pelayanan setiap blok berdasarkan jumlah RT dan KK yang dilayani daerahnya. Daerah Blok 1, 2 dan 4 merupakan wilayah yang padat penduduk sedangkan blok 3 jumlah penduduk yang tidak padat.

### 5.1.2. Pembagian Blok Pelayanan Cluster 2

Perincian Pembagian blok pelayanan Cluster 2 meliputi wilayah Kelurahan Sidokare untuk RT 10 sampai 15, RT 20 sampai 41, RT 46 sampai 63. Pembagian blok pelayanan Cluster 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3

**Tabel 5. 3 Pembagian Blok Pelayanan Cluster 2**

Blok	Luas Lahan	Luas Blok	Pelayanan	Jumlah penduduk
	(m <sup>2</sup> )	Ha	%	orang
1	135911	13.6	20	3939
2	265916	26.6	39	7681
3	246150	24.6	41	8075

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembagian jumlah penduduk dan persen pelayanan setiap blok berdasarkan jumlah RT dan KK yang dilayani daerahnya. Daerah Blok 2 dan 3 merupakan wilayah yang padat penduduk sedangkan blok 3 jumlah penduduk yang tidak padat.

## 5.2 Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah diperoleh setelah mengetahui rata-rata penggunaan air bersih yang diketahui melalui data sekunder PDAM “Delta Tirta” Kabupaten Sidoarjo. Metode yang digunakan adalah dengan melihat data air terjual karena pelanggan membayar sesuai dengan debit yang mereka gunakan kemudian dibagi dengan jumlah pelanggan sehingga diperoleh data penggunaan air bersih per Kepala Keluarga. Data penggunaan air bersih akan tersaji pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5. 4 Produksi Air Bersih PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo**

Tahun	Produksi Air	Air Terjual	Kehilangan Air	Jumlah pelanggan
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	KK
2012	35.799.290	25.011.309	10.805.435	-
2013	36.376.915	26.076.690	10.300.225	-
2014	39.213.914	26.907.046	12.306.868	119.055
2015	41.402.490	28.901.878	12.500.612	133.191
2016	42.355.290	30.949.694	11.405.596	133.609

Sumber: PDAM Delta Tirta Kab. Sidoarjo

Dari data yang diperoleh, diambil data yang paling besar dan terbaru yaitu tahun 2016 dengan jumlah air terjual sebesar 30.949.694 m<sup>3</sup> dan jumlah pelanggan sebesar 133.609 KK. Perhitungan untuk mencari debit air bersih sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } Q \text{ domestik air bersih 2016} &= \frac{\text{Air Terjual}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \\
 &= \frac{30.949.694 \text{ m}^3}{133.609 \text{ m}^3} \\
 &= 231,64 \text{ m}^3/\text{KK.Tahun} \\
 &= 231.643,7 \text{ L/ KK.Tahun}
 \end{aligned}$$

Jika dalam 1 Kepala Keluarga terdapat 5 orang, maka diperoleh debit air bersih per orang sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } Q \text{ domestik air bersih 2016} &= \frac{231.643,7}{5} \text{ L/ orang.Tahun} \\
 &= 46.328,7 \text{ L/orang.Tahun} \\
 &= \frac{46.328,7}{365} \text{ L/ orang.hari} \\
 &= 126,92 \text{ L/orang.hari}
 \end{aligned}$$

Asumsi presentase rata-rata air limbah sekitar 50 hingga 90 persen dari konsumsi air per kapita menjadi air limbah (Tchobanoglous *et al*, 2014). Untuk keperluan domestik pada umumnya jumlah limbahnya sebesar 80 – 90% dari pemakaian air yang berpotensi menjadi limbah (Setiyono, 2009).

Pada perencanaan ini diambil presentase sebesar 80%, maka diperoleh debit air limbah per orang sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{➤ } Q \text{ ave air limbah} &= 126,92 \text{ L/ orang.hari} \times 80\% \\ &= 102 \text{ L/ orang.hari} \end{aligned}$$

Setelah diketahui debit penggunaan rata-rata air bersih per orang, maka dapat dihitung debit air limbah setiap bloknya. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada blok 1 *cluster* 1:

#### Blok 1 pelayanan Cluster 1:

Jumlah penduduk pada setiap blok dikalikan dengan debit air limbah sehingga akan diperoleh debit rata-rata air limbah, kemudian dihitung debit puncak, dan debit minimum. Diketahui:

- Jumlah Penduduk = 2615 orang
- Luas blok = 16,8 Ha
- f.peak =  $\frac{18+P^{0.5}}{4+P^{0.5}}$   
 $= \frac{18+2615^{0.5}}{4+2615^{0.5}}$   
 $= 1,3$

- Qave air limbah = Q air limbah x jumlah penduduk  
 $= 102 \text{ L/orang.hari} \times 2615 \text{ orang}$   
 $= 265549 \text{ L/hari}$   
 $= 0,003 \text{ m}^3/\text{det}$   
 $= 265,5 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Q peak = Q ave air limbah x f.peak  
 $= 0,003 \text{ m}^3/\text{det} \times 1,3$   
 $= 0,0039 \text{ m}^3/\text{det}$   
 $= 330,0 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Q minimum =  $\frac{1}{5} \times \left(\frac{\text{Jumlah Penduduk}}{1000}\right)^{0,2} \times Q \text{ ave}$   
 $= \frac{1}{5} \times \left(\frac{2615}{1000}\right)^{0,2} \times 2655,5 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 60,48 \text{ m}^3/\text{hari}$

Pada Tabel 5.5, 5.6 berikut ini adalah besar debit air limbah untuk semua blok pada pelayanan cluster 1 dan 2 di Kelurahan Lemahputro dan Sidokare.

**Tabel 5. 5 Debit Air Limbah Pelayanan Cluster 1**

Blok	Luas Lahan	Luas Blok	Pelayanan	Jumlah penduduk	Q ave	Q ave	fpeak	Q peak	Q min
	(m <sup>2</sup> )	Ha	%	orang	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /dtk		m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
1	169356	16,9	24	2615	265,5	0,003	1,3	330,0	64,4
2	125828	12,6	34	3670	372,6	0,004	1,2	453,4	96,7
3	101867	10,2	15	1580	160,5	0,002	1,3	211,8	35,2
4	102509	10,3	27	2960	300,5	0,003	1,2	372,5	74,7

**Tabel 5. 6 Debit Air Limbah Pelayanan Cluster 2**

Blok	Luas Lahan	Luas Blok	Pelayanan	Jumlah penduduk	Q ave	Q ave	fpeak	Q peak	Q min
	(m <sup>2</sup> )	Ha	%	orang	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /dtk		m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
1	135911	13,6	20	3939	400,0	0,005	1,2	483,8	105,2
2	265916	26,6	39	7681	779,9	0,009	1,2	899,0	234,5
3	246150	24,6	41	8075	819,9	0,009	1,1	942,2	249,0

### 5.3. Pembebanan Saluran Air Limbah

Sebelum menuju IPAL, air limbah dialirkan melalui pipa tersier, sekunder, dan primer. Saluran pipa air limbah akan menerima beban debit yang berbeda-beda sesuai dengan tata letak daerah pelayanannya yang dipengaruhi juga oleh jumlah penduduk dalam daerah tersebut. Berikut ini adalah contoh perhitungan pembebanan saluran:

Blok 1 pelayanan cluster 1

Saluran A1-A2:

- Q ave = 3% x Q ave Blok 1  
= 3% x 265,5 m<sup>3</sup>/hari  
= 13,28 m<sup>3</sup>/hari
- Q peak = 3% x Q peak Blok 1  
= 3% x 330 m<sup>3</sup>/hari

$$\begin{aligned}
 &= 16,65 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{➤ } Q \text{ min} &= 3\% \times Q \text{ min Blok 1} \\
 &= 3\% \times 64,4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 3,2 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Jumlah % yang diperoleh digunakan untuk mengetahui berapa jumlah penduduk yang tercakupi serta debit yang dihasilkan. Pada Tabel 5.7, dan 5.8 merupakan pembebanan saluran air limbah di setiap wilayah blok pelayanan pada pelayanan cluster 1 dan 2 di Kelurahan Lemahputro dan Sidokare. Tabel tersebut dapat dilihat pada lampiran A.

#### 5.4. Dimensi Pipa Air Limbah

Perhitungan dimensi pipa air limbah berdasarkan pada pembebanan air limbah pada masing-masing pipa. Jenis pipa yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pipa PVC. Dalam perhitungan dimensi pipa untuk saluran air limbah, ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain, pada kondisi peak kecepatan minimum adalah 0,6 m/detik dan kecepatan maksimum 0,8 m/detik. Berikut adalah contoh perhitungan dimensi pipa.

##### Blok 1 pelayanan cluster 1

Saluran A1-A2:

- Panjang pipa = 161 m
- Q peak = 0,0002 m<sup>3</sup>/det  
= 16,6 m<sup>3</sup>/hari
- Elevasi muka tanah awal = 13,5 m
- Elevasi muka tanah akhir = 13,5 m

$$\text{➤ Slope medan} = \frac{\Delta h}{\text{panjang pipa}} = \frac{13,5 - 13,5}{161} = 0$$

Direncanakan :

- Slope pipa = 0,003
- Kekasaran pipa (n) = 0,013
- d/D = 0,8

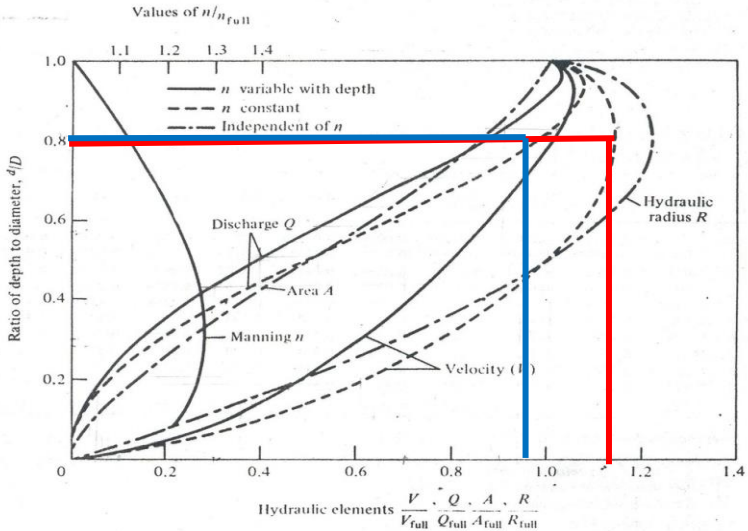


Figure 2-16 Hydraulic elements for circular sewers [10].

### Gambar 5. 1 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer

#### a. Menghitung nilai $Q_{full}$ ( $m^3/det$ )

Berdasarkan grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*, maka didapatkan  $Q_{peak}/Q_{full} = 0,98$  dan  $V_{peak}/V_{full} = 1,15$

$$\text{➤ } Q_{full} = \frac{Q_{peak\ total}}{\frac{Q_{peak}}{Q_{full}}} = \frac{0,0002\ m^3/det}{0,98} = 0,0002\ m^3/det$$

Untuk pipa PVC,  $n = 0,013$ , maka :

$$Q = \frac{0,3117}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,0002 = \frac{0,3117}{0,013} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0,037\ m = 37\ mm$$

$$D_{dipakai} = 0,1\ m = 100\ mm$$

**b. Menghitung nilai Qfull cek dan Vfull cek**

- Cek Q full

$$Q = \frac{0,3117}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{0,3117}{0,013} \cdot [0,1]^{\frac{8}{3}} \cdot 0,003^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{full} = 0,002 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Cek Vfull = Qfull cek / Afull  
 = 0,002 / 0,25 x π x D<sup>2</sup>  
 = 0,002 / 0,25 x 3,14 x 0,1<sup>2</sup>  
 = 0,3 m/det

**c. Menghitung nilai Qmin/Qfull**

$$Q_{min}/Q_{full} = 0,00004 \text{ m}^3/\text{det} / 0,002 \text{ m}^3/\text{det} = 0,02$$

**d. Menghitung Vfull dan Vmin (m/s)**

Berdasarkan nilai Q<sub>min</sub>/Q<sub>full</sub> melalui grafik *Hydraulic Elements for Circular Sewer*, maka D<sub>min</sub>/D = 0,115 dan V<sub>min</sub>/V<sub>full</sub> = 0,5

\*Untuk D<sub>min</sub>/D = 0,115 adalah **garis merah**, sedangkan V<sub>min</sub>/V<sub>full</sub> = 0,5 adalah **garis biru**

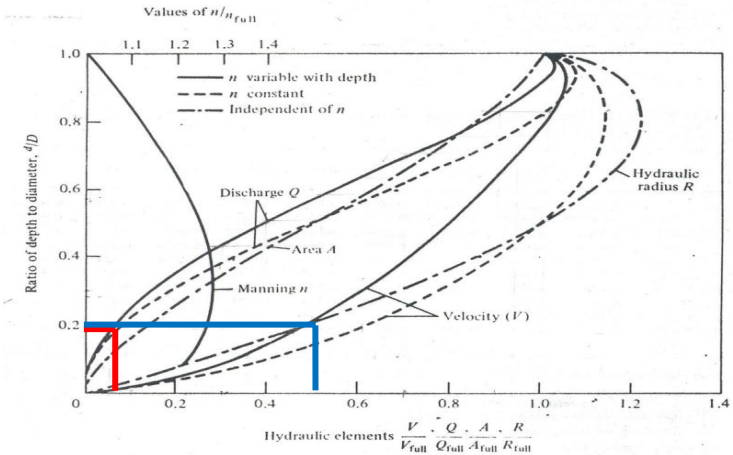


Figure 2-16 Hydraulic elements for circular sewers [10].

**Gambar 5. 2 Grafik Hydraulic Elements for Circular Sewer**



Mencari  $V_{full}$  melalui debit yang diperoleh setiap pipa dengan membagi luas permukaan pipa SPAL.

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{A_{full}} = \frac{Q_{full}}{0,25 \pi D^2} = \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times 3,14 \times (0,1)^2} = 0,3 \text{ m/det}$$

$$V_{min} = \frac{V_{min}}{V_{full}} \times V_{full} = 0,55 \times 0,3 = 0,3 \text{ m/det (memenuhi)}$$

Karena kriteria disain dari pipa SPAL *shallow sewer* pada kecepatan minimum ( $V_{min}$ ) adalah 0,3 m/det.

#### e. Menghitung nilai $V_{peak}$ (m/s)

$V_{peak}$  dapat dihitung dengan mengalikan faktor  $V_{peak}/V_{full}$  dengan  $V_{full}$ , dimana faktor  $V_{peak}/V_{full}$  diambil dari nilai grafik  $d/D$  yang mengacu pada nilai  $Q_{peak}/Q_{full}$  disetiap saluran. Sehingga nilai  $d/D$  0,8 diperoleh faktor  $V_{peak}/V_{full}$  sebesar 1,15.

$$V_{peak}/V_{full} = 1,15$$

$$V_{peak} = \frac{V_{peak}}{V_{full}} \times V_{full} = 1,15 \times 0,3 = 0,36 \text{ m/s}$$

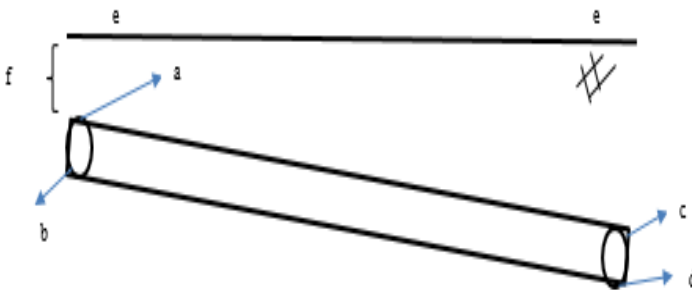
Berdasarkan Petunjuk Operasional dan Perawatan Jaringan Pipa Air Limbah dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Kementerian Pekerjaan Umum, syarat yang harus dipenuhi dalam menentukan dimensi pipa air limbah adalah  $V_{min}$  dalam rentang 0,3 m/s agar tidak terjadi pengendapan dan  $V_{peak}$  dalam rentang 0,3 sampai 2,3 m/s. Sedangkan dalam kriteria SPAL pipa minimum yang digunakan untuk air limbah adalah 100 mm maka jika hasil diameter yang diperoleh dibawah 100 mm maka dapat langsung didesain menggunakan pipa 100 mm.

Pada perencanaan ini digunakan pipa diameter 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm. Pipa yang digunakan pada perencanaan ini adalah pipa PVC. Hasil perhitungan selengkapnya dimensi pipa dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan 5.10 yang terdapat pada lampiran B.

## 5.8. Penanaman Pipa

Penanaman pipa diusahakan sedapat mungkin pada slope medan dan penanamannya diusahakan sedemikian rupa sehingga pemompaan tidak diperlukan. Pompa digunakan apabila penanaman pipa mencapai 7 m (batas air tanah). Untuk beberapa saluran yang bertemu dalam satu manhole dan mempunyai beda ketinggian kurang lebih 1 meter dapat digunakan drop manhole. Kedalaman penanaman pipa minimal harus disesuaikan dengan kelas yang dilewati saluran, jenis tanah, lokasi bangunan yang akan menggunakan fasilitas penyaluran air buangan, kekuatan saluran dan diameter saluran.

### Blok 1 pelayanan cluster I



Keterangan gambar:

- a = elevasi atas pipa awal
- b = elevasi bawah pipa awal
- c = elevasi atas pipa akhir
- d = elevasi bawah pipa akhir
- e = muka tanah
- f = kedalaman penanaman awal

### Saluran A1-A2:

- Elevasi tanah awal = 13,5 m
- Elevasi tanah akhir = 13,5 m
- $\Delta H$  medan = 0 m
- Panjang pipa = 161 m
- Slope saluran = 0.003
- Diameter pipa = 0.100 m
- Asumsi kedalaman awal = 1 m
- $\Delta H$  saluran (headloss pipa) = Panjang pipa x Slope saluran  
= 161 x 0,003 = 0,48 m

### Keadaan awal

- Elevasi tanah awal = 13,5 m
- Elevasi atas pipa = 13,5 m – 1 m = 12,5 m
- Elevasi bawah pipa = 12,5 m – 0,1 m = 12,4 m

### Keadaan akhir

- Elevasi tanah akhir = 13,5 m
- Elevasi atas pipa = 12,5 m – 0,48 m = 12,02 m
- Elevasi bawah pipa = 12,02 m – 0,1 m = 11,9 m

### Keadaan akhir

- Kedalaman galian awal = (13,5 m – 12,4 m) + 0,1 m  
= 1,2 m
- Kedalaman galian akhir = (13,5 m – 11,9 m) + 0,1 m  
= 1,7 m

Untuk hasil perhitungan penanaman pipa dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan 5.12 yang disajikan pada lampiran C.

## 5.9. Bangunan Pelengkap

Pada sistem jaringan pipa air limbah Kelurahan Lemahputro dan Sidokare dilengkapi dengan bangunan pelengkap sebagai penunjang daya dukung pengaliran air limbah diantaranya *manhole*.

### 5.9.1 Manhole

Bangunan pelengkap manhole berguna sebagai jalan masuknya petugas pengontrol saluran. Pada perencanaan ini, manhole diletakkan pada setiap jarak 50 – 250 m dengan ukuran manhole yang bervariasi, tergantung pada diameter pipanya. Jarak antar manhole dapat dilihat pada Tabel 2.3 bagian Bab II. Manhole dindingnya terbuat dari beton bertulang yang sudah dibuat di pabrik dengan ketebalan dinding 10 cm dan lubang tutupnya berdiameter 80 cm. Untuk perencanaan ini ada 4 jenis manhole yang digunakan yaitu:

- a. *Manhole* lurus
- b. *Manhole* belok
- c. *Manhole* pertigaan
- d. *Manhole* perempatan

Berikut ini contoh perhitungan kebutuhan *manhole* pada Blok 1 pelayanan *cluster* I.

#### Blok 1 pelayanan *cluster* I

##### **Saluran A1-A2:**

- Panjang saluran = 161 m
- Diameter terpasang = 100 mm
- Jarak antar *manhole* = 100 m
- Jumlah *manhole* =  $(161/100) + 1 = 3$  buah
- *Manhole* yang digunakan :
  - *manhole* lurus = 2 buah
  - *manhole* belokan = 1 buah

Perhitungan jumlah manhole dan tipe manhole yang ada pada setiap saluran dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan 5.14 di Lampiran D.

## BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Pada perencanaan ini akan direncanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kawasan dengan menggunakan pengolahan utama unit ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) dengan kombinasi *Organica Ecotechnology*. Penggunaan unit ABR dan *Organica* sebagai unit utama karena unit tersebut mudah dan murah untuk pengoprasian dan pemeliharaannya. Unit IPAL yang direncanakan ini untuk Kelurahan Lemahputro (*Cluster 1*) dan Kelurahan Sidokare (*Cluster 2*). Wilayah tersebut hanya diolah dengan tangki septik untuk pengolahan air limbah domestiknya.

### 6.1 Kuantitas Air Limbah

Berdasarkan hasil perhitungan pada Bab V, diperoleh kuantitas air limbah yang dihasilkan di Kelurahan Lemahputro (*Cluster 1*) dan Kelurahan Sidokare (*Cluster 2*). Kuantitas air limbah yang diperoleh tersebut akan diproses di IPAL sehingga effluent yang dihasilkan memenuhi ketentuan baku mutu air limbah domestik yang berlaku.

#### a. Kelurahan Lemahputro (*Cluster 1*)

$$Q_{ave} = 0,0132 \text{ m}^3/\text{detik} = 1143,65 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{peak} = 0,0165 \text{ m}^3/\text{detik} = 1425,24 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{min} = 0,0033 \text{ m}^3/\text{detik} = 282,25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

#### b. Kelurahan Sidokare (*Cluster 2*)

$$Q_{ave} = 0,0192 \text{ m}^3/\text{detik} = 1658,45 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{peak} = 0,0223 \text{ m}^3/\text{detik} = 1928,84 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{min} = 0,0058 \text{ m}^3/\text{detik} = 502,59 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### 6.2 Karakteristik Air Limbah

Pada tugas akhir ini, untuk mengetahui karakteristik air limbah didapatkan melalui data primer. Data primer diambil dari pipa *effluent* melalui tiga titik sampling, yakni pipa *effluent* dari salah satu rumah di kawasan Perumahan Taman Pinang, Perumahan Magesari dan Perumahan Sidokare Indah. Pengujian *sampling* dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan dan analisis mandiri.

Berikut tabel hasil analisis laboratorium yang merupakan diambil satu paling besar dari ketiga sampel agar menjadi acuan perencanaan ini.

**Tabel 6.1 Kualitas Air Limbah**

Parameter	Satuan	Konsentrasi Awal	Baku Mutu
pH	-	6,95	6 – 9
TSS	mg/L	210	30
COD	mg/L	268	100
BOD	mg/L	162	30
Rasio BOD/COD	-	0,6	-
Minyak & lemak	mg/L	20	5
Amonia	mg/L	48,57	10
Total Koliform	MPN/100 mL	22 x 10 <sup>8</sup>	3000

*Sumber:*

\* Hasil Analisa Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Teknik Lingkungan ITS

\* Keputusan Permen Lingkungan Hidup & Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Pada perencanaan ini, baku mutu yang dipakai berdasarkan PERMEN LH & KEHUTANAN No : P.68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Berdasarkan baku mutu air limbah domestik tersebut, diketahui bahwa karakteristik air limbah pada tugas perencanaan ini telah melebihi baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemilihan pengolahan yang tepat agar air limbah domestik yang dihasilkan memenuhi baku mutu tersebut.

### 6.3 Perhitungan Grease Trap dan Bak Kontrol

HRT : 7 menit (*Grease Trap*)

5 menit (Bak Kontrol)

Ketinggian : 0,3 – 1 m

Sumber : <https://www.austintexas.gov/department/grease-trapdesign-criteria>, dan AED Design Requirements: Grease Trap Design, 2009

$Q_{\text{peak A1-A2}} = 0,00019 \text{ m}^3/\text{det}$

*Grease Trap* = 7 menit = 420 detik

Volume = HRT x Q  
= 420 x 0,00019 m<sup>3</sup>/detik  
= 0,07 m<sup>3</sup>

Tinggi = 0,3 m (rencana)  
A = 0,07 m<sup>3</sup> / 0,3 m  
= 0,25 m<sup>2</sup>

Lebar = (0,25 m<sup>2</sup> / 2)<sup>0,5</sup>  
= 0,5 m

Panjang = 0,25 m<sup>2</sup> / 0,5 m  
= 0,5 m

Bak Kontrol = 5 menit = 300 detik

Volume = HRT x Q  
= 300 x 0,00019 m<sup>3</sup>/detik  
= 0,06 m<sup>3</sup>

Tinggi = 0,3 m (rencana)  
A = 0,06 m<sup>3</sup> / 0,3 m  
= 0,25 m<sup>2</sup>

Lebar = (0,2 m<sup>2</sup> / 2)<sup>0,5</sup>  
= 0,5 m

Panjang = 0,25 m<sup>2</sup> / 0,5 m  
= 0,5 m

### 6.4 Perhitungan Sumur Pengumpul

IPAL yang direncanakan untuk pengolahan air limbah domestik di *Cluster 1* dan *Cluster 2* terdiri dari unit sumur pengumpul yang diletakkan sebelum masuk IPAL. Sumur Pengumpul pada perencanaan ini akan menerima air limbah

domestik secara langsung dari pipa sewer dengan tujuan membantu mengatur beban masuk menuju IPAL.

#### 6.4.1. Sumur Pengumpul *Cluster 1*

Sumur pengumpul berfungsi sebagai sumur penampung sementara air sebelum dipompa menuju bangunan selanjutnya. Penggunaan sumur pengumpul ditujukan untuk beberapa hal yaitu, menampung air buangan dari saluran pembawa atau sewer yang kedalamannya di bawah permukaan instalasi pengolahan sebelum air dipompa ke atas. Sumur pengumpul dapat menstabilkan variasi debit dan konsentrasi air buangan yang akan masuk ke bangunan pengolah air (unit instalasi induk air buangan), sehingga tidak terjadi *shock loading* saat pengolahan.

Sumur pengumpul yang hanya sebagai sumur penampung sementara, sehingga waktu detensi di bak pengumpul ini relatif singkat. Dalam membuat desain sumur pengumpul, beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu dimensi pipa sewer yang masuk ke sumur pengumpul dan dimensi pompa yang digunakan. Berikut perhitungan dimensi Sumur Pengumpul untuk *Cluster 1* :

##### a. Sumur Pengumpul

Direncanakan:

- Bak berbentuk segiempat
- Jumlah Bak =1
- Waktu Detensi/  $t_d$  (<10 menit) = 5 menit = 300 detik
- Diameter pipa sewer terakhir 200 mm
- Kedalaman pipa sewer terakhir = 1,3 m
- Tinggi sumur = 1 m
- P:L = 1 : 1
- $Q_{peak} = 0,0165 \text{ m}^3/\text{detik} = 1143,65 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{ave} = 0,0132 \text{ m}^3/\text{detik} = 1425,25 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{min} = 0,0033 \text{ m}^3/\text{detik} = 282,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= Q_{peak} \times T_d = (0,0165 \text{ m}^3/\text{detik} \times 60) \times 5 \text{ menit} \\ &= 5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Asurface (As)} = \frac{V}{h} = \frac{5}{1} = 5 \text{ m}^2$$



$$\text{Panjang} = \text{Lebar} = \sqrt{As} = \sqrt{5} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Cek Td} = V/Q_{\text{peak}} = 5 \text{ m}^3 / (0,0165 \text{ m}^3/\text{detik}) = 300 \text{ detik} \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{ave}} &= Q_{\text{ave}} \times \text{Td}/A \\ &= 0,0132 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 5 \text{ menit} / 5 \text{ m}^2) \\ &= 0,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{min}} &= Q_{\text{min}} \times \text{Td}/A \\ &= 0,0033 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 5 \text{ menit} / 5 \text{ m}^2) \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{peak}} \times \text{Td}/A \\ &= 0,0165 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 5 \text{ menit} / 5 \text{ m}^2) \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh dimensi sebagai berikut:

Panjang (P)	= 2,2 m
Lebar (l)	= 2,2 m
Kedalaman (H)	= 1 m
Freeboard (Fb)	= 0,2 m
Total H	= 1 + 0,2 + 1,3 m
	= 2,5 m

#### **b. Bar Screen**

*Bar Screen* digunakan untuk menyaring air limbah dari pipa *sewer* sebelum masuk ke sumur pengumpul.

Direncanakan :

- Pembersihan *bar screen* dilakukan secara manual
- Kemiringan batang secara vertical sebesar 65°
- Jarak antar batang sebesar 50 mm =
- Lebar batang sebesar 15 mm

Lebar total screen = lebar sumur pengumpul = 2,2 m

Sehingga jumlah batang yang diperlukan :

Lebar total = (jarak antar batang x n) + (lebar batang x (n-1))

$$2,2 \text{ m} = (0,05 \times n) + (0,15 \times (n-1))$$

$$2,2 \text{ m} = 0,05 n + 0,15 n - 0,15$$

$$2,35 \text{ m} = 0,2 n$$

$$n = 34 \text{ batang}$$

### c. Pompa

Pada perencanaan ini direncanakan penggunaan pompa yang diletakkan di sumur pengumpul. Fungsi pompa ini adalah untuk mengalirkan air limbah domestic dari sumur pengumpul menuju unit IPAL. Pompa yang digunakan adalah pompa tipe submersible non clogging.

Direncanakan :

- $v$  asumsi = 1 m/s
- $Q_{peak} = 0,0165 \text{ m}^3/\text{detik} = 1143,65 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{ave} = 0,0132 \text{ m}^3/\text{detik} = 1425,25 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $D = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$
- Head Statik ( $H_s$ ) = 2,5 m
- Panjang pipa discharge ( $L$ ) = 8 m

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$A \text{ pipa} = \frac{Q_{peak}}{v} = \frac{0,0165}{1} = 0,0165 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0165}{3,14}} = 0,15 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A \text{ pipa cek} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 = 0,0165 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0165}{0,0165} = 1 \text{ m/s}$$

#### • Head Mayor

Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa, (Tahara, 2000)

$$h_{fdischarge} = \left[ \frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$h_{fdischarge} = \left[ \frac{0,0165}{0,2785 (8)(0,15)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$h_{f discharge} = 0,07 \text{ m}$$

- **Head Minor**

Head minor adalah berbagai kerugian head akibat katup, belokan, sambungan, dan lain-lain, (Tahara, 2000). Head minor yang terjadi adalah akibat belokan 90°, akibat gate valve, check valve, percabangan, dan pembesaran penampang pipa.

-Head minor akibat belokan 90°

Head minor akibat belokan 90° terjadi sebanyak sekali, nilai k pada belokan 90° yaitu 0,25 (Ningrum, 2008)

$$h_f = n \left[ k \frac{v^2}{2g} \right]$$

$$h_f = 1 \left[ 0,25 \frac{1^2}{2(9,81)} \right]$$

$$h_f = 0,01 \text{ m}$$

- **Hf kecepatan**

$$H_f \text{ kecepatan} = \frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \text{ m}$$

- **H sisa tekan**

H sisa tekan diasumsikan 0,5 m

- **Perhitungan Head Total Pompa**

$H = H_s + H_{major} + H_{minor} + H_f \text{ kecepatan} + H \text{ sisa tekan}$

$$H = 2,5 + 0,07 + 0,01 + 0,05 + 0,5$$

$$H = 3,1 \text{ m}$$

- **Perhitungan daya pompa**

Perhitungan daya pompa menggunakan rumus:

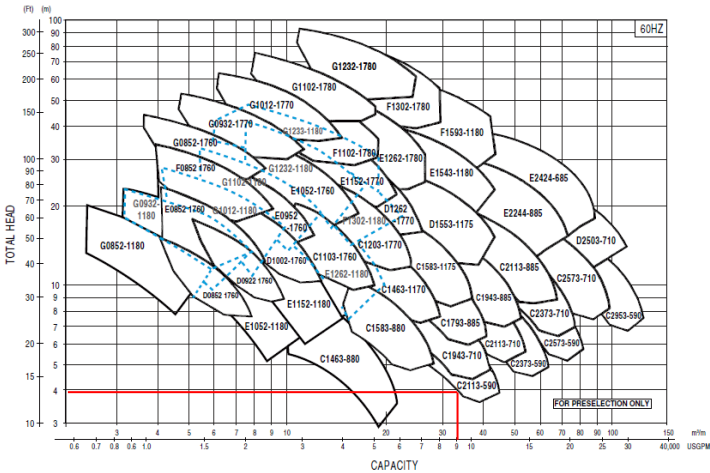
$$\text{Power pompa} = \frac{\gamma \times H_{tot} \times Q}{\eta}$$

$$= \frac{9,8 \frac{kN}{m^3} \times 3,1 \text{ m} \times 0,02 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{0,75 \text{ kw.kN m/dtk}}$$

$$= 1 \text{ kw}$$

Dari hasil yang diperoleh bahwa total head adalah 3,1. Tetapi dalam grafik dibawah ini tidak diperoleh debit yang sesuai karena terlalu kecil sehingga diambil langkah memilih berdasarkan total head yang mendekati 3, maka ditemukan 2 pilihan pompa yang dapat digunakan yaitu pompa *submersible* spesifikasi C1463-880 dan C2113-590. Maka dalam perencanaan ini diambil pompa dengan spesifikasi C2113-590 karena bentuknya yang minimalis sehingga cocok untuk berada dalam sumur pengumpul.

### Selection chart



**Gambar 6. 1** Grafik hubungan total head dan kapasitas pompa  
(Sumber: [www.ebara.com](http://www.ebara.com))

Diperoleh jenis pompa C2113-590 untuk sumur pengumpul. Berikut adalah tabel 6.2 spesifikasi pompa C2113-590:

**Tabel 6. 2 Spesifikasi Pompa C2113-590**

Dimensions: inch

W1: pump weight  
W2: QDC weight

Model (Pole)	HP	Pump & Motor																	Weight (Lbs)†				
		d	A	B1	B2	C	E	F	G	H	I	M	N	P	Q	V	W	X	Y	Z	q	W1	W2
C2113-590 (12 Poles)	50	20	82 <sup>1/2</sup>	30 <sup>1/2</sup>	24 <sup>3/4</sup>	51 <sup>1/2</sup>	19 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	4	19 <sup>1/2</sup>	39 <sup>1/2</sup>	42 <sup>3/4</sup>	28 <sup>1/2</sup>	103 <sup>1/2</sup>	18 <sup>1/2</sup>	17 <sup>1/2</sup>	0	33 <sup>1/2</sup>	25 <sup>1/2</sup>	7 <sup>1/2</sup>	1 <sup>5/8</sup>	6305	1433
	60	20	82 <sup>1/2</sup>	30 <sup>1/2</sup>	24 <sup>3/4</sup>	51 <sup>1/2</sup>	19 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	4	19 <sup>1/2</sup>	39 <sup>1/2</sup>	42 <sup>3/4</sup>	28 <sup>1/2</sup>	103 <sup>1/2</sup>	18 <sup>1/2</sup>	17 <sup>1/2</sup>	0	33 <sup>1/2</sup>	25 <sup>1/2</sup>	7 <sup>1/2</sup>	1 <sup>5/8</sup>	6305	1433
	75	20	82 <sup>1/2</sup>	30 <sup>1/2</sup>	24 <sup>3/4</sup>	51 <sup>1/2</sup>	19 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	4	19 <sup>1/2</sup>	39 <sup>1/2</sup>	42 <sup>3/4</sup>	28 <sup>1/2</sup>	116 <sup>1/2</sup>	18 <sup>1/2</sup>	17 <sup>1/2</sup>	0	33 <sup>1/2</sup>	25 <sup>1/2</sup>	7 <sup>1/2</sup>	1 <sup>5/8</sup>	7540	1433
C2113-710 (10 Poles)	75	20	82 <sup>1/2</sup>	30 <sup>1/2</sup>	24 <sup>3/4</sup>	51 <sup>1/2</sup>	19 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	4	19 <sup>1/2</sup>	39 <sup>1/2</sup>	42 <sup>3/4</sup>	28 <sup>1/2</sup>	103 <sup>1/2</sup>	18 <sup>1/2</sup>	17 <sup>1/2</sup>	0	33 <sup>1/2</sup>	25 <sup>1/2</sup>	7 <sup>1/2</sup>	1 <sup>5/8</sup>	6151	1433
	100	20	82 <sup>1/2</sup>	30 <sup>1/2</sup>	24 <sup>3/4</sup>	51 <sup>1/2</sup>	19 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	4	19 <sup>1/2</sup>	39 <sup>1/2</sup>	42 <sup>3/4</sup>	28 <sup>1/2</sup>	116 <sup>1/2</sup>	18 <sup>1/2</sup>	17 <sup>1/2</sup>	0	33 <sup>1/2</sup>	25 <sup>1/2</sup>	7 <sup>1/2</sup>	1 <sup>5/8</sup>	7474	1433
	120	20	82 <sup>1/2</sup>	30 <sup>1/2</sup>	24 <sup>3/4</sup>	51 <sup>1/2</sup>	19 <sup>1/2</sup>	5 <sup>1/2</sup>	4	19 <sup>1/2</sup>	39 <sup>1/2</sup>	42 <sup>3/4</sup>	28 <sup>1/2</sup>	116 <sup>1/2</sup>	18 <sup>1/2</sup>	17 <sup>1/2</sup>	0	33 <sup>1/2</sup>	25 <sup>1/2</sup>	7 <sup>1/2</sup>	1 <sup>5/8</sup>	7606	1433

Dimensions: mm

Model (Pole)	KW	Pump & Motor																	Weight (kg)†				
		d	A	B1	B2	C	E	F	G	H	I	M	N	P	Q	V	W	X	Y	Z	q	W1	W2
C2113-590 (12 Poles)	37	500	2100	770	630	1305	490	140	100	500	1000	1090	730	2620	470	450	0	850	650	200	24	2860	650
	45	500	2100	770	630	1305	490	140	100	500	1000	1090	730	2620	470	450	0	850	650	200	24	2860	650
	55	500	2100	770	630	1305	490	140	100	500	1000	1090	730	2960	470	450	0	850	650	200	24	3420	650
C2113-710 (10 Poles)	55	500	2100	770	630	1305	490	140	100	500	1000	1090	730	2620	470	450	0	850	650	200	24	2790	650
	75	500	2100	770	630	1305	490	140	100	500	1000	1090	730	2960	470	450	0	850	650	200	24	3390	650
	90	500	2100	770	630	1305	490	140	100	500	1000	1090	730	2960	470	450	0	850	650	200	24	3450	650

Sumber: www.ebara.com

## 6.4.2. Sumur Pengumpul Cluster 2

Sumur pengumpul berfungsi sebagai sumur penampung sementara air sebelum dipompa menuju bangunan selanjutnya. Penggunaan sumur pengumpul ditujukan untuk beberapa hal yaitu, menampung air buangan dari saluran pembawa atau sewer yang kedalamannya di bawah permukaan instalasi pengolahan sebelum air dipompa ke atas. Sumur pengumpul dapat menstabilkan variasi debit dan konsentrasi air buangan yang akan masuk ke bangunan pengolah air (unit instalasi induk air buangan), sehingga tidak terjadi *shock loading* saat pengolahan.

Sumur pengumpul yang hanya sebagai sumur penampung sementara, sehingga waktu detensi di bak pengumpul ini relatif singkat. Dalam membuat desain sumur pengumpul, beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu dimensi pipa sewer yang masuk ke sumur pengumpul dan dimensi pompa yang digunakan. Berikut perhitungan dimensi Sumur Pengumpul untuk Cluster 2 :

### a. Sumur Pengumpul

Direncanakan:

- Bak berbentuk segiempat
- Jumlah Bak =1
- Waktu Detensi/ td (<10 menit) = 5 menit = 300 detik
- Diameter pipa sewer terakhir 250 mm

- Kedalaman pipa sewer terakhir = 1,4 m
- Tinggi sumur = 1 m
- P:L = 1 : 1
- $Q_{\text{peak}} = 0,022 \text{ m}^3/\text{detik} = 1658,45 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{\text{ave}} = 0,019 \text{ m}^3/\text{detik} = 1928,84 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{\text{min}} = 0,0058 \text{ m}^3/\text{detik} = 502,59 \text{ m}^3/\text{hari}$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= Q_{\text{peak}} \times Td = (0,022 \text{ m}^3/\text{detik} \times 60) \times 5 \text{ menit} \\ &= 6,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Asurface (As)} = \frac{V}{h} = \frac{6,6}{1} = 6,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = \text{Lebar} = \sqrt{As} = \sqrt{6,6} = 2,6 \text{ m}$$

$$\text{Cek Td} = V/Q_{\text{peak}} = 6,6 \text{ m}^3 / (0,022 \text{ m}^3/\text{detik}) = 300 \text{ detik} \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{ave}} &= Q_{\text{ave}} \times Td/A \\ &= 0,019 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 5 \text{ menit} / 6,6 \text{ m}^2) \\ &= 0,86 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{min}} &= Q_{\text{min}} \times Td/A \\ &= 0,0058 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 5 \text{ menit} / 6,6 \text{ m}^2) \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H air saat } Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{peak}} \times Td/A \\ &= (0,022 \text{ m}^3/\text{detik} \times (60 \times 5 \text{ menit} / 6,6 \text{ m}^2) \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 2,6 \text{ m} \\ \text{Lebar (l)} &= 2,6 \text{ m} \\ \text{Kedalaman (H)} &= 1 \text{ m} \\ \text{Freeboard (Fb)} &= 0,2 \text{ m} \\ \text{Total H} &= 1 + 0,2 + 1,4 \text{ m} \\ &= 2,6 \text{ m} \end{aligned}$$

### b. Bar Screen

*Bar Screen* digunakan untuk menyaring air limbah dari pipa *sewer* sebelum masuk ke sumur pengumpul.

Direncanakan :

- Pembersihan *bar screen* dilakukan secara manual
- Kemiringan batang secara vertical sebesar 65°
- Jarak antar batang sebesar 50 mm
- Lebar batang sebesar 15 mm

Lebar total screen = lebar sumur pengumpul = 2,6 m

Sehingga jumlah batang yang diperlukan :

Lebar total = (jarak antar batang x n ) + ( lebar batang x (n-1))

$$2,6 \text{ m} = (0,05 \times n) + (0,15 \times (n-1))$$

$$2,6 \text{ m} = 0,05 n + 0,15 n - 0,15$$

$$2,35 \text{ m} = 0,2 n$$

$$n = 12 \text{ batang}$$

### c. Pompa

Pada perencanaan ini direncanakan penggunaan pompa yang diletakkan di sumur pengumpul. Fungsi pompa ini adalah untuk mengalirkan air limbah domestic dari sumur pengumpul menuju unit IPAL. Pompa yang digunakan adalah pompa tipe *submersible non clogging*.

Direncanakan :

- v asumsi = 1 m/s
- $Q_{\text{peak}} = 0,022 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $D = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$
- Head Statik ( $H_s$ ) = 2,6 m
- Panjang pipa discharge ( $L$ ) = 8 m

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$A_{\text{pipa}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{v} = \frac{0,022}{1} = 0,022 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,022}{3,14}} = 0,17 \text{ m}$$

$$A_{\text{pipa cek}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,17^2 = 0,022 \text{ m}^2$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,022}{0,022} = 1 \text{ m/s}$$

- **Head Mayor**

Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa, (Tahara, 2000)

$$h_{f \text{ discharge}} = \left[ \frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$h_{f \text{ discharge}} = \left[ \frac{0,022}{0,2785 (8)(0,17)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$h_{f \text{ discharge}} = 0,07 \text{ m}$$

- **Head Minor**

Head minor adalah berbagai kerugian head akibat katup, belokan, sambungan, dan lain-lain, (Tahara, 2000). Head minor yang terjadi adalah akibat belokan 90°, akibat gate valve, check valve, percabangan, dan pembesaran penampang pipa.

-Head minor akibat belokan 90°

Head minor akibat belokan 90° terjadi sebanyak sekali, nilai k pada belokan 90° yaitu 0,25 (Ningrum, 2008)

$$h_f = n \left[ k \frac{v^2}{2g} \right]$$

$$h_f = 1 \left[ 0,25 \frac{1^2}{2(9,81)} \right]$$

$$h_f = 0,01 \text{ m}$$



- **Hf kecepatan**

$$H_f \text{ kecepatan} = \frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \text{ m}$$

- **H sisa tekan**

H sisa tekan diasumsikan 0,5 m

- **Perhitungan Head Total Pompa**

$H = H_s + H_{major} + H_{minor} + H_f \text{ kecepatan} + H \text{ sisa tekan}$

$$H = 2,6 + 0,07 + 0,01 + 0,05 + 0,5$$

$$H = 3,2 \text{ m}$$

- **Perhitungan daya pompa**

Perhitungan daya pompa menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Power pompa} &= \frac{\gamma \times H_{tot} \times Q}{\eta} \\ &= \frac{9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 3,2 \text{ m} \times 0,02 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{0,75 \text{ kw.kN m/dtk}} \\ &= 1 \text{ kw} \end{aligned}$$

Dari hasil yang diperoleh bahwa total head adalah 3,2. Tetapi dalam grafik dibawah ini tidak diperoleh debit yang sesuai karena terlalu kecil sehingga diambil langkah memilih berdasarkan total head yang mendekati 3, maka ditemukan 2 pilihan pompa yang dapat digunakan yaitu pompa *submersible* spesifikasi C1463-880 dan C2113-590. Maka dalam perencanaan ini diambil pompa dengan spesifikasi C2113-590 karena bentuknya yang minimalis sehingga cocok untuk berada dalam sumur pengumpul.



## 6.5 Perhitungan Distribution Box

*Distribution box* atau bak pembagi berfungsi sebagai bak penampung air yang akan didistribusikan menuju bangunan selanjutnya dengan tujuan aliran yang masuk didapatkan secara merata. Bak pembagi digunakan ketika terdapat lebih dari satu bangunan sehingga debit yang masuk dibagi sesuai dengan kebutuhan. Sama halnya dengan sumur pengumpul, kriteria desain pada waktu detensi dalam bak pembagi relatif singkat namun lebih cepat dari sumur pengumpul karena tidak berfungsi sebagai penampung sehingga aliran yang masuk harus sesegera mungkin untuk dialirkan kembali kedalam bangunan selanjutnya. Dalam mendisain bak pembagi, hal yang harus diperhatikan juga yaitu dimensi yang didisain tidak terlalu besar agar tidak terjadi pengendapan sedimen dan tidak menggunakan pompa pada zona outlet untuk efisiensi. Pada perencanaan ini, bak pembagi digunakan pada ketiga cluster IPAL karena disetiap cluster memiliki lebih dari satu bangunan ABR. Berikut ini merupakan perhitungan dari bak pembagi pada setiap cluster.

### 6.4.1. Perhitungan *Distribution Box* cluster 1

Perencanaan *Distribution Box*:

- Berbentuk segiempat
- Waktu detensi ( $t_d$ ) < 3 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan lumpur  
 $T_d = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$
- $Q_{\text{peak}} = 0,0165 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Kedalaman box direncanakan = 1 m
- Tebal dinding = 10 cm
- Freeboard = 30 cm

Perhitungan:

- Volume sumur pengumpul =  $Q_{\text{peak}} \times T_d$   
=  $0,017 \text{ m}^3/\text{detik} \times 60 \text{ detik}$   
=  $1 \text{ m}^3$
- $A_{\text{surface}}$  Sumur pengumpul =  $\frac{\text{Volume sumur}}{\text{Kedalaman sumur}} = \frac{1 \text{ m}^3}{1,3 \text{ m}}$   
=  $0,8 \text{ m}^2$
- Panjang Sumur = 1 m

- lebar sumur = 0,8 m
- Volume sumur =  $p \times l \times h$   
= 1 m x 0,8 m x 1,3 m  
= 1 m<sup>3</sup>
- Cek td =  $\frac{volume}{debit\ peak} = \frac{1\ m^3}{0,0165\ m^3/detik} = 60\ detik\ (OK)$

Hasil dimensi *Distribution Box*:

- Luas Area = 0,8 m<sup>2</sup>
- Panjang = 1 m
- Lebar = 0,8 m ~ 1 m
- kedalaman = 1 + 0,3 = 1,3 m

#### 6.4.2. Perhitungan *Distribution Box cluster 2*

Perencanaan *Distribution Box*:

- Berbentuk segiempat
- Waktu detensi (td) < 3 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan lumpur  
Td = 1 menit = 60 detik
- Q<sub>peak</sub> = 0,0223 m<sup>3</sup>/detik
- Kedalaman box direncanakan = 1 m
- Tebal dinding = 10 cm
- Freeboard = 30 cm

Perhitungan::

- Volume sumur pengumpul = Q<sub>peak</sub> x Td  
= 0,0223 m<sup>3</sup>/detik x 60 detik  
= 1,3 m<sup>3</sup>
- *Asurface* Sumur pengumpul =  $\frac{Volume\ sumur}{Kedalaman\ sumur} = \frac{1,3\ m^3}{1,3\ m}$   
= 1 m<sup>2</sup>
- Panjang Sumur = 1 m
- lebar sumur = 1 m
- Volume sumur =  $p \times l \times h$   
= 1 m x 1 m x 1,3 m  
= 1,3 m<sup>3</sup>
- Cek td =  $\frac{volume}{debit\ peak} = \frac{1,3\ m^3}{0,0223\ m^3/detik} = 58\ detik\ (OK)$

Hasil dimensi *Distribution Box*:

- Luas Area = 1 m<sup>2</sup>
- Panjang = 1 m
- Lebar = 1 m
- kedalaman = 1 + 0,3 = 1,3 m

## 6.6 Perhitungan ABR (*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.

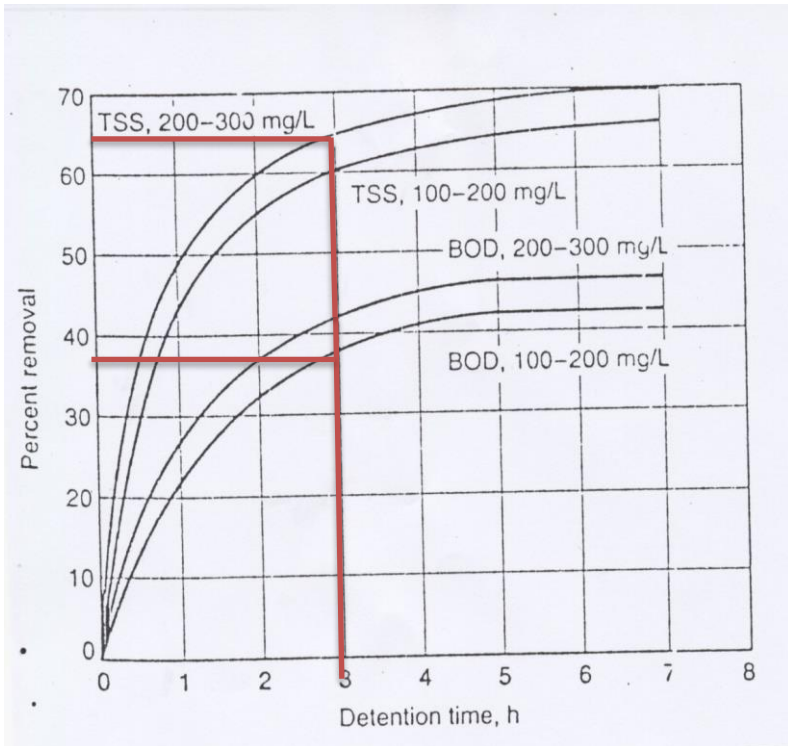
### 6.5.1. Perhitungan ABR *Cluster 1*

#### 6.5.1.1. Debit Air Limbah

Dari parameter air limbah yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan. Contoh perhitungan akan dilakukan pada cluster 1 :

- |                   |   |
|-------------------|---|
| ✓ Jumlah KK       | = 2.165 KK                              |
| ✓ Jumlah orang/KK | = 5 orang                               |
| ✓ Air Limbah      | = 102 L/org.hari                        |
| ✓ F peak          | = 1,1                                   |
| ✓ td              | = direncanakan 3 jam (kriteria 2-6 jam) |

Selanjutnya dari td yang telah direncanakan yaitu 3 jam, maka dapat diperoleh % removal TSS dan BOD melalui grafik berikut:



**Gambar 6. 3 grafik hubungan antara td dan % removal TSS & BOD**

- ✓ % removal TSS = 64 %
- ✓ % removal BOD = 38 %
- ✓ % removal COD = 38 %

➔ **Debit Air Limbah**

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ave}} &= \text{Jumlah KK} \times \text{jumlah org} \times \text{air limbah} \\
 &= 2.165 \text{ KK} \times 5 \text{ orang} \times 102 \text{ L/org.hari} \\
 &= 1.143.650 \text{ L/hari} \\
 &= 1.143,65 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{ave}} \times f_{\text{peak}} \\
 &= 1.143,65 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,1 \\
 &= 1.425,24 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Karena debit yang masuk terlalu besar, maka direncanakan akan dibangun 3 unit IPAL ABR yang diletakkan secara paralel dengan dimensi yang sama, maka Q setiap unitnya dapat dihitung:

$$\begin{aligned} Q \text{ peak} &= 1.425,24 / 3 \text{ unit} \\ &= 404,9 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 404.900 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

→ **Effluent BOD, TSS, COD**

$$\begin{aligned} \checkmark \quad \text{TSS} &= (100 - 64) \% \times 210 \text{ mg/L} \\ &= 75,6 \text{ mg/L} \\ \checkmark \quad \text{COD} &= (100 - 38) \% \times 268 \text{ mg/L} \\ &= 166,2 \text{ mg/L} \\ \checkmark \quad \text{BOD} &= (100 - 38) \% \times 162 \text{ mg/L} \\ &= 100,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

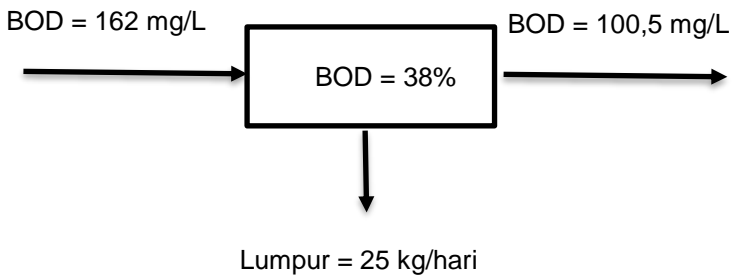
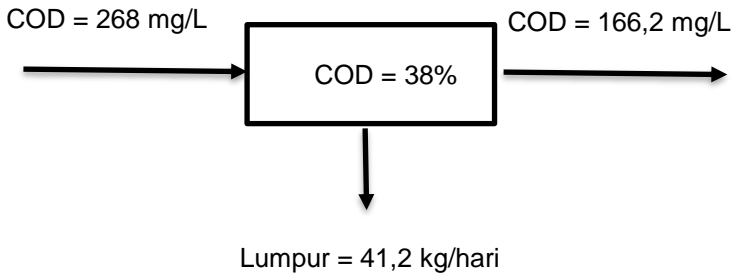
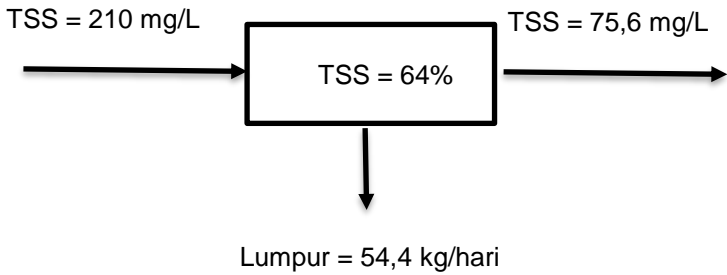
→ **Massa Lumpur BOD, TSS, COD**

$$\begin{aligned} \checkmark \quad \text{Massa TSS} &= \text{removal TSS} \times \text{kadar TSS} \times Q \text{ limbah} \\ &= \frac{64\% \times 210 \text{ mg/l} \times 404.900 \text{ l/org.hari}}{1.000.000} \\ &= 54,4 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \quad \text{Massa COD} &= \text{removal COD} \times \text{kadar COD} \times Q \text{ limbah} \\ &= \frac{38\% \times 268 \text{ mg/l} \times 404.900 \text{ l/org.hari}}{1.000.000} \\ &= 41,2 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \quad \text{Massa BOD} &= \text{removal BOD} \times \text{kadar BOD} \times Q \text{ limbah} \\ &= \frac{38\% \times 162 \text{ mg/l} \times 404.900 \text{ l/org.hari}}{1.000.000} \\ &= 25 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

→ **Mass Balance BOD, TSS, COD**



**Gambar 6. 4 Mass Balance TSS COD dan BOD**

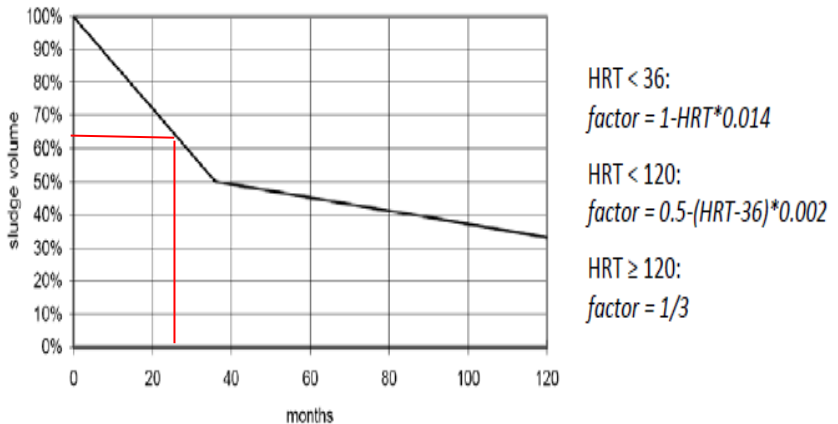


→ **Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)**

$$\begin{aligned} \text{Massa lumpur dihasilkan} &= \text{Lumpur TSS} \times \text{durasi pengurasan} \\ &= 54,4 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari} \\ &= 39.712 \text{ Kg/ 2 tahun} \end{aligned}$$

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



**Gambar 6. 5 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu**

Sumber: BORDA

$$\begin{aligned} \text{Stabilisasi lumpur 2 tahun} &= 62 \% \times \text{produksi lumpur} \\ &= 62 \% \times 39.712 \text{ Kg/tahun} \\ &= 24.621,4 \text{ Kg/ 2 tahun} \end{aligned}$$

→ **Densitas Lumpur**

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

$$\text{densitas lumpur} = \frac{(5\% \times \rho \text{ lumpur}) + (95\% \times \rho \text{ air})}{100\%}$$

$$= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100}$$

$$= 1.09 \text{ kg/L}$$

➔ **Volume Lumpur pada *settling zone***

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{stabilisasi lumpur 2 tahun} / \rho \text{ Lumpur} \\ &= 24.621,4 \text{ kg} / 1,09 \text{ kg/L} \\ &= 22.588,5 \text{ L} \\ &= 23 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 6.5.1.2. Dimensi Ruang Lumpur dan Kompartemen 1

Menentukan rencana kedalaman air di dalam ruang ABR kompartemen 1

- ✓ Kemampuan gali = 4,5 m
- ✓ Free board = 20 m
- ✓ Tebal dinding bawah = 20 cm
- ✓ Tebal dinding plat = 15 cm
- ✓ Ketinggian ABR rencana (H) = 4 m

➔ **Dimensi Ruang Lumpur dan Kompartemen 1**

$$\text{Kedalaman ABR (h)} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ h ruang lumpur} &= 30\% \times \text{h ABR} \\ &= 30\% \times 4 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Luas ruang lumpur} &= \text{Volume lumpur} / \text{h ruang lumpur} \\ &= 23 \text{ m}^3 / 1,2 \text{ m} \\ &= 19,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Volume kompartemen I} &= Q_{\text{peak}} \times t_d \\ &= 404,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \text{ jam} \times \frac{1}{24} \text{ hari/jam} \\ &= 50,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Luas kompartemen I} &= \text{Volume} / \text{h kompartemen I} \\ &= (Q_{\text{peak}} \times t_d) / \text{h kompartemen I} \end{aligned}$$

$$= \frac{404,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \text{ jam} \times \frac{1}{24} \text{ hari/jam}}{4 \text{ m}}$$

$$= \frac{50,6 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 12,7 \text{ m}^2$$

- ✓ Asumsi lebar = 3 m
  - Panjang ruang lumpur = Luas ruang lumpur / lebar
    - =  $19,2 \text{ m}^2 / 3 \text{ m}$
    - =  $6,4 \text{ m} \approx 7 \text{ m}$
  - Panjang kompartemen I = Luas kompartemen I / lebar
    - =  $12,7 \text{ m}^2 / 3 \text{ m}$
    - =  $4,2 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$

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 7 m karena untuk titik teraman bangunan. Sehingga kedalaman pada bangunan dapat dihitung sebagai berikut:

- ✓ Kedalaman (h) =  $\frac{\text{Volume bak pengendap}}{\text{panjang} \times \text{lebar}}$ 

$$= \frac{50,6 \text{ m}^3}{7 \text{ m} \times 3 \text{ m}}$$

$$= 3 \text{ m}$$

(memenuhi kriteria desain < 4 m)

- ✓ **Dimensi Kompartemen I**

Panjang total + dinding plat =  $7 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 7,3 \text{ m}$

Lebar total + dinding plat =  $3 \text{ m} + (2 \times 0,15) \text{ m} = 3,3 \text{ m}$

Kedalaman total = Kedalaman + freeboard + dinding plat bawah  
 =  $3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m}$   
 =  $3,4 \text{ m}$

### 6.4.1.3. Dimensi Kompartemen 2

- ✓  $Q_{influent}$  =  $Q_{effluent}$  kompartemen 1  
= 404,9 m<sup>3</sup>/hari = 0,005 m<sup>3</sup>/detik
- ✓ Rentang HLR = (16,8 – 38,4) m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari  
HLR rencana = 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari (agar luas permukaan tidak terlalu besar, sehingga dimensi tidak terlalu besar)  
Jumlah ABR rencana = 3  
HRT rencana = 18 jam
- ✓ Asurface total =  $\frac{Q_{influent} / \text{jumlah ABR}}{\text{HLR rencana}}$   
= (404,9 m<sup>3</sup>/hari / 3) / 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari  
= 6,7 m<sup>2</sup> ~ 7 m<sup>2</sup>
- ✓ Tinggi total ABR = HLR rencana x (HRT rencana/24)  
= 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari x (18/24)  
= 15 m
- ✓ Jumlah kompartemen =  $\frac{\text{tinggi total ABR}}{\text{tinggi kompartemen 1}}$   
= 15 m / 3,4 m  
= 4 unit
- ✓ Dimensi ABR → lebar kompartemen = 3,3 m  
Panjang kompartemen = Asurface total/lebar  
= 7 m<sup>2</sup> / 3,3 m  
= 2,3 m ~ 3 m
- ✓ Cek Asurface total = panjang x lebar  
= 3 m x 3,3 m  
= 10 m<sup>2</sup>
- ✓ Cek HRT =  $\frac{As \text{ cek} \times t \text{ kompartemen} \times \text{jumlah kompartemen}}{Q}$   
=  $\frac{10,5 \times 3,4 \times 4}{404,9}$   
= 0,34 hari = 9 jam
- ✓ Cek Vup =  $Q_{peak} / \text{Asurface}$   
= 404,9 m<sup>3</sup>/hari / 10 m<sup>2</sup>  
= 40,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari  
= 1,6 m<sup>3</sup>/jam < 2 m<sup>3</sup>/jam (memenuhi kriteria)

✓ Cek OLR = 
$$\frac{\text{massa COD effluent}}{\text{jumlah kompartemen} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}}$$

$$= \frac{41,2}{4 \times 3,3 \times 3,4}$$

$$= 1 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} < 3 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$$
(memenuhi kriteria)

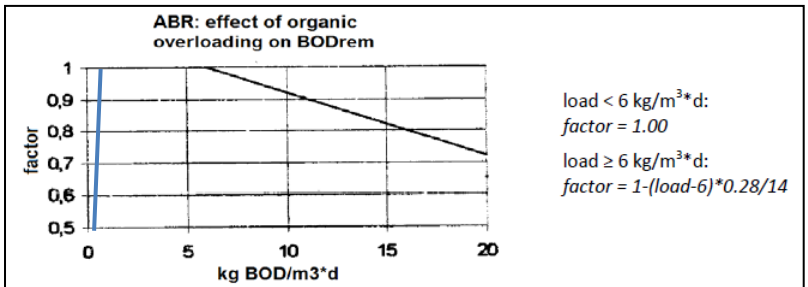
✓ *Free board* = 0,2 m  
Tebal dinding = 0,15 m  
Panjang total ABR = (panjang per kompartemen x jumlah kompartemen) + (tebal dinding x jumlah kompartemen)  
= (3 m x 4) + (0,15 m x 4)  
= 12,6 m

✓ Perhitungan Produksi Lumpur ABR  
Diketahui :

BOD = 100,5 mg/l	COD = 166,2 mg/l	TSS = 75,6 mg/l
= 25 kg/hari	= 41,2 kg/hari	= 54,4 kg/hari

✓ Penentuan % removal BOD

1. Faktor grafik *BOD removal effect of organic overloading*



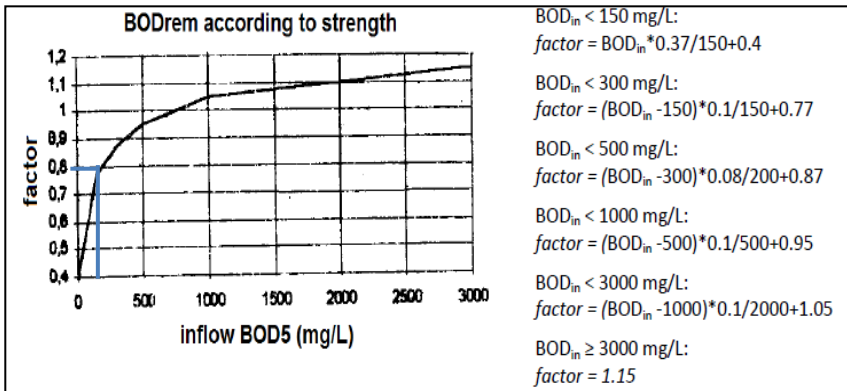
$$\text{OLR} = \frac{Q \times [\text{BOD in}]}{\text{Vol}} = \frac{404,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 100,5 \text{ mg/L}}{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen}}$$

$$= \frac{404,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 100,5 \text{ mg/L}}{3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 4}$$

$$= 0,0003 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} ,$$

Faktor BODremoval = 1

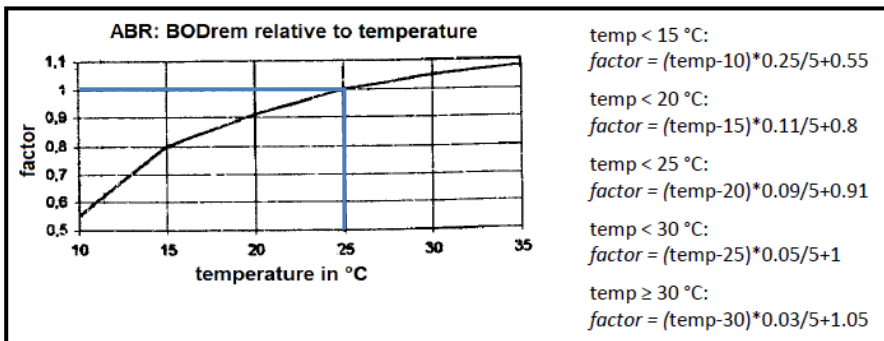
## 2. Faktor dari grafik *BOD removal according to strength*



Konsentrasi *Influent* BOD = 100,5 mg/L

Faktor BODrem = 0,8

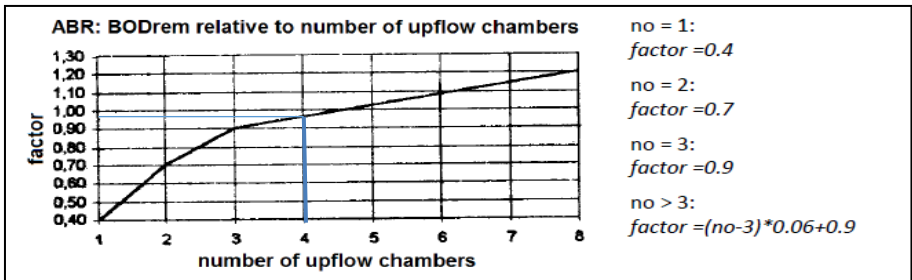
## 3. Faktor dari grafik *BOD removal relative to temperature*



Asumsi temperatur air limbah 25°C

Faktor temperature = 1

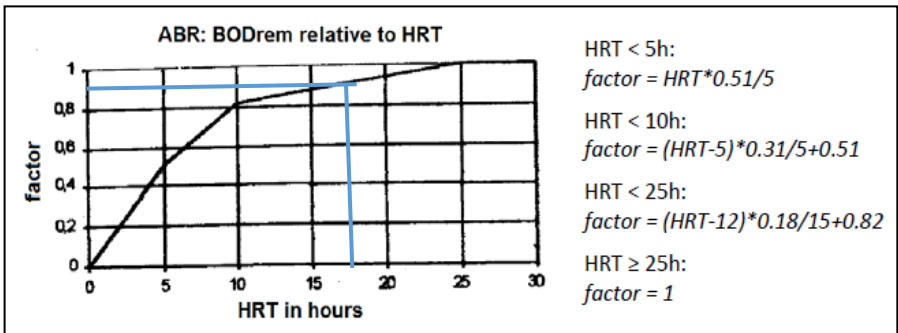
4. Faktor dari grafik *BOD removal relative to number upflow chamber*



Total kompartemen ABR = 4 kompartemen

Faktor = 0,98

5. Faktor dari *BOD removal relative to HRT*



HRT rencana = 18 jam

Faktor = 0,9

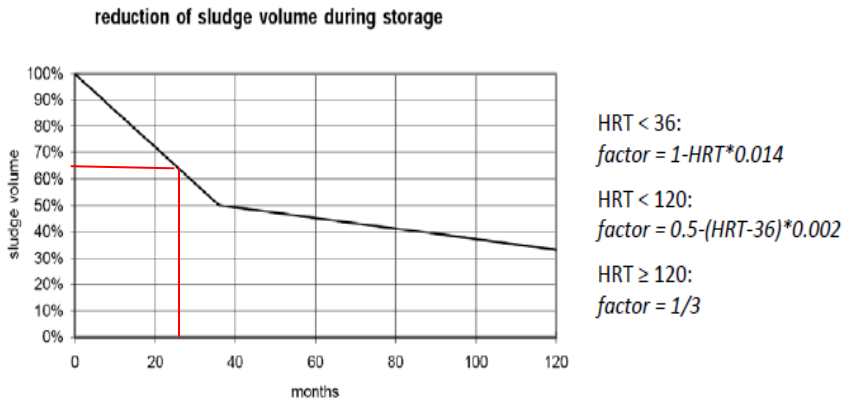
% Removal BOD = 1 x 0,8 x 1 x 0,98 x 0,9  
= 71 %

- ✓ Produksi Lumpur BOD  
Range koefisien yield :  $\gamma = 0,05 - 1$  ( yang digunakan 0,07)  
Produksi lumpur  
 $P_x = \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q_{\text{peak}}$   
 $= 0,07 \times 0,71 \times 0,0001 \text{ Kg/L} \times 404.900 \text{ L/hari}$   
 $= 2 \text{ Kg/hari}$
- ✓ Produksi Lumpur TSS  
Lumpur TSS = (Konsentrasi TSS – Baku mutu) x  $Q_{\text{peak}}$   
 $= (75,6 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times 404.900 \text{ L/hari}$   
 $= 18,5 \text{ Kg/hari}$
- ✓ Total Lumpur  
Total lumpur = Lumpur BOD + Lumpur TSS  
 $= 2 \text{ Kg/hari} + 18,5 \text{ Kg/hari}$   
 $= 21 \text{ Kg/hari}$

➔ **Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)**

Massa lumpur dihasilkan = Total Lumpur x durasi pengurasan  
 $= 21 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari}$   
 $= 15.330 \text{ Kg/ 2 tahun}$

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 %



**Gambar 6. 6 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu**  
*Sumber: BORDA*



Stabilisasi lumpur 2 tahun = 62 % x produksi lumpur  
 = 62 % x 15.330 Kg/tahun  
 = 9.504,6 Kg/ 2 tahun

→ **Densitas Lumpur**

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

$$\text{densitas lumpur} = \frac{(5\% \times \rho \text{ lumpur}) + (95\% \times \rho \text{ air})}{100\%}$$

$$= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100}$$

$$= 1.09 \text{ kg/L}$$

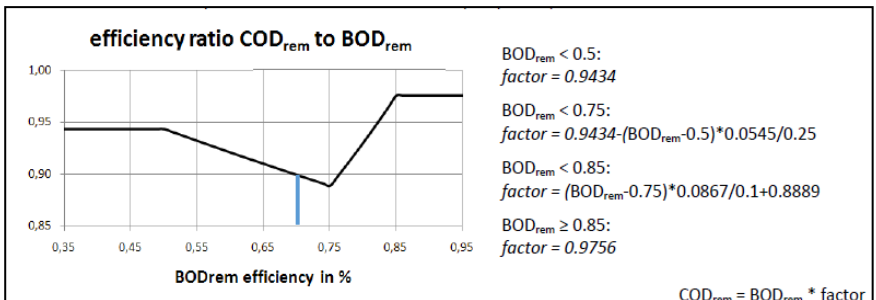
→ **Volume Lumpur pada ABR**

Volume lumpur = stabilisasi lumpur 2 tahun /  $\rho$  Lumpur  
 = 9.504,6 kg / 1,09 kg/L  
 = 8.719,8 L  
 = 8,7 m<sup>3</sup>

Volume lumpur = P x L x t  
 8,7 m = 3 m x 3,3 m x t  
 t lumpur = 0,8 m

**Kualitas Effluent ABR**

- ✓ *Effluent BOD* = (100% – 71%) x Konsentrasi *influent BOD*  
 = 29 % x 100,5 mg/L  
 = 29 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
- ✓ % Removal COD



$$\begin{aligned}
 \text{Removal COD} &= \% \text{ Removal BOD} \times \text{factor} \\
 &= 0,71 \times 0,9 \\
 &= 0,64 = 64\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi TSS} &= \frac{\text{effluent dari kompartemen I} - \text{effluent baku mutu}}{\text{effluent dari kompartemen I}} \times 100\% \\
 &= \frac{75,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 30 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{75,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% \\
 &= 60,3\%
 \end{aligned}$$

- ✓ *Effluent COD* = (100% - 64%) x Konsentrasi COD *influent*  
 = (100% - 64%) x 166,2 mg/L  
 = 59,8 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
- ✓ *Effluent TSS* = (100% - 60,3%) x Konsentrasi TSS *influent*  
 = (100% - 60,3%) x 75,6 mg/L  
 = 30 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
- ✓ Perhitungan removal untuk minyak dan lemak dengan removal 95% (Wongthanate, et al., 2004).  
*Effluent Minyak dan Lemak* = (100%-95%) x Konsentrasi Minyak dan lemak *influent*  
 = 1 mg/L(**memenuhi baku mutu**)

Dari hasil kualitas effluent apabila dibandingkan dengan baku mutu, BOD, COD, TSS, Minyak dan lemak telah memenuhi baku mutu limbah domestik. TSS dengan effluent sebesar 30 mg/l tidak melebihi standar bakumutu sebesar 30 mg/l. Sedangkan COD dengan effluent sebesar 59,8 mg/L dibawah baku mutu sebesar 100 mg/L. Selain itu BOD juga telah memenuhi baku mutu karena BOD sebesar 29 mg/l dibawah baku mutu air limbah domestik sebesar 30 mg/l. Minyak dan lemak telah memenuhi baku mutu juga dengan 1 mg/l karena bakumutunya adalah 5 mg/l. Sedangkan Total Coliform dan amonia akan direduksi di *Organica Ecotechnology* karena pada kondisi aerob memungkinkan bakteri tersebut mati.

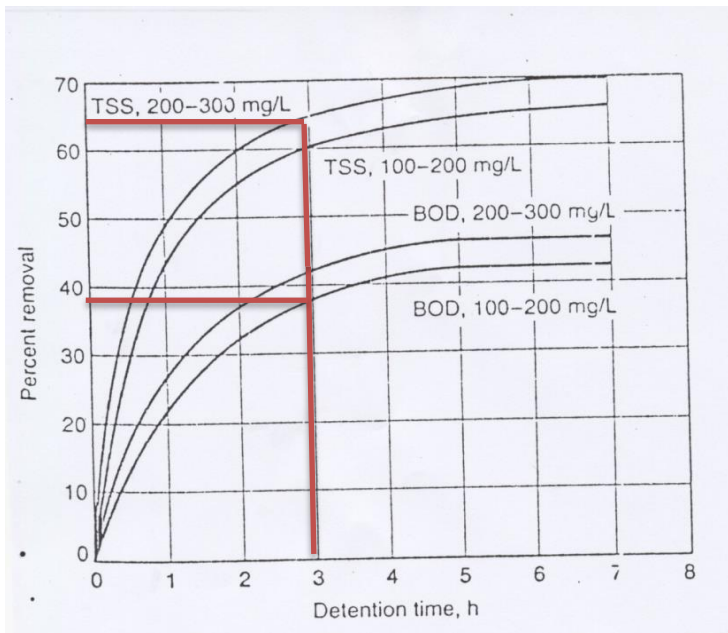
## 6.5.2. Perhitungan ABR Cluster 2

### 6.5.2.1. Debit Air Limbah

Dari parameter air limbah yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan. Contoh perhitungan akan dilakukan pada cluster 1 :

- ✓ Jumlah KK = 3.939 KK
- ✓ Jumlah orang/KK = 5 orang
- ✓ Air Limbah = 102 L/org.hari
- ✓ F peak = 1,1
- ✓ td = direncanakan 3 jam (kriteria 2-6 jam)

Selanjutnya dari td yang telah direncanakan yaitu 3 jam, maka dapat diperoleh % removal TSS dan BOD melalui grafik dibawah berikut: ini



Gambar 6. 7 grafik hubungan antara td dan % removal TSS & BOD

- ✓ % removal TSS = 64 %
- ✓ % removal BOD = 38 %
- ✓ % removal COD = 38 %

→ **Debit Air Limbah**

$$\begin{aligned}
 Q_{ave} &= \text{Jumlah KK} \times \text{jumlah org} \times \text{air limbah} \\
 &= 3.939 \text{ KK} \times 5 \text{ orang} \times 102 \text{ L/org.hari} \\
 &= 1.658.450 \text{ L/hari} \\
 &= 1.658,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 Q_{peak} &= Q_{ave} \times f_{peak} \\
 &= 1.658,45 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,1 \\
 &= 1.928,84 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Karena debit yang masuk terlalu besar, maka direncanakan akan dibangun 3 unit IPAL ABR yang diletakkan secara paralel dengan dimensi yang sama, maka debit setiap unitnya dapat dihitung:

$$\begin{aligned}
 Q_{peak} &= 1,928,84 / 3 \text{ unit} \\
 &= 552,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 552.450 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

→ **Effluent BOD, TSS, COD**

- ✓ TSS =  $(100 - 64) \% \times 210 \text{ mg/L}$   
= 75,6 mg/L
- ✓ COD =  $(100 - 38) \% \times 268 \text{ mg/L}$   
= 166,2 mg/L
- ✓ BOD =  $(100 - 38) \% \times 162 \text{ mg/L}$   
= 100,5 mg/L

→ **Massa Lumpur BOD, TSS, COD**

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Massa TSS} &= \text{removal TSS} \times \text{kadar TSS} \times Q_{limbah} \\
 &= \frac{64\% \times 210 \text{ mg/l} \times 552.450 \text{ l/org.hari}}{1.000.000} \\
 &= 74,2 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Massa COD} &= \text{removal COD} \times \text{kadar COD} \times Q_{limbah} \\
 &= \frac{38\% \times 268 \text{ mg/l} \times 552.450 \text{ l/org.hari}}{1.000.000}
 \end{aligned}$$

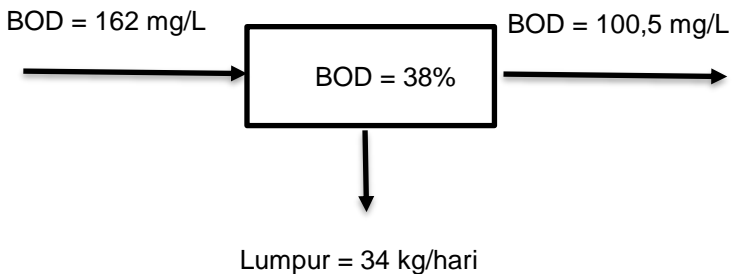
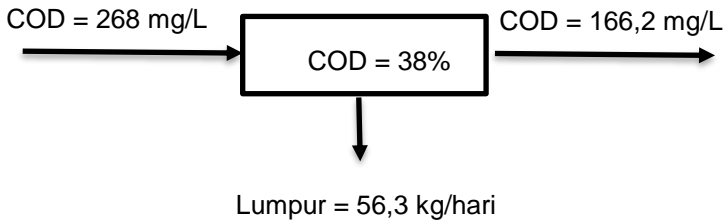
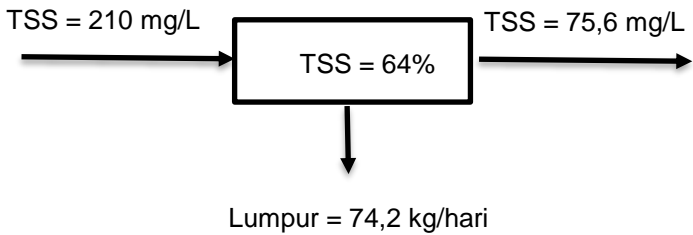
$$= 56,3 \text{ Kg/hari}$$

✓ Massa BOD = removal BOD x kadar BOD x Q limbah

$$= \frac{38\% \times 162 \text{ mg/L} \times 552.450 \text{ l/org.hari}}{1.000.000}$$

$$= 34 \text{ Kg/hari}$$

→ **Mass Balance BOD, TSS, COD**

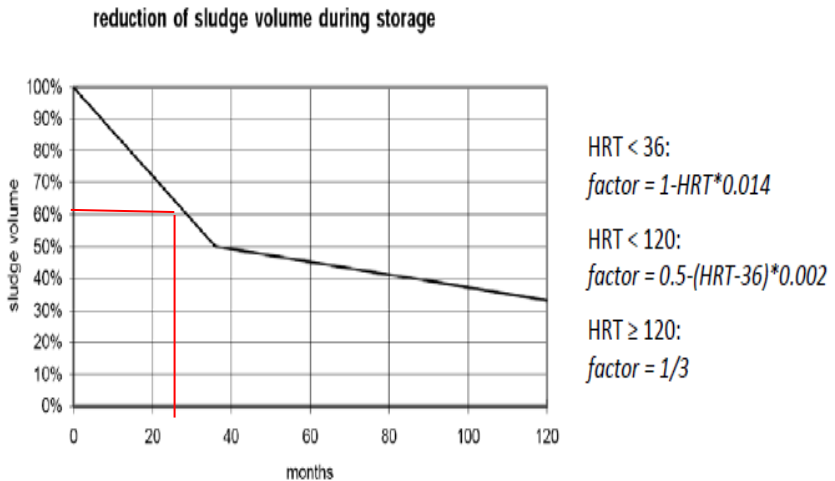


**Gambar 6. 8 Mass Balance TSS COD dan BOD**

→ **Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)**

$$\begin{aligned} \text{Massa lumpur dihasilkan} &= \text{Lumpur TSS} \times \text{durasi pengurasan} \\ &= 74,2 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari} \\ &= 54.166 \text{ Kg/tahun} \end{aligned}$$

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 %



**Gambar 6. 9 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu**

*Sumber: BORDA*

$$\begin{aligned} \text{Stabilisasi lumpur 2 tahun} &= 62 \% \times \text{produksi lumpur} \\ &= 62 \% \times 54.166 \text{ Kg/tahun} \\ &= 33.582,9 \text{ Kg/tahun} \end{aligned}$$

→ **Densitas Lumpur**

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

$$\text{densitas lumpur} = \frac{(5\% \times \rho \text{ lumpur}) + (95\% \times \rho \text{ air})}{100\%}$$

$$= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100}$$

$$= 1.09 \text{ kg/L}$$

→ **Volume Lumpur pada settling zone**

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{stabilisasi lumpur 1 tahun} / \rho \text{ Lumpur} \\ &= 33.582,9 \text{ kg} / 1,09 \text{ kg/L} \\ &= 30.810 \text{ L} \\ &= 30,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 6.5.2.2. Dimensi Ruang Lumpur dan Kompartemen 1

Menentukan rencana kedalaman air di dalam ruang ABR kompartemen 1

- ✓ Kemanpuan gali = 4,5 m
- ✓ Free board = 20 m
- ✓ Tebal dinding bawah = 20 cm
- ✓ Tebal dinding plat = 15 cm
- ✓ Ketinggian ABR rencana (H) = 4 m

→ **Dimensi Settling Zone**

$$\text{Kedalaman ABR (h)} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ h ruang lumpur} &= 30\% \times \text{h ABR} \\ &= 30\% \times 4 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Luas ruang lumpur} &= \text{Volume lumpur} / \text{h ruang lumpur} \\ &= 30,8 \text{ m}^3 / 1,2 \text{ m} \\ &= 25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Volume kompartemen I} &= Q_{\text{peak}} \times t_d \\ &= 552,5 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \text{ jam} \times \frac{1}{24} \text{ hari/jam} \\ &= 69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Luas kompartemen I} &= \text{Volume} / \text{h kompartemen I} \\ &= (Q_{\text{peak}} \times t_d) / \text{h kompartemen I} \\ &= \frac{552,5 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \text{ jam} \times \frac{1}{24} \text{ hari/jam}}{4 \text{ m}} \\ &= \frac{69 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 17,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$





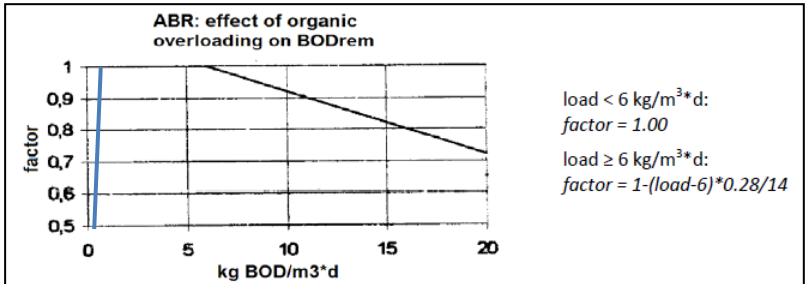
- ✓ Asurface total  $= \frac{Q_{influent} / \text{jumlah ABR}}{\text{HLR rencana}}$   
 $= (552,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 4) / 20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$   
 $= 6,9 \text{ m}^2 \sim 7 \text{ m}^2$
- ✓ Tinggi total ABR = HLR rencana x (HRT rencana/24)  
 $= 20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \times (18/24)$   
 $= 15 \text{ m}$
- ✓ Jumlah kompartemen =  $\frac{\text{tinggi total ABR}}{\text{tinggi kompartemen 1}}$   
 $= 15 \text{ m} / 3,4 \text{ m}$   
 $= 4 \text{ unit}$
- ✓ Dimensi ABR → lebar kompartemen = 3,3 m  
 Panjang kompartemen = Asurface total/lebar  
 $= 7 \text{ m}^2 / 3,3 \text{ m}$   
 $= 3 \text{ m}$
- ✓ Cek Asurface total = panjang x lebar  
 $= 3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$   
 $= 10 \text{ m}^2$
- ✓ Cek HRT =  $\frac{\text{As cek} \times t \text{ kompartemen} \times \text{jumlah kompartemen}}{Q}$   
 $= \frac{10,5 \times 3,4 \times 4}{552,5}$   
 $= 0,19 \text{ hari} = 5 \text{ jam}$
- ✓ Cek Vup =  $Q_{peak} / \text{Asurface}$   
 $= 552,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 10 \text{ m}^2$   
 $= 38,6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$   
 $= 2 \text{ m}/\text{jam}$  (memenuhi kriteria)
- ✓ Cek OLR =  $\frac{\text{massa COD effluent}}{\text{jumlah kompartemen} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}}$   
 $= \frac{56,3}{4 \times 3,3 \times 3,4}$   
 $= 1,3 \text{ kg COD}/\text{m}^3.\text{hari} < 3 \text{ kg COD}/\text{m}^3.\text{hari}$   
 (memenuhi kriteria)
- ✓ *Free board* = 0,2 m  
 Tebal dinding = 0,15 m  
 Panjang total ABR = (panjang per kompartemen x jumlah kompartemen) + (tebal dinding x jumlah kompartemen)  
 $= (3 \text{ m} \times 4) + (0,15 \text{ m} \times 4)$   
 $= 12,6 \text{ m}$

- ✓ Perhitungan Produksi Lumpur ABR  
Diketahui :

$$\begin{array}{lll} \text{BOD} = 100,5 \text{ mg/l} & \text{COD} = 166,2 \text{ mg/l} & \text{TSS} = 75,6 \text{ mg/l} \\ = 34 \text{ kg/hari} & = 56,3 \text{ kg/hari} & = 74,2 \text{ kg/hari} \end{array}$$

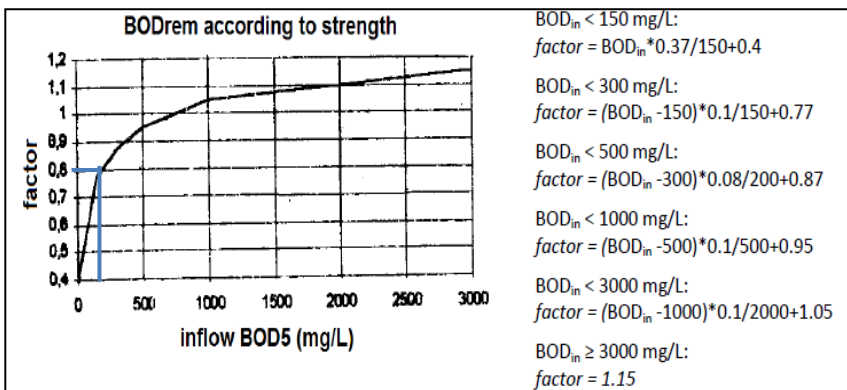
- ✓ Penentuan % removal BOD

1. Faktor grafik *BOD removal effect of organic overloading*



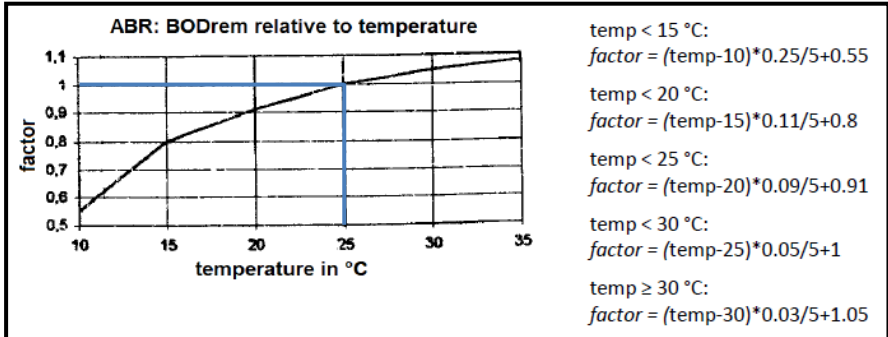
$$\begin{aligned} \text{OLR} &= \frac{Q \times [\text{BOD in}]}{\text{Vol}} = \frac{404,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 100,5 \text{ mg/L}}{p \times l \times h \times \text{jumlah kompartemen}} \\ &= \frac{552,5 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 100,5 \text{ mg/L}}{3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 3,4 \text{ m} \times 4} \\ &= 0,0005 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} , \\ \text{Faktor BODremoval} &= 1 \end{aligned}$$

2. Faktor dari grafik *BOD removal according to strength*



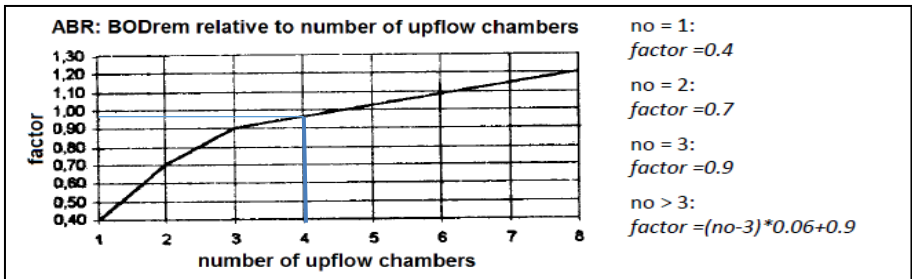
Konsentrasi *Influent* BOD = 100,5 mg/L  
 Faktor BODrem = 0,8

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



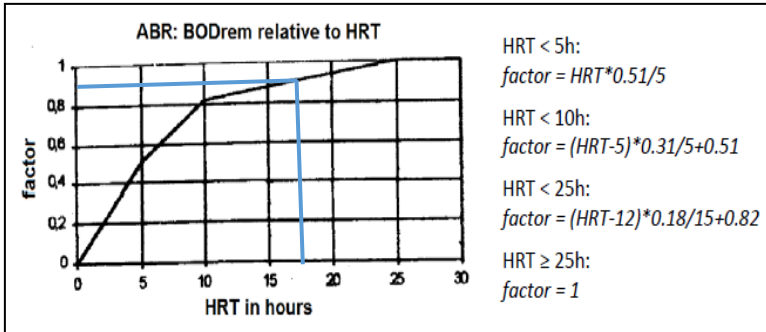
Asumsi temperatur air limbah 25°C  
 Faktor temperature = 1

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



Total kompartemen ABR = 4 kompartemen  
 Faktor = 0,98

5. Faktor dari *BOD removal relative to HRT*



HRT rencana = 18 jam

Faktor = 0,9

% Removal BOD =  $1 \times 0,8 \times 1 \times 0,98 \times 0,9$   
= 71 %

✓ Produksi Lumpur BOD

Range koefisien yield :  $\gamma = 0,05 - 1$  ( yang digunakan 0,07)

Produksi lumpur

$P_x = \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q_{\text{peak}}$   
=  $0,07 \times 0,71 \times 0,0001 \text{ Kg/L} \times 552.450 \text{ L/hari}$   
= 2,7 Kg/hari

✓ Produksi Lumpur TSS

Lumpur TSS = (Konsentrasi TSS – Baku mutu)  $\times$   $Q_{\text{peak}}$   
=  $(75,6 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times 552.450 \text{ L/hari}$   
= 25,2 Kg/hari

✓ Total Lumpur

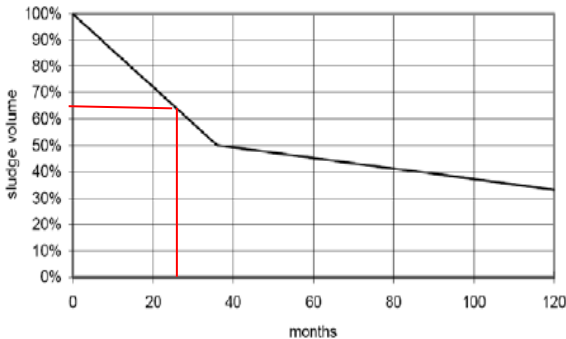
Total lumpur = Lumpur BOD + Lumpur TSS  
= 2,7 Kg/hari + 25,2 Kg/hari  
= 27,9 Kg/hari

➔ **Produksi Lumpur selama 2 tahun (SNI)**

Massa lumpur dihasilkan = Total Lumpur  $\times$  durasi pengurasan  
=  $27,9 \text{ Kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari}$   
= 20.367 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 %

reduction of sludge volume during storage



HRT < 36:  
*factor = 1-HRT\*0.014*

HRT < 120:  
*factor = 0.5-(HRT-36)\*0.002*

HRT ≥ 120:  
*factor = 1/3*

**Gambar 6. 10 Grafik hubungan antara pengurangan volume lumpur oleh waktu**

Sumber: BORDA

Stabilisasi lumpur 2 tahun = 62 % x produksi lumpur  
 = 62 % x 20.367 Kg/tahun  
 = 12.627,5 Kg/ 2 tahun

→ **Densitas Lumpur**

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

$$\begin{aligned} \text{densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times \rho \text{ lumpur}) + (95\% \times \rho \text{ air})}{100\%} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100} \\ &= 1.09 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

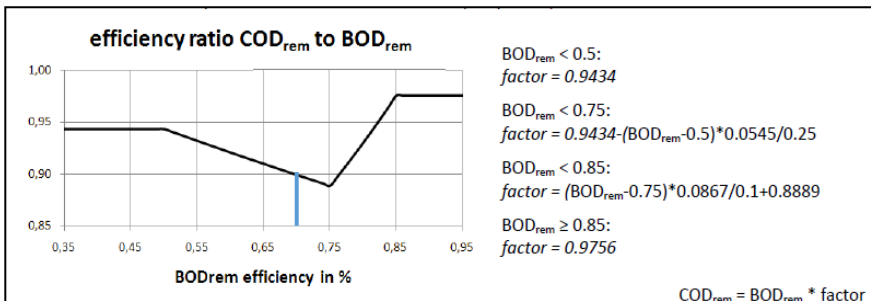
→ **Volume Lumpur pada ABR**

Volume lumpur = stabilisasi lumpur 2 tahun / ρ Lumpur  
 = 12.627,5 kg / 1,09 kg/L  
 = 11.584,9 L  
 = 11,6 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= P \times L \times t \\ 11,6 \text{ m} &= 3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times t \\ t \text{ lumpur} &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

### Kualitas Effluent ABR

- ✓ **Effluent BOD** =  $(100\% - 88,2\%) \times \text{Konsentrasi influent BOD}$   
 =  $29\% \times 100,5 \text{ mg/L}$   
 =  $29 \text{ mg/L}$  (**memenuhi baku mutu**)
- ✓ **% Removal COD**



$$\begin{aligned} \text{Removal COD} &= \% \text{ Removal BOD} \times \text{factor} \\ &= 0,71 \times 0,9 \\ &= 0,64 = 64\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi TSS} &= \frac{\text{effluent dari kompartemen I} - \text{effluent baku mutu}}{\text{effluent dari kompartemen I}} \times 100\% \\ &= \frac{75,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 30 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{75,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% \\ &= 60,3\% \end{aligned}$$

- ✓ **Effluent COD** =  $(100\% - 64\%) \times \text{Konsentrasi COD influent}$   
 =  $(100\% - 64\%) \times 166,2 \text{ mg/L}$   
 =  $59,8 \text{ mg/L}$  (**memenuhi baku mutu**)

- ✓ *Effluent TSS* =  $(100\% - 60,3\%) \times \text{Konsentrasi TSS } \textit{influent}$   
 =  $(100\% - 60,3\%) \times 75,6 \text{ mg/L}$   
 = 30 mg/L (**memenuhi baku mutu**)
  
- ✓ *Effluent Minyak dan Lemak* =  $(100\% - 95\%) \times \text{Konsentrasi Minyak dan lemak } \textit{influent}$   
 = 1 mg/L (**memenuhi baku mutu**)

Dari hasil kualitas effluent apabila dibandingkan dengan baku mutu, BOD, COD, TSS, Minyak dan lemak telah memenuhi baku mutu limbah domestik. TSS dengan effluent sebesar 30 mg/l tidak melebihi standar bakumutu sebesar 30 mg/l. Sedangkan COD dengan effluent sebesar 59,8 mg/L dibawah baku mutu sebesar 100 mg/L. Selain itu BOD juga telah memenuhi baku mutu karena BOD sebesar 29 mg/l dibawah baku mutu air limbah domestik sebesar 30 mg/l. Minyak dan lemak telah memenuhi baku mutu juga dengan 1 mg/l karena bakumutunya adalah 5 mg/l. Sedangkan Total Coliform dan Amonia akan direduksi di *Organica Ecotechnology* karena pada kondisi aerob memungkinkan bakteri tersebut mati.

## 6.7 Perhitungan *Organica Ecotechnology*

Pada *Organica* akan berlangsung proses full aerobic dengan tujuan bisa menurunkan kandungan *total coliform* yang belum memenuhi baku mutu di ABR. Total coliform adalah bakteri yang hidup pada kondisi anaerob sehingga ketika diberikan kondisi aerob maka total coliform akan mati. Pada unit ini akan dibantu dengan suplai oksigen dari diffuser, selain itu ada media tanam dan tanaman-tanaman yang digunakan untuk mereduksi bakteri total coliform. Kemudian bisa dengan bantuan sinar UV atau sinar matahari baik ke dalam ataupun di saluran outlet apabila dibiarkan terbuka.

### Diketahui:

[TSS in]	= 30 mg/L
[COD in]	= 59,8 mg/L
[BOD in]	= 29 mg/L
[N in]	= 48,57 mg/L
T	= 25°C

### Direncanakan:

HRT tiap bak = 5 jam  
Jumlah bak direncanakan (n) = 1 buah  
Porositas media ( $P_m$ ) = 98%  
Luas spesifik media = 100 m

### Perhitungan Removal

$$\begin{aligned} f\text{-temp (temp} < 30^\circ\text{C)} &= ((\text{temp} - 25) \times 0,08 / 5) + 1 \\ &= ((25 - 25) \times 0,08 / 5) + 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

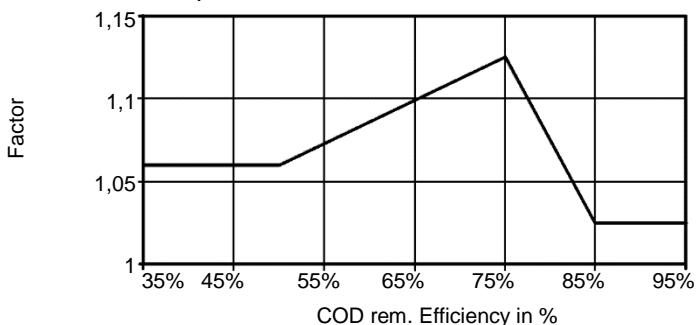
$$\begin{aligned} f\text{-strenght} &= \text{COD in} \times 0,17 / 2.000 + 0,87 \\ (\text{COD in} < 2.000 \text{ mg/L}) &= 59,8 \times 0,17 / 2.000 + 0,87 \\ &= 0,005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f\text{-HRT (HRT} < 24 \text{ jam)} &= ((\text{HRT} - 33) \times 0,09 / 67) + 0,7 \\ &= ((5 - 33) \times 0,09 / 67) + 0,7 \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

$$f\text{-surface} = 1 \text{ (surface} < 200 \text{ m}^2\text{/m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{COD removal} &= f\text{-temp} \times f\text{-strenght} \times f\text{-HRT} \times f\text{-surface} \times (1 + (n \times 0,04)) \\ &= 1 \times 0,005 \times 0,66 \times 1 \times (1 + (1 \times 0,04)) \\ &= 46,2\% \end{aligned}$$

Rasio BOD/COD removal didapatkan dari memplotkan efisiensi removal COD pada Gambar dibawah ini



### Rasio Efisiensi Penyisihan BOD terhadap Penyisihan COD

Sumber: Sasse, 2009



$$\text{BOD/COD removal} = (\text{COD removal} - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$$

(COD removal < 75%)

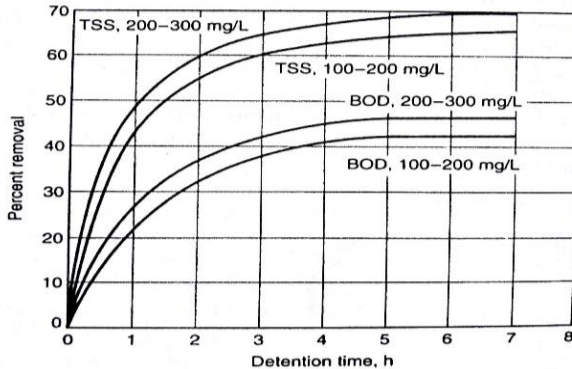
$$= (0,462 - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$$

$$= 1,05$$

$$\text{BOD removal} = \text{BOD/COD removal} \times \text{COD removal}$$

$$= 1,05 \times 46,2\%$$

$$= 48,51\%$$



### Tipikal Removal BOD dan TSS pada Sedimentasi Primer

Sumber: Tchobanoglous, 2014

Dengan persamaan pada Gambar diatas removal TSS dihitung dengan merencanakan waktu tinggal di organica selama 2,5 jam.

$$\text{TSS removal} = \frac{td}{(0,014 + 0,0075 td)}$$

$$= \frac{2,5}{(0,014 + (0,0075 \times 2,5))}$$

$$= 76,34\%$$

$$[\text{COD out}] = [\text{COD in}] \times (1 - \text{COD removal})$$

$$= 59,8 \times (1 - 46,2\%)$$

$$= 32,2 \text{ mg/L}$$

$$[\text{BOD out}] = [\text{BOD in}] \times (1 - \text{BOD removal})$$

$$= 29 \times (1 - 48,51\%)$$

$$= 14,9 \text{ mg/L}$$

$$[\text{TSS out}] = [\text{TSS in}] \times (1 - \text{TSS removal})$$

$$= 30 \times (1 - 76,34\%)$$

$$= 7,1 \text{ mg/L}$$

## Kebutuhan Nutrien

Untuk nilai SRT lebih dari 7 hari, sekitar 5 gram nitrogen dan 1 gram fosfor akan dibutuhkan per 100 gram BOD untuk mencukupi kebutuhan nutrien (Tchobanoglous *et al.*, 2014).

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio BOD:N:P} &= 100:5:1 \\
 \text{BOD in} &= 29 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD out} &= 14,9 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD tersisihkan} &= \text{BOD in} - \text{BOD out} \\
 &= 29 - 14,9 \\
 &= 14,1 \text{ mg/L} \\
 [\text{Kebutuhan N}] &= (5 / 100) \times \text{BOD tersisihkan} \\
 &= (5 / 100) \times 14,1 \\
 &= 0,71 \text{ mg/L} \\
 [\text{Kekurangan N}] &= [\text{Kebutuhan N}] \\
 &= 0,7 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Penyisihan bakteri E.Coli menggunakan pendekatan koefisien kematian E.Coli (Kb) dengan memperhatikan waktu detensi pada dan suhu pada ABR.

Diketahui:

- T Organica = 25°
- Td ABR = 5 jam
- Ne = Bakteri E.Coli effluen
- No = Bakteri E.Coli influen = 22 x 10<sup>8</sup> MPN/100 mL
- Kb = koefisien kematian E.Coli = 2,6 x (1,19)<sup>T-20</sup> = 2,6 x (1,19)<sup>25-20</sup> = 6,2 hari

$$\triangleright \frac{Ne}{No} = \frac{1}{1+kb \text{ td}}$$

$$Ne = No \left( \frac{1}{1+6,2 \text{ hari} \times 5 \text{ jam}} \right)$$

$$Ne = 22 \times 10^8 \left( \frac{1}{1+6,2 \text{ hari} \times 5 \text{ jam}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 Ne &= 22 \times 10^8 \times 1,6 \times 10^{-3} \\
 &= 2.953.020,9 \text{ mg/L (MPN/100 mL)}
 \end{aligned}$$

Hasil yang diperoleh ketika menggunakan pendekatan suhu dan waktu detensi menghasilkan efisiensi yang cukup tinggi namun belum bisa memenuhi baku mutu 3000 MPN/100ml. Maka agar bisa diturunkan kembali hingga memenuhi baku mutu air limbah, maka dilakukan cara lain, diantaranya:

- a. Berdasarkan penelitian (Trio Agustika, 2013), Bakteri Total *Coliform* dapat direduksi menggunakan media pasir dan media tanaman berumur 6 bulan dengan masing-masing removal sebesar 82% dan 96%
- b. Menginjeksikan sinar UV atau sinar matahari kedalam bak Organica
- c. Menginjeksikan oksigen sehingga terjadi suasana aerob pada Organica yang menyebabkan kematian pada total coliform

Berikut merupakan perhitungan konsentrasi effluen air limbah dengan media pasir dan tanaman, khususnya tanaman kana;

➤ Media Pasir

- Konsentrasi awal = 2.953.020,9 mg/L,
- % removal = 82 %
- Penyisihan total coliform  
=  $(100 - 82) \% \times 2.953.020,9 \text{ mg/L}$   
= 531.543,7 mg/L

➤ Media Tanaman

- Konsentrasi awal = 531.543,7 mg/L,
- % removal = 96 %
- Penyisihan total coliform  
=  $(100 - 96) \% \times 531.543,7 \text{ mg/L}$   
= 21.261,7 mg/L

Effluen yang tersisa masih berada diatas baku mutu sehingga hal yang bisa dilakukan adalah memanfaatkan kondisi aerasi yang berada didalam bak organica dan memanfaatkan sinar matahari yang dipancarkan ke arah bak organica

- **Direncanakan:**

*Synthesis yield in aerob* (Y) = 0,6 mg VSS/mg COD  
*Synthesis yield in anaerob* (Y) = 0,03 dan 0,06 g VSS/g COD  
*Endogenous decay coefficient* (b) = 0,15 g VSS/g VSS.hari  
*Fraction of biomass as cell debris* (f<sub>d</sub>) = 0,15 g VSS/g VSS  
*Sludge retention time* (SRT) = 5 hari  
 VSS/TSS = 0,85

- **Produksi Lumpur Organica**

$$\begin{aligned}
 \text{Observed yield coefficient } (Y_{\text{obs}}) &= \frac{Y}{1+b(\text{SRT})} + \frac{(f_d)(b)(Y)(\text{SRT})}{1+b(\text{SRT})} \\
 &= \frac{0,6}{1+0,15(5)} + \frac{(0,15)(0,15)(0,6)(5)}{1+0,15(5)} \\
 &= \frac{0,6675}{1,75} \\
 &= 0,38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{x \text{ VSS}} &= Y_{\text{obs}} \times Q \text{ in} \times ([\text{COD in aerob}] - [\text{COD out}]) / 1.000 \\
 &= 0,38 \times 1425,6 \times (59,8 - 32,2) / 1.000 \\
 &= 15 \text{ kg VSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{x \text{ TSS}} &= P_{x \text{ VSS}} / 0,85 \\
 &= 0,89 / 0,85 \\
 &= 1,05 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{sl}} = 1,05 \text{ (lumpur hasil proses lumpur aktif)}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{solid} = 5\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit lumpur } (Q_w) &= P_{x \text{ TSS}} / (S_s \times \rho_{\text{air}} \times 5) \\
 &= 1,05 / (1,02 \times 1000 \times 5) \\
 &= 0,02 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- **Kebutuhan Oksigen (Organica)**

$$\begin{aligned}
 \text{COD resirkulasi} &= 1,42 \times Y_{\text{obs}} \times Q_w \times ([\text{COD in aerob}] - [\text{COD out}]) \\
 &= 1,42 \times 0,38 \times 0,02 \times (59,8 - 32,2) \\
 &= 0,3 \text{ g/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD teroksidasi} &= (Q \times [\text{COD in aerob}]) - \text{COD resirkulasi} - \text{COD out} \\
 &= (1425,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 59,8) - 0,3 - 32,2 \\
 &= 85.218 \text{ g/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{COD teroksidasi} = 85.218 \text{ g/hari} = 85,2 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa jenis O}_2 (\rho) = 1,1725 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{O}_2 \text{ dalam udara kering} = 23,2\%$$

$$\text{Asumsi O}_2 \text{ terlarut} = 50\%$$

$$\text{Kebutuhan udara teoritis} = \text{COD teroksidasi} / (\rho \times 23,2\%)$$

$$= 85,2 / (1,1725 \times 23,2\%)$$

$$= 313 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = \text{Kebutuhan udara teoritis} / \text{O}_2 \text{ terlarut}$$

$$= 313 / 50\%$$

$$= 626 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 626.000 \text{ L/hari}$$

Sehingga effluent sebelumnya 21.261,7 mg/L bisa berkurang dan memenuhi baku mutu dengan bantuan kebutuhan oksigen yang dihasilkan dari diffuser. Berdasarkan prinsip bahwa bakteri total coliform akan mati apabila kondisi benar-benar full aerobic.

➤ Dimensi Organica *Cluster 1*

$$Q_{\text{peak}} = 1425 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 59,4 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T_d = 5 \text{ jam (3 – 5 jam)}$$

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

$$v = Q \times t_d$$

$$= 59,4 \text{ m}^3/\text{jam} \times 5 \text{ jam}$$

$$= 297 \text{ m}^3$$

$$A_s = 297 \text{ m}^3 / 3 \text{ m}$$

$$= 99 \text{ m} \sim 100 \text{ m}$$

$$P = 10 \text{ m}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

➤ Dimensi Organica *Cluster 2*

$$Q_{\text{peak}} = 1928 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 80,3 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T_d = 5 \text{ jam (3 – 5 jam)}$$

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

$$v = Q \times t_d$$

$$= 80,3 \text{ m}^3/\text{jam} \times 5 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 &= 402 \text{ m}^3 \\
 \text{As} &= 402 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 134 \text{ m} \\
 \text{P} &= 13,5 \text{ m} \\
 \text{L} &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## 6.8. Profil Hidrolis IPAL

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

Aliran air mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada **persamaan Manning**, yaitu:

$$H_f = \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Dimana:

- v : kecepatan aliran (m/s)
- n : koefisien kekasaran
- R : jari-jari hidrolis (m)
- L : panjang jatuhan atau belokan (m)

Kehilangan tekanan akibat gesekan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

$$\begin{aligned}
 H_f &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\
 f &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)
 \end{aligned}$$

Dimana:

- L : panjang bangunan (m)
- R : jari-jari hidrolis (m)
- v : kecepatan aliran (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Sedangkan kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon ditentukan berdasarkan **persamaan Rose** sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$$

$$\text{Untuk } N_{Re} < 1 \quad : \quad C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 1 < N_{Re} < 10^4 : C_D &= \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34 \\ \text{Untuk } N_{Re} > 10^4 : C_D &= 0,4 \end{aligned}$$

Dimana:

- L : kedalaman filter (m)
- e : porositas media
- v : kecepatan filtrasi (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- d : ukuran rongga media (m)
- ψ : faktor bentuk
- μ : viskositas dinamis (kg/m.s)
- ρ : massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

## 6.8.1. CLUSTER 1

### 6.8.1.1. Sumur Pengumpul

Direncanakan :

- v asumsi = 1 m/s
- Q<sub>peak</sub> = 0,0165 m<sup>3</sup>/detik
- Q<sub>ave</sub> = 0,0132 m<sup>3</sup>/detik
- D = 200 mm = 0,2 m
- Head Statik (Hs) = 2,5 m
- Panjang pipa discharge (L) = 8 m

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$A \text{ pipa} = \frac{Q_{peak}}{v} = \frac{0,0165}{1} = 0,0165 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0165}{3,14}} = 0,15 \text{ m}$$

$$A \text{ pipa cek} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 = 0,0165 \text{ m}^2$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0165}{0,0165} = 1 \text{ m/s}$$

- **Head Mayor**

$$hf_{\text{discharge}} = \left[ \frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{\text{discharge}} = \left[ \frac{0,0165}{0,2785 (8)(0,15)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{\text{discharge}} = 0,07 \text{ m}$$

- **Head Minor**

$$hf = n \left[ k \frac{v^2}{2g} \right]$$

$$hf = 1 \left[ 0,25 \frac{1^2}{2(9,81)} \right]$$

$$hf = 0,01 \text{ m}$$

- **Hf kecepatan**

$$Hf \text{ kecepatan} = \frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \text{ m}$$

- **H sisa tekan**

H sisa tekan diasumsikan 0,5 m

- **Perhitungan Head Total**

$$H = H_s + H_{\text{mayor}} + H_{\text{minor}} + Hf \text{ kecepatan} + H \text{ sisa tekan}$$

$$H = 2,5 + 0,07 + 0,01 + 0,05 + 0,5$$

$$H = 3,1 \text{ m}$$

### 6.8.1.2. Distribution Box

Headloss jatuhan

Panjang (b) = 1 m

Tinggi (y) = 1 m

Tinggi sekat (L) = 1,5 m

Koefisien kekasaran = 0,013

Kecepatan aliran (v) = 1 m/s

Percepatan gravitasi (g) = 9,8 m/s<sup>2</sup>



$$\begin{aligned} \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= (b \times y) / (b + 2y) \\ &= (1 \times 1) / (1,5 + (1 \times 2)) \\ &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= ((v n)/R^{(2/3)})^2 \times L \\ &= ((1 \times 0,013) / [(0,3)]^{(2/3)})^2 \times 1,5 \\ &= 0,0006 \text{ m} \\ \text{Headloss kecepatan} & \\ \text{Koefisien kekasaran (f)} &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (0,3)) \\ &= 0,03 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= f \times L / 4R \times v^2 / 2g \\ &= 0,03 \times 1,5 / (4(0,3)) \times [(1)^2 / (2(9,8))] \\ &= 0,0019 \text{ m} \end{aligned}$$

### 6.8.1.3. ABR

#### **Kompartemen 1**

#### Headloss kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Panjang (b)} &= 7,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (y)} &= 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,7 \text{ m} \\ \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,3 \text{ m/s} \\ \text{Percepatan gravitasi (g)} &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= (b \times y) / (b + 2y) \\ &= (7,3 \times 3) / (7,3 + (2 \times 3)) \\ &= 1,6 \text{ m} \\ \text{Koefisien kekasaran (f)} &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (1,6)) \\ &= 0,005 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,005 \times \frac{2,7}{4(1,6)} \times \frac{(0,3)^2}{2(9,8)} \\ &= 0,000001 \text{ m} \end{aligned}$$

## Kompartemen 2 sampai 5

### Headloss jatuhan

$$\begin{aligned} \text{Panjang (b)} &= 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (y)} &= 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,7 \text{ m} \\ \text{Koefisien kekasaran} &= 0,013 \\ \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,3 \text{ m/s} \\ \text{Percepatan gravitasi (g)} &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= (b \times y) / (b + 2y) \\ &= (3 \times 3) / (3 + (2 \times 3)) \\ &= 1 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\ &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(1)^{2/3}} \right)^2 \times 2,7 \\ &= 0,00004 \text{ m} \end{aligned}$$

### Headloss kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Koefisien kekasaran (f)} &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (1)) \\ &= 0,007 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,007 \times \frac{2,7}{4(1)} \times \frac{(0,3)^2}{2(9,8)} \\ &= 0,00002 \text{ m} \end{aligned}$$

### Headloss belokan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,7 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\ &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(1)^{2/3}} \right)^2 \times 2,7 \\ &= 0,00004 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 6.8.1.4. Organica

##### Headloss jatuhan

$$\begin{aligned} \text{Panjang (b)} &= 10 \text{ m} \\ \text{Tinggi (y)} &= 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Koefisien kekasaran (n)} &= 0,013 \\ \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,3 \text{ m/s} \\ \text{Percepatan gravitasi (g)} &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= (b \times y) / (b + 2y) \\ &= (10 \times 3) / (10 + (2 \times 3)) \\ &= 1,9 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\ &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(1,9)^{2/3}} \right)^2 \times 2,5 \\ &= 0,0000002 \text{ m} \end{aligned}$$

##### Headloss kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Lebar bak (L)} &= 10 \text{ m} \\ \text{Koefisien kekasaran (f)} &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (1,9)) \\ &= 0,004 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,004 \times \frac{2,5}{4(1,9)} \times \frac{(0,3)^2}{2(9,8)} \\ &= 0,000006 \text{ m} \end{aligned}$$

##### Headloss belokan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\ &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(1,9)^{2/3}} \right)^2 \times 2,5 \\ &= 0,0000002 \text{ m} \end{aligned}$$

##### Headloss media

$$\begin{aligned} Q &= 1425,6 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0165 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Kedalaman media (L)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Ukuran rongga (d)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Faktor bentuk media } (\psi) &= 1 \\ \text{Porositas media (e)} &= 0,98 \end{aligned}$$

$$\text{Viskositas kinematis } (\mu) = 8,7 \times 10^{-7} \text{ kg/m.s (suhu } 25^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{Massa jenis } (\rho) = 0,9963 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan filtrasi } (v) &= Q / (d^2) / e \\ &= 0,0165 / (0,1^2) / 0,98 \\ &= 1,7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\Psi \rho d v}{\mu} \\ &= \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 1,7}{0,00000087} \end{aligned}$$

$$= 194.679,3$$

$$C_D = 0,4 \quad (N_{Re} > 10^4)$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss } (H_f) &= 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g} \\ &= 1,067 \times \frac{0,4 \times 2 \times (1,7)^2}{1 \times 0,1 \times (0,98)^4 \times 9,8} \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss kecepatan

$$\text{Lebar media filter } (L) = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien kekasaran } (f) &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (1,9)) \\ &= 0,004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss } (H_f) &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,004 \times \frac{5}{4(1,9)} \times \frac{(1,7)^2}{2(9,8)} \\ &= 0,0004 \text{ m} \end{aligned}$$

## 6.8.2. CLUSTER 2

### 6.8.2.1. Sumur Pengumpul

Direncanakan :

- $v$  asumsi = 1 m/s
- $Q_{\text{peak}} = 0,022 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $D = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$
- Head Statik ( $H_s$ ) = 2,6 m
- Panjang pipa discharge ( $L$ ) = 8 m

Kecepatan rencana pengaliran air limbah pada pipa adalah 1 m/det.

$$A \text{ pipa} = \frac{Q_{\text{peak}}}{v} = \frac{0,022}{1} = 0,022 \text{ m}^2$$

Maka, diameter *discharge* pada pompa;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,022}{3,14}} = 0,17 \text{ m}$$

$$A \text{ pipa cek} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,17^2 = 0,022 \text{ m}^2$$

Diperoleh kecepatan aliran pompa;

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A} = \frac{0,022}{0,022} = 1 \text{ m/s}$$

- **Head Mayor**

Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa, (Tahara, 2000)

$$hf_{discharge} = \left[ \frac{Q}{0,2785 \times L \times D^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{discharge} = \left[ \frac{0,022}{0,2785 (8)(0,17)^2} \right]^{1,85} \times 0,5$$

$$hf_{discharge} = 0,07 \text{ m}$$

- **Head Minor**

$$hf = n \left[ k \frac{v^2}{2g} \right]$$

$$hf = 1 \left[ 0,25 \frac{1^2}{2(9,81)} \right]$$

$$hf = 0,01 \text{ m}$$

- **Hf kecepatan**

$$Hf \text{ kecepatan} = \frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \times 9,81} = 0,05 \text{ m}$$

- **H sisa tekan**

H sisa tekan diasumsikan 0,5 m

- **Perhitungan Head Total**

$$H = H_s + H_{mayor} + H_{minor} + Hf \text{ kecepatan} + H \text{ sisa tekan}$$

$$H = 2,6 + 0,07 + 0,01 + 0,05 + 0,5$$

$$H = 3,2 \text{ m}$$

### 6.8.2.2. Distribution Box

Headloss jatuhan  
 Panjang (b) = 1 m  
 Tinggi (y) = 1 m  
 Tinggi sekat (L) = 1,5 m  
 Koefisien kekasaran = 0,013  
 Kecepatan aliran (v) = 1 m/s  
 Percepatan gravitasi (g) = 9,8 m/s<sup>2</sup>  
 Jari-jari hidrolis (R) =  $(b \times y) / (b + 2y)$   
 =  $(1 \times 1) / (1,5 + (1 \times 2))$   
 = 0,3 m  
 Headloss (Hf) =  $((v \cdot n) / R^{2/3})^2 \times L$   
 =  $((1 \times 0,013) / [(0,3)]^{2/3})^2 \times 1,5$   
 = 0,0006 m

Headloss kecepatan  
 Koefisien kekasaran (f) =  $1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$   
 =  $1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (0,3))$   
 = 0,03 m  
 Headloss (Hf) =  $f \times L / 4R \times v^2 / 2g$   
 =  $0,03 \times 1,5 / (4(0,3)) \times [(1)^2 / (2(9,8))]$   
 = 0,0019 m

### 6.8.2.3. ABR

#### Kompartemen 1

##### Headloss kecepatan

Panjang (b) = 8,3 m  
 Tinggi (y) = 3 m  
 Tinggi sekat (L) = 2,7 m  
 Kecepatan aliran (v) = 0,3 m/s  
 Percepatan gravitasi (g) = 9,8 m/s<sup>2</sup>  
 Jari-jari hidrolis (R) =  $(b \times y) / (b + 2y)$   
 =  $(8,3 \times 3) / (8,3 + (2 \times 3))$   
 = 1,7 m  
 Koefisien kekasaran (f) =  $1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$   
 =  $1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (1,7))$

$$\begin{aligned}
 &= 0,005 \text{ m} \\
 \text{Headloss (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,005 \times \frac{2,7}{4(1,7)} \times \frac{(0,3)^2}{2(9,8)} \\
 &= 0,000001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## **Kompartemen 2 sampai 5**

### Headloss jatuhan

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (b)} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Tinggi (y)} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,7 \text{ m} \\
 \text{Koefisien kekasaran} &= 0,013 \\
 \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,3 \text{ m/s} \\
 \text{Percepatan gravitasi (g)} &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= (b \times y) / (b + 2y) \\
 &= (3 \times 3) / (3 + (2 \times 3)) \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\
 &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(1)^{2/3}} \right)^2 \times 2,7 \\
 &= 0,00004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Headloss kecepatan

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien kekasaran (f)} &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\
 &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (1)) \\
 &= 0,007 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,007 \times \frac{2,7}{4(1)} \times \frac{(0,3)^2}{2(9,8)} \\
 &= 0,00002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Headloss belokan

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,7 \text{ m} \\
 \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{v n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\
 &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(1)^{2/3}} \right)^2 \times 2,7 \\
 &= 0,00004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 6.8.2.4. Organica

##### Headloss jatuhan

$$\begin{aligned} \text{Panjang (b)} &= 13,5 \text{ m} \\ \text{Tinggi (y)} &= 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Koefisien kekasaran (n)} &= 0,013 \\ \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,3 \text{ m/s} \\ \text{Percepatan gravitasi (g)} &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= (b \times y) / (b + 2y) \\ &= (13,5 \times 3) / (13,5 + (2 \times 3)) \\ &= 2 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{vn}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\ &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(2)^{2/3}} \right)^2 \times 2,5 \\ &= 0,0000002 \text{ m} \end{aligned}$$

##### Headloss kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Lebar bak (L)} &= 10 \text{ m} \\ \text{Koefisien kekasaran (f)} &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (2)) \\ &= 0,004 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,004 \times \frac{2,5}{4(12)} \times \frac{(0,3)^2}{2(9,8)} \\ &= 0,0000006 \text{ m} \end{aligned}$$

##### Headloss belokan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sekat (L)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Headloss (Hf)} &= \left( \frac{vn}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \\ &= \left( \frac{0,3 \times 0,013}{(2)^{2/3}} \right)^2 \times 2,5 \\ &= 0,0000002 \text{ m} \end{aligned}$$

##### Headloss media

$$\begin{aligned} Q &= 1926,7 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,222 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Kedalaman media (L)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Ukuran rongga (d)} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Faktor bentuk media (\psi)} &= 1 \end{aligned}$$



Porositas media (e) = 0,98  
 Viskositas kinematis ( $\mu$ ) =  $8,7 \times 10^{-7}$  kg/m.s (suhu 25°C)  
 Massa jenis ( $\rho$ ) = 0,9963 kg/m<sup>3</sup>

Kecepatan filtrasi (v) =  $Q / (d^2) / e$   
 =  $0,022 / (0,1^2) / 0,98$   
 = 2,2 m/s

$N_{Re} = \frac{\Psi \rho d v}{\mu}$   
 =  $\frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 2,2}{0,00000087}$   
 = 251.937,9

$C_D = 0,4 (N_{Re} > 10^4)$

Headloss (Hf) =  $1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}$   
 =  $1,067 \times \frac{0,4 \times 2 \times (2,2)^2}{1 \times 0,1 \times (0,98)^4 \times 9,8}$   
 = 0,2 m

Headloss kecepatan

Lebar media filter (L) = 5 m

Koefisien kekasaran (f) =  $1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$   
 =  $1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 (2))$   
 = 0,004 m

Headloss (Hf) =  $f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$   
 =  $0,004 \times \frac{5}{4(2)} \times \frac{(2,2)^2}{2(9,8)}$   
 = 0,0006 m

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***

## BAB 7 BOQ DAN RAB

### 7.1. BOQ dan RAB SPAL

BOQ atau *Bill of Quantity* merupakan perincian dari seluruh peralatan dan pekerjaan yang dibutuhkan di dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah kawasan di Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare.

#### 7.1.1. BOQ Pipa

Dalam perencanaan penyaluran air limbah ini, digunakan pipa PVC dengan panjang pipa 6 m. Berikut ini merupakan contoh perhitungan *bill of quantity* dari pipa air limbah yang telah direncanakan.

**Tabel 7. 1 Jumlah Kebutuhan Pipa Diameter Cluster 1**

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Jumlah Kebutuhan Pipa (Batang)
0.1	6379	6	1063
0.15	1799	6	300
0.2	454	6	76

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 7. 2 Jumlah Kebutuhan Pipa Diameter Cluster 2**

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Jumlah Kebutuhan Pipa (Batang)
0.1	11816	6	1969
0.15	702	6	117
0.2	691	6	115
0.25	32	6	5

Sumber : Hasil Perhitungan

### 7.1.2. BOQ Aksesoris Pipa

Pada pembangunan SPAL ini diperlukan aksesoris pipa. Kebutuhan aksesoris pipa tersebut dapat dilihat pada

**Tabel 7. 3 Jumlah dan Jenis Aksesoris Pipa Cluster 1**

Jenis Aksesoris Pipa	Jumlah (buah)
Sambungan pipa 0,1 m	34
Sambungan pipa 0,15 m	6
Sambungan pipa 0,2 m	4
<b>jumlah</b>	<b>44</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 7. 4 Jumlah dan Jenis Aksesoris Pipa Cluster 2**

Jenis Aksesoris Pipa	Jumlah (buah)
Sambungan pipa 0,1 m	58
Sambungan pipa 0,15 m	2
Sambungan pipa 0,2 m	4
Sambungan pipa 0,25 m	2
<b>jumlah</b>	<b>66</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

### 7.1.3. BOQ Manhole

Jenis *manhole* yang digunakan dalam SPAL Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare ini terdiri dari *manhole* lurus, belokan, pertigaan, dan perempatan.

**Tabel 7. 5 Jenis dan Jumlah Manhole Cluster 1**

Jenis manhole	Jumlah manhole (buah)
<b>lurus</b>	<b>88</b>
<b>belokan</b>	<b>6</b>
<b>pertigaan</b>	<b>35</b>
<b>perempatan</b>	<b>1</b>
<b>jumlah</b>	<b>130</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

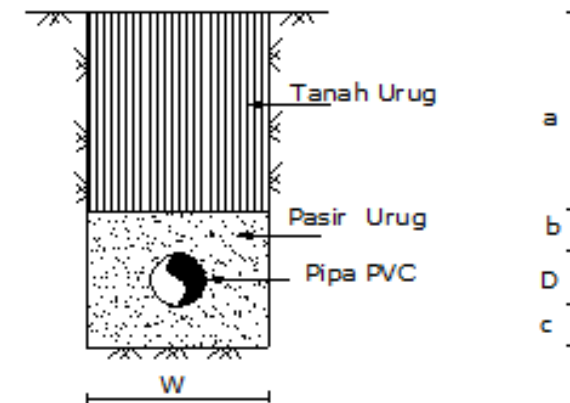
**Tabel 7. 6 Jenis dan Jumlah Manhole Cluster 2**

Jenis manhole	Jumlah manhole (buah)
<b>lurus</b>	<b>165</b>
<b>belokan</b>	<b>9</b>
<b>pertigaan</b>	<b>24</b>
<b>perempatan</b>	<b>24</b>
<b>jumlah</b>	<b>198</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 7.1.4. BOQ Galian dan Urugan Pipa

Untuk penggalian pipa direncanakan pada keadaan tanah stabil (normal) seperti Gambar 7.1. Untuk gambaran penanaman galian pipa normal dapat dilihat melalui gambar tipikal pada lampiran. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan diameter pipa yang dapat dilihat pada gambar berikut :



### GALIAN NORMAL

**Gambar 7. 1 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah**

Adapun nilai a,b,c,d dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum yang dapat dilihat melalui Tabel 7.7.

**Tabel 7. 7 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan**

No	Diameter (mm)	L	h pipa	h tanah	h pasir atas	h pasir bawah
		Abcd	w	a	b	c
1	50 -200	100-115	55-60	65 - 75	15	15
2	150 - 200	120-125	65-70	75	15	15
3	250 - 300	130-135	75-80	75	15	15
4	350 - 400	140-150	85-95	75	15	15

*Sumber : Departemen Pekerjaan Umum*

**Tabel 7. 8 Dimensi Saluran yang Terpakai Cluster 1**

No	Jalur pipa	D (m)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	A1-A2	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
2	A2-A3	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
3	A4-A5	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
4	A6-A7	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
5	A8-A9	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
6	A10-A11	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
7	A12-A13	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
8	A14-A15	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
9	A16-A17	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
10	A18-A19	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
11	A20-A21	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
12	A22-A23	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
13	A24-A25	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
14	A26-B4	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
15	A27-A28	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
16	A29-A30	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
17	A31-A32	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
18	A33-A34	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
19	A35-A36	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15

<b>No</b>	<b>Jalur pipa</b>	<b>D (m)</b>	<b>w (m)</b>	<b>a (m)</b>	<b>b (m)</b>	<b>c (m)</b>
20	A37-A38	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
21	A39-B9	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
22	A40-A41	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
23	A42-A43	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
24	A44-A45	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
25	A46-A47	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
26	A48-A49	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
27	A50-A51	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
28	A52-A53	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
29	A54-A55	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
30	A56-A57	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
31	A57-A58	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
32	A59-C1	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
33	B1-B2	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
34	B3-B4	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
35	B4-B5	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
36	B5-B6	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
37	B6-B7	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
38	B2-B8	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
39	B8-C1	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
40	B9-C2	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
41	B7-C1	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
42	C1-C2	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
43	C2-C3	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
44	C3-IPAL	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15

*Sumber : Hasil Perhitungan*

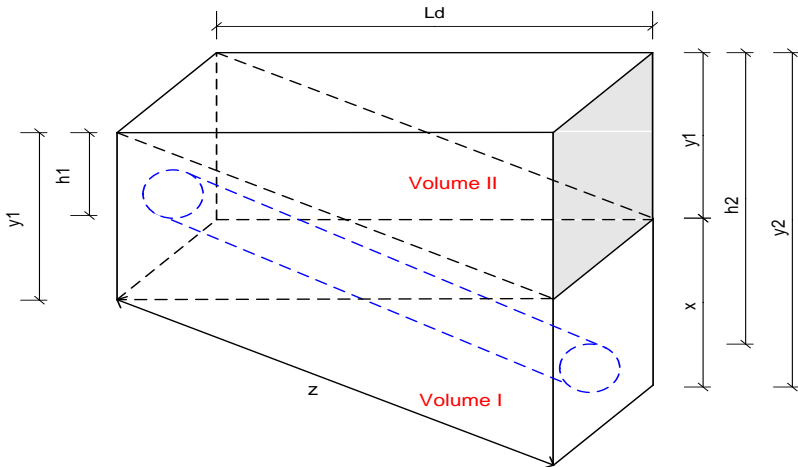
**Tabel 7. 9 Dimensi Saluran yang Terpakai Cluster 2**

No	Jalur pipa	D (m)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	A1-B1	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
2	A2-A3	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
3	A4-A5	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
4	A6-A7	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
5	A8-A4	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
6	A9-A6	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
7	A10-A6	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
8	A11-A12	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
9	A13-A14	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
10	A12-B2	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
11	A15-B2	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
12	A16-B3	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
13	A17-A18	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
14	A19-A20	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
15	A21-A22	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
16	A23-A24	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
17	A25-A26	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
18	A27-A28	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
19	A29-A30	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
20	A31-A32	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
21	A33-A34	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
22	A35-A36	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
23	A37-B3	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
24	A38-A27	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
25	A39-A31	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
26	A40-A41	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
27	A42-A43	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
28	A44-A45	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
29	A46-A47	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
30	A48-A49	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
31	A50-A51	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
32	A51-A31	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
33	A52-A35	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15



No	Jalur pipa	D (m)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
34	A53-A54	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
35	A55-A37	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
36	A56-A21	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
37	A57-A25	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
38	A58-A52	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
39	A59-A60	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
40	A61-A62	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
41	A63-A57	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
42	A64-A65	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
43	A66-A52	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
44	A67-A53	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
45	A68-A57	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
46	A69-A70	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
47	A71-A72	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
48	A73-A74	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
49	A75-A76	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
50	A77-A78	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
51	A74-A79	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
52	A80-A68	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
53	A78-A74	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
54	A81-A80	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
55	A82-A78	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
56	A83-A84	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
57	A83-B5	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
58	B1-C1	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
59	B2-C1	0.150	0.65	0.75	0.15	0.15
60	B3-B4	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
61	B5-C2	0.100	0.6	0.7	0.15	0.15
62	C1-C2	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
63	C2-C3	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
64	B4-C3	0.200	0.7	0.75	0.15	0.15
65	C3-C4	0.250	0.75	0.75	0.15	0.15
66	C4-IPAL	0.250	0.75	0.75	0.15	0.15

Sumber : Hasil Perhitungan



**Gambar 7. 2 Bentuk Galian yang direncanakan Sepanjang Saluran**  
Perhitungan BOQ untuk galian pipa adalah sebagai berikut :

- $D$  = diameter pipa.
- $h$  = kedalaman penanaman pipa.
- $h_1$  = kedalaman penanaman pipa awal.
- $h_2$  = kedalaman penanaman pipa akhir.
- $y$  = kedalaman galian =  $h + D + c$ .
- $y_1$  = kedalaman galian awal.
- $y_2$  = kedalaman galian akhir.
- $x = y_2 - y_1$ ,  $z = ((y_1^2) + (L \text{ pipa}^2))^{1/2}$
- Volume galian I =  $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times L_d$
- Volume galian II =  $\frac{1}{2} [(0,3 \times 2) + D] \times x \times L_d$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
- Volume pipa =  $\frac{1}{4} \pi D^2 \times L_d$
- Volume urugan pasir =  $[D + (0,3 \times 2)] \times (b + D + c) \times L_d$   
- Volume pipa.
- Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total -  
Volume urugan pasir.

**Contoh perhitungan BOQ galian pipa pada saluran A1-A2 1 Cluster 1 adalah sebagai berikut :**

- $D = 100 \text{ mm} = 0,100 \text{ m}$
- Panjang saluran = L pipa = 161 m
- $h_1 = 1,1 \text{ m}, h_2 = 1,6$
- $y_1 = 1,2 \text{ m}$
- $y_2 = 1,7 \text{ m}$
- $x = y_2 - y_1 = 1,7 - 1,2 = 0,48 \text{ m}$
- $Z = [(0,48^2) + (161^2)]^{1/2} = 161 \text{ m}$
- Volume galian I =  $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times Z$   
 $= [(0,3 \times 2) + 0,100] \times 1,2 \times 161$   
 $= 135,2 \text{ m}^3$
- Volume galian II =  $\frac{1}{2} [(0,3 \times 2) + D] \times x \times Ld$   
 $= \frac{1}{2} [(0,3 \times 2) + 0,100] \times 0,48 \times 161$   
 $= 27,2 \text{ m}^3$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II  
 $= 135,2 + 27,2$   
 $= 162,5 \text{ m}^3$
- Volume pipa =  $\frac{1}{4} \pi D^2 \times P_{saluran}$   
 $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,100)^2 \times 161$   
 $= 1,3 \text{ m}^3$
- Volume urugan pasir =  $[(D + (0,3 \times 2)) \times (b + D + c) \times Ld] - \text{Volume Pipa}$   
 $= [0,100 + (0,3 \times 2) \times (0,15 + 0,100 + 0,15) \times 161] - (1,3)$   
 $= 43,8 \text{ m}^3$
- Volume sisa tanah galian = Volume galian total - Volume urugan pasir  
 $= 162,5 - 43,8$   
 $= 118,6 \text{ m}^3$

Perhitungan lengkap BOQ galian pipa untuk kedua *cluster* selengkapnya tersaji pada Lampiran E Tabel 7. 10 dan Tabel 7. 11.

### 7.1.5. RAB SPAL

Setelah diperoleh perhitungan kuantitas, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016. Untuk RAB SPAL dapat dilihat pada tabel 7.12 dan 7.13, sedangkan untuk nilai HSPK akan dilampirkan di lampiran E

**Tabel 7. 12 RAB SPAL Cluster 1**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	HSPK	Jumlah Harga
1	Pembongkaran paving	m <sup>2</sup>	5,314.55	7,560	Rp40,177,998.00
2	Galian	m <sup>3</sup>	9,038.72	86,450	Rp781,397,409.25
3	Urugan Pasir	m <sup>3</sup>	2,478.78	214,820	Rp532,490,856.34
4	Urugan Tanah Kembali	m <sup>3</sup>	6,463.84	14,222	Rp91,928,707.66
5	Pembuangan Tanah	m <sup>3</sup>	6,559.94	44,800	Rp293,885,484.13
6	Pemasangan Pipa air kotor 4"	m	50.08	65,596	Rp3,284,744.56
7	Pemasangan Pipa air kotor 6"	m	46.03	252,625	Rp11,628,453.08
8	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor	buah	44	156,190	Rp6,872,360.00
9	Pasir Paving	m <sup>3</sup>	159.44	214,820	Rp34,250,148.93
10	Pemasangan Paving	m <sup>2</sup>	5,314.55	177,750	Rp944,661,262.50
Total					Rp2.740.577.424,46

Untuk Total nilai RAB SPAL per kk *Cluster 1* dengan jumlah 2165 KK adalah Rp 1.265.855,62

**Tabel 7. 13 RAB SPAL Cluster 2**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	HSPK	Jumlah Harga
1	Pembongkaran paving	m <sup>2</sup>	8,053.60	7,560	Rp60,885,216.00
2	Galian	m <sup>3</sup>	12,835.06	86,450	Rp1,109,590,528.37
3	Urugan Pasir	m <sup>3</sup>	3,708.34	214,820	Rp796,626,227.15
4	Urugan Tanah Kembali	m <sup>3</sup>	8,998.29	14,222	Rp127,973,684.27
5	Pembuangan Tanah	m <sup>3</sup>	1,770.71	44,800	Rp79,327,640.00
6	Pemasangan Pipa air kotor 4"	m	92.76	65,596	Rp6,084,424.16
7	Pemasangan Pipa air kotor 6"	m	35.67	252,625	Rp9,010,253.95
8	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor	buah	66	156,190	Rp10,308,540.00
9	Pasir Paving	m <sup>3</sup>	241.61	214,820	Rp51,902,230.56
10	Pemasangan Paving	m <sup>2</sup>	8,053.60	97,700	Rp786,836,720.00
Total					Rp3.038.545.464,45

Untuk Total nilai RAB SPAL per kk *Cluster 2* dengan jumlah 3939 KK adalah Rp 771.400,22

**Tabel 7. 14 RAB Manhole, Grease Trap dan Bak Kontrol Cluster 1**

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah harga
1	Manhole	Unit	130	5,088,566.98	663,142,048
2	Grease Trap	Unit	2165	2,949,437.51	6,385,532,211
3	Bak Kontrol	Unit	2165	3,016,766.11	6,531,298,636
Total					13.579.972.895,4

Untuk Total nilai RAB Manhole, *Grease Trap* dan Bak kontrol per kk *Cluster 1* dengan jumlah 2165 KK adalah Rp 6.272.504,80

**Tabel 7. 15 RAB Manhole, Grease Trap dan Bak Kontrol Cluster 2**

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah harga
1	Manhole	Unit	198	5,088,566.98	1,009,622,574
2	Grease Trap	Unit	3939	2,949,437.51	11,617,834,355
3	Bak Kontrol	Unit	3939	3,016,766.11	11,883,041,722
Total					24.510.498.650,6

Untuk Total nilai RAB Manhole, *Grease Trap* dan Bak kontrol per kk *Cluster 2* dengan jumlah 3939 KK adalah Rp 6.222.518,06

## 7.2. BOQ dan RAB IPAL

BOQ IPAL terdiri dari sumur pengumpul, *distribution box*, ABR dan Organica pada kedua *cluster*. Pekerjaan untuk sumur pengumpul dan *distribution box* terdiri dari pekerjaan tanah dan pembetonan.

### 7.2.1 BOQ dan RAB Sumpur Pengumpul

Contoh Perhitungan BOQ Sumur pengumpul akan dilakukan pada *cluster 2*;

Dimensi :

Panjang (P) = 2,6 m

Lebar (l) = 2,6 m

Kedalaman (H) = 1 m

Freeboard (Fb) = 0,2 m

Total H = 2,6 m

Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 280 cm = 2,8 m

(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 0,15 m

Lebar sepatu lantai = 0,15 m

Tebal pasir = 0,1 m

- Penggalian tanah biasa untuk konstruksi
  - =  $P \times L \times H$
  - = (Panjang SP + sepatu lantai) x (Lebar SP + sepatu lantai) x (Kedalaman dari muka tanah ke muka SP + Tinggi SP + Fb + tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir)
  - =  $(2,6 + 0,15) \times (2,6 + 0,15) \times (2,6 + 2,4 + 0,2 + 0,15 + 0,15 + 0,1)$
  - =  $43,86 \text{ m}^3$
  
- Pengurugan pasir dengan pemadatan
  - =  $P \times L \times \text{tebal pasir}$
  - = (Panjang + sepatu lantai) x (lebar+sepatu lantai) x (tebal pasir)
  - =  $(2,6 + 0,15) \times (2,6 + 0,15) \times (0,1)$
  - =  $0,76 \text{ m}^3$
  
- Pekerjaan Beton K-250
  - Beton Lantai Bangunan
    - = (Panjang + sepatu lantai) x (lebar+sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar) – ruang pompa
    - =  $(2,6 + 0,15) \times (2,6 + 0,15) \times (0,05 + 0,15) - (1 \times 0,5 \times 0,5)$
    - =  $1,02 \text{ m}^3$
  - Beton Dinding Bangunan
    - = (Panjang x 2) x (lebar x 2) x tebal dinding x tinggi
    - =  $(2,6 \times 2) \times (2,6 \times 2) \times 0,15 \times 2,6$
    - =  $10,54 \text{ m}^3$
  - Beton Tutup Bangunan
    - = (Panjang x lebar x tebal dinding atas)
    - =  $(2,6 \times 2,6 \times 0,15)$
    - =  $1,01 \text{ m}^3$
  - Total Volume Beton Bangunan
    - =  $1,02 + 10,54 + 1,01$
    - =  $12,57 \text{ m}^3$
  
- Pekerjaan Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi
  - = Panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan
  - =  $(2,6 + 0,15) \times (2,6 + 0,15) \times 2,8$
  - =  $21,2 \text{ m}^3$

- Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos)  
Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 10,54 m<sup>3</sup>. Besi yang digunakan memiliki berat 110 kg/m<sup>3</sup>, sehingga diperoleh berat besi yaitu  
= Volume pembesian x berat besi  
= 10,54 x 110  
= 1159,4 kg
- Pekerjaan Bekisting Sloof  
= (Panjang x 2) x (lebar x 2) x (kedalaman total)  
= (2,6 x 2) x (2,6 x 2) x (2,6)  
= 70,3 m<sup>3</sup>
- Pekerjaan Pompa Submersible  
Pompa yang digunakan sebanyak 2 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju *Distributin Box*.
- Pekerjaan Pipa  
Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 10 m untuk 2 buah saluran. Panjang pipa perbatang 6 m, maka dibutuhkan 2 pipa. Pipa yang digunakan diameter 4".

Setelah diperoleh perhitungan kuantitas, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016. Untuk RAB Sumur Pengumpul dapat dilihat pada tabel 7.16 dan 7.17, sedangkan untuk nilai HSPK akan dilampirkan di lampiran E

**Tabel 7. 16 RAB Sumur Pengumpul Cluster 1**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan Lapangan	m <sup>2</sup>	9	9,450	85,050
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m <sup>3</sup>	43.86	86,450	3,791,697
3	Pengurangan Pasir Padat	m	0.76	214,820	163,263
4	Lantai Kerja K-250	m <sup>3</sup>	6.76	923,032	6,239,697
5	Pekerjaan Bekisting Sloof	m <sup>3</sup>	70.30	383,647	26,970,349
6	Pekerjaan Beton K-250	m <sup>3</sup>	12.50	1,192,675	14,908,435



No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
7	1 kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	1159.40	15,291	17,728,733
8	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	2	65,596	131,193
9	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor	buah	4	156,190	624,760
10	Pemasangan Pompa Submersible	buah	1	1,299,000	1,299,000
Total					71.942.177

Untuk Total nilai RAB Sumur Pengumpul per kk *Cluster 1* dengan jumlah 2165 KK adalah Rp 33.229,64

**Tabel 7. 17 RAB Sumur Pengumpul *Cluster 2***

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan Lapangan	m <sup>2</sup>	9	9,450	85,050
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m <sup>3</sup>	32.58	86,450	2,816,779
3	Pengurugan Pasir Padat	m	0.55	214,820	118,634
4	Lantai Kerja K-250	m <sup>3</sup>	4.84	923,032	4,467,476
5	Pekerjaan Bekisting Sloof	m <sup>3</sup>	54.21	383,647	20,796,709
6	Pekerjaan Beton K-250	m <sup>3</sup>	8.84	1,192,675	10,543,841
7	1 kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	798.60	15,291	12,211,632
8	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	2	65,596	131,193
9	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor	buah	4	156,190	624,760
10	Pemasangan Pompa Submersible	buah	1	1,299,000	1,299,000
Total					53.095.074

Untuk Total nilai RAB Sumur Pengumpul per kk *Cluster 2* dengan jumlah 3939 KK adalah Rp 13.479,33

### 7.2.2 BOQ dan RAB *Distribution Box*

Contoh Perhitungan BOQ *Distribution Box (DB)* akan dilakukan pada *cluster 1*:

Dimensi :

Panjang (P)	= 1 m
Lebar (l)	= 1 m
Kedalaman (H)	= 1 m
Freeboard (Fb)	= 0,3 m
Total H	= 1,3 m

Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 50 cm = 0,5 m

(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar	= 0,15 m
Lebar sepatu lantai	= 0,15 m
Tebal pasir	= 0,1 m

- Penggalian tanah biasa untuk konstruksi  
= P x L x H  
= (Panjang *DB* + sepatu lantai ) x (Lebar *DB* + sepatu lantai) x (Kedalaman dari muka tanah ke muka *DB* + tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir)  
= (1 + 0,15) x (1 + 0,15) x (0,5 + 0,15 + 0,15 + 0,1)  
= 1,2 m<sup>3</sup>
- Pengurugan pasir dengan pemadatan  
= P x L x tebal pasir  
= (Panjang + sepatu lantai) x (lebar+sepatu lantai) x (tebal pasir)  
= (1 + 0,15) x (1 + 0,15) x (0,1)  
= 0,2 m<sup>3</sup>
- Pekerjaan Beton K-250
  - Beton Lantai Bangunan  
= (Panjang + sepatu lantai) x (lebar+sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar)  
= (1 + 0,15) x (1 + 0,15) x (0,05 + 0,15)

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

- Beton Dinding Bangunan

$$= (\text{Panjang} \times 2) \times (\text{lebar} \times 2) \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi}$$

$$= (1 \times 2) \times (1 \times 2) \times 0,15 \times 1,3$$

$$= 0,8 \text{ m}^3$$

- Beton Tutup Bangunan

$$= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal dinding atas})$$

$$= (1 \times 1 \times 0,15)$$

$$= 0,15 \text{ m}^3$$

- Beton Trust Block

$$= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal})$$

$$= (0,5 \times 1,3 \times 0,4)$$

$$= 0,26 \text{ m}^3$$

- Total Volume Beton Bangunan

$$= 0,3 + 0,8 + 0,15 + 0,26$$

$$= 1,5 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi

$$= \text{Panjang} \text{sepatu lantai} \times \text{lebar} \text{sepatu lantai} \times \text{tinggi urugan}$$

$$= (1 + 0,15) \times (1 + 0,15) \times 0,5$$

$$= 0,1 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu  $0,8 \text{ m}^3$ . Besi yang digunakan memiliki berat  $110 \text{ kg/m}^3$ , sehingga diperoleh berat besi yaitu

$$= \text{Volume pembesian} \times \text{berat besi}$$

$$= 0,8 \times 110$$

$$= 88 \text{ kg}$$

- Pekerjaan Bekisting Sloof

$$= (\text{Panjang} \times 2) \times (\text{lebar} \times 2) \times (\text{kedalaman total})$$

$$= (1 \times 2) \times (1 \times 2) \times (1,3)$$

$$= 5,2 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 8 m untuk 2 buah saluran. Panjang pipa perbatang 6 m, maka dibutuhkan 2 pipa. Pipa yang digunakan diameter 4".

Setelah diperoleh perhitungan kuantitas, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016. Untuk RAB *Distribution Box Cluster 1* dan *2* sama sehingga hanya dapat dilihat pada tabel 7.18 sedangkan untuk nilai HSPK akan dilampirkan di lampiran E

**Tabel 7. 18 RAB *Distribution Box Cluster 1* dan *2***

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan Lapangan	m <sup>2</sup>	9	9,450	85,050
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m <sup>3</sup>	1.20	86,450	103,740
3	Pengurugan Pasir Padat	m	0.20	214,820	42,964
4	Lantai Kerja K-250	m <sup>3</sup>	6.76	923,032	6,239,697
5	Pekerjaan Bekisting Sloof	m <sup>3</sup>	5.20	383,647	1,994,962
6	Pekerjaan Beton K-250	m <sup>3</sup>	1.50	1,192,675	1,789,012
7	1 kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	88.00	15,291	1,345,634
8	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	2	65,596	131,193
9	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor	buah	4	156,190	624,760
Total					12.357.012

Untuk Total nilai RAB *Distribution Box* per kk *Cluster 1* dengan jumlah 2165 KK adalah Rp 5.707,63. Sedangkan *Cluster 2* dengan 3939 KK adalah Rp 3.137,09

### 7.2.3 BOQ dan RAB ABR dan Organica

Contoh Perhitungan BOQ ABR dan Organica akan dilakukan pada *cluster* 1;

- Panjang total ABR + Organica
  - = panjang bak pengendap + (panjang kompartemen x jumlah kompartemen) + panjang organica
  - = 7,3 m + (3,15 m x 4 m) + 10 m
  - = 29,9 m
  - Lebar = 3,3 m
  - Kedalaman = 3,5 m
  - Tinggi freeboard = 0,3 m
  - Tebal beton ABR = 0,15 m
  - Tebal beton Organica = 0,2 m
- Volume beton dinding
  - = 2 x ( tinggi ABR x tebal beton x lebar ABR) + 4 x ( tinggi ABR x tebal beton x panjang ABR) + 2 x ( tinggi organica x tebal beton x lebar organica) + 2 x ( tinggi organica x tebal beton x lebar organica)
  - = 2 x (3m x 0,15 m x 3,3 m) + 4 x (3m x 0,15 m x (3,15 x 4 m) + 2 x (3 m x 0,15 m x 10 m) + 2 x (3m x 0,2m x 10m)
  - = 43,38 m<sup>3</sup>
- Volume beton lantai
  - = ABR + Organica
  - = [(panjang ABR + (tebal x 4)) x ( lebar ABR + (tebal x 2)) x tebal] + [(panjang organica + ( tebal x 2)) x ( lebar organica + tebal) x tebal]
  - = [ (19,9 m + (0,15 m x 4)) x (3,3 + (0,15 m x 2 )) x 0,2 m ] + [(10m + (0,15 m x 2)) x (10m + 0,2m) x 0,2m ]
  - = 15,01 m<sup>3</sup>
- Volume beton atap
  - = Volume beton lantai
  - = 15,01 m<sup>3</sup>
- Volume beton antara kompartemen
  - = kompartemen ABR – lubang pipa

$$= [\text{jumlah kompartemen} \times (\text{tebal} \times \text{tinggi} \times \text{lebar})] - \text{jumlah kompartemen} \times \text{jumlah pipa per kompartemen} \times (\pi \times ((d/2)^2) \times \text{tebal})$$

$$= [4 \times (0,15 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m})] - 4 \times 20 \times (3,14 \times ((0,1 \text{ m} / 2)^2) \times 0,15 \text{ m})$$

$$= 5,31 \text{ m}^3$$

- Pemasangan pipa air kotor 4"
  - Panjang di pasaran = 6 m
  - Panjang yang dibutuhkan = 60 buah x 2 m = 120 m
  - Jumlah pipa yang dibutuhkan = 20 batang
  
- Volume total beton ABR + Organica
  - = Volume beton dinding + Volume beton lantai + Volume beton atap + Volume beton antara kompartemen
  - = 43,38 m<sup>3</sup> + 15,01 m<sup>3</sup> + 15,01 m<sup>3</sup> + 5,31 m<sup>3</sup>
  - = 78,71 m<sup>3</sup>
  
- Volume bekisting dinding
  - = Volume beton dinding
  - = 43,38 m<sup>3</sup>
  
- Volume bekisting lantai
  - = volume beton lantai
  - = 15,01 m<sup>3</sup>
  
- Volume bekisting atap
  - = volume beton atap
  - = 15,01 m<sup>3</sup>
  
- Volume bekisting antar kompartemen
  - = volume beton antar kompartemen
  - = 5,31 m<sup>3</sup>
  
- Pembuatan bouwplank
  - = (lebar + (tebal x 2)) x (panjang + (tebal x 2)) x 0,2 m
  - = (10 m + (0,15 m x 2)) x (29,9 m + (0,15 m x 2)) x 0,2 m
  - = 48,02 m<sup>3</sup>

- Pemasangan trucuk bambu
 
$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi bambu}$$

$$= (10 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (29,9 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 48,02 \text{ m}^3$$
- Urugan pasir dipadatkan
 
$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi pasir}$$

$$= (10 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times (29,9 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)) \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 32,01 \text{ m}^3$$
- Lantai kerja K-250
 
$$= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi lantai}$$

$$= (10 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (29,9 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,05 \text{ m}$$

$$= 16,01 \text{ m}^3$$
- Kedalaman penanaman IPAL
 
$$= \text{kedalaman IPAL} + \text{tebal dinding atas} + \text{tebal dinding bawah}$$

$$= 3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m}$$

$$= 3,4 \text{ m}$$
- Kedalaman galian tanah
 
$$= \text{kedalaman penanaman IPAL} + \text{tinggi terucuk bambu} + \text{tinggi urugan pasir dipadatkan} + \text{tinggi lantai kerja}$$

$$= 3,4 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

$$= 3,75 \text{ m}$$
- *Sheet pile*

Pekerjaan pembuatan *sheet pile* menggunakan baja untuk pengaman galian agar tanah tidak longsor karena penanaman cukup dalam. Perhitungan volume pembuatan *sheet pile* dilakukan dengan cara sebagai berikut.

  - Panjang *sheet pile*

$$= (\text{panjang total} + \text{tebal beton} \times 7) + 0,5 \times 2$$

$$= (29,9 + 0,15 \times 7) + 0,5 \times 2$$

$$= 31,95 \text{ m}$$
  - Lebar *sheet pile*

$$= (\text{lebar total} + \text{lebar beton} \times 2) + 0,5 \times 2$$

$$= (3,3 + 0,15 \times 4) + 0,5 \times 2$$

$$= 4,6 \text{ m}$$

- Volume panjang *sheet pile*
  - = panjang x lebar kayu x kedalaman penanaman x 2
  - = 31,95 m x 0,06 m x 3,75 m x 2
  - = 14,38 m<sup>3</sup>
- Volume lebar *sheet pile*
  - = lebar x lebar kayu x kedalaman penanaman x 2
  - = 4,6 m x 0,06 m x 3,75 m x 2
  - = 2,07 m<sup>3</sup>
- Volume total *sheet pile*
  - = 13,38 m<sup>3</sup>+2,07 m<sup>3</sup>
  - = 16,45 m<sup>3</sup>
- Pekerjaan penggalian tanah untuk konstruksi
  - Panjang = pekerjaan *sheet pile* = 31,95 m
  - Lebar = pekerjaan *sheet pile* = 4,6 m
  - Tinggi = 3,75 m
- Volume penggalian tanah untuk konstruksi
  - = panjang x lebar x tinggi
  - = 31,95 m x 4,6 m x 3,75 m
  - = 551,1 m<sup>3</sup>
- Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m
  - = pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
  - = 551,1 m<sup>3</sup>
- Pengangkutan tanah keluar proyek
  - = pekerjaan volume penggalian tanah untuk konstruksi
  - = 551,1 m<sup>3</sup>

Setelah diperoleh perhitungan kuantitas, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016. Untuk RAB IPAL ABR dan *Organica* dapat dilihat pada tabel 7.19 dan tabel 7.20, sedangkan untuk nilai HSPK akan dilampirkan di lampiran E



**Tabel 7. 19 RAB IPAL ABR dan Organica Cluster 1**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan Lapangan	m <sup>2</sup>	750	9,450	7,087,500
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m <sup>3</sup>	551.14	86,450	47,645,837
3	Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m	m <sup>3</sup>	551.14	17,685	9,746,867
4	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m <sup>3</sup>	551.14	44,800	24,690,960
5	Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-250	m <sup>3</sup>	16.45	551,420	9,069,480
6	Pembuatan Blowplank / Titik	m <sup>3</sup>	48.02	103,760	4,982,357
7	Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m	m	48.02	33,735	1,619,887
8	Pengurugan Pasir Padat	m	32.01	214,820	6,876,818
9	Lantai Kerja K-250	m <sup>3</sup>	16.01	923,032	14,774,053
10	Pekerjaan Bekisting Lantai	m <sup>3</sup>	15.01	383,647	5,760,164
11	Pekerjaan Bekisting Atap	m <sup>3</sup>	15.01425	383,647	5,760,164
12	Pekerjaan Bekisting Dinding	m <sup>3</sup>	43.38	373,700	16,211,106
13	Pekerjaan Beton K-250	m <sup>3</sup>	78.71	1,192,675	93,880,559
14	1 kg Pekerjaan Pemesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	8658.57	15,291	132,400,837
15	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	batang	120	65,596	7,871,556
16	Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor	buah	120	156,190	18,742,800
17	Pemasangan diffuser Organica	buah	1	34,349,000	34,349,000
Total					441.469.946

Untuk Total nilai RAB IPAL per kk *Cluster 1* dengan jumlah 2165 KK adalah Rp 203.912,22

**Tabel 7. 20 RAB IPAL ABR dan Organica Cluster 2**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembersihan Lapangan	m <sup>2</sup>	900	9,450	8,505,000
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi	m <sup>2</sup>	628.76	86,450	54,356,518
3	Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1m	m <sup>3</sup>	628.76	17,685	11,119,665
4	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek	m <sup>3</sup>	628.76	44,800	28,168,560
5	Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-100	m <sup>3</sup>	18.91	551,420	10,429,613
6	Pembuatan Blowplank / Titik	m <sup>3</sup>	55.17	103,760	5,724,762
7	Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m	m	55.17	33,735	1,861,261
8	Pengurugan Pasir Padat	m	36.78	214,820	7,901,509
9	Lantai Kerja K-250	m <sup>3</sup>	18.39	923,032	16,975,484
10	Pekerjaan Bekisting Lantai	m <sup>3</sup>	17.16	383,647	6,584,525
11	Pekerjaan Bekisting Atap	m <sup>3</sup>	17.16	383,647	6,584,525
12	Pekerjaan Bekisting Dinding	m <sup>3</sup>	46.53	373,700	17,388,261
13	Pekerjaan Beton K-250	m <sup>3</sup>	86.21	1,192,675	102,819,179
14	1 kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)	kg	9482.98	15,291	145,007,077
15	Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"	m	120	65,596	7,871,556
16	Pemasangan Aksesori Pipa Air Kotor	buah	120	156,190	18,742,800
17	Pemasangan diffuser Organica	buah	1	34,349,000	34,349,000
<b>Total</b>					<b>484.389.295</b>

Untuk Total nilai RAB IPAL per kk Cluster 2 dengan jumlah 2165 KK adalah Rp 122.972,66

### 7.3 Total RAB SPAL dan IPAL

Setelah diketahui perhitungan biaya anggaran jaringan SPAL dan IPAL, maka dapat dicari biaya investasi setiap Kepala Keluarga berdasarkan pembagian kedua *cluster*. *Cluster 1* memiliki jumlah 2165 KK dan *Cluster 2* memiliki jumlah 3939 KK. Berikut adalah perhitungan investasi per kepala keluarga yang akan tersaji pada tabel 7.21

**Tabel 7. 21 Biaya Investasi per Kepala Keluarga**

Clust er	SPAL	IPAL	Sumur Pengum pul dan Distribut ion Box	Manhole, Grease Trap dan Bak Kontrol	Total	investasi per KK
	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	
1	2.740.577. 424	441.469. 946	84.299.1 89	13.579.972 .895	16.846.319 .455	7.781.20 9,91
2	3.038.545. 464	484.389. 295	65.452.0 87	24.510.498 .651	28.098.885 .497	7.133.50 7,36
Total	5.779.122. 889	925.859. 241	149.751. 276	38.090.471 .546	44.945.204 .952	7.363.23 8,03

Sehingga investasi total per KK untuk *Cluster 1* adalah Rp 7.800.000 dan *Cluster 2* adalah Rp 7.200.000.

***“Halaman Sengaja Dikosongkan”***

## **BAB 8**

### **OPERASI DAN PEMELIHARAAN**

#### **8.1. Pemeliharaan**

Masyarakat adalah subjek utama dalam memelihara sistem pengelolaan air limbah ketika hasil perencanaan direalisasikan. Masyarakat yang terlayani sebagai pengguna menjadi pihak yang mengetahui pertama kali ketika terjadi masalah sehingga mereka perlu diberikan pengetahuan tentang pengoperasian dan pemeliharaan sistem pengelolaan air limbah yang ada di lingkungan mereka.

Partisipasi aktif dari masyarakat sangat dibutuhkan untuk memelihara SPAL dan IPAL yang nantinya akan dibangun, maka dibutuhkan sebuah wadah organisasi sebagai penanggung jawab pengelolaan sehari-hari ditambah dengan menunjuk salah seorang yang dijadikan sebagai kader lingkungan agar dapat menularkan kepedulian bagi masyarakat yang lain. Secara birokrasi, kader lingkungan tetap berada dibawah arahan Kelurahan, RW, maupun RT setempat atau sesuai dengan peraturan yang berlaku pada wilayah setempat untuk kemudahan sosialisasi kepada masyarakat. Beberapa tugas dari kader lingkungan diantaranya:

- a. Membentuk wadah organisasi yang bertanggung jawab mengelola jaringan SPAL dan IPAL
- b. Menyusun rencana kegiatan program kerja tahunan untuk pengelolaan jaringan SPAL dan IPAL
- c. Berkomunikasi secara instruktif kepada Kelurahan, RW, dan RT setempat
- d. Kampanye peduli lingkungan dengan berpartisipasi aktif menjaga dan memelihara IPAL yang telah dibangun.

## 8.2. Standard Operating Procedure (SOP)

*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 Masyarakat:

- 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 IPAL:

- a. Melakukan koordinasi kepada pengguna dalam menjaga bak kontrol masing-masing dan *manhole* yang berada disekitar rumah mereka.
- b. Melakukan penggelontoran pada beberapa titik *manhole* minimal 1 bulan sekali.
- c. Melakukan pengecekan sumur pengumpul dan bak distribusi minimal 1 minggu sekali.
- d. Melakukan pengecekan pompa dan blower *Organica* beserta jaringan listriknya minimal 2 hari sekali.
- e. Melakukan perawatan IPAL ABR dengan mengambil lumpur pada setiap kompartemen minimal 6 bulan sekali.
- f. Melakukan perawatan IPAL *Organica* dengan menyiram tanaman dan perawatan taman diatas bangunan *Organica* selama 2 hari sekali.
- g. Melakukan pengurasan lumpur selama 2 tahun sekali melalui jasa pengurasan setempat

### 8.3. Biaya Retribusi

Dalam pengoperasian dan pemeliharaan tentunya dibutuhkan biaya, maka pengguna yaitu masyarakat diwajibkan berpartisipasi melalui biaya retribusi yang dikelola oleh organisasi lingkungan yang telah didirikan. Masyarakat merupakan subjek utama sehingga dibebani biaya retribusi, disisi lain biaya retribusi bertujuan agar masyarakat mempunyai rasa memiliki sehingga timbul kesadaran dan kepedulian, tentunya dengan kemampuan ekonomi dari masyarakat pengguna. Berikut adalah rincian pengeluaran dana operasi dan pemeliharaan jaringan SPAL dan IPAL yang akan tersaji pada tabel 8.1 dan 8.2

**Tabel 8. 1** Biaya Retribusi *cluster 1*

No	Rincian pengeluaran	biaya retribusi	biaya per bulan
1	Penggelontoran manhole, Perbaikan Pipa, Bak kontrol, dll /bulan	145.000	145.000
2	Pemeriksaan sampel effluen/3 bulan	1.000.000	333.333
3	Listrik dari pompa& blower /bulan	3.000.000	3.000.000
4	Perawatan tanaman dan taman/2 hari	150.000	2.250.000
5	Pengurasan lumpur/2 tahun	500.000	20.833
6	Gaji operator (2) /bulan	3.200.000	6.400.000
Jumlah			12.149.167

**Tabel 8. 2** Biaya Retribusi *cluster 2*

No	Rincian pengeluaran	biaya retribusi	biaya per bulan
1	Penggelontoran manhole, Perbaikan Pipa, Bak kontrol, dll /bulan	145.000	145.000
2	Pemeriksaan sampel effluen/3 bulan	1.000.000	333.333
3	Listrik dari pompa& blower /bulan	3.000.000	3.000.000
4	Perawatan tanaman dan taman/2 hari	150.000	2.250.000
5	Pengurasan lumpur/2 tahun	500.000	20.833
6	Gaji operator (2) /bulan	3.200.000	6.400.000
Jumlah			12.149.167

Sumber:

- \*Petunjuk Teknis Sanimas Reguler, 2017
- \*Biaya OM Prasarana PU Cipta Karya, 2017
- \*Laboratorium Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan ITS, 2017
- \*Perusahaan Listrik Negara (PLN) Sidoarjo, 2017
- \*Jasa Penguras Lumpur Tinja Sidoarjo, 2017
- \*UMR Kabupaten Sidoarjo, 2017

Setelah diperoleh jumlah biaya retribusi bulanan, maka dapat diketahui berapa jumlah biaya iuran warga perbulan berdasarkan jumlah kepala keluarga sesuai dengan pembagian *cluster*. Berikut adalah rincian biaya per kepala keluarga yang tersaji pada table 8.3

**Tabel 8. 3** Biaya Retribusi Tiap Kepala Kelurga Seluruh *Cluster*

<b><i>Cluster</i></b>	<b>Kelurahan</b>	<b>Jumlah KK (KK)</b>	<b>Biaya Retribusi</b>	<b>Iuran Warga (KK)</b>
1	Lemahputro	2165	12.149.167	5.611,62
2	Sidokare	3939	12.149.167	3.084,33

Dari hasil perhitungan diperoleh angka rata—rata Rp 5.600 untuk *Cluster 1* dan Rp 3.100 untuk *Cluster 2*, sehingga untuk memudahkan nantinya akan dikenai biaya retribusi perbulan sebesar Rp 6.000 untuk *Cluster 1* dan Rp 4.000 untuk *Cluster 2* dengan kesepakatan bersama. Kelebihan dari biaya retribusi nantinya akan masuk sebagai uang kas bersama untuk kebutuhan lainnya.



## **BAB 9**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **9.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini antara lain :

1. Perencanaan SPAL
  - a. Wilayah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare termasuk wilayah yang memiliki dataran landai sehingga pengaliran air limbah dapat dilakukan dengan sistem gravitasi.
  - b. Diameter pipa yang digunakan pada perencanaan ini adalah 100 mm, 150 mm dan 200 mm untuk Kelurahan Lemahputro. Sedangkan untuk Kelurahan Sidokare menggunakan diameter pipa 100 mm, 150 mm, 200 mm, dan 250 mm.
  - c. Pada sistem jaringan pipa air limbah Kelurahan Lemahputro dan Sidokare dilengkapi dengan bangunan pelengkap sebagai penunjang daya dukung pengaliran air limbah diantaranya *manhole*. Untuk perencanaan ini ada 4 jenis *manhole* yang digunakan yaitu *Manhole* lurus, *Manhole* belok, *Manhole* pertigaan, *Manhole* perempatan.
2. Perencanaan IPAL
  - a. ABR dari segi kuantitas pengolahan mampu menampung beban air limbah domestic untuk seluruh warga Kelurahan Lemahputro dan Sidokare. Pada kelurahan Lemahputro terdapat 3 ABR yang disusun paralel dalam satu tempat. Kelurahan Sidokare juga sama terdapat 3 ABR yang disusun secara paralel dalam satu tempat.
  - b. Sistem IPAL yang digunakan dari segi kualitas pengolahan mampu menghasilkan *effluent* dibawah baku mutu PERMEN LHK 68 Tahun 2016 untuk TSS, BOD, COD, Minyak dan Lemak, Amonia dan Total Coliform.

3. Rencana Anggaran Biaya SPAL dan IPAL
  - a. RAB total untuk SPAL dan IPAL *Cluster 1* adalah Rp 16.846.319.455 sedangkan RAB total untuk SPAL dan IPAL *Cluster 2* adalah Rp 28.098.885.497.
  - b. Biaya investasi total per KK untuk *Cluster 1* adalah Rp 7.800.000 dan *Cluster 2* adalah Rp 7.200.000
  - c. Biaya retribusi setiap kepala keluarga yang harus dibayar melalui organisasi lingkungan setempat setiap bulannya yaitu sebesar Rp 6.000 *Cluster 1* dan Rp 4.000 *Cluster 2*.

## 9.2. Saran

Apabila diimplementasikan harus diverifikasi kembali dengan data lapangan dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih baik dan detail, sehingga dapat diterapkan di wilayah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Badan Pusat Statistik. 2016. **Kecamatan Sidoarjo dalam angka.** Sidoarjo
- Chandra, Budiman. 2007. **Pengantar Kesehatan Lingkungan.** Jakarta : EGC
- Dewiandratika, Maryam. 2002. **Sistem Penyaluran Air Limbah.** Jakarta : Mutiara
- Fajarwati, Ayi. 2000. **Penyaluran air buangan domestik.** Jakarta : Graha Ilmu
- Foxon, K. M., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., dan Buckley, C. A. 2004. **The anaerobic baffled reactor (ABR): an appropriate technology for on-site sanitation.** Water SA. Vol. 30. pp : 44-50.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. **Materi Bidang Air Limbah I Diseminasi dan Sosialisasi keteknikan Bidang PLP**
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. **Petunjuk Teknis Pembangunan Infrastruktur**
- Kodoaatie, R.J. dan Sjarief, R. 2008. **Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu.** Yogyakarta: Andi 2008
- Metcalf and Eddy. 2003. **Wastewater Engineering : Treatment and Reuse.** Fourth Edition.  
International Edition. McGraw-Hill. New York
- Morel, A., dan Diener, S. 2006. **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods.** SANDEC.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2016. **Standar Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016**

- Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. 2009. **Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029**
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2013. **Baku Mutu Kualitas Air Limbah Domestik Provinsi Jawa Timur Tahun 2013.**
- Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Sidoarjo. 2017. **Produksi Air Bersih PDAM Delta Tirta Kabupaten Sidoarjo Tahun 2017.**
- Said, N.I. 2000. **Teknologi Pengolahan Air Limbah Secara Anaerob dan Aerob Menggunakan Biofilter.** BPPT, Jakarta
- Sasse, L., Gutterer, B., Panzerbieter, T., dan Reckerzügel, T. 2009. ***Decentralised Wasterwater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitattion in Developing Countries.*** BORDA.
- Setiyono. 2009. “Desain Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan Re-use Air di Lingkungan Perhotelan”. **Pusat Teknoloji Lingkungan, BPPT Lingkungan.** JAI 5, 2
- Sugiharto, 2008. **Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah.** Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., dan Stensel, H.D. 2003. ***Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4<sup>th</sup> Edition.*** Metcalf & Eddy.
- Tchobanoglous, George, *et al.*. 2014. **Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery.** 5<sup>th</sup> Edition. New York: McGraw-Hill Education
- Tilley, Elizabeth et al, 2008. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies.** Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Dübendorf, Switzerland., pp.69-70 ISBN 978-3-906484-44-0
- Wang JL, Huang YH, Zhao X., 2004. ***Performance and Characteristics of an Anaerobic Baffled Reactor.*** Bioresour. Technol
- Yuje Qin., Wu Jiandong., Ouyang Hai. 2013. ***The Application of Organica Ecological Technology in Residential Sewage Treatment.*** Journal of Environmental Protection. Vol. 4. Pp 31-34

Tabel 5.7 Pembebanan Saluran *Cluster 1*

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Beban Saluran	Qave	Q Peak	Q min
			m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
1	A1-A2	Tersier	3 % Blok 1	13.27746	16.64858	3.21847
2	A2-A3	Tersier	3 % Blok 1 + (A1-A2)	21.24393	26.63773	5.14956
3	A4-A5	Tersier	4 % Blok 1 + (A2-A3)	31.86590	39.95659	7.72433
4	A6-A7	Tersier	6 % Blok 1	15.93295	19.97830	3.86217
5	A8-A9	Tersier	6 % Blok 1	15.93295	19.97830	3.86217
6	A10-A11	Tersier	7% Blok 1	18.58844	23.30801	4.50586
7	A12-A13	Tersier	12% Blok 1	31.86590	39.95659	7.72433
8	A14-A15	Tersier	15% Blok 1	39.83237	49.94574	9.65542
9	A16-A17	Tersier	5% Blok 1	13.27746	16.64858	3.21847
10	A18-A19	Tersier	4% Blok 1	10.62197	13.31886	2.57478
11	A20-A21	Tersier	4% Blok 1	10.62197	13.31886	2.57478
12	A22-A23	Tersier	3 % Blok 1	7.96647	9.98915	1.93108
13	A24-A25	Tersier	10% Blok 1	26.55491	33.29716	6.43695
14	A26-B4	Tersier	10% Blok 2	37.26041	45.33819	9.66503
15	A27-A28	Tersier	4% Blok 3	6.41890	8.47272	1.40685
16	A29-A30	Tersier	10% Blok 3	16.04726	21.18181	3.51712
17	A31-A32	Tersier	10% Blok 3	16.04726	21.18181	3.51712
18	A33-A34	Tersier	10% Blok 3	16.04726	21.18181	3.51712
19	A35-A36	Tersier	10% Blok 3	16.04726	21.18181	3.51712
20	A37-A38	Tersier	10% Blok 3	16.04726	21.18181	3.51712
21	A39-B9	Tersier	12% Blok 3	19.25671	25.41817	4.22054
22	A40-A41	Tersier	15% Blok 3	24.07089	31.77271	5.27568
23	A42-A43	Tersier	10% Blok 4	30.05014	37.25372	7.46658
24	A44-A45	Tersier	10% Blok 4	30.05014	37.25372	7.46658
25	A46-A47	Tersier	12% Blok 4	36.06017	44.70446	8.95990
26	A48-A49	Tersier	12% Blok 4	36.06017	44.70446	8.95990
27	A50-A51	Tersier	12% Blok 4	36.06017	44.70446	8.95990
28	A52-A53	Tersier	15% Blok 4	45.07521	55.88058	11.19987
29	A54-A55	Tersier	10% Blok 4	30.05014	37.25372	7.46658
30	A56-A57	Tersier	3% Blok 4	9.01504	11.17612	2.23997
31	A57-A58	Tersier	10% Blok 4	30.05014	37.25372	7.46658
32	A59-C1	Tersier	4% Blok 4	12.02006	14.90149	2.98663

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Beban Saluran	Qave	Q Peak	Q min
			m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
33	B1-B2	Sekunder	5% Blok 1 + 5% Blok 2 + (A4-A5) + (A6-A7) + (A8-A9)+ (A10-A11) + (A12-A13) + (A14-A15)	207.17009	259.07893	50.5348
34	B3-B4	Sekunder	13% Blok 1 + (A18-A19) + (A20-A21) + (A22-A23) + (A24-A25) + (A26-B4)	127.54712	158.54854	31.5506
35	B4-B5	Sekunder	55% Blok 2 + (A26-B4) + (B3-B4)	369.73980	453.24680	94.3733
36	B5-B6	Sekunder	10% Blok 2 + (B4-B5)	407.00021	498.58500	104.0384
37	B6-B7	Sekunder	8% Blok 2 + (B5-B6)	436.80854	534.85555	111.7704
38	B2-B8	Sekunder	12% Blok 2 + (B1-B2)	251.88258	313.48476	62.1329
39	B8-C1	Sekunder	8% Blok 3 + (A27-A28) + (A29-A30) + (A31-A32) + (A33-A34) + (A35-A36) + (A37-A38) + (B2-B8)	351.37558	444.81197	83.9390
40	B9-C2	Sekunder	3% Blok 3 + (A39-B9) + (A40-A41)	48.14177	63.54542	10.5514
41	B7-C1	Primer	8% Blok 3 + (A42-A43) + (A44-A45) + (A46-A47) + (A48-A49) + (A50-A51) + (A52-A53) + (A54-A55) + (A56-A57) + (A57-A58) + (B6-B7)	732.11764	901.98593	184.7699
42	C1-C2	Primer	(A9-C1) + (B8-C1) + (B7-C1)	1095.51327	1361.69939	271.6956
43	C2-C3	Primer	(B9-C2) + (C1-C2)	1143.65504	1425.24481	282.2469
44	C3-IPAL	Primer	SP	1143.65504	1425.24481	282.2469

Tabel 5.8 Pembebanan Saluran *Cluster 2*

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Beban Saluran	Qave	Q Peak	Q min
			m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
1	A1-B1	Tersier	5 % Blok 2	38.99515	44.95241	11.72532
2	A2-A3	Tersier	10 % Blok 2	77.99031	89.90481	23.45064
3	A4-A5	Tersier	10 % Blok 2	77.99031	89.90481	23.45064
4	A6-A7	Tersier	10 % Blok 2	77.99031	89.90481	23.45064
5	A8-A4	Tersier	5 % Blok 2	38.99515	44.95241	11.72532
6	A9-A6	Tersier	10 % Blok 2	77.99031	89.90481	23.45064
7	A10-A6	Tersier	10 % Blok 2	77.99031	89.90481	23.45064
8	A11-A12	Tersier	10 % Blok 2	77.99031	89.90481	23.45064
9	A13-A14	Tersier	5% Blok 2	38.99515	44.95241	11.72532
10	A12-B2	Tersier	SK 8 + SK 9	116.98546	134.85722	35.17596
11	A15-B2	Tersier	15% Blok 2	116.98546	134.85722	35.17596
12	A16-B3	Tersier	3% Blok 3	24.59694	28.26575	7.47032
13	A17-A18	Tersier	3% Blok 3	24.59694	28.26575	7.47032
14	A19-A20	Tersier	3% Blok 3	24.59694	28.26575	7.47032
15	A21-A22	Tersier	5% Blok 3 + (A56-A21)	81.98981	94.21918	24.90106
16	A23-A24	Tersier	5% Blok 3	40.99491	47.10959	12.45053
17	A25-A26	Tersier	5% Blok 3 + (A57-A25)	139.38268	160.17261	42.33180
18	A27-A28	Tersier	2% Blok 3 + (A38-A27)	32.79592	37.68767	9.96042
19	A29-A30	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
20	A31-A32	Tersier	2% Blok 3 + (A51-A31)	98.38777	113.06302	29.88127
21	A33-A34	Tersier	5% Blok 3	40.99491	47.10959	12.45053
22	A35-A36	Tersier	2% Blok 3 + (A52-A35) + (A53-A54)	146.83476	165.57144	61.39144
23	A37-B3	Tersier	2% Blok 3 + (A55-A37)	40.99491	47.10959	12.45053
24	A38-A27	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
25	A39-A31	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011
26	A40-A41	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011
27	A42-A43	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011
28	A44-A45	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011
29	A46-A47	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011
30	A48-A49	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011
31	A50-A51	Tersier	1% Blok 3	8.19898	9.42192	2.49011

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Beban Saluran	Qave	Q Peak	Q min
			m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
32	A51-A31	Tersier	3% Blok 3 + (A39-A31) + (A40-A41) + (A42-A43) + (A44-A45) + (A46-A47) + (A48-A49) + (A50-A51)	81.98981	94.21918	24.90106
33	A52-A35	Tersier	3% Blok 3 + (A58-A52) + (A66-A52)	89.44189	99.61801	43.96069
34	A53-A54	Tersier	3% Blok 3 + (A67-A53)	40.99491	47.10959	12.45053
35	A55-A37	Tersier	3% Blok 3	24.59694	28.26575	7.47032
36	A56-A21	Tersier	5% Blok 3	40.99491	47.10959	12.45053
37	A57-A25	Tersier	1% Blok 3 + (A63-57) + (A68-A57)	98.38777	113.06302	29.88127
38	A58-A52	Tersier	1% Blok 3 + (A64-A65)	40.24801	46.75531	11.89343
39	A59-A60	Tersier	1% Blok 3	3.72604	4.53382	0.96650
40	A61-A62	Tersier	1% Blok 3	3.72604	4.53382	0.96650
41	A63-A57	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
42	A64-A65	Tersier	2% Blok 3 + (A59-A60) + (A61-A62)	23.85004	27.91148	6.91322
43	A66-A52	Tersier	3% Blok 3	24.59694	28.26575	7.47032
44	A67-A53	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
45	A68-A57	Tersier	2% Blok 3 + (A69-A70) + (A80-A68)	65.59185	75.37534	19.92085
46	A69-A70	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
47	A71-A72	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
48	A73-A74	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
49	A75-A76	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
50	A77-A78	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
51	A74-A79	Tersier	2% Blok 3 + (A71-A72) + (A78-A74)	114.78574	131.90685	34.86149
52	A80-A68	Tersier	2% Blok 3 + (A81-A80)	32.79592	37.68767	9.96042
53	A78-A74	Tersier	2% Blok 3 + (A73-A74) + (A75-A76) + (A77-A78) + (A82-A78)	81.98981	94.21918	24.90106
54	A81-A80	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
55	A82-A78	Tersier	2% Blok 3	16.39796	18.84384	4.98021
56	A83-A84	Tersier	15% Blok 1	59.99255	72.57309	15.78354
57	A83-B5	Tersier	25% Blok 1	99.98758	120.95516	26.30590



No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Beban Saluran	Qave	Q Peak	Q min
			m <sup>3</sup> /detik	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
58	B1-C1	Sekunder	20% Blok 1 + A1-B1 + (A2-A3) + (A4-A5) + (A6-A7)	352.95614	411.43098	103.12197
59	B2-C1	Sekunder	5% Blok 2+ (A12-B2) + (A15-B2)	272.96608	314.66685	82.07725
60	B3-B4	Sekunder	(A16-B3) + (A17-A18) + (A19-A20) + (A21-A22) + (A23-A24) + (A25-A26) + (A27-A28) + (A29-A30) + (A31-A32) + (A33-A34) + (A35-A36) + (A37-B3)	712.56447	815.68378	233.20876
61	B5-C2	Sekunder	15% Blok 1 + (A83-B5)	159.98012	193.52825	42.08945
62	C1-C2	Primer	15% Blok 1 + (A83-A84) + (B1-C1) + (B2-C1)	745.90732	871.24401	216.76631
63	C2-C3	Primer	5% Blok 1 + (B5-C2) + (C1-C2)	925.88495	1088.96329	264.11694
64	B4-C3	Primer	5% Blok 1 + (B3-B4)	732.56198	839.87481	238.46994
65	C3-C4	Primer	C2-C3 + B4-C3	1658.44694	1928.83810	502.58688
66	C4-IPAL	Primer	SP	1658.44694	1928.83810	502.58688

Tabel 5.9 Dimensi Pipa Saluran *Cluster 1*

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa	Q Peak	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Vpeak / Vfull	Qfull	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	n	D hitung		D dipakai	
		(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)				(m <sup>3</sup> /s)	awal	akhir					(m)	(mm)	(mm)	(m)
A1-A2	Tersier	161	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0002	13.5	13.5	0	0.0000	0.0030	0.013	0.037	37	100	0.100
A2-A3	Tersier	66	0.0003	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0003	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.044	44	100	0.100
A4-A5	Tersier	215	0.0005	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0005	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.051	51	100	0.100
A6-A7	Tersier	215	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A8-A9	Tersier	212	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A10-A11	Tersier	216	0.0003	0.00005	0.8	0.98	1.15	0.0003	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.042	42	100	0.100
A12-A13	Tersier	211	0.0005	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0005	12.0	12.0	0	0.0000	0.0030	0.013	0.051	51	100	0.100
A14-A15	Tersier	306	0.0006	0.00011	0.8	0.98	1.15	0.0006	12.0	10.8	1.2	0.0039	0.0030	0.013	0.056	56	100	0.100
A16-A17	Tersier	125	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.037	37	100	0.100
A18-A19	Tersier	128	0.0002	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.034	34	100	0.100
A20-A21	Tersier	126	0.0002	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.034	34	100	0.100
A22-A23	Tersier	93	0.0001	0.00002	0.8	0.98	1.15	0.0001	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A24-A25	Tersier	127	0.0004	0.00007	0.8	0.98	1.15	0.0004	12.0	12.0	0	0.0000	0.0030	0.013	0.048	48	100	0.100
A26-B4	Tersier	135	0.0005	0.00011	0.8	0.98	1.15	0.0005	10.8	10.8	0	0.0000	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A27-A28	Tersier	193	0.0001	0.00002	0.8	0.98	1.15	0.0001	10.8	10.5	0.3	0.0016	0.0030	0.013	0.029	29	100	0.100
A29-A30	Tersier	194	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0003	10.5	10.2	0.3	0.0015	0.0030	0.013	0.040	40	100	0.100
A31-A32	Tersier	193	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0003	10.2	9.9	0.3	0.0016	0.0030	0.013	0.040	40	100	0.100
A33-A34	Tersier	197	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0003	9.9	9.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.040	40	100	0.100
A35-A36	Tersier	201	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0003	9.9	9.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.040	40	100	0.100
A37-A38	Tersier	199	0.0002	0.00004	0.8	0.98	1.15	0.0003	9.9	9.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.040	40	100	0.100
A39-B9	Tersier	205	0.0003	0.00005	0.8	0.98	1.15	0.0003	9.9	9.6	0.3	0.0015	0.0030	0.013	0.043	43	100	0.100
A40-A41	Tersier	182	0.0004	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0004	9.9	9.6	0.3	0.0016	0.0030	0.013	0.047	47	100	0.100

Jalur Pipa	Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	d peak/D	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	Vpeak
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)					(m/s)	(m/s)
A1-A2	0.002	0.008	0.3	0.079	0.179	0.02	0.115	0.5	0.3	0.36
A2-A3	0.002	0.008	0.3	0.126	0.226	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A4-A5	0.002	0.008	0.3	0.189	0.289	0.06	0.160	0.58	0.3	0.36
A6-A7	0.002	0.008	0.3	0.094	0.194	0.02	0.118	0.5	0.3	0.36
A8-A9	0.002	0.008	0.3	0.094	0.194	0.02	0.118	0.5	0.3	0.36
A10-A11	0.002	0.008	0.3	0.110	0.210	0.02	0.121	0.51	0.3	0.36
A12-A13	0.002	0.008	0.3	0.189	0.289	0.04	0.136	0.55	0.3	0.36
A14-A15	0.002	0.008	0.3	0.236	0.336	0.05	0.146	0.57	0.3	0.36
A16-A17	0.002	0.008	0.3	0.079	0.179	0.02	0.115	0.5	0.3	0.36
A18-A19	0.002	0.008	0.3	0.063	0.163	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A20-A21	0.002	0.008	0.3	0.063	0.163	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A22-A23	0.002	0.008	0.3	0.047	0.147	0.01	0.109	0.49	0.3	0.36
A24-A25	0.002	0.008	0.3	0.157	0.257	0.03	0.130	0.55	0.3	0.36
A26-B4	0.002	0.008	0.3	0.214	0.314	0.05	0.146	0.57	0.3	0.36
A27-A28	0.002	0.008	0.3	0.040	0.140	0.01	0.107	0.49	0.3	0.36
A29-A30	0.002	0.008	0.3	0.100	0.200	0.02	0.117	0.5	0.3	0.36
A31-A32	0.002	0.008	0.3	0.100	0.200	0.02	0.117	0.5	0.3	0.36
A33-A34	0.002	0.008	0.3	0.100	0.200	0.02	0.117	0.5	0.3	0.36
A35-A36	0.002	0.008	0.3	0.100	0.200	0.02	0.117	0.5	0.3	0.36
A37-A38	0.002	0.008	0.3	0.100	0.200	0.02	0.117	0.5	0.3	0.36
A39-B9	0.002	0.008	0.3	0.120	0.220	0.02	0.120	0.51	0.3	0.36
A40-A41	0.002	0.008	0.3	0.150	0.250	0.02	0.125	0.52	0.3	0.36

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa	Q Peak	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Vpeak / Vfull	Qfull	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	n	D hitung		D dipakai	
		(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)				(m <sup>3</sup> /s)	awal	akhir					(m)	(mm)	(mm)	(m)
A42-A43	Tersier	153	0.0004	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0004	10.2	10.2	0	0.0000	0.0030	0.013	0.050	50	100	0.100
A44-A45	Tersier	152	0.0004	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0004	9.9	9.6	0.3	0.0020	0.0030	0.013	0.050	50	100	0.100
A46-A47	Tersier	309	0.0005	0.00010	0.8	0.98	1.15	0.0005	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.053	53	100	0.100
A48-A49	Tersier	318	0.0005	0.00010	0.8	0.98	1.15	0.0005	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.053	53	100	0.100
A50-A51	Tersier	319	0.0005	0.00010	0.8	0.98	1.15	0.0005	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.053	53	100	0.100
A52-A53	Tersier	320	0.0006	0.00013	0.8	0.98	1.15	0.0007	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.058	58	100	0.100
A54-A55	Tersier	164	0.0004	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0004	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.050	50	100	0.100
A56-A57	Tersier	108	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.032	32	100	0.100
A57-A58	Tersier	93	0.0004	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0004	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.050	50	100	0.100
A59-C1	Tersier	84	0.0002	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0002	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.035	35	100	0.100
B1-B2	Sekunder	396	0.0030	0.00058	0.8	0.98	1.15	0.0031	13.5	10.8	2.7	0.0068	0.0030	0.013	0.103	103	150	0.150
B3-B4	Sekunder	311	0.0018	0.00037	0.8	0.98	1.15	0.0019	12.9	10.8	2.1	0.0068	0.0030	0.013	0.086	86	100	0.100
B4-B5	Sekunder	401	0.0052	0.00109	0.8	0.98	1.15	0.0054	10.8	10.8	0	0.0000	0.0030	0.013	0.127	127	150	0.150
B5-B6	Sekunder	179	0.0058	0.00120	0.8	0.98	1.15	0.0059	10.8	10.5	0.3	0.0017	0.0030	0.013	0.132	132	150	0.150
B6-B7	Sekunder	152	0.0062	0.00129	0.8	0.98	1.15	0.0063	10.5	10.5	0	0.0000	0.0030	0.013	0.135	135	150	0.150
B2-B8	Sekunder	302	0.0036	0.00072	0.8	0.98	1.15	0.0037	10.8	10.5	0.3	0.0010	0.0030	0.013	0.111	111	150	0.150
B8-C1	Sekunder	369	0.0051	0.00097	0.8	0.98	1.15	0.0053	10.5	9.6	0.9	0.0024	0.0030	0.013	0.126	126	150	0.150
B9-C2	Sekunder	148	0.0007	0.00012	0.8	0.98	1.15	0.0008	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.061	61	100	0.100
B7-C1	Primer	319	0.0104	0.00214	0.8	0.98	1.15	0.0107	10.5	9.6	0.9	0.0028	0.0030	0.013	0.164	164	200	0.200
C1-C2	Primer	103	0.0158	0.00314	0.8	0.98	1.15	0.0161	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.192	192	200	0.200
C2-C3	Primer	16	0.0165	0.00327	0.8	0.98	1.15	0.0168	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.195	195	200	0.200
C3-IPAL	Primer	16	0.0165	0.00327	0.8	0.98	1.15	0.0168	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.195	195	200	0.200

Jalur Pipa	Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	d peak/D	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	Vpeak
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)		(m/s)			(m/s)	
A42-A43	0.002	0.008	0.3	0.176	0.276	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A44-A45	0.002	0.008	0.3	0.176	0.276	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A46-A47	0.002	0.008	0.3	0.211	0.311	0.04	0.142	0.56	0.3	0.36
A48-A49	0.002	0.008	0.3	0.211	0.311	0.04	0.142	0.56	0.3	0.36
A50-A51	0.002	0.008	0.3	0.211	0.311	0.04	0.142	0.56	0.3	0.36
A52-A53	0.002	0.008	0.3	0.264	0.364	0.05	0.153	0.58	0.3	0.36
A54-A55	0.002	0.008	0.3	0.176	0.276	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A56-A57	0.002	0.008	0.3	0.053	0.153	0.01	0.111	0.5	0.3	0.36
A57-A58	0.002	0.008	0.3	0.176	0.276	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A59-C1	0.002	0.008	0.3	0.070	0.170	0.01	0.114	0.5	0.3	0.36
B1-B2	0.007	0.018	0.4	0.415	0.515	0.08	0.181	0.6	0.3	0.47
B3-B4	0.002	0.008	0.3	0.748	0.848	0.15	0.249	0.7	0.3	0.36
B4-B5	0.007	0.018	0.4	0.726	0.826	0.15	0.251	0.7	0.3	0.47
B5-B6	0.007	0.018	0.4	0.798	0.898	0.17	0.267	0.72	0.3	0.47
B6-B7	0.007	0.018	0.4	0.856	0.956	0.18	0.279	0.75	0.3	0.47
B2-B8	0.007	0.018	0.4	0.502	0.602	0.10	0.199	0.62	0.3	0.47
B8-C1	0.007	0.018	0.4	0.712	0.812	0.13	0.234	0.65	0.3	0.47
B9-C2	0.002	0.008	0.3	0.300	0.400	0.05	0.150	0.58	0.3	0.36
B7-C1	0.016	0.031	0.5	0.671	0.771	0.14	0.237	0.65	0.3	0.57
C1-C2	0.016	0.031	0.5	1.012	1.112	0.20	0.302	0.63	0.3	0.57
C2-C3	0.016	0.031	0.5	1.059	1.159	0.21	0.310	0.63	0.3	0.57
C3-IPAL	0.016	0.031	0.5	1.059	1.159	0.21	0.310	0.63	0.3	0.57

Tabel 5.10 Dimensi Pipa Saluran Cluster 2

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa	Q Peak	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Vpeak / Vfull	Qfull	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	n	D hitung		D dipakai	
		(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)				(m <sup>3</sup> /s)	awal	akhir					(m)	(mm)	(mm)	(m)
A1-B1	Tersier	333	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0005	11.4	9.9	1.5	0.0045	0.0030	0.013	0.053	53	100	0.100
A2-A3	Tersier	364	0.0010	0.00027	0.8	0.98	1.15	0.0011	11.4	9.9	1.5	0.0041	0.0030	0.013	0.069	69	100	0.100
A4-A5	Tersier	374	0.0010	0.00027	0.8	0.98	1.15	0.0011	11.4	9.9	1.5	0.0040	0.0030	0.013	0.069	69	100	0.100
A6-A7	Tersier	383	0.0010	0.00027	0.8	0.98	1.15	0.0011	11.4	9.9	1.5	0.0039	0.0030	0.013	0.069	69	100	0.100
A8-A4	Tersier	550	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0005	12.9	11.4	1.5	0.0027	0.0030	0.013	0.053	53	100	0.100
A9-A6	Tersier	541	0.0010	0.00027	0.8	0.98	1.15	0.0011	12.9	11.4	1.5	0.0028	0.0030	0.013	0.069	69	100	0.100
A10-A6	Tersier	514	0.0010	0.00027	0.8	0.98	1.15	0.0011	12.9	11.4	1.5	0.0029	0.0030	0.013	0.069	69	100	0.100
A11-A12	Tersier	511	0.0010	0.00027	0.8	0.98	1.15	0.0011	12.9	11.4	1.5	0.0029	0.0030	0.013	0.069	69	100	0.100
A13-A14	Tersier	233	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0005	12.9	11.4	1.5	0.0064	0.0030	0.013	0.053	53	100	0.100
A12-B2	Tersier	62	0.0016	0.00041	0.8	0.98	1.15	0.0016	11.4	11.4	0	0.0000	0.0030	0.013	0.081	81	100	0.100
A15-B2	Tersier	516	0.0016	0.00041	0.8	0.98	1.15	0.0016	12.9	11.4	1.5	0.0029	0.0030	0.013	0.081	81	100	0.100
A16-B3	Tersier	314	0.0003	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0003	11.4	9.9	1.5	0.0048	0.0030	0.013	0.045	45	100	0.100
A17-A18	Tersier	313	0.0003	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0003	11.4	9.9	1.5	0.0048	0.0030	0.013	0.045	45	100	0.100
A19-A20	Tersier	319	0.0003	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0003	11.4	9.9	1.5	0.0047	0.0030	0.013	0.045	45	100	0.100
A21-A22	Tersier	333	0.0011	0.00029	0.8	0.98	1.15	0.0011	11.4	9.9	1.5	0.0045	0.0030	0.013	0.070	70	100	0.100
A23-A24	Tersier	335	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0006	11.4	9.9	1.5	0.0045	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A25-A26	Tersier	332	0.0019	0.00049	0.8	0.98	1.15	0.0019	11.4	9.9	1.5	0.0045	0.0030	0.013	0.086	86	100	0.100
A27-A28	Tersier	140	0.0004	0.00012	0.8	0.98	1.15	0.0004	10.8	9.9	0.9	0.0064	0.0030	0.013	0.050	50	100	0.100
A29-A30	Tersier	137	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	10.8	9.9	0.9	0.0066	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A31-A32	Tersier	138	0.0013	0.00035	0.8	0.98	1.15	0.0013	10.8	9.9	0.9	0.0065	0.0030	0.013	0.075	75	100	0.100
A33-A34	Tersier	253	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0006	11.4	9.9	1.5	0.0059	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A35-A36	Tersier	144	0.0019	0.00071	0.8	0.98	1.15	0.0020	10.8	9.9	0.9	0.0062	0.0030	0.013	0.087	87	100	0.100

Jalur Pipa	Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	d peak/D	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	Vpeak
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)					(m/s)	(m/s)
A1-B1	0.002	0.008	0.3	0.212	0.312	0.06	0.155	0.58	0.3	0.36
A2-A3	0.002	0.008	0.3	0.424	0.524	0.11	0.211	0.63	0.3	0.36
A4-A5	0.002	0.008	0.3	0.424	0.524	0.06	0.160	0.58	0.3	0.36
A6-A7	0.002	0.008	0.3	0.424	0.524	0.11	0.211	0.63	0.3	0.36
A8-A4	0.002	0.008	0.3	0.212	0.312	0.06	0.155	0.58	0.3	0.36
A9-A6	0.002	0.008	0.3	0.424	0.524	0.11	0.211	0.63	0.3	0.36
A10-A6	0.002	0.008	0.3	0.424	0.524	0.11	0.211	0.63	0.3	0.36
A11-A12	0.002	0.008	0.3	0.424	0.524	0.11	0.211	0.63	0.3	0.36
A13-A14	0.002	0.008	0.3	0.212	0.312	0.06	0.155	0.58	0.3	0.36
A12-B2	0.002	0.008	0.3	0.637	0.737	0.17	0.266	0.65	0.3	0.36
A15-B2	0.002	0.008	0.3	0.637	0.737	0.17	0.266	0.65	0.3	0.36
A16-B3	0.002	0.008	0.3	0.133	0.233	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A17-A18	0.002	0.008	0.3	0.133	0.233	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A19-A20	0.002	0.008	0.3	0.133	0.233	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A21-A22	0.002	0.008	0.3	0.445	0.545	0.12	0.218	0.63	0.3	0.36
A23-A24	0.002	0.008	0.3	0.222	0.322	0.06	0.159	0.58	0.3	0.36
A25-A26	0.002	0.008	0.3	0.756	0.856	0.20	0.300	0.8	0.3	0.36
A27-A28	0.002	0.008	0.3	0.178	0.278	0.05	0.147	0.57	0.3	0.36
A29-A30	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A31-A32	0.002	0.008	0.3	0.534	0.634	0.14	0.241	0.67	0.3	0.36
A33-A34	0.002	0.008	0.3	0.222	0.322	0.06	0.159	0.58	0.3	0.36
A35-A36	0.002	0.008	0.3	0.782	0.882	0.29	0.390	0.9	0.3	0.36

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa	Q Peak	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Vpeak / Vfull	Qfull	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	n	D hitung		D dipakai	
		(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)				(m <sup>3</sup> /s)	awal	akhir					(m)	(mm)	(mm)	(m)
A37-B3	Tersier	141	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0006	10.8	9.9	0.9	0.0064	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A38-A27	Tersier	188	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	11.4	10.8	0.6	0.0032	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A39-A31	Tersier	51	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	10.8	10.8	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A40-A41	Tersier	52	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	10.8	10.8	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A42-A43	Tersier	53	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	10.8	10.8	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A44-A45	Tersier	54	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	11.4	11.4	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A46-A47	Tersier	54	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	11.4	11.4	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A48-A49	Tersier	55	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	11.4	11.4	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A50-A51	Tersier	58	0.0001	0.00003	0.8	0.98	1.15	0.0001	11.4	11.4	0	0.0000	0.0030	0.013	0.030	30	100	0.100
A51-A31	Tersier	184	0.0011	0.00029	0.8	0.98	1.15	0.0011	11.4	10.8	0.6	0.0033	0.0030	0.013	0.070	70	100	0.100
A52-A35	Tersier	181	0.0012	0.00051	0.8	0.98	1.15	0.0012	11.4	10.8	0.6	0.0033	0.0030	0.013	0.072	72	100	0.100
A53-A54	Tersier	181	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0006	11.4	10.8	0.6	0.0033	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A55-A37	Tersier	197	0.0003	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0003	11.4	10.8	0.6	0.0030	0.0030	0.013	0.045	45	100	0.100
A56-A21	Tersier	410	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0006	12.9	11.4	1.5	0.0037	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A57-A25	Tersier	118	0.0013	0.00035	0.8	0.98	1.15	0.0013	12.3	11.4	0.9	0.0076	0.0030	0.013	0.075	75	100	0.100
A58-A52	Tersier	172	0.0005	0.00014	0.8	0.98	1.15	0.0006	11.4	11.4	0	0.0000	0.0030	0.013	0.054	54	100	0.100
A59-A60	Tersier	101	0.0001	0.00001	0.8	0.98	1.15	0.0001	12.3	12.3	0	0.0000	0.0030	0.013	0.023	23	100	0.100
A61-A62	Tersier	101	0.0001	0.00001	0.8	0.98	1.15	0.0001	12.3	12.3	0	0.0000	0.0030	0.013	0.023	23	100	0.100
A63-A57	Tersier	173	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.3	12.3	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A64-A65	Tersier	107	0.0003	0.00008	0.8	0.98	1.15	0.0003	12.3	11.4	0.9	0.0084	0.0030	0.013	0.045	45	100	0.100



Jalur Pipa	Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	d peak/D	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	Vpeak
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)					(m/s)	(m/s)
A37-B3	0.002	0.008	0.3	0.222	0.322	0.06	0.159	0.58	0.3	0.36
A38-A27	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A39-A31	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A40-A41	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A42-A43	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A44-A45	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A46-A47	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A48-A49	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A50-A51	0.002	0.008	0.3	0.044	0.144	0.01	0.112	0.5	0.3	0.36
A51-A31	0.002	0.008	0.3	0.445	0.545	0.12	0.218	0.63	0.3	0.36
A52-A35	0.002	0.008	0.3	0.470	0.570	0.21	0.307	0.8	0.3	0.36
A53-A54	0.002	0.008	0.3	0.222	0.322	0.06	0.159	0.58	0.3	0.36
A55-A37	0.002	0.008	0.3	0.133	0.233	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A56-A21	0.002	0.008	0.3	0.222	0.322	0.06	0.159	0.58	0.3	0.36
A57-A25	0.002	0.008	0.3	0.534	0.634	0.14	0.241	0.67	0.3	0.36
A58-A52	0.002	0.008	0.3	0.221	0.321	0.06	0.156	0.58	0.3	0.36
A59-A60	0.002	0.008	0.3	0.021	0.121	0.00	0.105	0.49	0.3	0.36
A61-A62	0.002	0.008	0.3	0.021	0.121	0.00	0.105	0.49	0.3	0.36
A63-A57	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A64-A65	0.002	0.008	0.3	0.132	0.232	0.03	0.133	0.55	0.3	0.36

Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa	Q Peak	Q min	d/D	Qpeak / Qfull	Vpeak / Vfull	Qfull	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	n	D hitung		D dipakai	
		(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)				(m <sup>3</sup> /s)	awal	akhir					(m)	(mm)	(mm)	(m)
A66-A52	Tersier	144	0.0003	0.00009	0.8	0.98	1.15	0.0003	12.3	11.4	0.9	0.0062	0.0030	0.013	0.045	45	100	0.100
A67-A53	Tersier	114	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.3	11.4	0.9	0.0079	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A68-A57	Tersier	95	0.0009	0.00023	0.8	0.98	1.15	0.0009	12.9	12.3	0.6	0.0063	0.0030	0.013	0.065	65	100	0.100
A69-A70	Tersier	171	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.3	12.3	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A71-A72	Tersier	130	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A73-A74	Tersier	152	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A75-A76	Tersier	96	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A77-A78	Tersier	86	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A74-A79	Tersier	64	0.0015	0.00040	0.8	0.98	1.15	0.0016	12.9	12.3	0.6	0.0094	0.0030	0.013	0.080	80	100	0.100
A80-A68	Tersier	88	0.0004	0.00012	0.8	0.98	1.15	0.0004	13.5	12.9	0.6	0.0068	0.0030	0.013	0.050	50	100	0.100
A78-A74	Tersier	84	0.0011	0.00029	0.8	0.98	1.15	0.0011	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.070	70	100	0.100
A81-A80	Tersier	111	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A82-A78	Tersier	99	0.0002	0.00006	0.8	0.98	1.15	0.0002	12.9	12.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.039	39	100	0.100
A83-A84	Tersier	136	0.0008	0.00018	0.8	0.98	1.15	0.0009	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.064	64	100	0.100
A83-B5	Tersier	291	0.0014	0.00030	0.8	0.98	1.15	0.0014	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.077	77	100	0.100
B1-C1	Sekunder	316	0.0048	0.00119	0.8	0.98	1.15	0.0049	9.9	9.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.122	122	150	0.150
B2-C1	Sekunder	386	0.0036	0.00095	0.8	0.98	1.15	0.0037	11.4	9.9	1.5	0.0039	0.0030	0.013	0.111	111	150	0.150
B3-B4	Sekunder	331	0.0094	0.00270	0.8	0.98	1.15	0.0096	9.9	9.9	0	0.0000	0.0030	0.013	0.158	158	200	0.200
B5-C2	Sekunder	185	0.0022	0.00049	0.8	0.98	1.15	0.0023	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.092	92	100	0.100
C1-C2	Primer	205	0.0101	0.00251	0.8	0.98	1.15	0.0103	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.162	162	200	0.200
C2-C3	Primer	64	0.0126	0.00306	0.8	0.98	1.15	0.0129	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.176	176	200	0.200
B4-C3	Primer	91	0.0097	0.00276	0.8	0.98	1.15	0.0099	9.9	9.6	0.3	0.0033	0.0030	0.013	0.160	160	200	0.200
C3-C4	Primer	16	0.0223	0.00582	0.8	0.98	1.15	0.0228	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.219	219	250	0.250
C4-IPAL	Primer	16	0.0223	0.00582	0.8	0.98	1.15	0.0228	9.6	9.6	0	0.0000	0.0030	0.013	0.219	219	250	0.250

Jalur Pipa	Qfull check	A full	Vfull cek	Q peak/Q full check	d peak/D	Q min/Q full	d min/D	V min/V full	V min	Vpeak
	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)					(m/s)	(m/s)
A66-A52	0.002	0.008	0.3	0.133	0.233	0.04	0.135	0.55	0.3	0.36
A67-A53	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A68-A57	0.002	0.008	0.3	0.356	0.456	0.09	0.194	0.62	0.3	0.36
A69-A70	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A71-A72	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A73-A74	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A75-A76	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A77-A78	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A74-A79	0.002	0.008	0.3	0.623	0.723	0.16	0.265	0.72	0.3	0.36
A80-A68	0.002	0.008	0.3	0.178	0.278	0.05	0.147	0.57	0.3	0.36
A78-A74	0.002	0.008	0.3	0.445	0.545	0.12	0.218	0.63	0.3	0.36
A81-A80	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A82-A78	0.002	0.008	0.3	0.089	0.189	0.02	0.124	0.51	0.3	0.36
A83-A84	0.002	0.008	0.3	0.343	0.443	0.07	0.174	0.58	0.3	0.36
A83-B5	0.002	0.008	0.3	0.571	0.671	0.12	0.224	0.64	0.3	0.36
B1-C1	0.007	0.018	0.4	0.659	0.759	0.17	0.265	0.72	0.3	0.47
B2-C1	0.007	0.018	0.4	0.504	0.604	0.13	0.231	0.65	0.3	0.47
B3-B4	0.016	0.031	0.5	0.606	0.706	0.17	0.273	0.75	0.4	0.57
B5-C2	0.002	0.008	0.3	0.913	1.013	0.20	0.299	0.8	0.3	0.36
C1-C2	0.016	0.031	0.5	0.648	0.748	0.16	0.261	0.72	0.4	0.57
C2-C3	0.016	0.031	0.5	0.809	0.909	0.20	0.296	0.8	0.4	0.57
B4-C3	0.016	0.031	0.5	0.624	0.724	0.18	0.277	0.75	0.4	0.57
C3-C4	0.028	0.049	0.6	0.791	0.891	0.21	0.306	0.8	0.5	0.66
C4-IPAL	0.028	0.049	0.6	0.791	0.891	0.21	0.306	0.8	0.5	0.66

Tabel 5.11 Penanaman Pipa Saluran Cluster 1

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Headloss (m)	Elevasi awal pipa (m)		Elevasi akhir pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
			awal	akhir					bawah	atas	bawah	atas		Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	A1-A2	161	13.5	13.5	0	0.0000	0.003	0.5	12.4	12.5	11.9	12.0	0.10	1.1	1.6	1.2	1.7
2	A2-A3	66	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.2	11.8	11.9	11.6	11.7	0.10	1.1	1.3	1.2	1.4
3	A4-A5	215	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.6	11.8	11.9	11.2	11.3	0.10	1.1	1.7	1.2	1.8
4	A6-A7	215	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.6	11.8	11.9	11.2	11.3	0.10	1.1	1.7	1.2	1.8
5	A8-A9	212	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.6	11.8	11.9	11.2	11.3	0.10	1.1	1.7	1.2	1.8
6	A10-A11	216	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.6	11.8	11.9	11.2	11.3	0.10	1.1	1.7	1.2	1.8
7	A12-A13	211	12.0	12.0	0	0.0000	0.003	0.6	11.2	11.3	10.5	10.6	0.10	0.9	1.5	1.0	1.6
8	A14-A15	306	12.0	10.8	1.2	0.0039	0.003	0.9	11.2	11.3	10.2	10.3	0.10	0.9	0.6	1.0	0.7
9	A16-A17	125	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.4	11.5	11.6	11.1	11.2	0.10	1.4	1.8	1.5	1.9
10	A18-A19	128	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.4	11.5	11.6	11.1	11.2	0.10	1.4	1.8	1.5	1.9
11	A20-A21	126	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.4	11.5	11.6	11.1	11.2	0.10	1.4	1.8	1.5	1.9
12	A22-A23	93	12.9	12.9	0	0.0000	0.003	0.3	11.3	11.4	11.0	11.1	0.10	1.6	1.9	1.7	2.0
13	A24-A25	127	12.0	12.0	0	0.0000	0.003	0.4	11.2	11.3	10.8	10.9	0.10	0.9	1.2	1.0	1.3
14	A26-B4	135	10.8	10.8	0	0.0000	0.003	0.2	10.4	10.5	10.2	10.3	0.10	0.4	0.6	0.5	0.7
15	A27-A28	193	10.8	10.5	0.3	0.0016	0.003	0.6	9.4	9.5	8.8	8.9	0.10	1.4	1.7	1.5	1.8
16	A29-A30	194	10.5	10.2	0.3	0.0015	0.003	0.6	9.4	9.5	8.8	8.9	0.10	1.1	1.4	1.2	1.5
17	A31-A32	193	10.2	9.9	0.3	0.0016	0.003	0.6	9.1	9.2	8.5	8.6	0.10	1.1	1.4	1.2	1.5
18	A33-A34	197	9.9	9.9	0	0.0000	0.003	0.6	9.1	9.2	8.5	8.6	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
19	A35-A36	201	9.9	9.9	0	0.0000	0.003	0.6	9.1	9.2	8.4	8.5	0.10	0.9	1.5	1.0	1.6
20	A37-A38	199	9.9	9.9	0	0.0000	0.003	0.6	9.0	9.1	8.4	8.5	0.10	0.9	1.5	1.1	1.6
21	A39-B9	205	9.9	9.6	0.3	0.0015	0.003	0.6	9.4	9.5	8.8	8.9	0.10	0.5	0.8	0.6	0.9
22	A40-A41	182	9.9	9.6	0.3	0.0016	0.003	0.5	9.3	9.4	8.8	8.9	0.10	0.6	0.8	0.7	0.9
23	A42-A43	153	10.2	10.2	0	0.0000	0.003	0.5	9.4	9.5	8.9	9.0	0.10	0.9	1.3	1.0	1.4

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Headloss (m)	Elevasi awal pipa (m)		Elevasi akhir pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
			awal	akhir					bawah	atas	bawah	atas		Awal	Akhir	Awal	Akhir
24	A44-A45	152	9.9	9.6	0.3	0.0020	0.003	0.5	9.1	9.2	8.6	8.7	0.10	0.9	1.0	1.0	1.1
25	A46-A47	309	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	9.0	9.1	8.5	8.6	0.10	0.6	1.1	0.7	1.2
26	A48-A49	318	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
27	A50-A51	319	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
28	A52-A53	320	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
29	A54-A55	164	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
30	A56-A57	108	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
31	A57-A58	93	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
32	A59-C1	84	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.5	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.4	1.0	1.5
33	B1-B2	396	13.5	10.8	2.7	0.0068	0.003	1	11.4	11.5	10.2	10.3	0.10	2.2	0.6	2.3	0.7
34	B3-B4	311	12.9	10.8	2.1	0.0068	0.003	0.9	11.1	11.2	10.2	10.3	0.10	1.8	0.6	1.9	0.7
35	B4-B5	401	10.8	10.8	0	0.0000	0.003	1	10.2	10.3	9.7	9.8	0.10	0.7	1.2	0.8	1.3
36	B5-B6	179	10.8	10.5	0.3	0.0017	0.003	0.3	9.7	9.8	9.4	9.5	0.10	1.2	1.2	1.3	1.3
37	B6-B7	152	10.5	10.5	0	0.0000	0.003	0.5	9.4	9.5	8.9	9.0	0.10	1.2	1.6	1.3	1.7
38	B2-B8	302	10.8	10.5	0.3	0.0010	0.003	0.9	9.7	9.8	8.8	8.9	0.10	1.2	1.8	1.3	1.9
39	B8-C1	369	10.5	9.6	0.9	0.0024	0.003	1	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	1.8	1.4	1.9	1.5
40	B9-C2	148	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.4	8.8	8.9	8.3	8.4	0.10	0.9	1.3	1.0	1.4
41	B7-C1	319	10.5	9.6	0.9	0.0028	0.003	0.5	8.8	9.0	8.3	8.5	0.10	1.7	1.3	1.8	1.4
42	C1-C2	103	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.10	8.3	8.5	8.3	8.5	0.10	1.3	1.3	1.4	1.4
43	C2-C3	16	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.05	8.3	8.5	8.3	8.5	0.10	1.3	1.3	1.4	1.4
44	C3-IPAL	16	9.6	9.6	0	0.0000	0.003	0.05	8.3	8.5	8.3	8.5	0.10	1.3	1.3	1.4	1.4

Tabel 5.12 Penanaman Pipa Saluran *Cluster 2*

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Headloss (m)	Elevasi awal pipa (m)		Elevasi akhir pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
			awal	akhir					bawah	atas	bawah	atas		Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	A1-B1	333	11.4	9.9	1.5	0.005	0.003	1.0	10.3	10.4	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
2	A2-A3	364	11.4	9.9	1.5	0.004	0.003	1.1	10.3	10.4	9.2	9.3	0.10	1.1	0.7	1.2	0.8
3	A4-A5	374	11.4	9.9	1.5	0.004	0.003	1.1	10.3	10.4	9.2	9.3	0.10	1.1	0.7	1.2	0.8
4	A6-A7	383	11.4	9.9	1.5	0.004	0.003	1.1	10.3	10.4	9.2	9.3	0.10	1.1	0.7	1.2	0.8
5	A8-A4	550	12.9	11.4	1.5	0.003	0.003	1.7	11.9	12.0	10.3	10.4	0.10	1.0	1.2	1.1	1.3
6	A9-A6	541	12.9	11.4	1.5	0.003	0.003	1.6	11.9	12.0	10.3	10.4	0.10	1.0	1.1	1.1	1.2
7	A10-A6	514	12.9	11.4	1.5	0.003	0.003	1.5	11.8	11.9	10.3	10.4	0.10	1.1	1.1	1.2	1.2
8	A11-A12	511	12.9	11.4	1.5	0.003	0.003	1.5	12.0	12.1	10.5	10.6	0.10	0.9	0.9	1.0	1.0
9	A13-A14	233	12.9	11.4	1.5	0.006	0.003	0.7	11.2	11.3	10.5	10.6	0.10	1.7	0.9	1.8	1.0
10	A12-B2	62	11.4	11.4	0	0.000	0.003	0.2	10.5	10.6	10.3	10.4	0.10	0.9	1.1	1.0	1.2
11	A15-B2	516	12.3	11.4	0.9	0.002	0.003	1.5	11.8	11.9	10.3	10.4	0.10	0.5	1.1	0.6	1.2
12	A16-B3	314	11.4	9.9	1.5	0.005	0.003	0.9	10.3	10.4	9.4	9.5	0.10	1.1	0.5	1.2	0.6
13	A17-A18	313	11.4	9.9	1.5	0.005	0.003	0.9	10.3	10.4	9.4	9.5	0.10	1.1	0.5	1.2	0.6
14	A19-A20	319	11.4	9.9	1.5	0.005	0.003	1.0	10.3	10.4	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
15	A21-A22	333	11.4	9.9	1.5	0.005	0.003	1.0	10.3	10.4	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
16	A23-A24	335	11.4	9.9	1.5	0.004	0.003	1.0	10.3	10.4	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
17	A25-A26	332	11.4	9.9	1.5	0.005	0.003	1.0	10.3	10.4	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
18	A27-A28	140	10.8	9.9	0.9	0.006	0.003	0.4	9.7	9.8	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
19	A29-A30	137	10.8	9.9	0.9	0.007	0.003	0.4	9.7	9.8	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
20	A31-A32	138	10.8	9.9	0.9	0.007	0.003	0.4	9.7	9.8	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
21	A33-A34	253	11.4	9.9	1.5	0.006	0.003	0.8	10.1	10.2	9.3	9.4	0.10	1.3	0.6	1.4	0.7
22	A35-A36	144	10.8	9.9	0.9	0.006	0.003	0.4	9.7	9.8	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Headloss (m)	Elevasi awal pipa (m)		Elevasi akhir pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
			awal	akhir					bawah	atas	bawah	atas		Awal	Akhir	Awal	Akhir
23	A37-B3	141	10.8	9.9	0.9	0.006	0.003	0.4	9.7	9.8	9.3	9.4	0.10	1.1	0.6	1.2	0.7
24	A38-A27	188	11.4	10.8	0.6	0.003	0.003	0.6	10.3	10.4	9.7	9.8	0.10	1.1	1.1	1.2	1.2
25	A39-A31	51	10.8	10.8	0	0.000	0.003	0.2	9.9	10.0	9.7	9.8	0.10	0.9	1.1	1.0	1.2
26	A40-A41	52	10.8	10.8	0	0.000	0.003	0.2	9.8	9.9	9.6	9.7	0.10	1.0	1.2	1.1	1.3
27	A42-A43	53	10.8	10.8	0	0.000	0.003	0.2	10.0	10.1	9.8	9.9	0.10	0.9	1.0	1.0	1.1
28	A44-A45	54	11.4	11.4	0	0.000	0.003	0.2	10.3	10.4	10.1	10.2	0.10	1.1	1.3	1.2	1.4
29	A46-A47	54	11.4	11.4	0	0.000	0.003	0.2	10.3	10.4	10.1	10.2	0.10	1.1	1.3	1.2	1.4
30	A48-A49	55	11.4	11.4	0	0.000	0.003	0.2	10.5	10.6	10.3	10.4	0.10	0.9	1.1	1.0	1.2
31	A50-A51	58	11.4	11.4	0	0.000	0.003	0.2	10.5	10.6	10.3	10.4	0.10	0.9	1.1	1.0	1.2
32	A51-A31	184	11.4	10.8	0.6	0.003	0.003	0.6	10.3	10.4	9.7	9.8	0.10	1.1	1.1	1.2	1.2
33	A52-A35	181	11.4	10.8	0.6	0.003	0.003	0.5	10.2	10.3	9.7	9.8	0.10	1.2	1.1	1.3	1.2
34	A53-A54	181	11.4	10.8	0.6	0.003	0.003	0.5	10.2	10.3	9.7	9.8	0.10	1.2	1.1	1.3	1.2
35	A55-A37	197	11.4	10.8	0.6	0.003	0.003	0.6	10.3	10.4	9.7	9.8	0.10	1.1	1.1	1.2	1.2
36	A56-A21	410	12.9	11.4	1.5	0.004	0.003	1.2	11.6	11.7	10.3	10.4	0.10	1.4	1.1	1.5	1.2
37	A57-A25	118	12.3	11.4	0.9	0.008	0.003	0.4	10.7	10.8	10.3	10.4	0.10	1.6	1.1	1.7	1.2
38	A58-A52	172	11.4	11.4	0	0.000	0.003	0.5	10.7	10.8	10.2	10.3	0.10	0.7	1.2	0.8	1.3
39	A59-A60	101	12.3	12.3	0	0.000	0.003	0.3	10.7	10.8	10.4	10.5	0.10	1.6	1.9	1.7	2.0
40	A61-A62	101	12.3	12.3	0	0.000	0.003	0.3	10.7	10.8	10.4	10.5	0.10	1.6	1.9	1.7	2.0
41	A63-A57	173	12.3	12.3	0	0.000	0.003	0.5	11.2	11.3	10.7	10.8	0.10	1.1	1.6	1.2	1.7
42	A64-A65	107	12.3	11.4	0.9	0.008	0.003	0.3	10.7	10.8	10.4	10.5	0.10	1.6	2.0	1.7	2.1
43	A66-A52	144	12.3	11.4	0.9	0.006	0.003	0.4	10.7	10.8	10.2	10.3	0.10	1.7	1.2	1.8	1.3
44	A67-A53	114	12.3	11.4	0.9	0.008	0.003	0.3	10.5	10.6	10.2	10.3	0.10	1.8	1.2	1.9	1.3
45	A68-A57	95	12.9	12.3	0.6	0.006	0.003	0.3	11.0	11.1	10.7	10.8	0.10	1.9	1.6	2.0	1.7

No.	Jalur Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Medan		$\Delta h$ Slope Medan	Slope Medan	Slope Pipa	Headloss (m)	Elevasi awal pipa (m)		Elevasi akhir pipa (m)		Pondasi Pasir Bawah Pipa (m)	Kedalaman Penanaman (m)		Kedalaman Galian (m)	
			awal	akhir					bawah	atas	bawah	atas		Awal	Akhir	Awal	Akhir
46	A69-A70	171	12.3	12.3	0	0.000	0.003	0.5	11.2	11.3	10.7	10.8	0.10	1.1	1.6	1.2	1.7
47	A71-A72	130	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.4	11.0	11.1	10.6	10.7	0.10	1.9	2.3	2.0	2.4
48	A73-A74	152	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.5	11.3	11.4	10.8	10.9	0.10	1.6	2.1	1.7	2.2
49	A75-A76	96	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.3	11.3	11.4	11.0	11.1	0.10	1.6	1.9	1.7	2.0
50	A77-A78	86	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.3	11.4	11.5	11.1	11.2	0.10	1.5	1.8	1.6	1.9
51	A74-A79	64	12.9	12.3	0.6	0.009	0.003	0.2	10.8	10.9	10.6	10.7	0.10	2.1	2.7	2.2	2.8
52	A80-A68	88	13.5	12.9	0.6	0.007	0.003	0.3	11.4	11.5	11.1	11.2	0.10	2.1	1.8	2.2	1.9
53	A78-A74	84	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.3	11.1	11.2	10.8	10.9	0.10	1.9	2.1	2.0	2.2
54	A81-A80	111	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.3	11.7	11.8	11.4	11.5	0.10	1.2	1.5	1.3	1.6
55	A82-A78	99	12.9	12.9	0	0.000	0.003	0.3	11.4	11.5	11.1	11.2	0.10	1.5	1.8	1.6	1.9
56	A83-A84	136	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.4	8.8	8.9	8.6	8.7	0.10	0.8	1.0	0.9	1.1
57	A83-B5	291	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.3	9.3	9.4	9.0	9.1	0.10	0.4	0.7	0.5	0.8
58	B1-C1	316	9.9	9.9	0	0.000	0.003	0.4	9.3	9.4	8.9	9.0	0.10	0.7	1.1	0.8	1.2
59	B2-C1	386	11.4	9.9	1.5	0.004	0.003	1.2	10.3	10.4	9.1	9.2	0.10	1.2	0.8	1.3	0.9
60	B3-B4	331	9.9	9.9	0	0.000	0.003	0.5	9.2	9.4	9.2	9.4	0.10	0.7	0.7	0.8	0.8
61	B5-C2	185	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.6	9.0	9.1	8.6	8.7	0.10	0.6	1.0	0.7	1.1
62	C1-C2	205	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.3	8.9	9.1	8.6	8.8	0.10	0.7	1.0	0.8	1.1
63	C2-C3	64	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.2	8.6	8.8	8.6	8.4	0.10	1.0	1.0	1.1	1.1
64	B4-C3	91	9.9	9.6	0.3	0.003	0.003	0.2	8.5	8.7	8.4	8.6	0.10	1.4	1.3	1.5	1.4
65	C3-C4	16	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.04	8.4	8.6	8.4	8.7	0.10	1.3	1.2	1.4	1.3
66	C4-IPAL	16	9.6	9.6	0	0.000	0.003	0.04	8.4	8.7	8.3	8.6	0.10	1.3	1.3	1.4	1.4



Tabel 5.13 Jumlah dan Jenis Manhole Saluran *Cluster 1*

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa (m)	D terpakai (mm)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
						Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Drop manhole	
1	A1-A2	Tersier	161	100	100	2	1	0	0	0	3
2	A2-A3	Tersier	66	100	100	2	0	0	0	0	2
3	A4-A5	Tersier	215	100	100	2	0	1	0	0	3
4	A6-A7	Tersier	215	100	100	2	0	1	0	0	3
5	A8-A9	Tersier	212	100	100	2	0	1	0	0	3
6	A10-A11	Tersier	216	100	100	2	0	1	0	0	3
7	A12-A13	Tersier	211	100	100	2	0	1	0	0	3
8	A14-A15	Tersier	306	100	100	3	0	1	0	0	4
9	A16-A17	Tersier	125	100	100	2	0	0	0	0	2
10	A18-A19	Tersier	128	100	100	0	0	2	0	0	2
11	A20-A21	Tersier	126	100	100	0	0	2	0	0	2
12	A22-A23	Tersier	93	100	100	0	0	2	0	0	2
13	A24-A25	Tersier	127	100	100	2	0	0	0	0	2
14	A26-B4	Tersier	135	100	100	1	0	1	0	0	2
15	A27-A28	Tersier	193	100	100	2	0	1	0	0	3
16	A29-A30	Tersier	194	100	100	3	0	0	0	0	3
17	A31-A32	Tersier	193	100	100	3	0	0	0	0	3
18	A33-A34	Tersier	197	100	100	3	0	0	0	0	3
19	A35-A36	Tersier	201	100	100	2	0	1	0	0	3
20	A37-A38	Tersier	199	100	100	3	0	0	0	0	3
21	A39-B9	Tersier	205	100	100	3	0	0	0	0	3
22	A40-A41	Tersier	182	100	100	3	0	0	0	0	3

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa	D terpakai	Jarak Antar Manhole	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
			(m)	(mm)	(m)	Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Drop manhole	
23	A42-A43	Tersier	153	100	100	2	0	1	0	0	3
24	A44-A45	Tersier	152	100	100	2	0	1	0	0	3
25	A46-A47	Tersier	309	100	100	4	0	0	0	0	4
26	A48-A49	Tersier	318	100	100	4	0	0	0	0	4
27	A50-A51	Tersier	319	100	100	4	0	0	0	0	4
28	A52-A53	Tersier	320	100	100	4	0	0	0	0	4
29	A54-A55	Tersier	164	100	100	2	0	1	0	0	3
30	A56-A57	Tersier	108	100	100	1	1	0	0	0	2
31	A57-A58	Tersier	93	100	100	1	0	1	0	0	2
32	A59-C1	Tersier	84	100	100	2	0	0	0	0	2
33	B1-B2	Sekunder	396	150	100	3	0	2	0	0	5
34	B3-B4	Sekunder	311	100	100	2	0	2	0	0	4
35	B4-B5	Sekunder	401	150	100	4	0	1	0	0	5
36	B5-B6	Sekunder	179	150	100	3	0	0	0	0	3
37	B6-B7	Sekunder	152	150	100	2	1	0	0	0	3
38	B2-B8	Sekunder	302	150	100	2	2	0	0	0	4
39	B8-C1	Sekunder	369	150	100	0	1	4	0	0	5
40	B9-C2	Sekunder	148	100	100	0	0	2	0	0	2
41	B7-C1	Primer	319	200	100	0	0	4	0	0	4
42	C1-C2	Primer	103	200	100	1	0	0	1	0	2
43	C2-C3	Primer	16	200	100	0	0	1	0	0	1
44	C3-IPAL	Primer	16	200	100	1	0	0	0	0	1

Tabel 5.14 Jumlah dan Jenis Manhole Saluran *Cluster 2*

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa (m)	D terpakai (mm)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
						Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	
1	A1-B1	Tersier	333	100	100	3	1	0	0	0	4
2	A2-A3	Tersier	364	100	100	5	0	0	0	0	5
3	A4-A5	Tersier	374	100	100	5	0	0	0	0	5
4	A6-A7	Tersier	383	100	100	4	1	0	0	0	5
5	A8-A4	Tersier	550	100	100	6	1	0	0	0	7
6	A9-A6	Tersier	541	100	100	6	0	0	0	0	6
7	A10-A6	Tersier	514	100	100	6	0	0	0	0	6
8	A11-A12	Tersier	511	100	100	6	0	0	0	0	6
9	A13-A14	Tersier	233	100	100	3	0	0	0	0	3
10	A12-B2	Tersier	62	100	100	1	0	1	0	0	2
11	A15-B2	Tersier	516	100	100	5	1	0	0	0	6
12	A16-B3	Tersier	314	100	100	3	1	0	0	0	4
13	A17-A18	Tersier	313	100	100	3	0	1	0	0	4
14	A19-A20	Tersier	319	100	100	4	0	0	0	0	4
15	A21-A22	Tersier	333	100	100	4	0	0	0	0	4
16	A23-A24	Tersier	335	100	100	4	0	0	0	0	4
17	A25-A26	Tersier	332	100	100	3	0	1	0	0	4
18	A27-A28	Tersier	140	100	100	2	0	0	0	0	2
19	A29-A30	Tersier	137	100	100	2	0	0	0	0	2
20	A31-A32	Tersier	138	100	100	2	0	0	0	0	2
21	A33-A34	Tersier	253	100	100	3	0	1	0	0	4
22	A35-A36	Tersier	144	100	100	2	0	0	0	0	2
23	A37-B3	Tersier	141	100	100	2	0	0	0	0	2
24	A38-A27	Tersier	188	100	100	3	0	0	0	0	3
25	A39-A31	Tersier	51	100	100	2	0	0	0	0	2
26	A40-A41	Tersier	52	100	100	2	0	0	0	0	2
27	A42-A43	Tersier	53	100	100	2	0	0	0	0	2
28	A44-A45	Tersier	54	100	100	2	0	0	0	0	2
29	A46-A47	Tersier	54	100	100	2	0	0	0	0	2
30	A48-A49	Tersier	55	100	100	2	0	0	0	0	2
31	A50-A51	Tersier	58	100	100	2	0	0	0	0	2
32	A51-A31	Tersier	184	100	100	0	0	3	0	0	3
33	A52-A35	Tersier	181	100	100	1	0	2	0	0	3
34	A53-A54	Tersier	181	100	100	2	1	0	0	0	3
35	A55-A37	Tersier	197	100	100	3	0	0	0	0	3

No.	Jalur Pipa	Jenis Pipa	L Pipa (m)	D terpakai (mm)	Jarak Antar Manhole (m)	Manhole yang digunakan					Jumlah manhole
						Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Drop Manhole	
36	A56-A21	Tersier	410	100	100	5	0	0	0	0	5
37	A57-A25	Tersier	118	100	100	2	0	0	0	0	2
38	A58-A52	Tersier	172	100	100	2	0	1	0	0	3
39	A59-A60	Tersier	101	100	100	2	0	0	0	0	2
40	A61-A62	Tersier	101	100	100	2	0	0	0	0	2
41	A63-A57	Tersier	173	100	100	3	0	0	0	0	3
42	A64-A65	Tersier	107	100	100	0	0	2	0	0	2
43	A66-A52	Tersier	144	100	100	2	0	0	0	0	2
44	A67-A53	Tersier	114	100	100	2	0	0	0	0	2
45	A68-A57	Tersier	95	100	100	2	0	0	0	0	2
46	A69-A70	Tersier	171	100	100	2	0	1	0	0	3
47	A71-A72	Tersier	130	100	100	2	0	0	0	0	2
48	A73-A74	Tersier	152	100	100	3	0	0	0	0	3
49	A75-A76	Tersier	96	100	100	2	0	0	0	0	2
50	A77-A78	Tersier	86	100	100	1	0	1	0	0	2
51	A74-A79	Tersier	64	100	100	2	0	0	0	0	2
52	A80-A68	Tersier	88	100	100	2	0	0	0	0	2
53	A78-A74	Tersier	84	100	100	2	0	0	0	0	2
54	A81-A80	Tersier	111	100	100	1	1	0	0	0	2
55	A82-A78	Tersier	99	100	100	1	1	0	0	0	2
56	A83-A84	Tersier	136	100	100	2	0	0	0	0	2
57	A83-B5	Tersier	291	100	100	4	0	0	0	0	4
58	B1-C1	Sekunder	316	150	100	1	0	3	0	0	4
59	B2-C1	Sekunder	386	150	100	5	0	0	0	0	5
60	B3-B4	Sekunder	331	200	100	1	0	3	0	0	4
61	B5-C2	Sekunder	185	100	100	2	1	0	0	0	3
62	C1-C2	Primer	205	200	100	0	0	3	0	0	3
63	C2-C3	Primer	64	200	100	2	0	0	0	0	2
64	B4-C3	Primer	91	200	100	1	0	1	0	0	2
65	C3-C4	Primer	16	250	100	1	0	0	0	0	1
66	C4-IPAL	Primer	16	250	100	1	0	0	0	0	1

Tabel 7.10 Bill of Quantity Galian dan Urugan Pipa Cluster 1

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	kedalaman Penanaman		kedalaman galian		X	Z	Volume galian (m <sup>3</sup> )		Volume galian total (m <sup>3</sup> )	Volume pipa (m <sup>3</sup> )	Volume urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Volume tanah urug (m <sup>3</sup> )	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Bongkar Paving (m <sup>3</sup> )	Pasir Paving (m <sup>3</sup> )
			awal h1(m)	Akhir h2(m)	awal y1(m)	akhir y2(m)			I	II							
A1-A2	161	0.100	1.1	1.6	1.2	1.7	0.48	161	135.2	27.2	162.5	1.3	43.8	117.4	118.6	96.6	2.898
A2-A3	66	0.100	1.1	1.3	1.2	1.4	0.20	66	55.4	4.6	60.0	0.5	18.0	41.5	42.1	39.6	1.188
A4-A5	215	0.100	1.1	1.7	1.2	1.8	0.65	215	180.6	48.5	229.1	1.7	58.5	168.9	170.6	129	3.87
A6-A7	215	0.100	1.1	1.7	1.2	1.8	0.65	215	180.6	48.5	229.1	1.7	58.5	168.9	170.6	129	3.87
A8-A9	212	0.100	1.1	1.7	1.2	1.8	0.64	212	178.1	47.2	225.3	1.7	57.7	165.9	167.6	127.2	3.816
A10-A11	216	0.100	1.1	1.7	1.2	1.8	0.65	216	181.4	49.0	230.4	1.7	58.8	170.0	171.6	129.6	3.888
A12-A13	211	0.100	0.9	1.5	1.0	1.6	0.63	211	140.3	46.7	187.1	1.7	57.4	128.0	129.6	126.6	3.798
A14-A15	306	0.100	0.9	0.6	1.0	0.7	0.28	306	203.5	30.2	233.7	2.4	83.3	148.0	150.4	183.6	5.508
A16-A17	125	0.100	1.4	1.8	1.5	1.9	0.38	125	131.3	16.4	147.7	1.0	34.0	112.7	113.6	75	2.25
A18-A19	128	0.100	1.4	1.8	1.5	1.9	0.38	128	134.4	17.2	151.6	1.0	34.8	115.8	116.8	76.8	2.304
A20-A21	126	0.100	1.4	1.8	1.5	1.9	0.38	126	132.3	16.7	149.0	1.0	34.3	113.7	114.7	75.6	2.268
A22-A23	93	0.100	1.6	1.9	1.7	2.0	0.28	93	110.7	9.1	119.8	0.7	25.3	93.7	94.5	55.8	1.674
A24-A25	127	0.100	0.9	1.2	1.0	1.3	0.38	127	84.5	16.9	101.4	1.0	34.6	65.8	66.8	76.2	2.286
A26-B4	135	0.100	0.4	0.6	0.5	0.7	0.20	135	52.0	9.4	61.4	1.1	36.7	23.6	24.7	81	2.43
A27-A28	193	0.100	1.4	1.7	1.5	1.8	0.28	193	202.7	18.8	221.5	1.5	52.5	167.5	169.0	115.8	3.474
A29-A30	194	0.100	1.1	1.4	1.2	1.5	0.28	194	163.0	19.1	182.1	1.5	52.8	127.8	129.3	116.4	3.492
A31-A32	193	0.100	1.1	1.4	1.2	1.5	0.28	193	162.1	18.8	181.0	1.5	52.5	126.9	128.4	115.8	3.474
A33-A34	197	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.59	197	131.0	40.7	171.8	1.5	53.6	116.6	118.1	118.2	3.546
A35-A36	201	0.100	0.9	1.5	1.0	1.6	0.60	201	133.7	42.4	176.1	1.6	54.7	119.8	121.4	120.6	3.618
A37-A38	199	0.100	0.9	1.5	1.1	1.6	0.60	199	146.3	41.6	187.8	1.6	54.2	132.1	133.7	119.4	3.582
A39-B9	205	0.100	0.5	0.8	0.6	0.9	0.32	205	86.1	22.6	108.7	1.6	55.8	51.3	52.9	123	3.69
A40-A41	182	0.100	0.6	0.8	0.7	0.9	0.25	182	89.2	15.7	104.9	1.4	49.5	53.9	55.3	109.2	3.276
A42-A43	153	0.100	0.9	1.3	1.0	1.4	0.46	153	101.7	24.6	126.3	1.2	41.6	83.5	84.7	91.8	2.754

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	kedalaman Penanaman		kedalaman galian		X	Z	Volume galian (m <sup>3</sup> )		Volume galian total (m <sup>3</sup> )	Volume pipa (m <sup>3</sup> )	Volume urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Volume tanah urug (m <sup>3</sup> )	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Bongkar Paving (m <sup>3</sup> )	Pasir Paving (m <sup>3</sup> )
			awal h1 (m)	Akhir h2 (m)	awal y1 (m)	akhir y2 (m)			I	II							
A44-A45	152	0.100	0.9	1.0	1.0	1.1	0.16	152	101.1	8.3	109.4	1.2	41.4	66.8	68.0	91.2	2.736
A46-A47	309	0.100	0.6	1.1	0.7	1.2	0.50	309	151.4	54.1	205.5	2.4	84.1	119.0	121.4	185.4	5.562
A48-A49	318	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	318	211.5	55.7	267.1	2.5	86.5	178.1	180.6	190.8	5.724
A50-A51	319	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	319	212.1	55.8	268.0	2.5	86.8	178.6	181.1	191.4	5.742
A52-A53	320	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	320	212.8	56.0	268.8	2.5	87.1	179.2	181.7	192	5.76
A54-A55	164	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	164	109.1	28.7	137.8	1.3	44.6	91.8	93.1	98.4	2.952
A56-A57	108	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	108	71.8	18.9	90.7	0.8	29.4	60.5	61.3	64.8	1.944
A57-A58	93	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	93	61.8	16.3	78.1	0.7	25.3	52.1	52.8	55.8	1.674
A59-C1	84	0.100	0.9	1.4	1.0	1.5	0.50	84	55.9	14.7	70.6	0.7	22.9	47.0	47.7	50.4	1.512
B1-B2	396	0.150	2.2	0.6	2.3	0.7	1.51	396	668.3	224.5	892.8	7.0	126.7	759.1	766.1	257.4	7.722
B3-B4	311	0.100	1.8	0.6	1.9	0.7	1.17	311	413.6	127.0	540.7	2.4	84.6	453.6	456.0	186.6	5.598
B4-B5	401	0.150	0.7	1.2	0.8	1.3	0.50	401	225.6	75.2	300.8	7.1	128.3	165.4	172.5	260.65	7.8195
B5-B6	179	0.150	1.2	1.4	1.3	1.5	0.24	179	167.8	15.9	183.7	3.2	57.3	123.3	126.5	116.35	3.4905
B6-B7	152	0.150	1.2	1.6	1.3	1.7	0.46	152	142.5	26.0	168.5	2.7	48.6	117.2	119.9	98.8	2.964
B2-B8	302	0.150	1.2	1.8	1.3	1.9	0.60	302	283.1	68.0	351.1	5.3	96.6	249.2	254.5	196.3	5.889
B8-C1	369	0.150	1.8	1.4	1.9	1.5	0.40	369	512.0	55.4	567.3	6.5	118.0	442.8	449.3	239.85	7.1955
B9-C2	148	0.100	0.9	1.3	1.0	1.4	0.44	148	98.4	23.0	121.4	1.2	40.3	80.0	81.1	88.8	2.664
B7-C1	319	0.200	1.7	1.3	1.8	1.4	0.40	319	459.4	51.0	510.4	10.0	117.6	382.8	392.8	223.3	6.699
C1-C2	103	0.200	1.3	1.3	1.4	1.4	0.05	103	119.3	2.0	121.3	3.2	38.0	80.1	83.3	72.1	2.163
C2-C3	16	0.200	1.3	1.3	1.4	1.4	0.05	16	18.0	0.3	18.3	0.5	5.9	11.9	12.4	11.2	0.336
C3-IPAL	16	0.200	1.3	1.3	1.4	1.4	0.05	16	18.0	0.3	18.3	0.5	5.9	11.9	12.4	11.2	0.336

Jalur pipa	Panjang pipa	Volume galian total	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Volume urugan pasir	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Volume sisa tanah galian	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Jumlah truk
	(m)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	unit
A1-A2	161	162.5	122	4	43.8	13	0	118.6	59	4	12
A2-A3	66	60.0	45	2	18.0	5	0	42.1	21	1	4
A4-A5	215	229.1	172	6	58.5	18	1	170.6	85	5	17
A6-A7	215	229.1	172	6	58.5	18	1	170.6	85	5	17
A8-A9	212	225.3	169	6	57.7	17	1	167.6	84	5	17
A10-A11	216	230.4	173	6	58.8	18	1	171.6	86	5	17
A12-A13	211	187.1	140	5	57.4	17	1	129.6	65	4	13
A14-A15	306	233.7	175	6	83.3	25	1	150.4	75	5	15
A16-A17	125	147.7	111	4	34.0	10	0	113.6	57	3	11
A18-A19	128	151.6	114	4	34.8	10	0	116.8	58	4	12
A20-A21	126	149.0	112	4	34.3	10	0	114.7	57	3	11
A22-A23	93	119.8	90	3	25.3	8	0	94.5	47	3	9
A24-A25	127	101.4	76	3	34.6	10	0	66.8	33	2	7
A26-B4	135	61.4	46	2	36.7	11	0	24.7	12	1	2
A27-A28	193	221.5	166	6	52.5	16	1	169.0	84	5	17
A29-A30	194	182.1	137	5	52.8	16	1	129.3	65	4	13
A31-A32	193	181.0	136	5	52.5	16	1	128.4	64	4	13
A33-A34	197	171.8	129	4	53.6	16	1	118.1	59	4	12
A35-A36	201	176.1	132	4	54.7	16	1	121.4	61	4	12
A37-A38	199	187.8	141	5	54.2	16	1	133.7	67	4	13
A39-B9	205	108.7	82	3	55.8	17	1	52.9	26	2	5
A40-A41	182	104.9	79	3	49.5	15	0	55.3	28	2	6
A42-A43	153	126.3	95	3	41.6	12	0	84.7	42	3	8

Jalur pipa	Panjang pipa	Volume galian total	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Volume urugan pasir	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Volume sisa tanah galian	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Jumlah truk
	(m)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	unit
A44-A45	152	109.4	82	3	41.4	12	0	68.0	34	2	7
A46-A47	309	205.5	154	5	84.1	25	1	121.4	61	4	12
A48-A49	318	267.1	200	7	86.5	26	1	180.6	90	5	18
A50-A51	319	268.0	201	7	86.8	26	1	181.1	91	5	18
A52-A53	320	268.8	202	7	87.1	26	1	181.7	91	5	18
A54-A55	164	137.8	103	3	44.6	13	0	93.1	47	3	9
A56-A57	108	90.7	68	2	29.4	9	0	61.3	31	2	6
A57-A58	93	78.1	59	2	25.3	8	0	52.8	26	2	5
A59-C1	84	70.6	53	2	22.9	7	0	47.7	24	1	5
B1-B2	396	892.8	670	22	126.7	38	1	766.1	383	23	77
B3-B4	311	540.7	405	14	84.6	25	1	456.0	228	14	46
B4-B5	401	300.8	226	8	128.3	38	1	172.5	86	5	17
B5-B6	179	183.7	138	5	57.3	17	1	126.5	63	4	13
B6-B7	152	168.5	126	4	48.6	15	0	119.9	60	4	12
B2-B8	302	351.1	263	9	96.6	29	1	254.5	127	8	25
B8-C1	369	567.3	426	14	118.0	35	1	449.3	225	13	45
B9-C2	148	121.4	91	3	40.3	12	0	81.1	41	2	8
B7-C1	319	510.4	383	13	117.6	35	1	392.8	196	12	39
C1-C2	103	121.3	91	3	38.0	11	0	83.3	42	3	8
C2-C3	16	18.3	14	0	5.9	2	0	12.4	6	1	1
C3-IPAL	16	18.3	14	0	5.9	2	0	12.4	6	1	1



Tabel 7.11 Bill of Quantity Galian dan Urugan Pipa Cluster 2

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	kedalaman Penanaman		kedalaman galian		X	Z	Volume galian (m <sup>3</sup> )		Volume galian total (m <sup>3</sup> )	Volume pipa (m <sup>3</sup> )	Volume urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Volume tanah urug (m <sup>3</sup> )	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Bongkar Paving (m <sup>3</sup> )	Pasir Paving (m <sup>3</sup> )
			awal h1(m)	Akhir h2(m)	awal y1(m)	akhir y2(m)			I	II							
A1-B1	333	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.50	333	279.7	58.4	338.1	2.6	90.6	244.9	247.5	199.8	5.994
A2-A3	364	0.100	1.1	0.7	1.2	0.8	0.41	364	305.8	52.0	357.7	2.9	99.1	255.8	258.7	218.4	6.552
A4-A5	374	0.100	1.1	0.7	1.2	0.8	0.38	374	314.2	49.5	363.6	2.9	101.8	258.9	261.9	224.4	6.732
A6-A7	383	0.100	1.1	0.7	1.2	0.8	0.35	383	321.7	47.1	368.8	3.0	104.2	261.5	264.5	229.8	6.894
A8-A4	550	0.100	1.0	1.2	1.1	1.3	0.15	550	423.5	28.9	452.4	4.3	149.7	298.4	302.7	330	9.9
A9-A6	541	0.100	1.0	1.1	1.1	1.2	0.12	541	416.6	23.3	439.9	4.2	147.2	288.4	292.6	324.6	9.738
A10-A6	514	0.100	1.1	1.1	1.2	1.2	0.04	514	431.8	7.6	439.3	4.0	139.9	295.4	299.4	308.4	9.252
A11-A12	511	0.100	0.9	0.9	1.0	1.0	0.03	511	357.7	5.9	363.6	4.0	139.1	220.5	224.5	306.6	9.198
A13-A14	233	0.100	1.7	0.9	1.8	1.0	0.80	233	293.6	65.3	358.9	1.8	63.4	293.7	295.5	139.8	4.194
A12-B2	62	0.100	0.9	1.1	1.0	1.2	0.19	62	43.4	4.0	47.4	0.5	16.9	30.1	30.6	37.2	1.116
A15-B2	516	0.100	0.5	1.1	0.6	1.2	0.65	516	216.7	117.0	333.7	4.1	140.4	189.3	193.3	309.6	9.288
A16-B3	314	0.100	1.1	0.5	1.2	0.6	0.56	314	263.8	61.3	325.1	2.5	85.5	237.2	239.6	188.4	5.652
A17-A18	313	0.100	1.1	0.5	1.2	0.6	0.56	313	262.9	61.5	324.4	2.5	85.2	236.7	239.2	187.8	5.634
A19-A20	319	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.54	319	268.0	60.6	328.6	2.5	86.8	239.3	241.8	191.4	5.742
A21-A22	333	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.50	333	279.7	58.4	338.1	2.6	90.6	244.9	247.5	199.8	5.994
A23-A24	335	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.49	335	281.4	58.0	339.4	2.6	91.2	245.6	248.3	201	6.03
A25-A26	332	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.50	332	278.9	58.6	337.4	2.6	90.4	244.5	247.1	199.2	5.976
A27-A28	140	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.48	140	117.6	23.5	141.1	1.1	38.1	101.9	103.0	84	2.52
A29-A30	137	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.49	137	115.1	23.4	138.5	1.1	37.3	100.2	101.2	82.2	2.466
A31-A32	138	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.49	138	115.9	23.5	139.4	1.1	37.6	100.8	101.8	82.8	2.484
A33-A34	253	0.100	1.3	0.6	1.4	0.7	0.74	253	247.9	65.6	313.6	2.0	68.9	242.7	244.7	151.8	4.554
A35-A36	144	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.47	144	121.0	23.6	144.6	1.1	39.2	104.2	105.4	86.4	2.592

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	kedalaman Penanaman		kedalaman galian		X	Z	Volume galian (m <sup>3</sup> )		Volume galian total (m <sup>3</sup> )	Volume pipa (m <sup>3</sup> )	Volume urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Volume tanah urug (m <sup>3</sup> )	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Bongkar Paving (m <sup>3</sup> )	Pasir Paving (m <sup>3</sup> )
			awal h1 (m)	Akhir h2 (m)	awal y1 (m)	akhir y2 (m)			I	II							
A37-B3	141	0.100	1.1	0.6	1.2	0.7	0.48	141	118.4	23.5	142.0	1.1	38.4	102.5	103.6	84.6	2.538
A38-A27	188	0.100	1.1	1.1	1.2	1.2	0.04	188	157.9	2.4	160.3	1.5	51.2	107.7	109.1	112.8	3.384
A39-A31	51	0.100	0.9	1.1	1.0	1.2	0.15	51	35.7	2.7	38.4	0.4	13.9	24.2	24.6	30.6	0.918
A40-A41	52	0.100	1.0	1.2	1.1	1.3	0.16	52	40.0	2.8	42.9	0.4	14.2	28.3	28.7	31.2	0.936
A42-A43	53	0.100	0.9	1.0	1.0	1.1	0.16	53	35.3	2.9	38.2	0.4	14.4	23.4	23.8	31.8	0.954
A44-A45	54	0.100	1.1	1.3	1.2	1.4	0.16	54	45.4	3.1	48.4	0.4	14.7	33.3	33.7	32.4	0.972
A46-A47	54	0.100	1.1	1.3	1.2	1.4	0.16	54	45.4	3.1	48.4	0.4	14.7	33.3	33.7	32.4	0.972
A48-A49	55	0.100	0.9	1.1	1.0	1.2	0.16	55	38.5	3.2	41.7	0.4	15.0	26.3	26.7	33	0.99
A50-A51	58	0.100	0.9	1.1	1.0	1.2	0.17	58	40.6	3.5	44.1	0.5	15.8	27.9	28.4	34.8	1.044
A51-A31	184	0.100	1.1	1.1	1.2	1.2	0.05	184	154.6	3.1	157.7	1.4	50.1	106.1	107.6	110.4	3.312
A52-A35	181	0.100	1.2	1.1	1.3	1.2	0.06	181	164.7	3.6	168.3	1.4	49.3	117.6	119.1	108.6	3.258
A53-A54	181	0.100	1.2	1.1	1.3	1.2	0.06	181	164.7	3.6	168.3	1.4	49.3	117.6	119.1	108.6	3.258
A55-A37	197	0.100	1.1	1.1	1.2	1.2	0.01	197	165.5	0.6	166.1	1.5	53.6	110.9	112.5	118.2	3.546
A56-A21	410	0.100	1.4	1.1	1.5	1.2	0.27	410	416.2	38.7	454.9	3.2	111.6	340.1	343.3	246	7.38
A57-A25	118	0.100	1.6	1.1	1.7	1.2	0.55	118	140.4	22.5	163.0	0.9	32.1	129.9	130.9	70.8	2.124
A58-A52	172	0.100	0.7	1.2	0.8	1.3	0.52	172	96.3	31.1	127.4	1.4	46.8	79.2	80.6	103.2	3.096
A59-A60	101	0.100	1.6	1.9	1.7	2.0	0.30	101	120.2	10.7	130.9	0.8	27.5	102.6	103.4	60.6	1.818
A61-A62	101	0.100	1.6	1.9	1.7	2.0	0.30	101	120.2	10.7	130.9	0.8	27.5	102.6	103.4	60.6	1.818
A63-A57	173	0.100	1.1	1.6	1.2	1.7	0.52	173	145.3	31.4	176.7	1.4	47.1	128.3	129.7	103.8	3.114
A64-A65	107	0.100	1.6	2.0	1.7	2.1	0.42	107	127.3	15.8	143.1	0.8	29.1	113.2	114.0	64.2	1.926
A66-A52	144	0.100	1.7	1.2	1.8	1.3	0.47	144	176.4	23.6	200.0	1.1	39.2	159.7	160.8	86.4	2.592
A67-A53	114	0.100	1.8	1.2	1.9	1.3	0.56	114	151.6	22.3	173.9	0.9	31.0	142.0	142.9	68.4	2.052

Jalur pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	kedalaman Penanaman		kedalaman galian		X	Z	Volume galian (m <sup>3</sup> )		Volume galian total (m <sup>3</sup> )	Volume pipa (m <sup>3</sup> )	Volume urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Volume tanah urug (m <sup>3</sup> )	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Bongkar Paving (m <sup>3</sup> )	Pasir Paving (m <sup>3</sup> )
			awal h1 (m)	Akhir h2 (m)	awal y1 (m)	akhir y2 (m)			I	II							
A68-A57	95	0.100	1.9	1.6	2.0	1.7	0.32	95	133.0	10.5	143.5	0.7	25.9	116.9	117.6	57	1.71
A69-A70	171	0.100	1.1	1.6	1.2	1.7	0.51	171	143.6	30.7	174.3	1.3	46.5	126.5	127.8	102.6	3.078
A71-A72	130	0.100	1.9	2.3	2.0	2.4	0.39	130	182.0	17.7	199.8	1.0	35.4	163.4	164.4	78	2.34
A73-A74	152	0.100	1.6	2.1	1.7	2.2	0.46	152	180.9	24.3	205.2	1.2	41.4	162.6	163.8	91.2	2.736
A75-A76	96	0.100	1.6	1.9	1.7	2.0	0.29	96	114.3	9.7	123.9	0.8	26.1	97.1	97.8	57.6	1.728
A77-A78	86	0.100	1.5	1.8	1.6	1.9	0.26	86	96.3	7.8	104.1	0.7	23.4	80.0	80.7	51.6	1.548
A74-A79	64	0.100	2.1	2.7	2.2	2.8	0.59	64	98.6	13.3	111.9	0.5	17.4	94.0	94.5	38.4	1.152
A80-A68	88	0.100	2.1	1.8	2.2	1.9	0.34	88	135.6	10.3	145.9	0.7	23.9	121.3	122.0	52.8	1.584
A78-A74	84	0.100	1.9	2.1	2.0	2.2	0.25	84	114.7	7.4	122.1	0.7	22.9	98.6	99.2	50.4	1.512
A81-A80	111	0.100	1.2	1.5	1.3	1.6	0.33	111	101.0	12.9	114.0	0.9	30.2	82.9	83.7	66.6	1.998
A82-A78	99	0.100	1.5	1.8	1.6	1.9	0.30	99	110.9	10.3	121.2	0.8	26.9	93.5	94.2	59.4	1.782
A83-A84	136	0.100	0.8	1.2	0.9	1.3	0.41	136	85.7	19.4	105.1	1.1	37.0	67.0	68.1	81.6	2.448
A83-B5	291	0.100	0.4	0.7	0.5	0.8	0.30	291	91.7	30.6	122.2	2.3	79.2	40.7	43.0	174.6	5.238
B1-C1	316	0.150	0.7	1.1	0.8	1.2	0.40	316	177.8	47.4	225.2	5.6	101.1	118.5	124.1	205.4	6.162
B2-C1	386	0.150	1.2	0.8	1.3	0.9	0.34	386	361.9	49.5	411.4	6.8	123.5	281.1	287.9	250.9	7.527
B3-B4	331	0.200	0.7	0.7	0.8	0.8	0.00	331	211.8	0.0	211.8	10.4	122.0	79.4	89.8	231.7	6.951
B5-C2	185	0.100	0.6	1.2	0.7	1.3	0.56	185	90.7	35.9	126.6	1.5	50.3	74.8	76.2	111	3.33
C1-C2	205	0.200	0.7	1.0	0.8	1.1	0.30	205	131.2	24.6	155.8	6.4	75.6	73.8	80.2	143.5	4.305
C2-C3	64	0.200	1.0	1.2	1.1	1.3	0.15	64	56.3	3.8	60.2	2.0	23.6	34.6	36.6	44.8	1.344
B4-C3	91	0.200	1.4	1.3	1.5	1.4	0.15	91	109.2	5.5	114.7	2.9	33.5	78.3	81.1	63.7	1.911
C3-C4	16	0.250	1.3	1.2	1.4	1.3	0.05	16	18.4	0.3	18.1	0.8	6.7	10.6	11.4	12	0.36
C4-IPAL	16	0.250	1.3	1.3	1.4	1.4	0.04	16	18.4	0.3	18.7	0.8	6.7	11.2	12.0	12	0.36

Jalur pipa	Panjang pipa	Volum e galian total	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawa s	Volum e urugan pasir	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawa s	Volum e sisa tanah galian	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawa s	Jumlah truk
	(m)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	unit
A1-B1	333	338.1	254	8	90.6	27	1	247.5	124	7	25
A2-A3	364	357.7	268	9	99.1	30	1	258.7	129	8	26
A4-A5	374	363.6	273	9	101.8	31	1	261.9	131	8	26
A6-A7	383	368.8	277	9	104.2	31	1	264.5	132	8	26
A8-A4	550	452.4	339	11	149.7	45	1	302.7	151	9	30
A9-A6	541	439.9	330	11	147.2	44	1	292.6	146	9	29
A10-A6	514	439.3	329	11	139.9	42	1	299.4	150	9	30
A11-A12	511	363.6	273	9	139.1	42	1	224.5	112	7	22
A13-A14	233	358.9	269	9	63.4	19	1	295.5	148	9	30
A12-B2	62	47.4	36	1	16.9	5	0	30.6	15	1	3
A15-B2	516	333.7	250	8	140.4	42	1	193.3	97	6	19
A16-B3	314	325.1	244	8	85.5	26	1	239.6	120	7	24
A17-A18	313	324.4	243	8	85.2	26	1	239.2	120	7	24
A19-A20	319	328.6	246	8	86.8	26	1	241.8	121	7	24
A21-A22	333	338.1	254	8	90.6	27	1	247.5	124	7	25
A23-A24	335	339.4	255	8	91.2	27	1	248.3	124	7	25
A25-A26	332	337.4	253	8	90.4	27	1	247.1	124	7	25
A27-A28	140	141.1	106	4	38.1	11	0	103.0	52	3	10
A29-A30	137	138.5	104	3	37.3	11	0	101.2	51	3	10
A31-A32	138	139.4	105	3	37.6	11	0	101.8	51	3	10
A33-A34	253	313.6	235	8	68.9	21	1	244.7	122	7	24
A35-A36	144	144.6	108	4	39.2	12	0	105.4	53	3	11

Jalur pipa	Panjang pipa	Volume galian total	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Volume urugan pasir	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Volume sisa tanah galian	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawas	Jumlah truk
	(m)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	unit
A37-B3	141	142.0	106	4	38.4	12	0	103.6	52	3	10
A38-A27	188	160.3	120	4	51.2	15	1	109.1	55	3	11
A39-A31	51	38.4	29	1	13.9	4	0	24.6	12	1	2
A40-A41	52	42.9	32	1	14.2	4	0	28.7	14	1	3
A42-A43	53	38.2	29	1	14.4	4	0	23.8	12	1	2
A44-A45	54	48.4	36	1	14.7	4	0	33.7	17	1	3
A46-A47	54	48.4	36	1	14.7	4	0	33.7	17	1	3
A48-A49	55	41.7	31	1	15.0	4	0	26.7	13	1	3
A50-A51	58	44.1	33	1	15.8	5	0	28.4	14	1	3
A51-A31	184	157.7	118	4	50.1	15	1	107.6	54	3	11
A52-A35	181	168.3	126	4	49.3	15	0	119.1	60	4	12
A53-A54	181	168.3	126	4	49.3	15	0	119.1	60	4	12
A55-A37	197	166.1	125	4	53.6	16	1	112.5	56	3	11
A56-A21	410	454.9	341	11	111.6	33	1	343.3	172	10	34
A57-A25	118	163.0	122	4	32.1	10	0	130.9	65	4	13
A58-A52	172	127.4	96	3	46.8	14	0	80.6	40	2	8
A59-A60	101	130.9	98	3	27.5	8	0	103.4	52	3	10
A61-A62	101	130.9	98	3	27.5	8	0	103.4	52	3	10
A63-A57	173	176.7	133	4	47.1	14	0	129.7	65	4	13
A64-A65	107	143.1	107	4	29.1	9	0	114.0	57	3	11
A66-A52	144	200.0	150	5	39.2	12	0	160.8	80	1	16
A67-A53	114	173.9	130	4	31.0	9	0	142.9	71	1	14
A68-A57	95	143.5	108	4	25.9	8	0	117.6	59	2	12
A69-A70	171	174.3	131	4	46.5	14	0	127.8	64	3	13

Jalur pipa	Panjang pipa	Volum e galian total	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawa s	Volum e urugan pasir	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawa s	Volum e sisa tanah galian	Jumlah tenaga lapangan	Jumlah tenaga pengawa s	Jumlah truk
	(m)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	(m <sup>3</sup> )	(oh)	(oh)	unit
A69-A70	171	174.3	131	4	46.5	14	0	127.8	64	3	13
A71-A72	130	199.8	150	5	35.4	11	0	164.4	82	4	16
A73-A74	152	205.2	154	5	41.4	12	0	163.8	82	5	16
A75-A76	96	123.9	93	3	26.1	8	0	97.8	49	6	10
A77-A78	86	104.1	78	3	23.4	7	0	80.7	40	7	8
A74-A79	64	111.9	84	3	17.4	5	0	94.5	47	8	9
A80-A68	88	145.9	109	4	23.9	7	0	122.0	61	9	12
A78-A74	84	122.1	92	3	22.9	7	0	99.2	50	10	10
A81-A80	111	114.0	85	3	30.2	9	0	83.7	42	11	8
A82-A78	99	121.2	91	3	26.9	8	0	94.2	47	12	9
A83-A84	136	105.1	79	3	37.0	11	0	68.1	34	13	7
A83-B5	291	122.2	92	3	79.2	24	1	43.0	22	14	4
B1-C1	316	225.2	169	6	101.1	30	1	124.1	62	15	12
B2-C1	386	411.4	309	10	123.5	37	1	287.9	144	16	29
B3-B4	331	211.8	159	5	122.0	37	1	89.8	45	17	9
B5-C2	185	126.6	95	3	50.3	15	1	76.2	38	18	8
C1-C2	205	155.8	117	4	75.6	23	1	80.2	40	19	8
C2-C3	64	60.2	45	2	23.6	7	0	36.6	18	20	4
B4-C3	91	114.7	86	3	33.5	10	0	81.1	41	21	8
C3-C4	16	18.1	14	0	6.7	2	0	11.4	6	22	1
C4-IPAL	16	18.7	14	0	6.7	2	0	12.0	6	23	1

### HSPK SPAL

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	<b>Pembongkaran Paving Dipakai Kembali</b>		m2		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0200	org/hr	158,000.00	3,160.00
	Tenaga Kasar	0.0400	org/hr	110,000.00	4,400.00
	<b>Jumlah</b>				7,560.00
	<b>Nilai HSPK</b>				7,560.00
2	<b>Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi</b>		m3		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0250	org/hr	158,000.00	3,950.00
	Pembantu Tukang	0.7500	org/hr	110,000.00	82,500.00
	<b>Jumlah</b>				86,450.00
	<b>Nilai HSPK</b>				86,450.00
3	<b>Pengurugan Pasir (PADAT)</b>		m3		
	<b>Bahan</b>				
	Pasir Urug	1.2000	m <sup>3</sup>	150,200.00	180,240.00
	<b>Jumlah</b>				180,240.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0100	org/hr	158,000.00	1,580.00
	Pembantu Tukang	0.3000	org/hr	110,000.00	33,000.00
	<b>Jumlah</b>				34,580.00
	<b>Nilai HSPK</b>				214,820.00
4	<b>Penggalian Tanah Kembali Untuk Konstruksi</b>		m3		
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0190	org/hr	158,000.00	3,002.00
	Pembantu Tukang	0.1020	org/hr	110,000.00	11,220.00
	<b>Jumlah</b>				14,222.00
	<b>Nilai HSPK</b>				14,222.00

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>5</b>	<b>Pengangkutan Tanah Keluar Proyek</b>		m3		
	<b>Sewa Peralatan</b>				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.2500	Jam	69,200.00	17,300.00
	<b>Upah</b>				
	Pembantu Tukang	0.2500	org/hr	110,000.00	27,500.00
	<b>Jumlah</b>				27,500.00
	<b>Nilai HSPK</b>				44,800.00
<b>6</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"</b>		m		
	<b>Bahan</b>				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0.3000	Batang	93,100.00	27,930.00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0.1050	Batang	93,100.00	9,775.50
	<b>Jumlah</b>				37,705.50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0041	org/hr	158,000.00	647.80
	Kepala Tukang	0.0135	org/hr	148,000.00	1,998.00
	Tukang	0.1350	org/hr	121,000.00	16,335.00
	Pembantu Tukang	0.0810	org/hr	110,000.00	8,910.00
	<b>Jumlah</b>				27,890.80
	<b>Nilai HSPK</b>				65,596.30
<b>7</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 6"</b>		m		
	<b>Bahan</b>				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 6" panjang 6m	0.3000	Batang	554,900.00	166,470.00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 6" panjang 6m	0.1050	Batang	554,900.00	58,264.50
	<b>Jumlah</b>				224,734.50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0041	org/hr	158,000.00	647.80



No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Kepala Tukang	0.0135	org/hr	148,000.00	1,998.00
	Tukang	0.1350	org/hr	121,000.00	16,335.00
	Pembantu Tukang	0.0810	org/hr	110,000.00	8,910.00
	<b>Jumlah</b>				27,890.80
	<b>Nilai HSPK</b>				252,625.30
<b>8</b>	<b>Pengurugan Pasir Untuk Paving</b>		m3		
	<b>Bahan</b>				
	Pasir Urug	1.2000	m3	150,200.00	180,240.00
	<b>Jumlah</b>				180,240.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0100	org/hr	158,000.00	1,580.00
	Pembantu Tukang	0.3000	org/hr	110,000.00	33,000.00
	<b>Jumlah</b>				34,580.00
	<b>Nilai HSPK</b>				214,820.00
<b>9</b>	<b>Pemasangan Paving Stone (Blok) Tebal 6 cm Abu-Abu Empat Persegi Panjang</b>		m2		
	<b>Bahan</b>				
	Paving Stone Abu-Abu Persegi Panjang Tebal 6cm	1.0000	m <sup>2</sup>	78,500.00	78,500.00
	<b>Jumlah</b>				78,500.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0250	org/hr	158,000.00	3,950.00
	Kepala Tukang	0.0250	org/hr	148,000.00	3,700.00
	Tukang	0.0500	org/hr	121,000.00	6,050.00
	Pembantu Tukang	0.0500	org/hr	110,000.00	5,500.00
	<b>Jumlah</b>				19,200.00
	<b>Nilai HSPK</b>				97,700.00

## HSPK IPAL

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
<b>1</b>	<b>1 m<sup>2</sup> Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan</b>				
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0250	org/hr	158,000.00	3,950.00
	Pekerja	0.0500	org/hr	110,000.00	5,500.00
	<b>Jumlah</b>				9,450.00
<b>2</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi</b>				
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0250	org/hr	158,000.00	3,950.00
	Pembantu Tukang	0.7500	org/hr	110,000.00	82,500.00
	<b>Jumlah</b>				86,450.00
	<b>Nilai HSPK</b>				86,450.00
<b>3</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m</b>				
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0075	org/hr	158,000.00	1,185.00
	Pembantu Tukang	0.1500	org/hr	110,000.00	16,500.00
	<b>Jumlah</b>				17,685.00
	<b>Nilai HSPK</b>				17,685.00
<b>4</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Pengangkutan Tanah Keluar Proyek</b>				
	<b>Sewa Peralatan</b>				
	Sewa Dump Truk 5 Ton	0.2500	Jam	69,200.00	17,300.00
	<b>Upah</b>				
	Pembantu Tukang	0.2500	org/hr	110,000.00	27,500.00
	<b>Jumlah</b>				27,500.00
	<b>Nilai HSPK</b>				44,800.00

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
5	<b>Pemasangan (Sewa) Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-250</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Electrode Baja	0.2000	Kg	33,600.00	6,720.00
	Gedeg Guling	2.5000	m <sup>2</sup>	50,000.00	125,000.00
	Sewa Crane 30 Ton - Min 8 Jam (Termasuk Mob/Demob Operator BBM)	0.5712	Jam	139,800.00	79,853.76
	<b>Jumlah</b>				211,573.76
	<b>Sewa Peralatan</b>				
	Sewa Sheet Pile WF	319.5000	m <sup>2</sup>	1100.00	351,450.00
	Sewa Sheet Profile C	22.7000	m <sup>2</sup>	1100.00	24,970.00
	<b>Jumlah</b>				376,420.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.1000	org/hr	120,000.00	12,000.00
	Kepala Tukang	0.2000	org/hr	110,000.00	22,000.00
	Tukang	0.4000	org/hr	105,000.00	42,000.00
	Tenaga Kasar	1.0000	org/hr	99,000.00	99,000.00
	<b>Jumlah</b>				175,000.00
	<b>Nilai HSPK</b>				551,420.00
6	<b>Pembuatan Buowplank / Titik</b>				
	<b>Bahan Material</b>		<b>Titik</b>		
	Paku Biasa 2" - 5"	0.0500	Doz	28,200.00	1,410.00
	Kayu Meranti (Usuk 4/6, 5/7)	0.0120	m <sup>3</sup>	4,188,000.00	50,256.00
	Kayu Meranti (Bekisting)	0.0080	m <sup>3</sup>	3,350,400.00	26,803.20
	<b>Jumlah</b>				78,469.20
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0045	org/hr	158,000.00	711.00

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Kepala Tukang	0.0100	org/hr	148,000.00	1,480.00
	Tukang	0.1000	org/hr	121,000.00	12,100.00
	Pembantu Tukang	0.1000	org/hr	110,000.00	11,000.00
	<b>Jumlah</b>				25,291.00
	<b>Nilai HSPK</b>				103,760.20
<b>7</b>	<b>Pemasangan Trucuk Bambu f 10 s/d 12 P.3m</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Bambu Bongkotan dia. 10-12 P.3.00 m	1.0000	Batang	23,000.00	23,000.00
	<b>Jumlah</b>				23,000.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0025	org/hr	158,000.00	395.00
	Tukang Kayu	0.0400	org/hr	121,000.00	4,840.00
	Pembantu Tukang	0.0500	org/hr	110,000.00	5,500.00
	<b>Jumlah</b>				10,735.00
	<b>Nilai HSPK</b>				33,735.00
<b>8</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Pengurugan Pasir (PADAT)</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Pasir Urug	1.2000	m <sup>3</sup>	150,200.00	180,240.00
	<b>Jumlah</b>				180,240.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0100	org/hr	158,000.00	1,580.00
	Pembantu Tukang	0.3000	org/hr	110,000.00	33,000.00
	<b>Jumlah</b>				34,580.00
	<b>Nilai HSPK</b>				214,820.00
<b>9</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Lantai Kerja K-250</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Semen PC 40 Kg	5.7500	Zak	60,700.00	349,025.00

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Pasir Cor/Beton	0.5581	m <sup>3</sup>	243,000.00	135,624.38
	Batu Pecah Mesin 1/2 Cm	0.5405	m <sup>3</sup>	487,900.00	263,722.78
	Air (Biaya Air Tawar)	215.0000	Liter	28.00	6,020.00
	<b>Jumlah</b>				754,392.16
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0600	org/hr	158,000.00	9,480.00
	Kepala Tukang Batu	0.0200	org/hr	148,000.00	2,960.00
	Tukang Batu	0.2000	org/hr	121,000.00	24,200.00
	Pembantu Tukang	1.2000	org/hr	110,000.00	132,000.00
	<b>Jumlah</b>				168,640.00
	<b>Nilai HSPK</b>				923,032.16
<b>10</b>	<b>1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Bekisting Lantai</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Paku Usuk	0.4000	Kg	19,800.00	7,920.00
	Plywood uk. 122X244X9mm	0.3500	Lembar	121,400.00	42,490.00
	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0.0150	m <sup>3</sup>	4,711,500.00	70,672.50
	Kayu Meranti Bekisting	0.0400	m <sup>3</sup>	3,350,400.00	134,016.00
	Minyak Bekisting	0.2000	Liter	29,600.00	5,920.00
	<b>Jumlah</b>				261,018.50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0330	org/hr	158,000.00	5,214.00
	Kepala Tukang	0.0330	org/hr	148,000.00	4,884.00
	Tukang	0.3300	org/hr	121,000.00	39,930.00
	Pembantu Tukang	0.6600	org/hr	110,000.00	72,600.00
	<b>Jumlah</b>				122,628.00
	<b>Nilai HSPK</b>				383,646.50
<b>11</b>	<b>1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Bekisting Dinding</b>				

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b>Bahan</b>				
	Paku Usuk	0.4000	Kg	19,800.00	7,920.00
	Plywood uk. 122X244X9mm	0.3500	Lembar	121,400.00	42,490.00
	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	0.0200	m <sup>3</sup>	4,711,500.00	94,230.00
	Kayu Meranti Bekisting	0.0300	m <sup>3</sup>	3,350,400.00	100,512.00
	Minyak Bekisting	0.2000	Liter	29,600.00	5,920.00
	<b>Jumlah</b>				251,072.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0330	org/hr	158,000.00	5,214.00
	Kepala Tukang	0.0330	org/hr	148,000.00	4,884.00
	Tukang	0.3300	org/hr	121,000.00	39,930.00
	Pembantu Tukang	0.6600	org/hr	110,000.00	72,600.00
	<b>Jumlah</b>				122,628.00
	<b>Nilai HSPK</b>				373,700.00
<b>12</b>	<b>1 m<sup>3</sup> Pekerjaan Beton K-250</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Semen PC 40 Kg	9.6000	Zak	60,700.00	582,720.00
	Pasir Cor/Beton	0.4325	m <sup>3</sup>	243,000.00	105,097.50
	Batu Pecah Mesin 1/2 Cm	0.5468	m <sup>3</sup>	487,900.00	266,804.26
	Air Kerja	215.0000	Liter	28.00	6,020.00
	<b>Jumlah</b>				960,641.76
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0830	org/hr	158,000.00	13,114.00
	Kepala Tukang	0.0280	org/hr	148,000.00	4,144.00
	Tukang	0.2750	org/hr	121,000.00	33,275.00
	Pembantu Tukang	1.6500	org/hr	110,000.00	181,500.00
	<b>Jumlah</b>				232,033.00

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
	<b>Nilai HSPK</b>				1,192,674.76
<b>13</b>	<b>1 kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Besi Beton Polos	1.0500	kg	12,500.00	13,125.00
	Kawat Beton	0.0150	kg	25,500.00	382.50
	<b>Jumlah</b>				13,507.50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0004	org/hr	158,000.00	63.20
	Kepala Tukang	0.0007	org/hr	148,000.00	103.60
	Tukang	0.0070	org/hr	121,000.00	847.00
	Pembantu Tukang	0.0070	org/hr	110,000.00	770.00
	<b>Jumlah</b>				1,783.80
	<b>Nilai HSPK</b>				15,291.30
<b>14</b>	<b>1 m Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 2"</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 2" panjang 4m	0.3000	Batang	50,000.00	15,000.00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 2" panjang 4m	0.1050	Batang	50,000.00	5,250.00
	<b>Jumlah</b>				20,250.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0027	org/hr	158,000.00	426.60
	Kepala Tukang	0.0090	org/hr	148,000.00	1,332.00
	Tukang	0.0900	org/hr	121,000.00	10,890.00
	Pembantu Tukang	0.0540	org/hr	110,000.00	5,940.00
	<b>Jumlah</b>				18,588.60
	<b>Nilai HSPK</b>				38,838.60
<b>15</b>	<b>1 m Pemasangan Pipa Air Kotor Dia 4"</b>				
	<b>Bahan</b>				

No	Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0.3000	Batang	93,100.00	27,930.00
	Pipa Plastik PVC Tipe C uk. 4" panjang 4m	0.1050	Batang	93,100.00	9,775.50
	<b>Jumlah</b>				37,705.50
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.0041	org/hr	158,000.00	647.80
	Kepala Tukang	0.0135	org/hr	148,000.00	1,998.00
	Tukang	0.1350	org/hr	121,000.00	16,335.00
	Pembantu Tukang	0.0810	org/hr	110,000.00	8,910.00
	<b>Jumlah</b>				27,890.80
	<b>Nilai HSPK</b>				65,596.30
<b>16</b>	<b>Pemasangan Aksesoris Pipa Air Kotor</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Pipa Vent 1.5"	3.000	buah	31,550.00	94,650.00
	Tee	2.000	buah	16,600.00	33,200.00
	Elbow	5.000	buah	3,100.00	15,500.00
	<b>Jumlah</b>				143,350.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.020	org/hr	158,000.00	3,160.00
	Tukang	0.080	org/hr	121,000.00	9,680.00
	<b>Jumlah</b>				12,840.00
	<b>Nilai HSPK</b>				156,190.00
<b>17</b>	<b>Pemasangan Diffuser Organica</b>				
	<b>Bahan</b>				
	Diffuser	3.000	buah	11,449,000.00	34,347,000.00
	<b>Jumlah</b>				34,347,000.00
	<b>Upah</b>				
	Mandor	0.005	org/hr	158,000.00	790.00
	Tukang	0.010	org/hr	121,000.00	1,210.00
	<b>Jumlah</b>				2,000.00
	<b>Nilai HSPK</b>				34,349,000.00



Nomor Jenis Pekerjaan : Bak Kontrol Sambungan Rumah  
 Kuantitas Pekerjaan : 1 Unit,  
 Hasil Per Hari / Jam :

No.	U r a i a n	Satuan	jumlah Harga	
			Rp	
			Bahan	Upah
I.	<b>Bahan</b>			
1	Galian Tanah	m <sup>3</sup>	-	86,450.00
2	Pasir Urug	m <sup>3</sup>	180,240.00	34,580.00
3	Rabat Beton	m <sup>3</sup>	57,287.98	10,040.63
4	Pasangan 1/2 Bata 1:2	m <sup>2</sup>	157,994.90	45,926.25
5	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	786,076.97	343,988.10
6	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	287,807.20	103,341.93
7	Lantai Kerja K-225	m <sup>2</sup>	754,392.16	168,640.00
II.	<b>Tenaga</b>			
III.	<b>Alat</b>			
<b>J u m l a h</b>			<b>2,223,799.21</b>	<b>792,966.90</b>

Nomor Jenis Pekerjaan : Manhole  
 Kuantitas Pekerjaan : 1 Unit  
 Hasil Per Hari / Jam :

No.	Uraian	Satuan	jumlah Harga Rp	
			Bahan	Upah
I.	<b>Bahan</b>			
1	Galian Tanah	m <sup>3</sup>	-	86,450.00
2	Pas Urug	m <sup>3</sup>	180,240.00	34,580.00
3	Rabat Beton	m <sup>3</sup>	57,287.98	10,040.63
4	Lantai kerja K-225	m <sup>3</sup>	754,392.16	168,640.00
5	Dinding, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	1,663,561.05	612,160.96
6	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	786,076.97	343,988.10
7	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	287,807.20	103,341.93
II.	<b>Tenaga</b>			
III.	<b>Alat</b>			
<b>Jumlah</b>			<b>3,729,365.36</b>	<b>1,359,201.62</b>

Nomor Jenis Pekerjaan : Grease Trap Sambungan Rumah  
 Kuantitas Pekerjaan : 1 Unit,  
 Hasil Per Hari / Jam :

No.	Uraian	Satuan	jumlah Harga	
			Rp	
			Bahan	Upah
I.	<b>Bahan</b>			
1	Galian Tanah	m <sup>3</sup>	-	86,450.00
2	Pasir Urug	m <sup>3</sup>	180,240.00	34,580.00
3	Pasangan 1/2 Bata 1:2	m <sup>2</sup>	157,994.90	45,926.25
4	Cover, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	786,076.97	343,988.10
5	Tutup, Beton Bertulang 1:2:3	m <sup>3</sup>	287,807.20	103,341.93
6	Lantai Kerja K-225	m <sup>2</sup>	754,392.16	168,640.00
II.	<b>Tenaga</b>			
III.	<b>Alat</b>			
<b>Jumlah</b>			<b>2,166,511.23</b>	<b>782,926.28</b>





**KETERANGAN**  
UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
ELEVASI DALAM METER

-  : Jalan
-  : Sungai
-   : Manhole Lurus
-  : Manhole Belokan
-  : Manhole Pertigaan
-  : Manhole Perempatan
-  : Sumur Pengumpul
-  : IPAL
-  : Arah Aliran SPAL
-  : Pipa Primer
-  : Pipa Sekunder
-  : Pipa Tersier

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN  
KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
3313100051

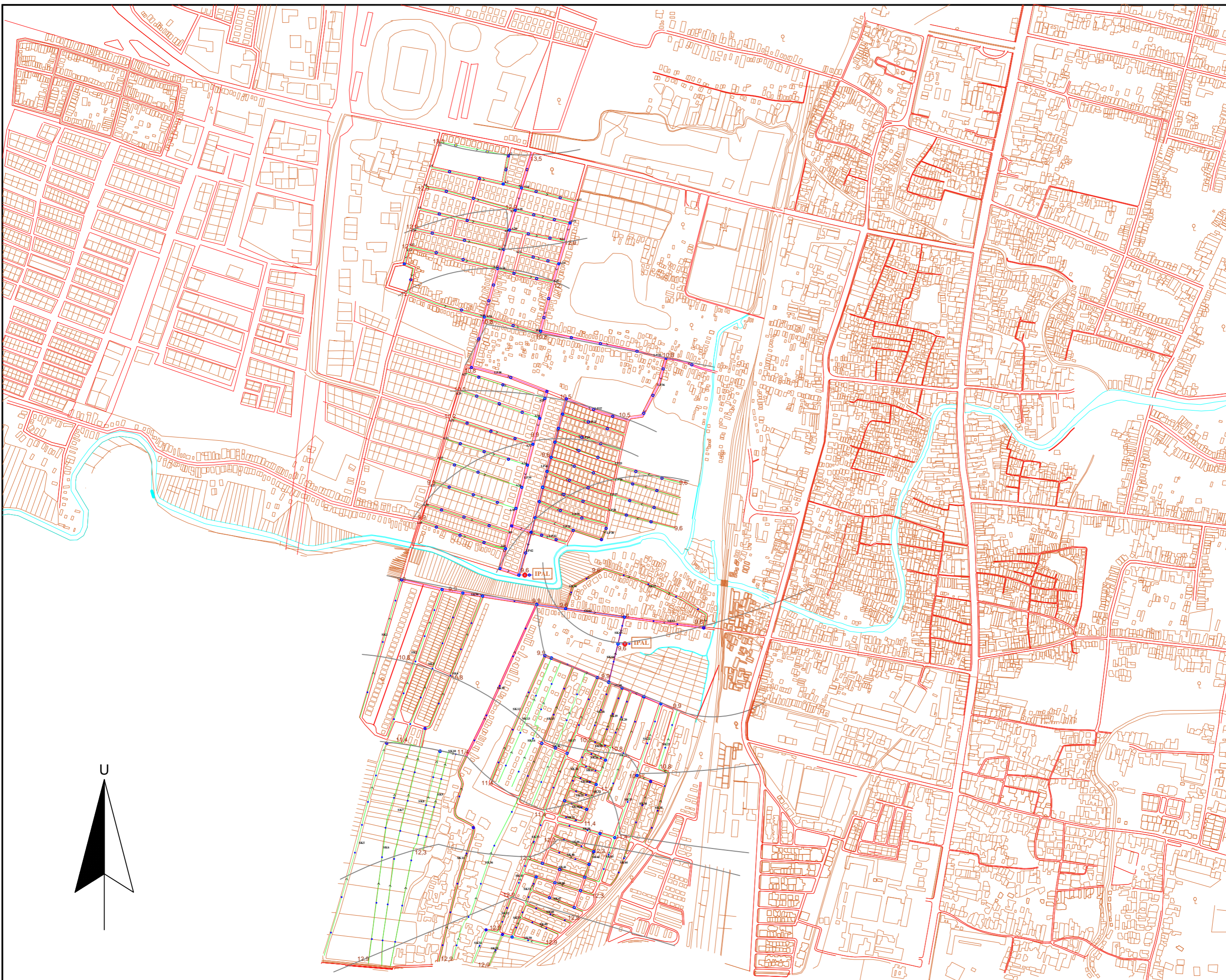
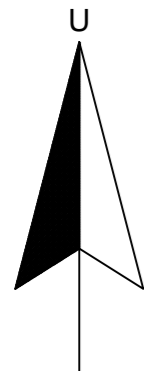
**JUDUL GAMBAR:**  
PETA SPAL KELURAHAN  
SIDOKARE DAN SIDOKARE

**NOMOR**

1

**SKALA GAMBAR:**

1 : 800.000







**KETERANGAN**  
UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
ELEVASI DALAM METER

-  : Jalan
-  : Sungai
-  : Manhole Lurus
-  : Manhole Belokan
-  : Manhole Pertigaan
-  : Manhole Perempatan
-  : Drop Manhole
-  : Sumur Pengumpul
-  : IPAL
-  : Arah Aliran SPAL
-  : Pipa Primer
-  : Pipa Sekunder
-  : Pipa Tersier

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

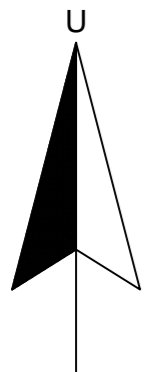
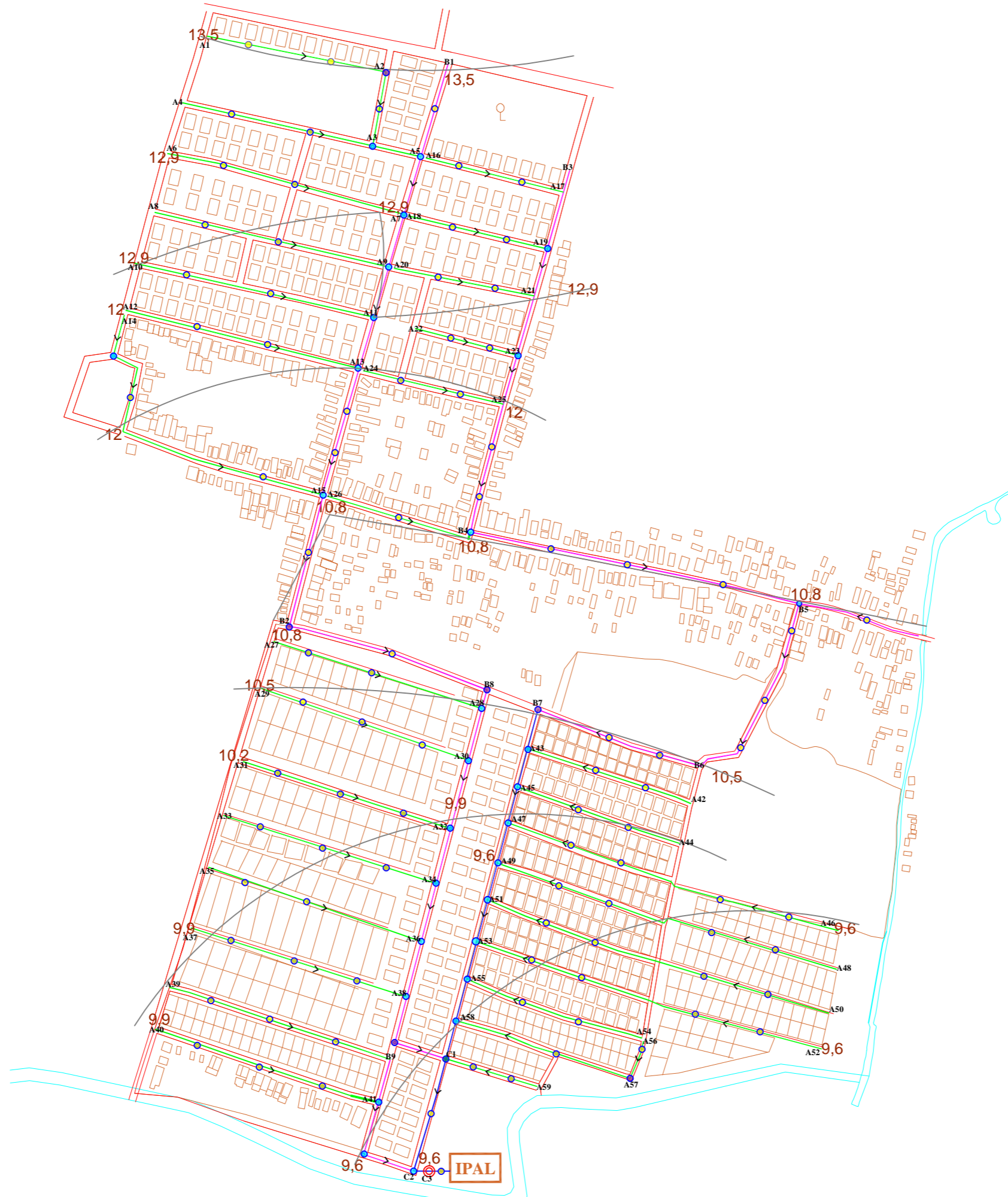
**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

PETA SPAL KELURAHAN  
LEMAHPUTRO

NOMOR	SKALA GAMBAR:
2	1 : 400.000







**KETERANGAN**  
UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
ELEVASI DALAM METER

-  : Jalan
-  : Sungai
-  : Manhole Lurus
-  : Manhole Belokan
-  : Manhole Pertigaan
-  : Manhole Perempatan
-  : Drop Manhole
-  : Sumur Pengumpul
-  : IPAL
-  : Arah Aliran SPAL
-  : Pipa Primer
-  : Pipa Sekunder
-  : Pipa Tersier

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
3313100051

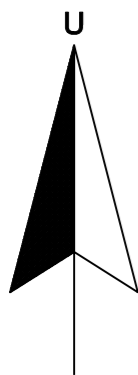
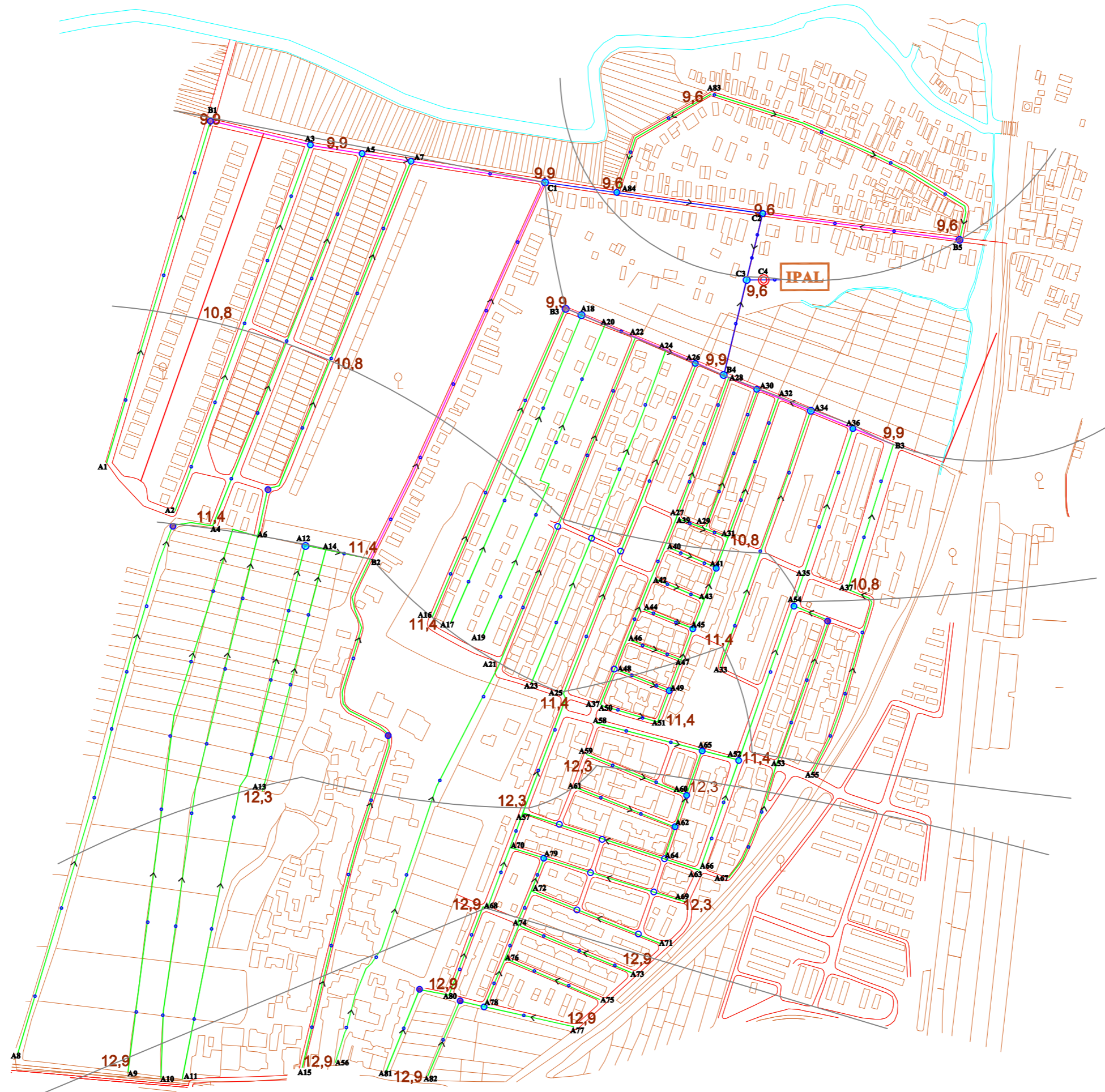
**JUDUL GAMBAR:**  
PETA SPAL KELURAHAN  
SIDOKARE

**NOMOR**

3

**SKALA GAMBAR:**

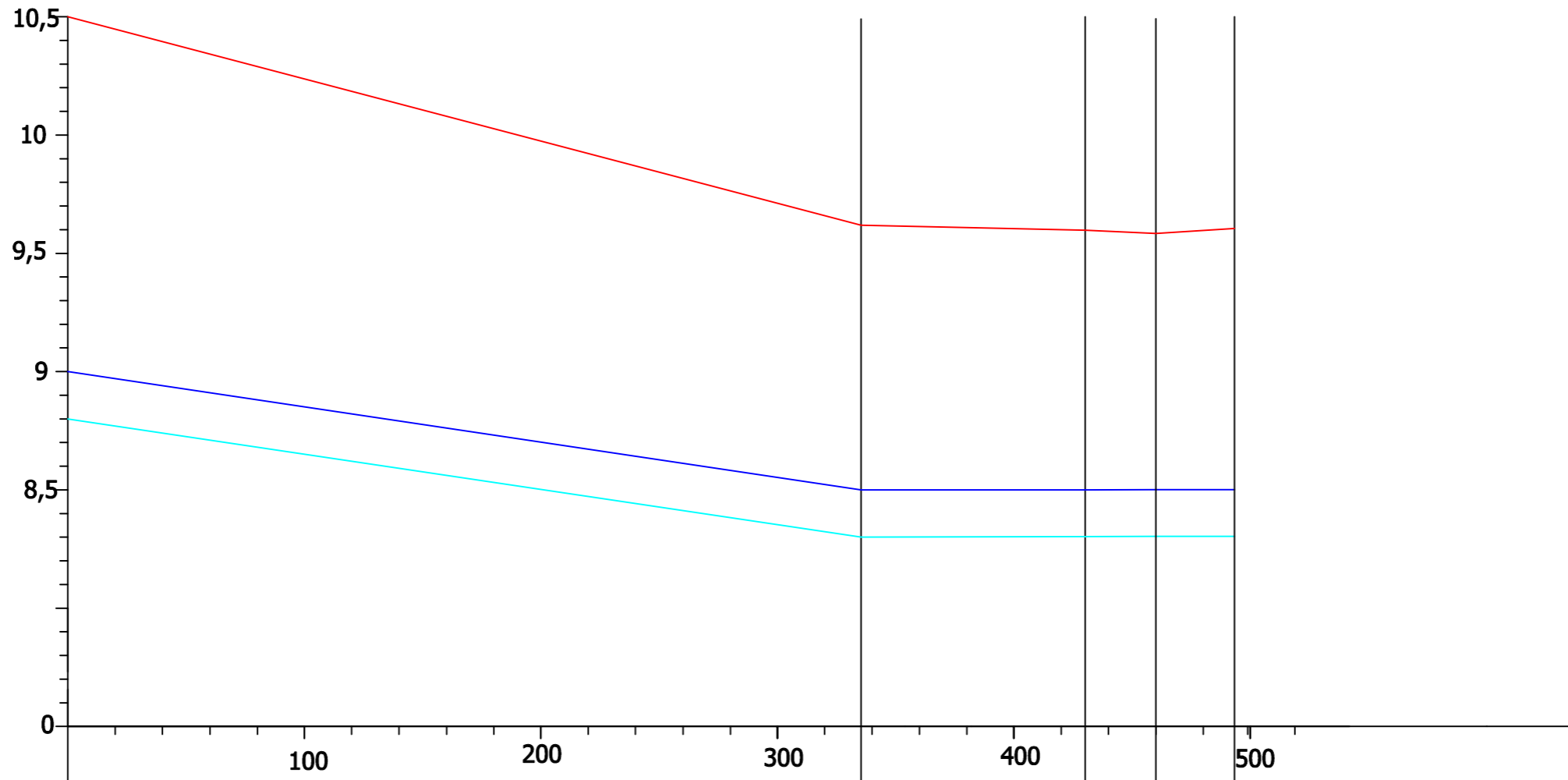
1 : 400.000





KETERANGAN  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

— : Elevasi tanah  
 — : Elevasi Pipa atas  
 — : Elevasi Pipa Bawah



Saluran	B7									
			C1	C1		C2	C2	C3	C3	IPAL
Panjang pipa (m)		319			103			16		16
Diameter pipa(mm)		200			200			200		200
Elevasi muka tanah (m)	10,5		9,6	9,6		9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Elevasi pipa atas(m)	9,0		8,5	8,5		8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Elevasi pipa bawah(m)	8,8		8,3	8,3		8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
Kedalaman penanaman(m)	1,7		1,3	1,3		1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Jenis manhole	M.BELOKAN		M.PEREMPATAN			M.PERTIGAAN			M.LURUS	
Drop manhole(m)	—		—		—		—		—	

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN  
 AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN  
 KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
 KELURAHAN SIDOKARE

INSTITUT:

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

DOSEN PEMBIBING:

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

MAHASISWA PERENCANA:

Kristianus Octavianus  
 3313100051

JUDUL GAMBAR:  
 PROFIL HIDROLIS PIPA PRIMER  
 KELURAHAN LEMAHPUTRO (1)

NOMOR

4

SKALA GAMBAR:

1 : 100

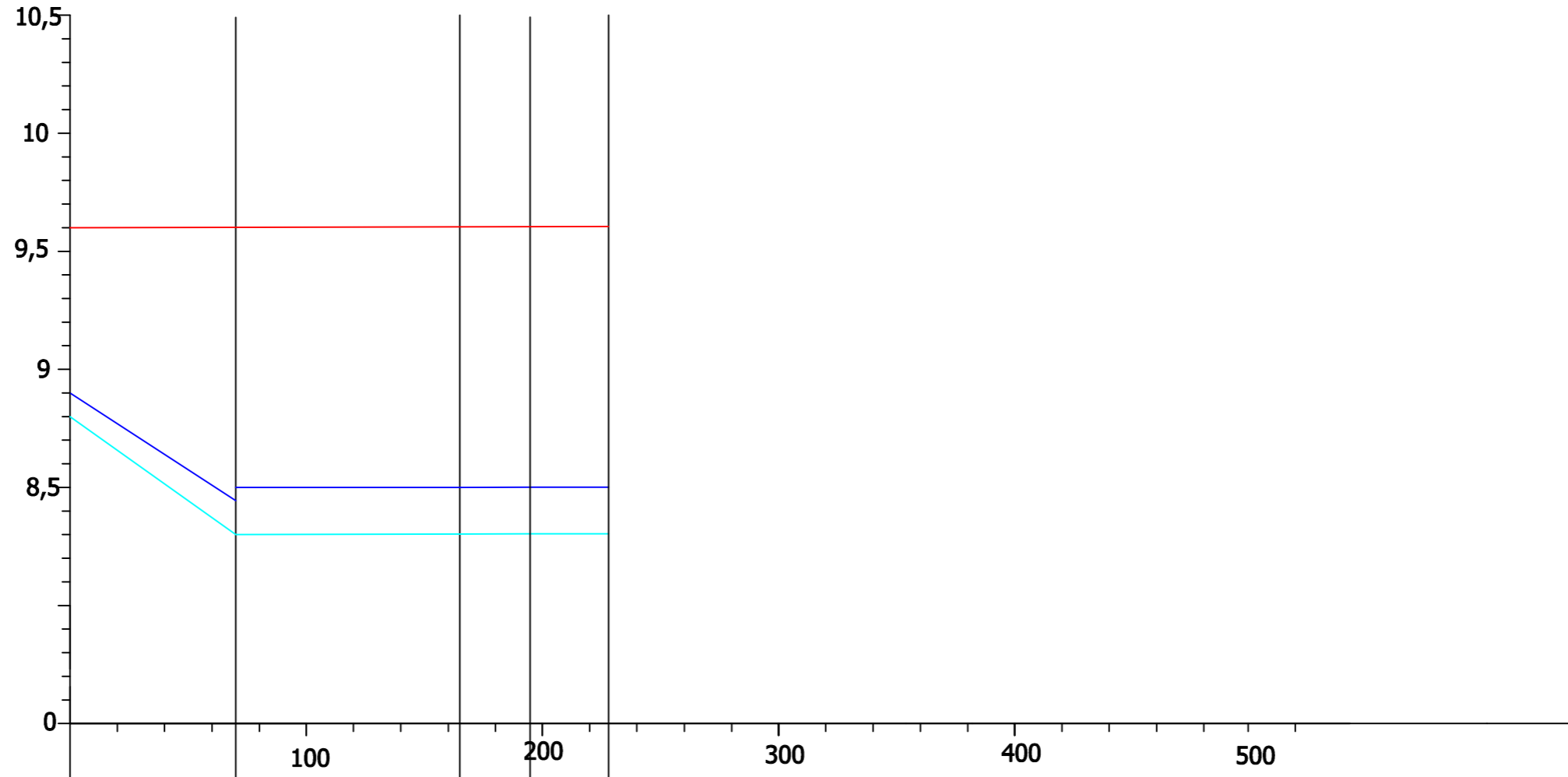






KETERANGAN  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

- : Elevasi tanah
- : Elevasi Pipa atas
- : Elevasi Pipa Bawah



Saluran	A59	C1	C1	C2	C2	C3	C3	IPAL
Panjang pipa (m)	84		103		16		16	
Diameter pipa(mm)	100		200		200		200	
Elevasi muka tanah (m)	10,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Elevasi pipa atas(m)	8,9	8,4	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Elevasi pipa bawah(m)	8,8	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
Kedalaman penanaman(m)	0,9	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Jenis manhole	M.LURUS	M.PEREMPATAN		M.PERTIGAAN			M.LURUS	
Drop manhole(m)	—	—		—			—	

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

INSTITUT:

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

DOSEN PEMBIBING:

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

MAHASISWA PERENCANA:

Kristianus Octavianus  
 3313100051

JUDUL GAMBAR:  
**PROFIL HIDROLIS PIPA PRIMER  
 KELURAHAN LEMAHPUTRO (3)**

NOMOR

6

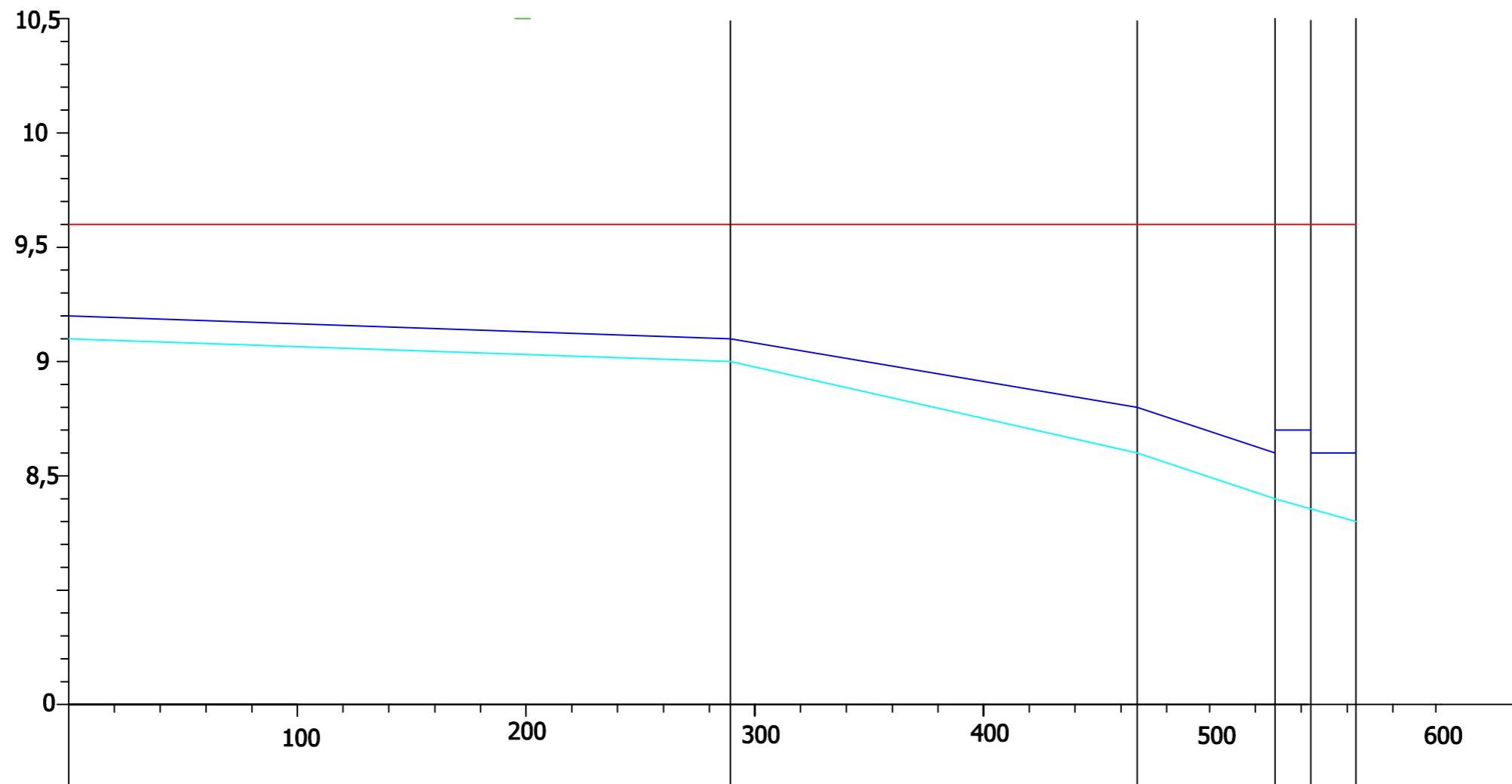
SKALA GAMBAR:

1 : 100



KETERANGAN  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

— : Elevasi tanah  
 — : Elevasi Pipa atas  
 — : Elevasi Pipa Bawah



Saluran	A83	B5	C2	C3	C4	IPAL
Panjang pipa (m)	291	185	64	16	16	
Diameter pipa(mm)	100	100	200	250	250	
Elevasi muka tanah (m)	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6
Elevasi pipa atas(m)	9,2	9,1	8,8	8,8	8,6	8,7
Elevasi pipa bawah(m)	9,1	9,0	8,6	8,6	8,4	8,4
Kedalaman penanaman(m)	0,5	0,6	1,0	1,0	1,1	1,2
Jenis manhole	M.LURUS	M.BELOKAN	M.PERTIGAAN	M.LURUS		
Drop manhole(m)	—	—	—	—	—	—

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

INSTITUT:

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

DOSEN PEMBIBING:

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

MAHASISWA PERENCANA:

Kristianus Octavianus  
 3313100051

JUDUL GAMBAR:  
 PROFIL HIDROLIS PIPA PRIMER  
 KELURAHAN SIDOKARE (1)

NOMOR

7

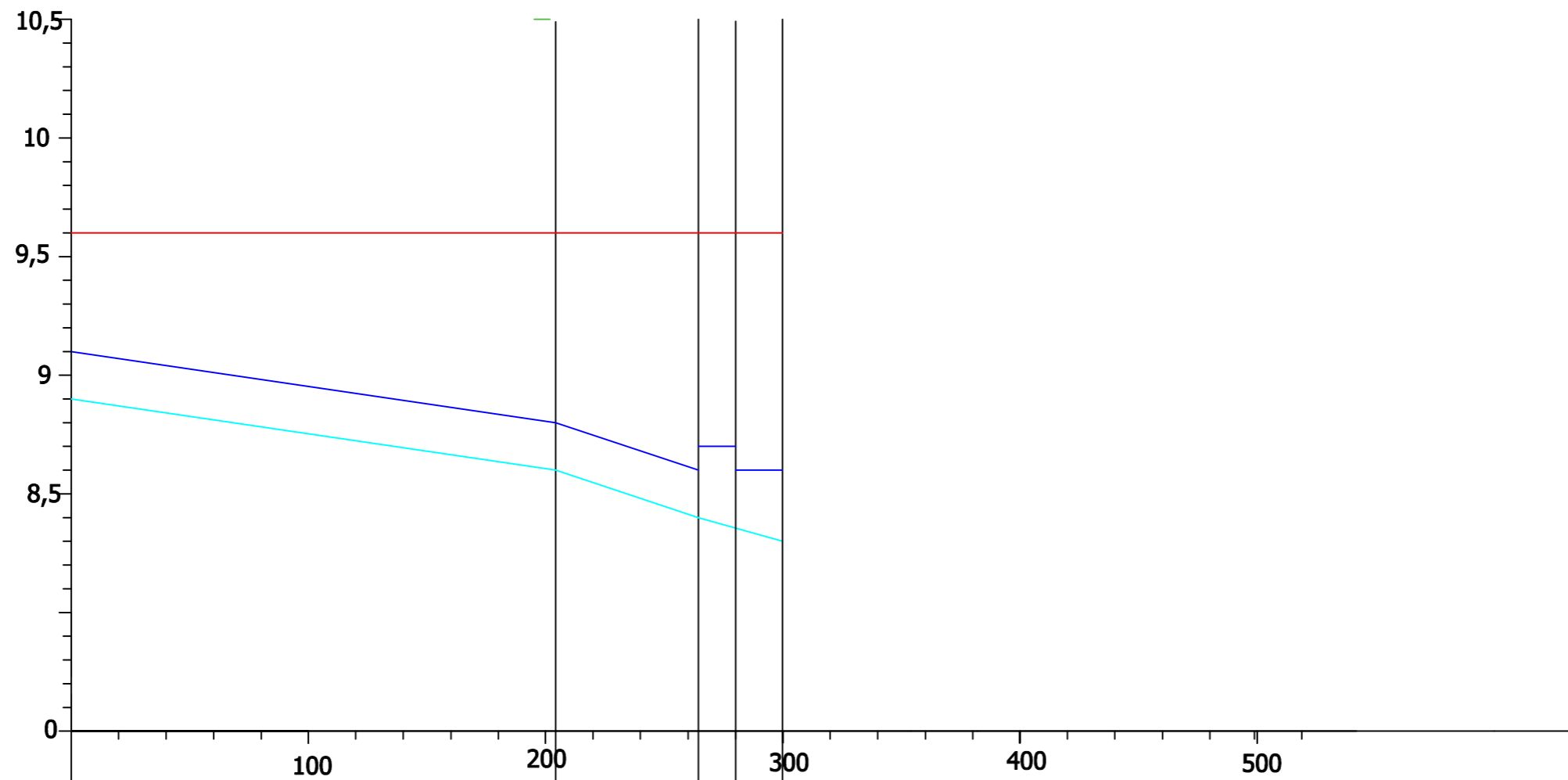
SKALA GAMBAR:

1 : 100



KETERANGAN  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

— : Elevasi tanah  
 — : Elevasi Pipa atas  
 — : Elevasi Pipa Bawah



Saluran	C1	C2	C3	C4	IPAL
Panjang pipa (m)	205	64	16	16	
Diameter pipa(mm)	200	200	250	250	
Elevasi muka tanah (m)	9,6	9,6 9,6	9,6 9,6	9,6	9,6
Elevasi pipa atas(m)	9,1	8,8 8,8	8,6 8,7	8,6	
Elevasi pipa bawah(m)	8,9	8,6 8,6	8,4 8,4	8,3	
Kedalaman penanaman(m)	0,6	1,0 1,0	1,1 1,2	1,3	
Jenis manhole	M.PERTIGAAN	M.PERTIGAAN	M.LURUS		
Drop manhole(m)	—	—	—	—	—

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

INSTITUT:

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

DOSEN PEMBIBING:

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

MAHASISWA PERENCANA:

Kristianus Octavianus  
 3313100051

JUDUL GAMBAR:  
 PROFIL HIDROLIS PIPA PRIMER  
 KELURAHAN SIDOKARE (2)

NOMOR

8

SKALA GAMBAR:

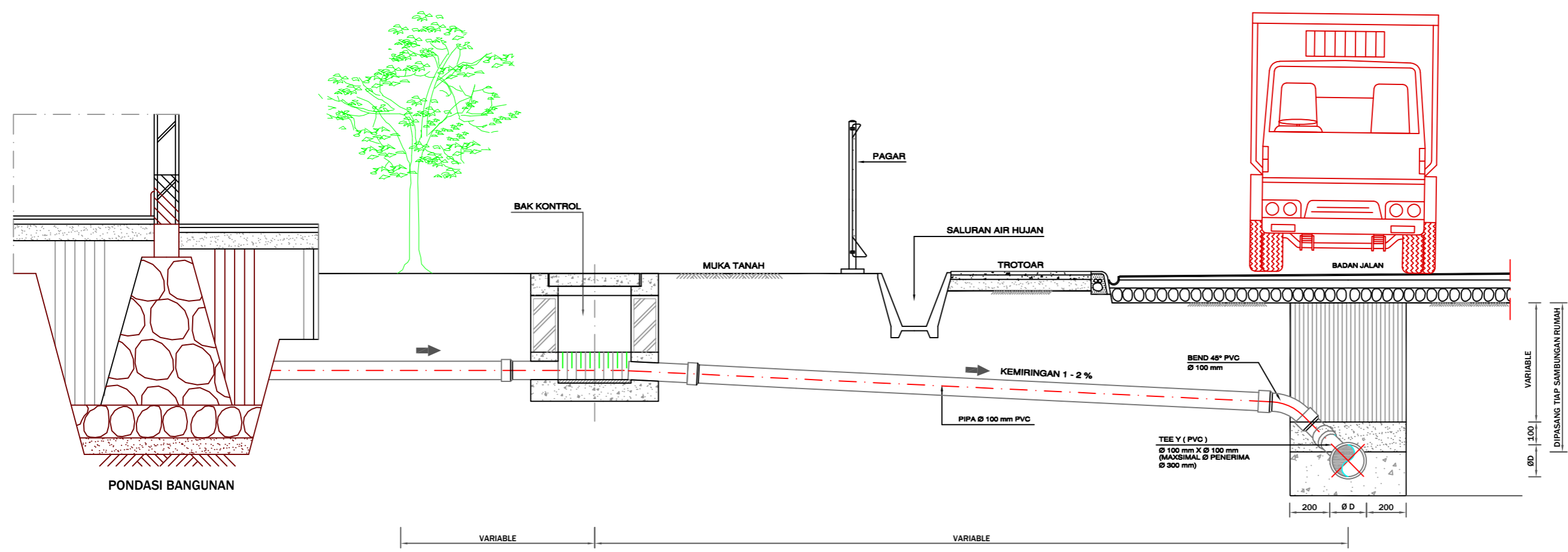
1 : 100



**KETERANGAN**

UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETE  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Manhole
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air



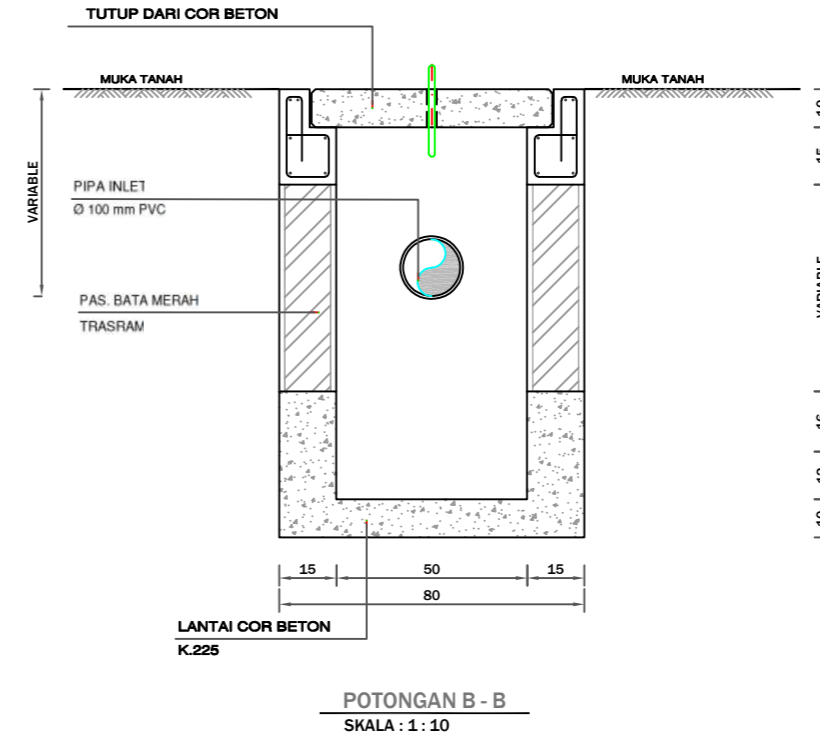
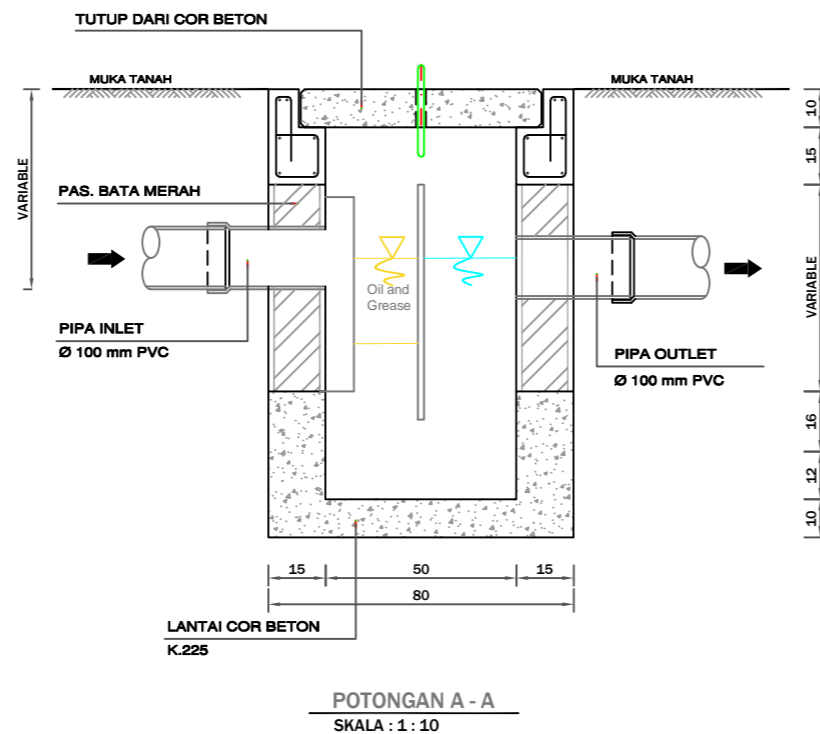
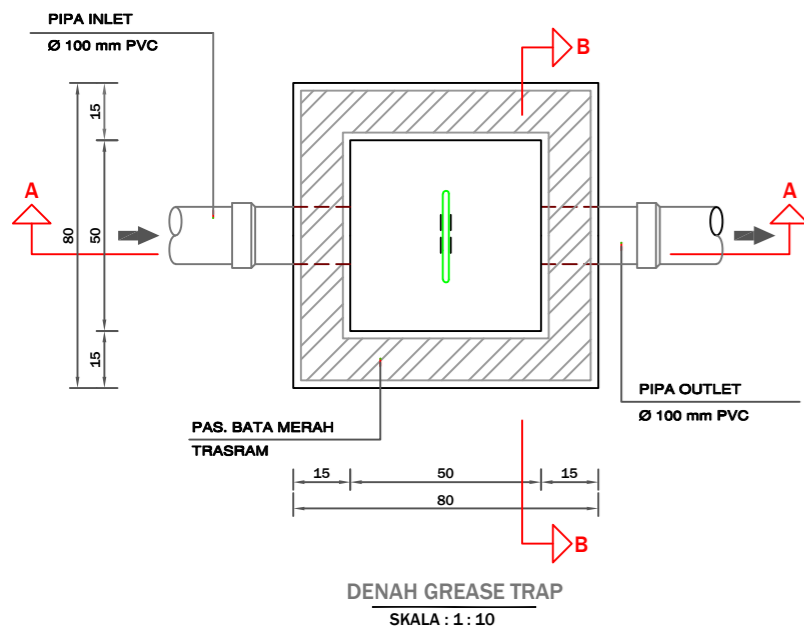
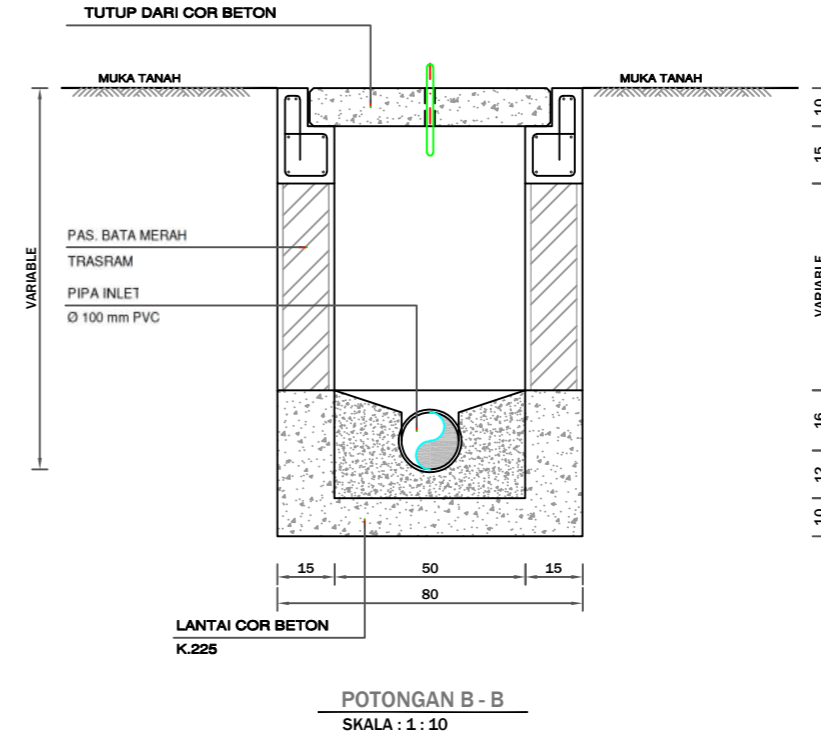
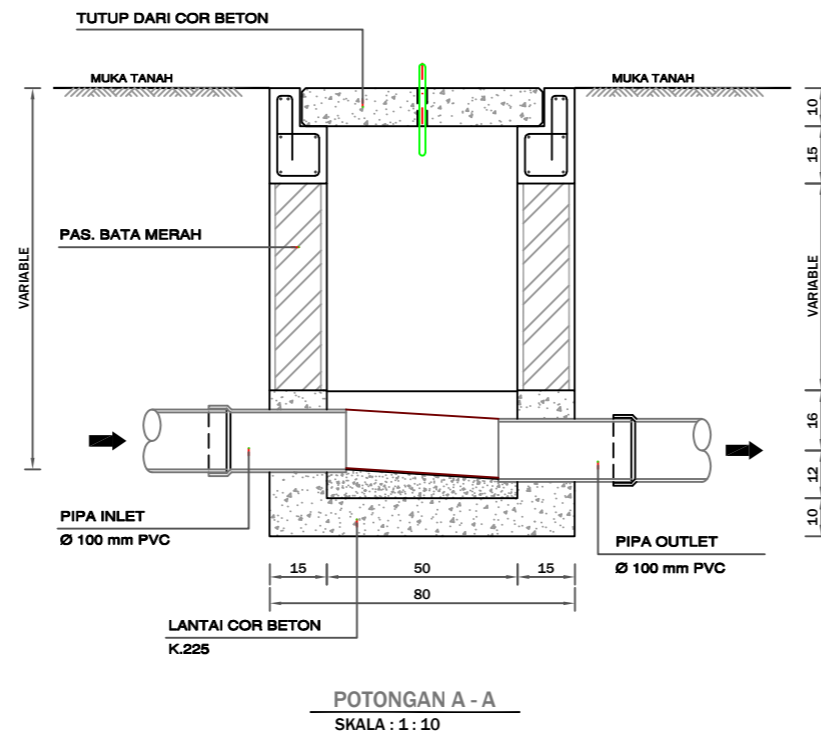
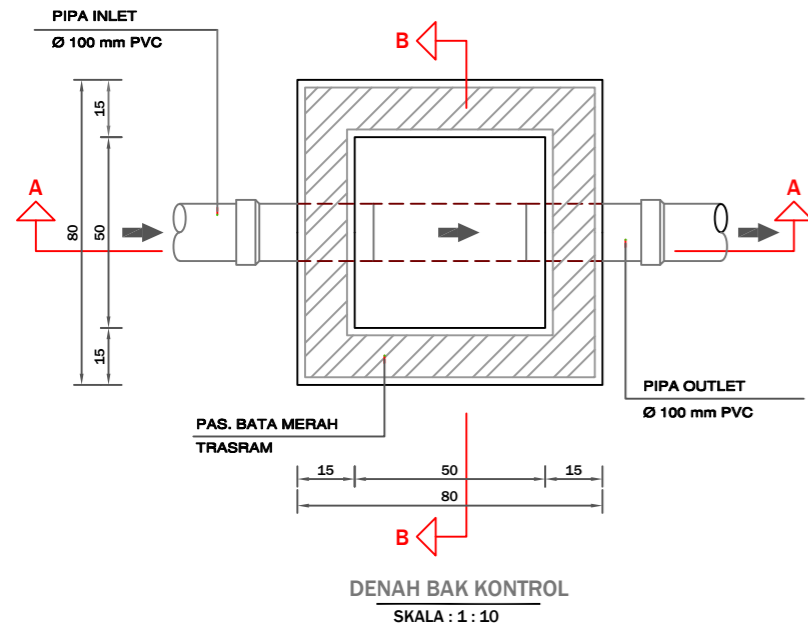
**TYPICAL SAMBUNGAN RUMAH**

<b>KEGIATAN:</b>	
TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE	
<b>INSTITUT:</b>	
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEM BEF SURABAYA	
<b>DOSEN PEMBIBING:</b>	
Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc	
<b>MAHASISWA PERENCANA:</b>	
Kristianus Octavianus 3313100051	
<b>JUDUL GAMBAR:</b>	
POTONGAN JALAN DAN SAMBUNGAN RUMAH	
<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR</b>
9	1 : 100



**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETE  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Manhole
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air



**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEM BEF  
 SURABAYA

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

**BAK KONTROL DAN GREASE TRAP**

**NOMOR**

10

**SKALA GAMBAR**

1 : 100







**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETE  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Manhole
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air

**KEGIATAN:**  
 TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

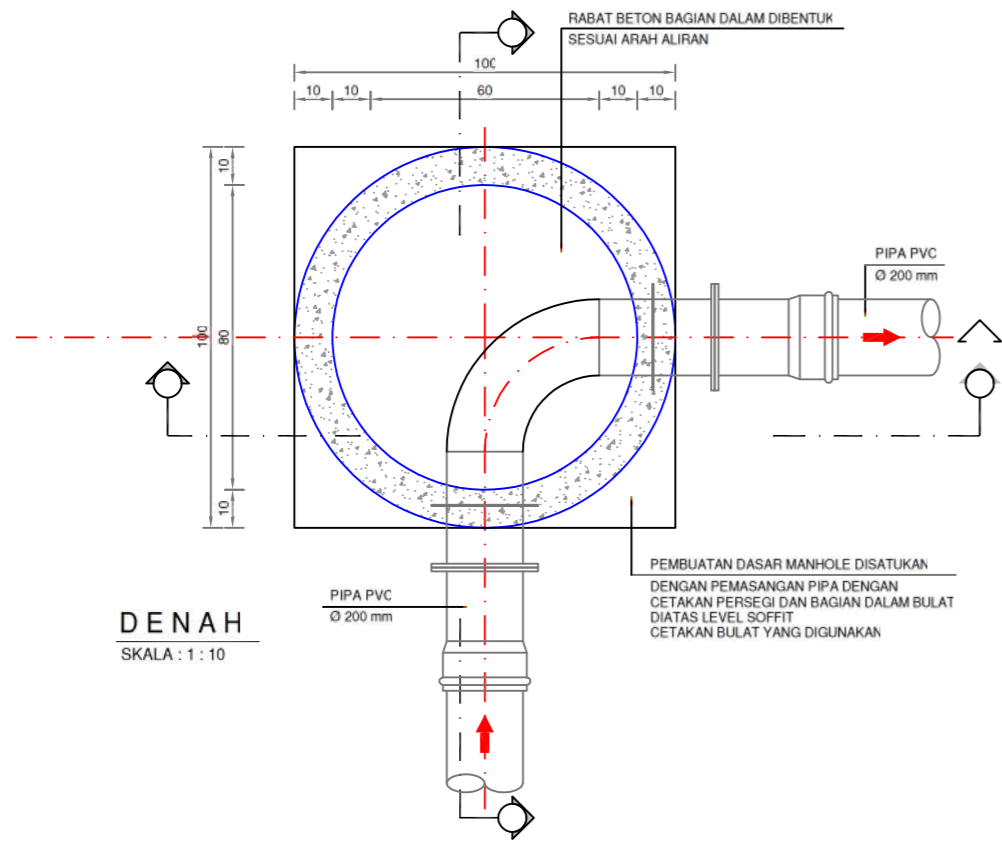
**INSTITUT:**  
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

**DOSEN PEMBIBING:**  
 Dr.Ir. Agus Slamet, Dpl.SE.M.Sc

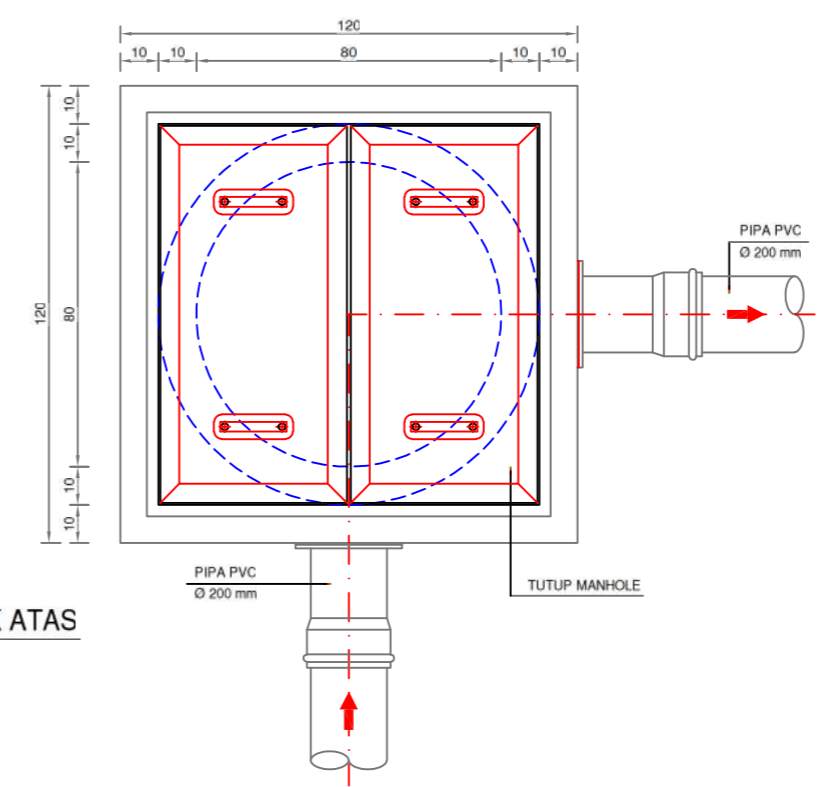
**MAHASISWA PERENCANA:**  
 Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**  
 MANHOLE BELOKAN

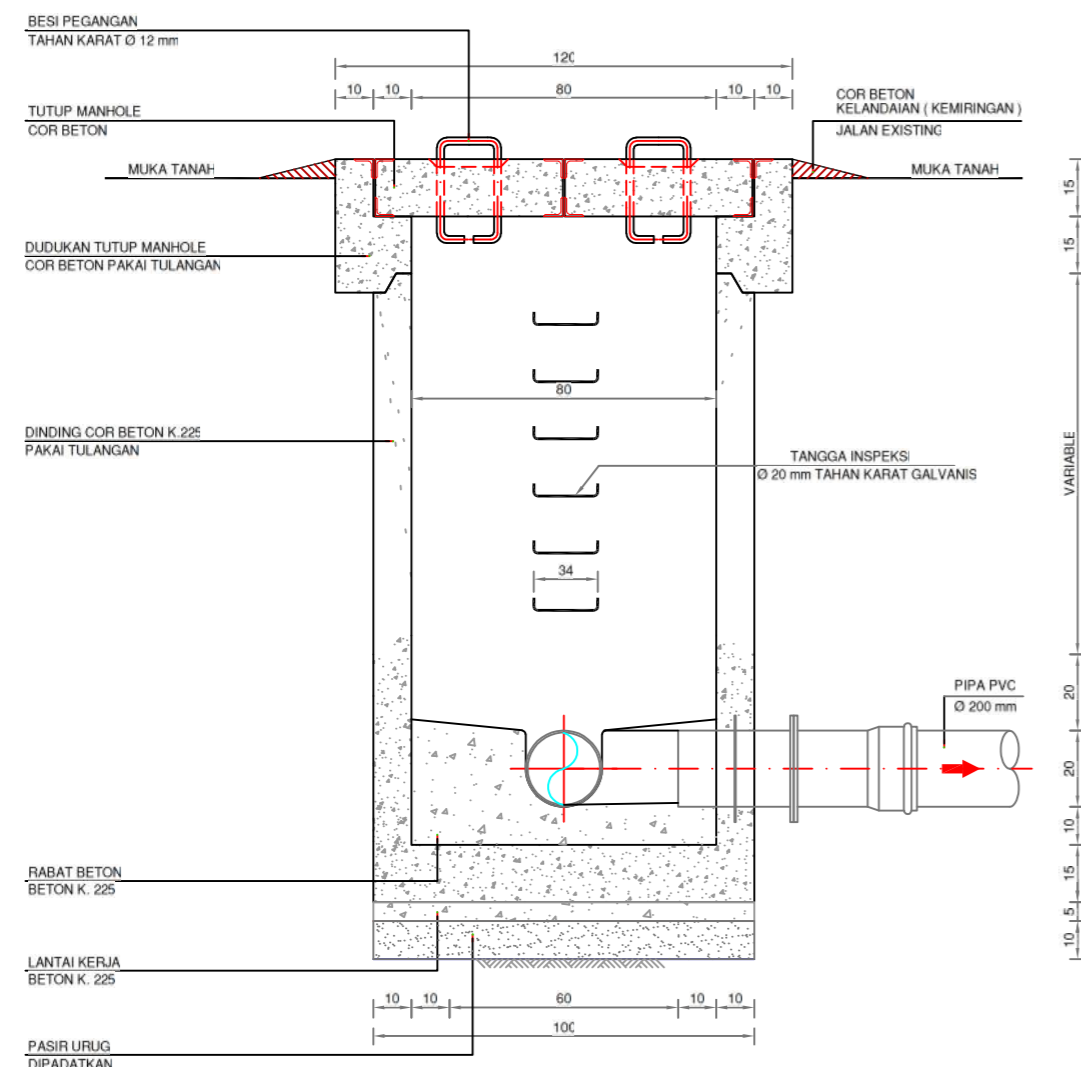
<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
<b>12</b>	1 : 10



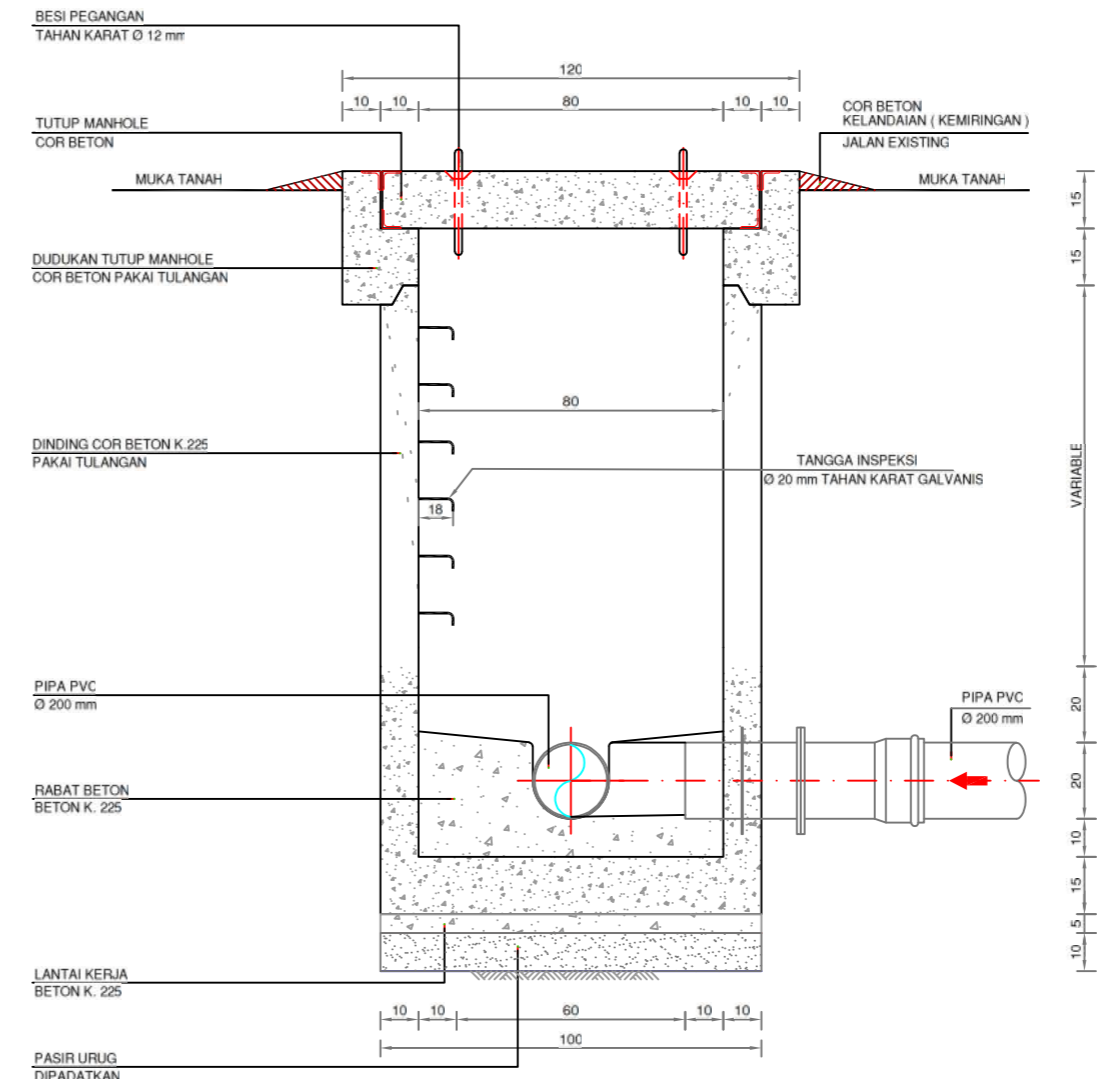
**DENAH**  
 SKALA : 1 : 10



**TAMPAK ATAS**  
 SKALA : 1 : 10



**POTONGAN A - A**  
 SKALA : 1 : 10



**POTONGAN B - B**  
 SKALA : 1 : 10



**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETE  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Manhole
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air

**KEGIATAN:**  
 TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLOHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**  
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

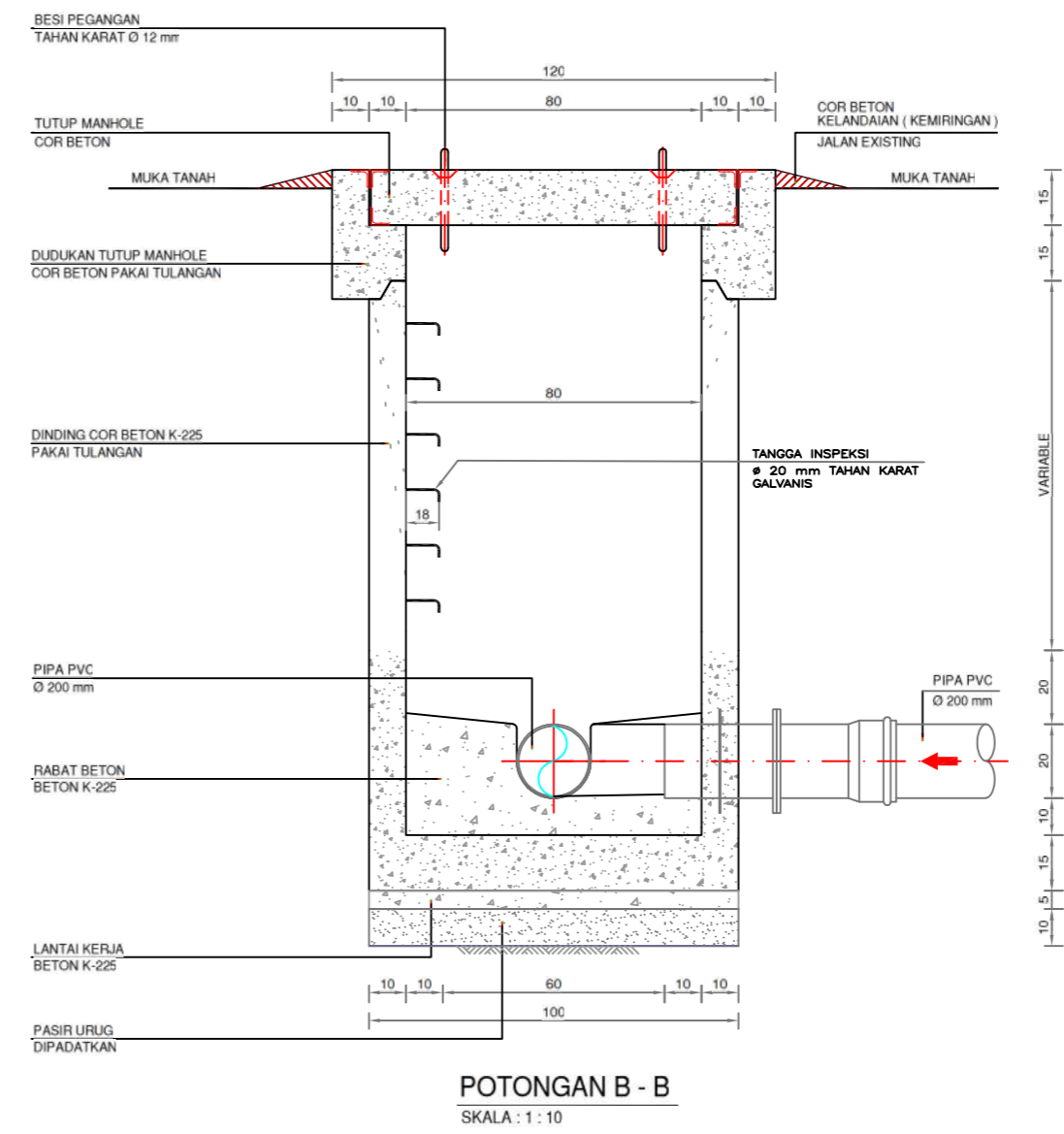
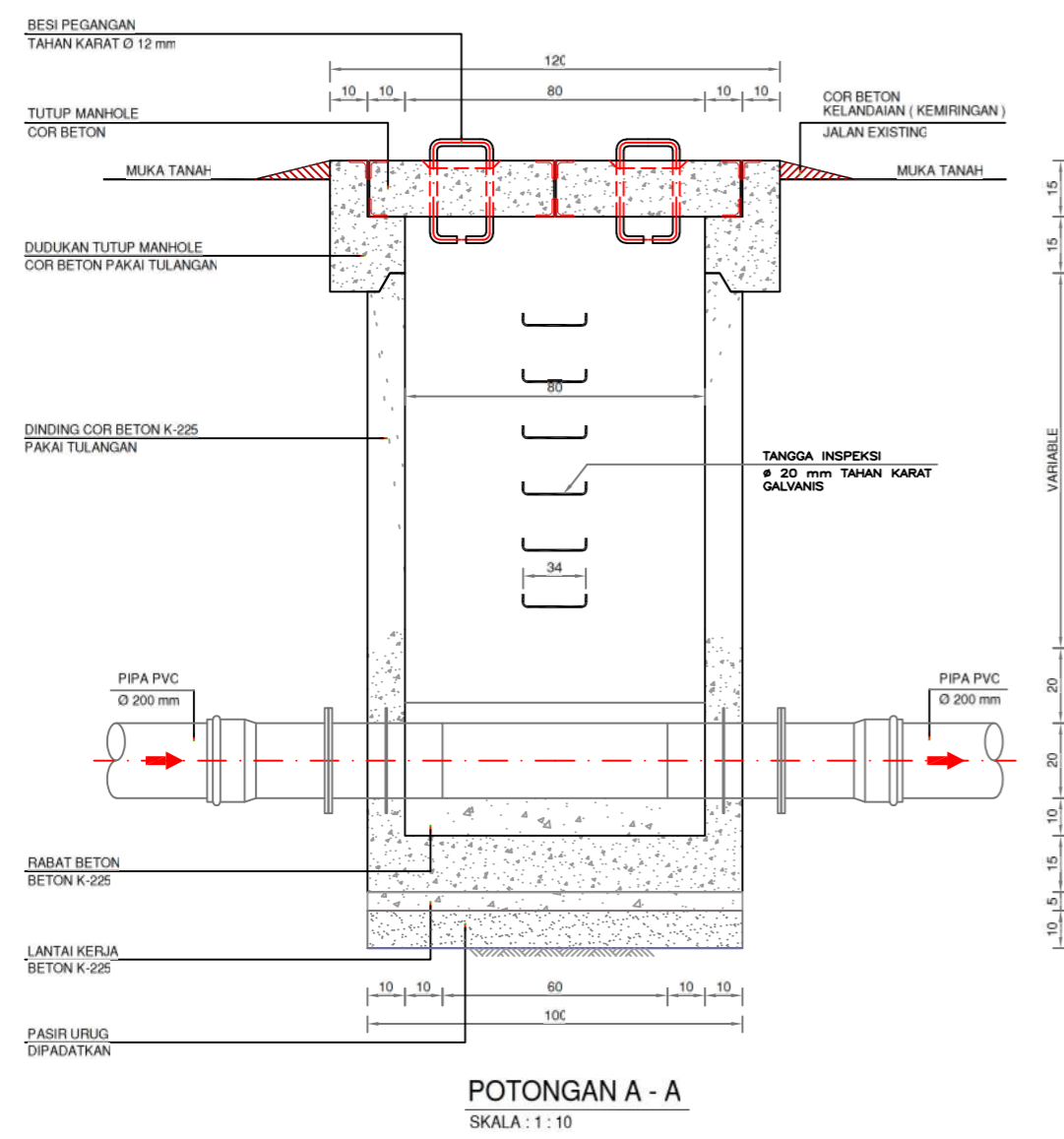
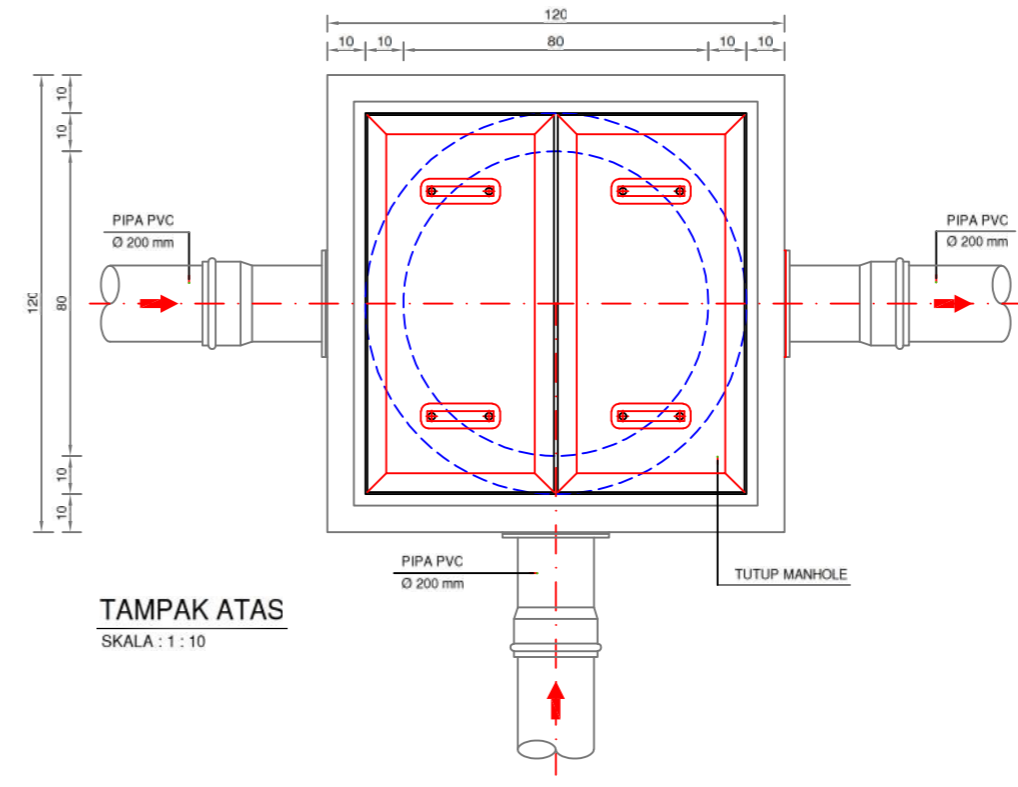
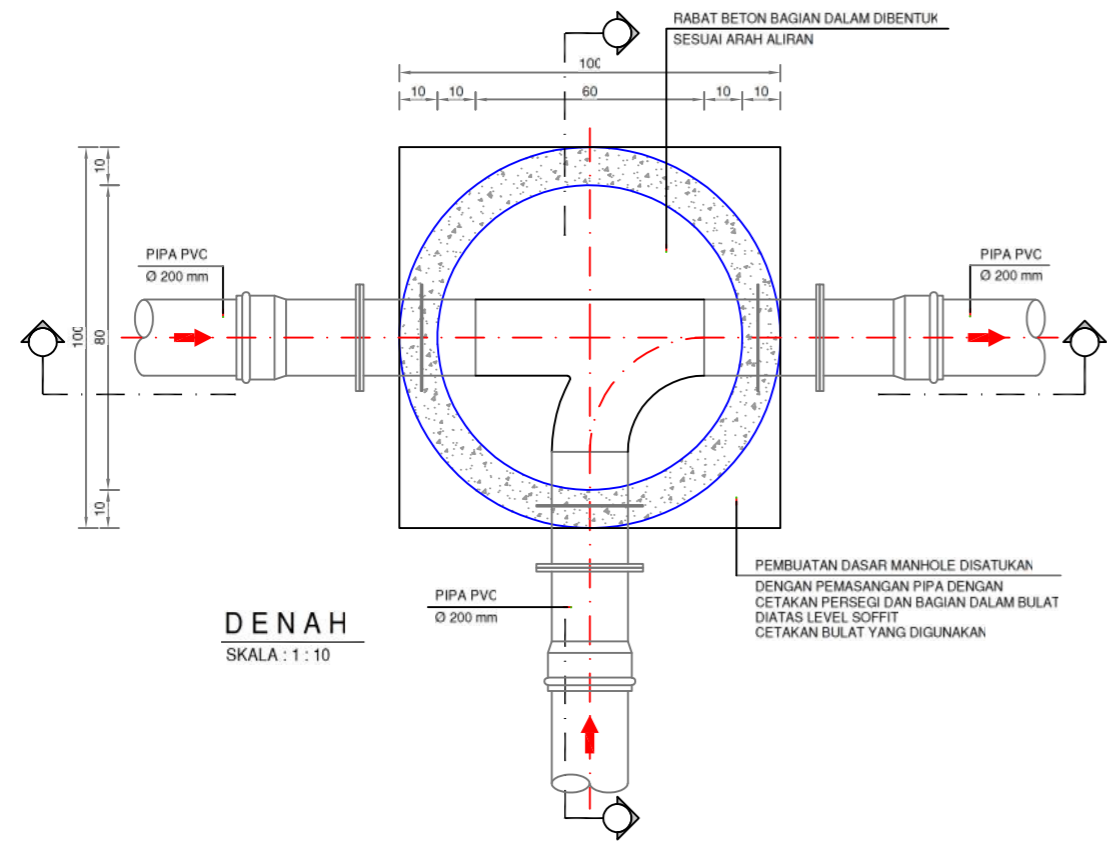
**DOSEN PEMBIBING:**  
 Dr.Ir. Agus Slamet, Dpl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**  
 Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**  
**MANHOLE PERTIGAAN**

**NOMOR**  
**13**

**SKALA GAMBAR:**  
 1 : 10








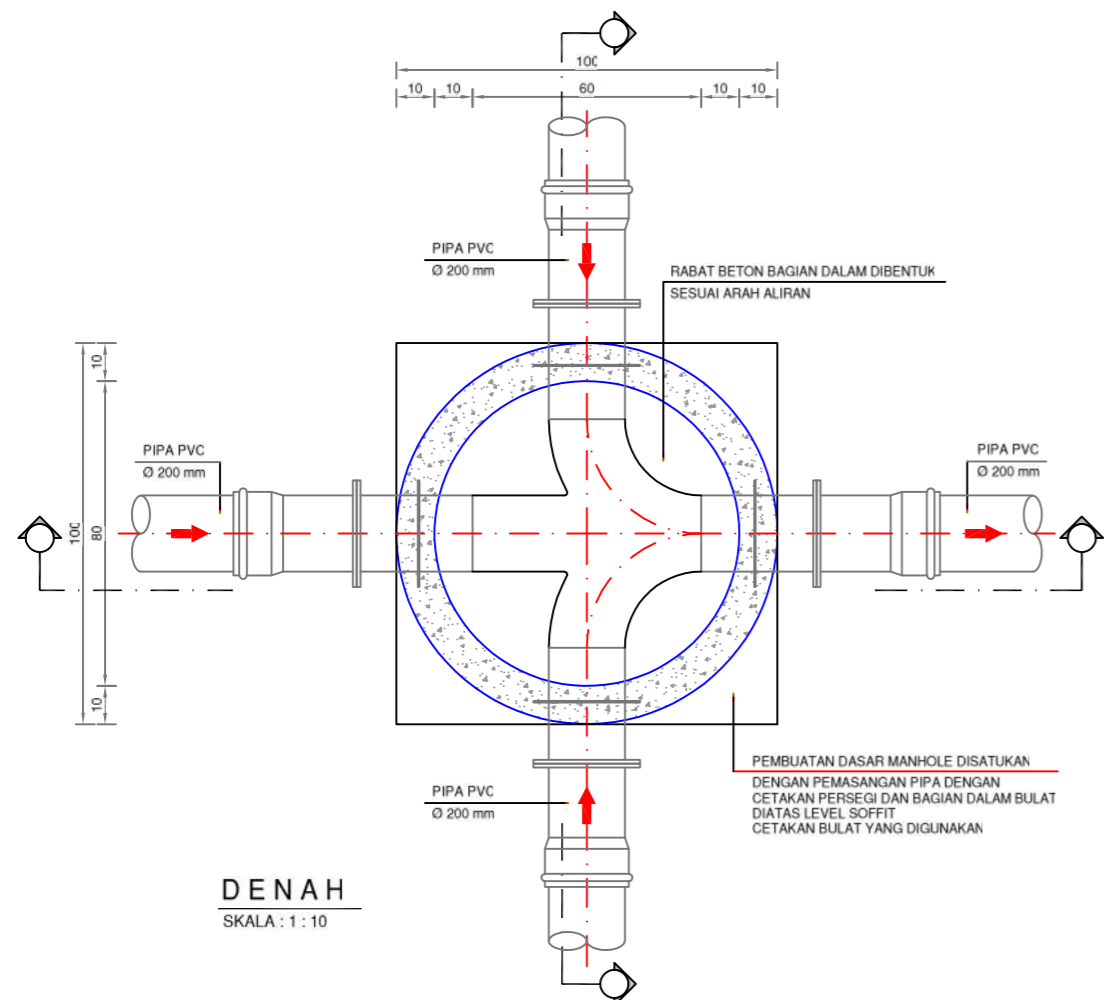




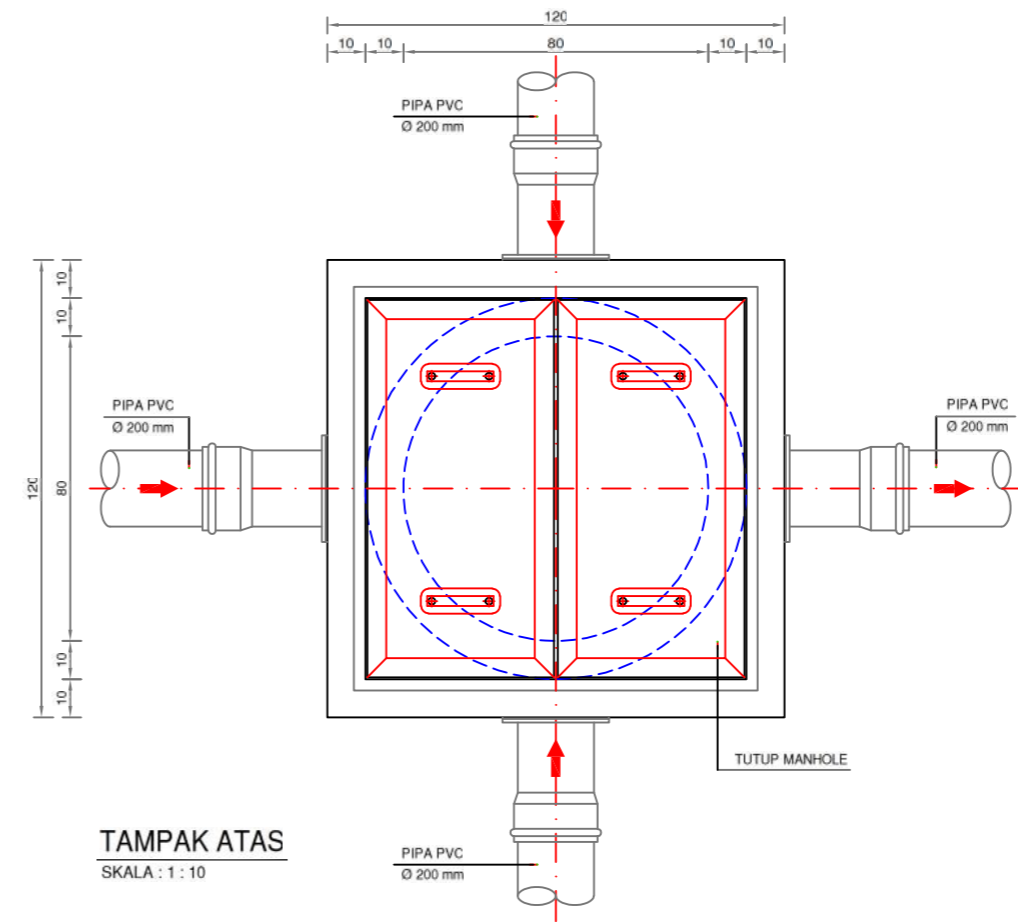
**KETERANGAN**

UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETE  
 ELEVASI DALAM METER

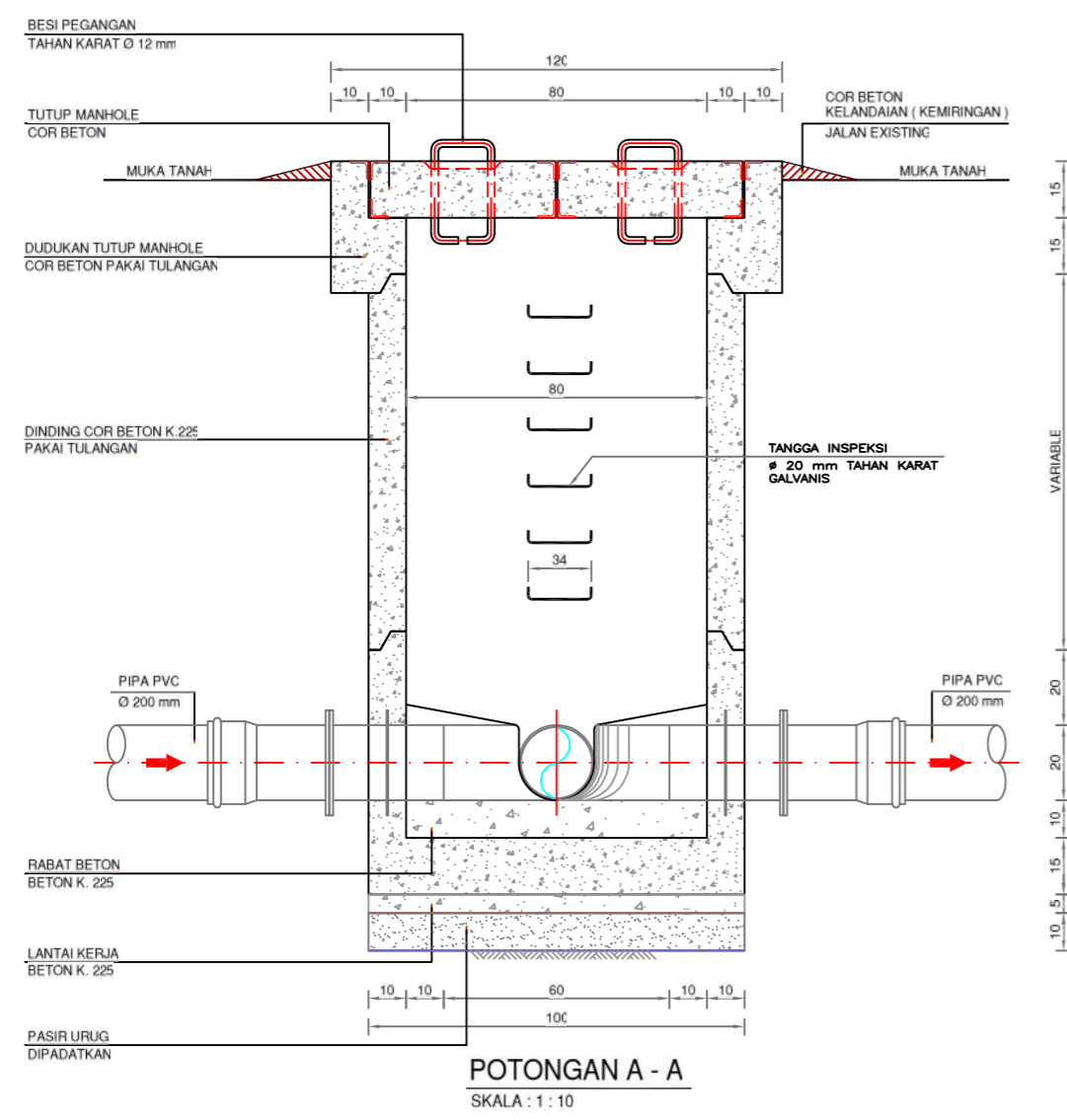
-  : Lumpur
-  : Manhole
-  : Tanah
-  : Beton
-  : Elevasi Muka Air



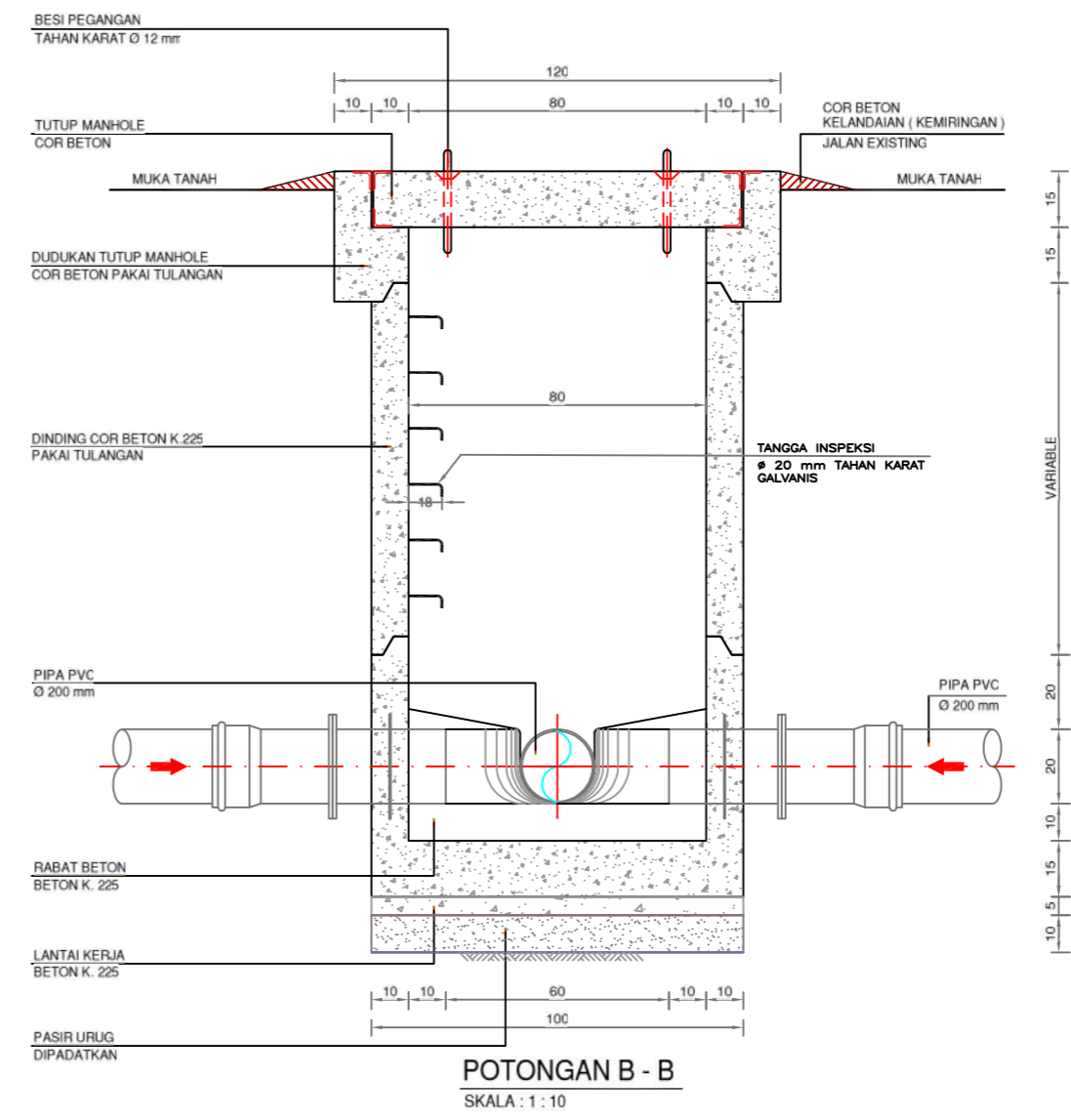
**DENAH**  
 SKALA : 1 : 10



**TAMPAK ATAS**  
 SKALA : 1 : 10



**POTONGAN A - A**  
 SKALA : 1 : 10



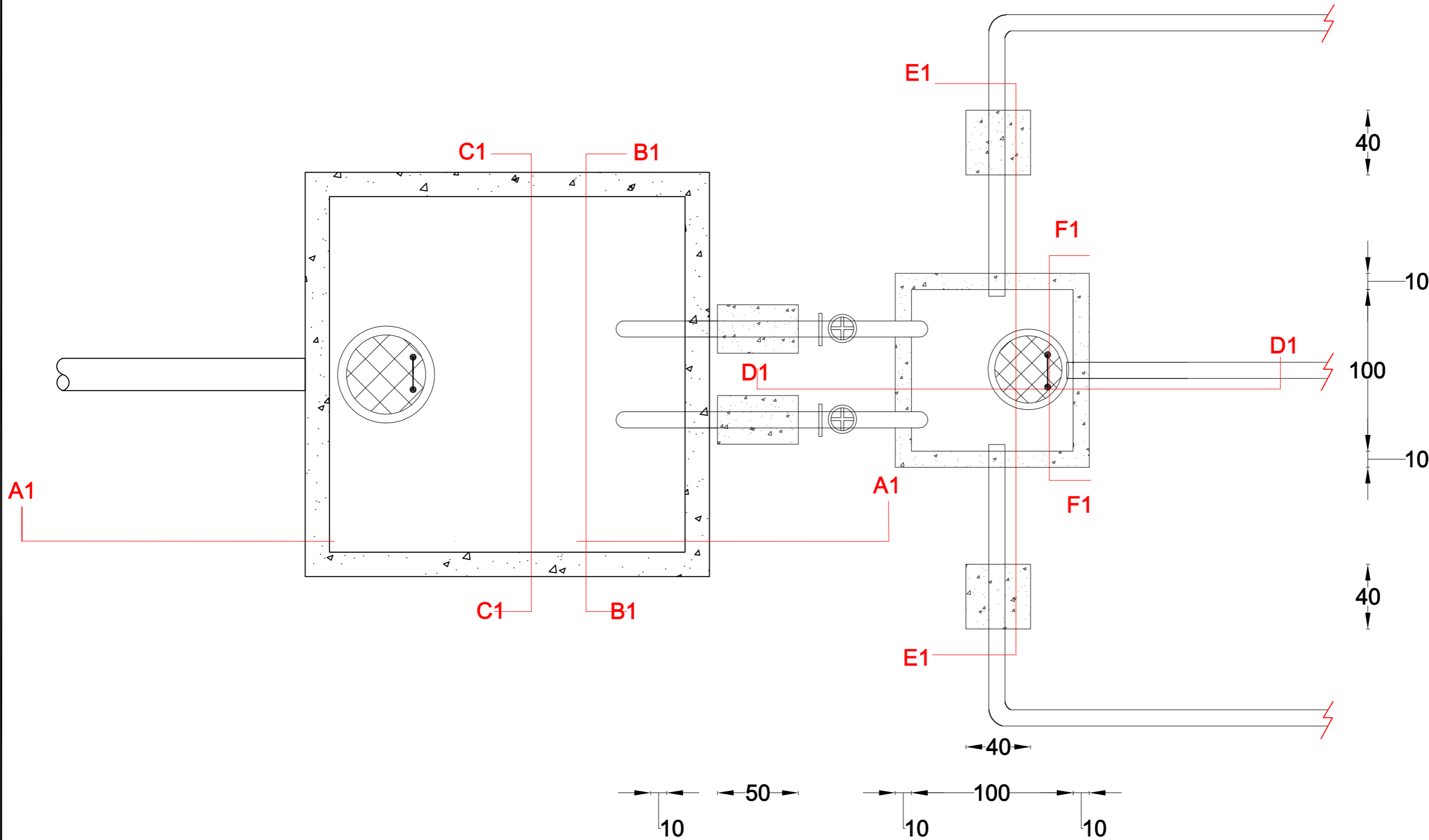
**POTONGAN B - B**  
 SKALA : 1 : 10

<b>KEGIATAN:</b>	
TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE	
<b>INSTITUSI:</b>	
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
<b>DOSEN PEMBIBING:</b>	
Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc	
<b>MAHASISWA PERENCANA:</b>	
Kristianus Octavianus 3313100051	
<b>JUDUL GAMBAR:</b>	
<b>MANHOLE PEREMPATAN</b>	
<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
<b>14</b>	1 : 10



KETERANGAN  
UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole



**DENAH SUMUR PENGUMPUL & DISTRIBUTION BOX  
CLUSTER 1**

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN  
KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
KELURAHAN SIDOKARE

INSTITUT:

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

DOSEN PEMBIBING:

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

MAHASISWA PERENCANA:

Kristianus Octavianus  
3313100051

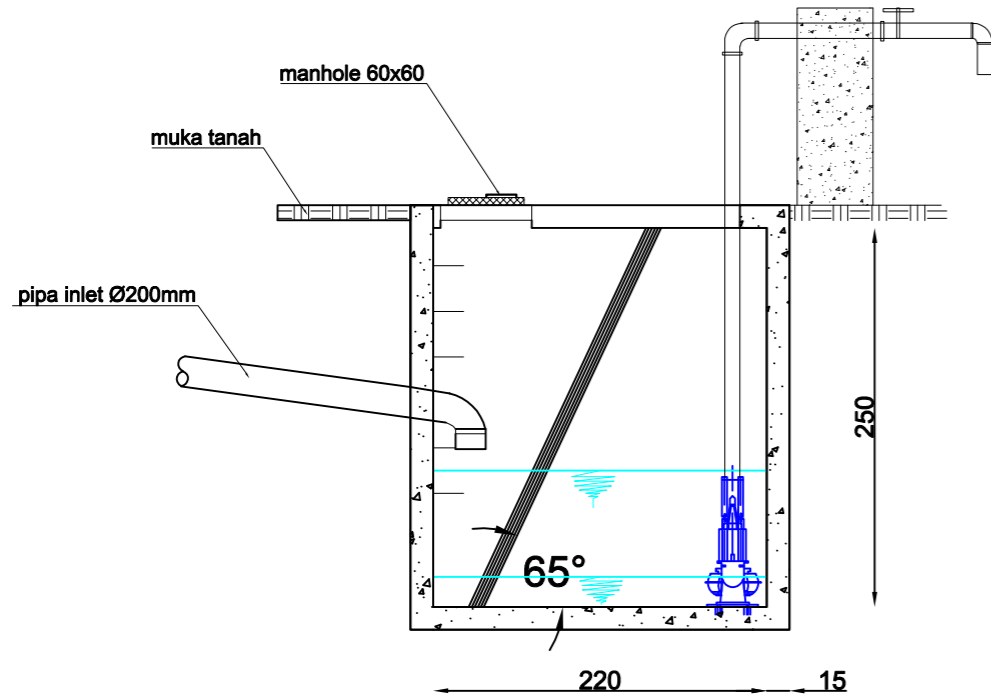
JUDUL GAMBAR:  
DENAH SUMUR PENGUMPUL DAN  
DISTRIBUTION BOX CLUSTER 1

NOMOR	SKALA GAMBAR:
15	1 : 25

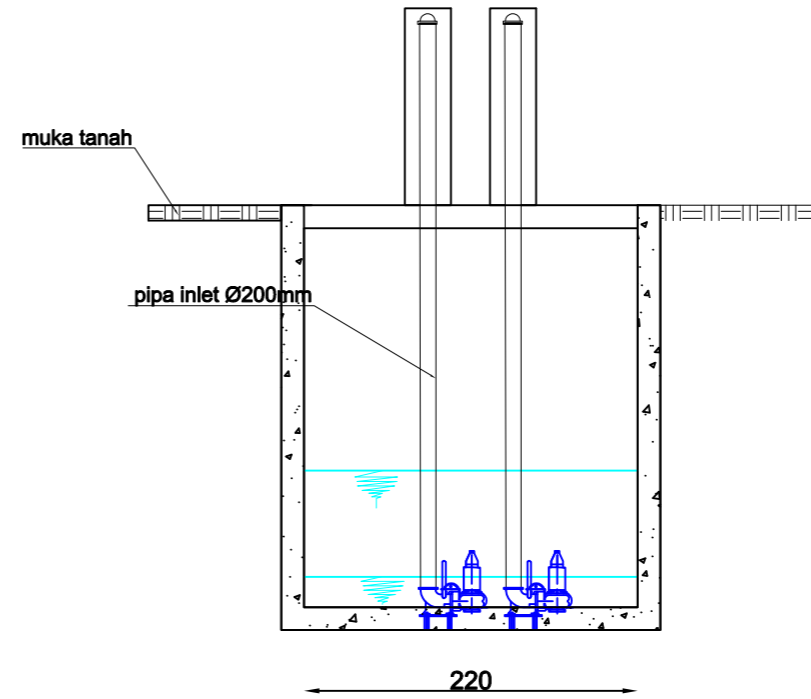


**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

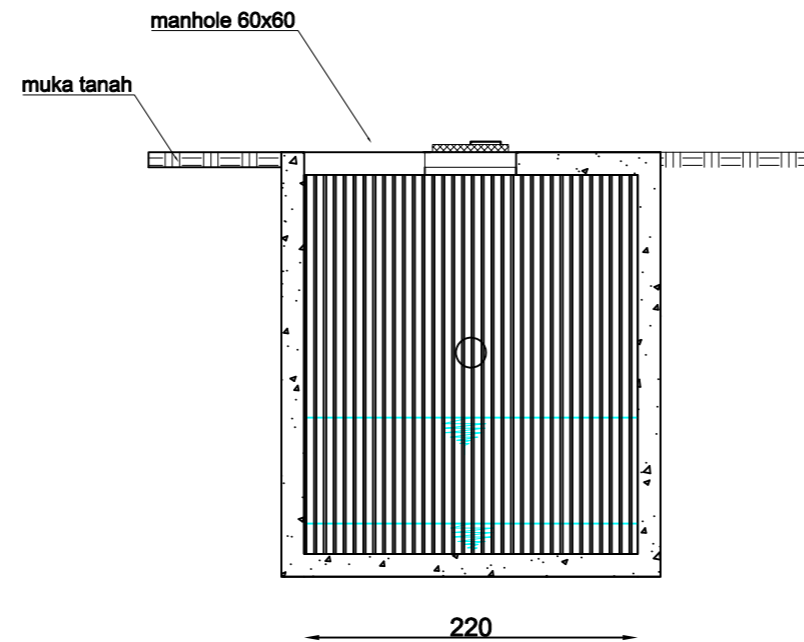
- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole
- : Pompa



**POTONGAN A1-A1**



**POTONGAN B1-B1**



**POTONGAN C1-C1**

# POTONGAN SUMUR PENGUMPUL & DISTRIBUTION BOX CLUSTER 1

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

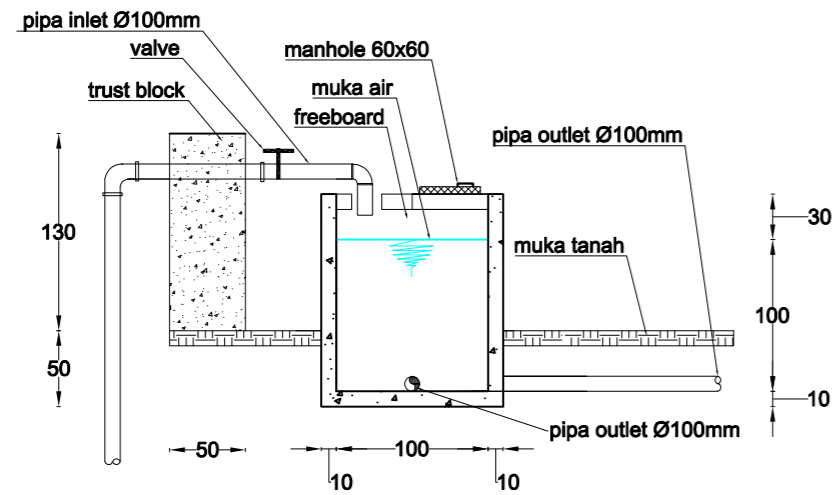
POTONGAN SUMUR  
 PENGUMPUL DAN  
 DISTRIBUTION BOX CLUSTER 1

NOMOR	SKALA GAMBAR:
16	1 : 50

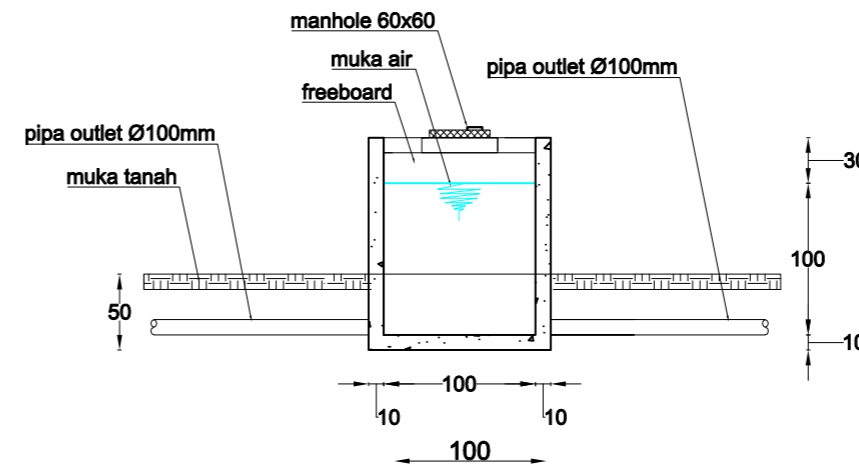


**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

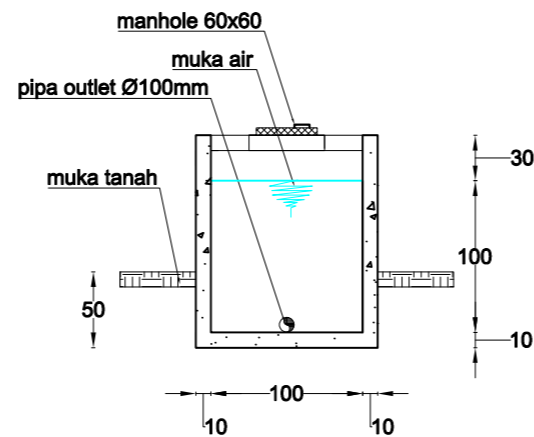
- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole
- : Pompa



**POTONGAN D1-D1**



**POTONGAN E1-E1**



**POTONGAN F1-F1**

# POTONGAN SUMUR PENGUMPUL & DISTRIBUTION BOX CLUSTER 1

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

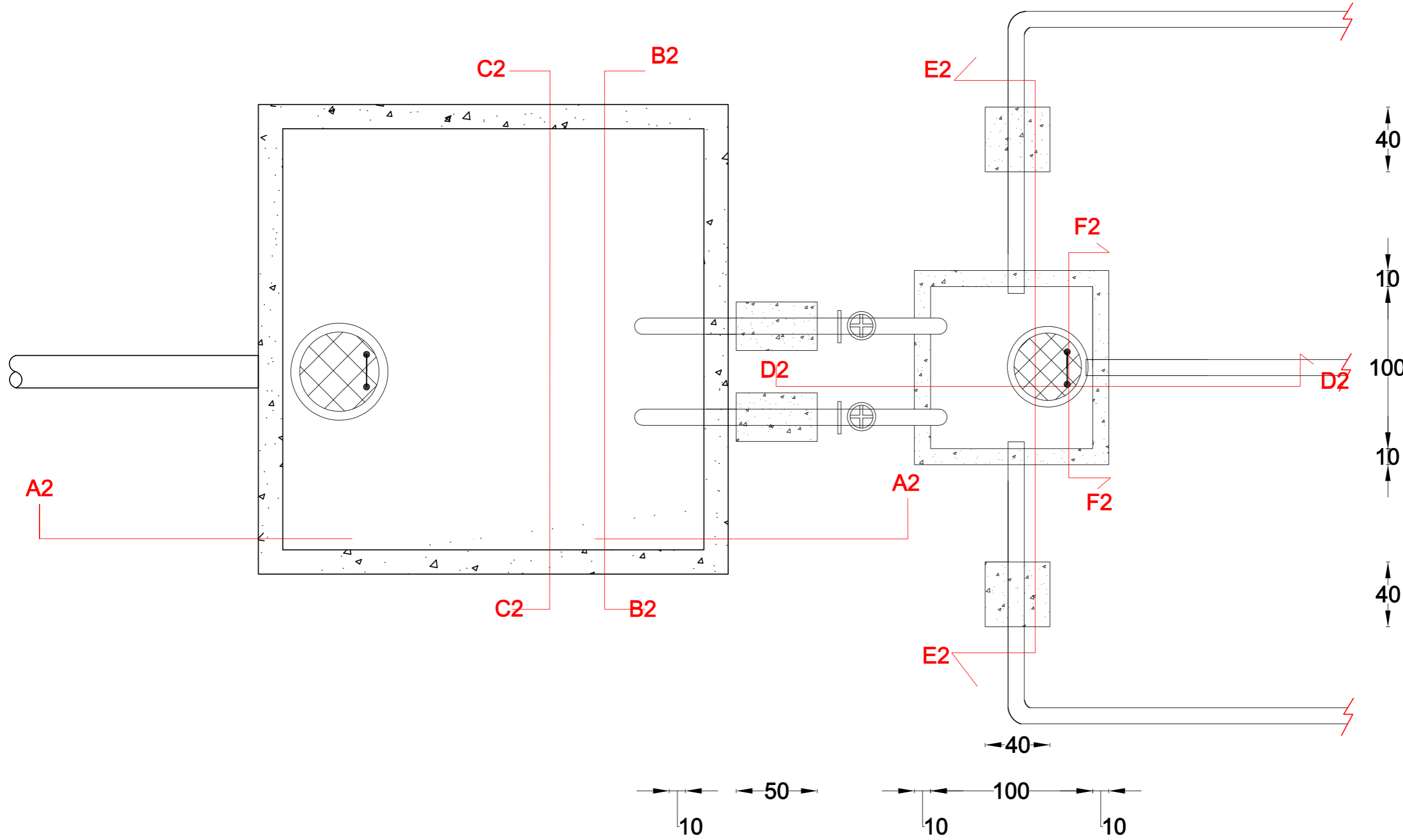
POTONGAN SUMUR  
 PENGUMPUL DAN  
 DISTRIBUTION BOX CLUSTER 1

<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
17	1 : 50



**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole



## DENAH SUMUR PENGUMPUL & DISTRIBUTION BOX CLUSTER 2

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN  
 AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN  
 KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
 KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

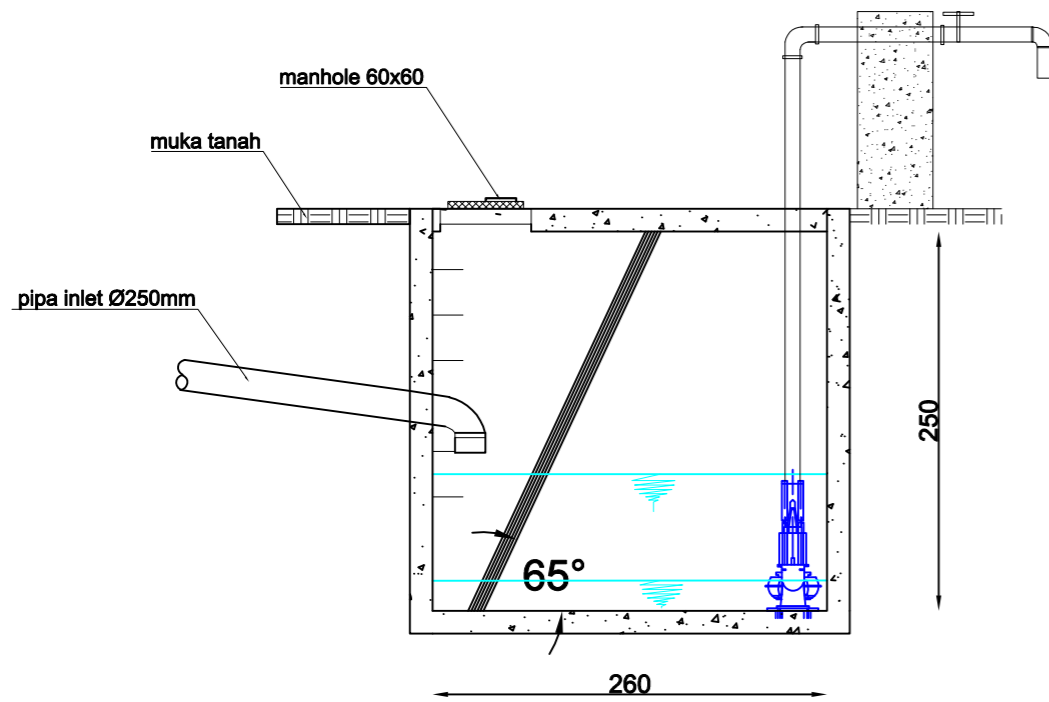
**JUDUL GAMBAR:**  
 DENAH SUMUR PENGUMPUL  
 DAN DISTRIBUTION BOX  
 CLUSTER 2

<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
18	1 : 25

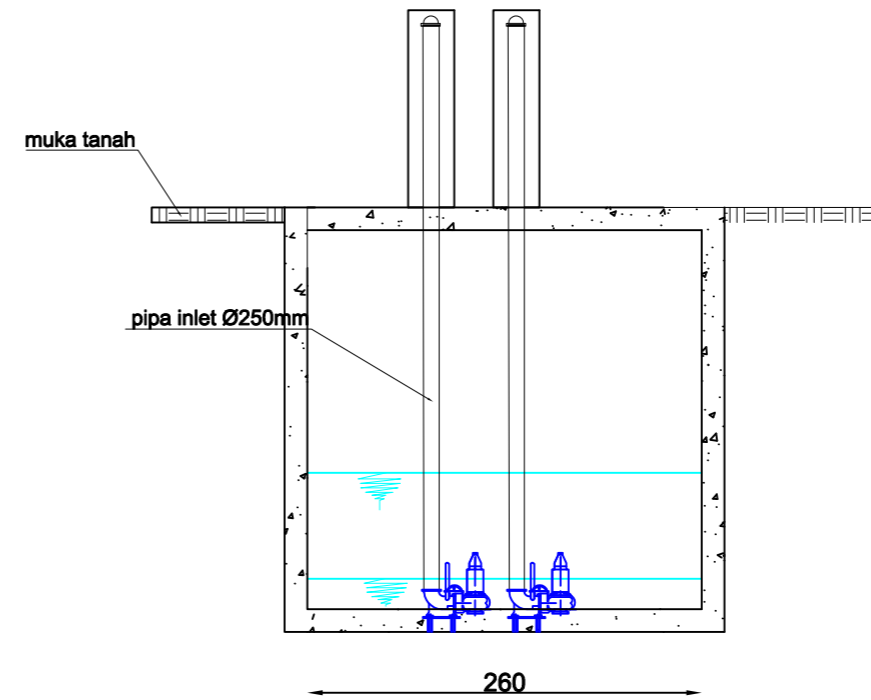


**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

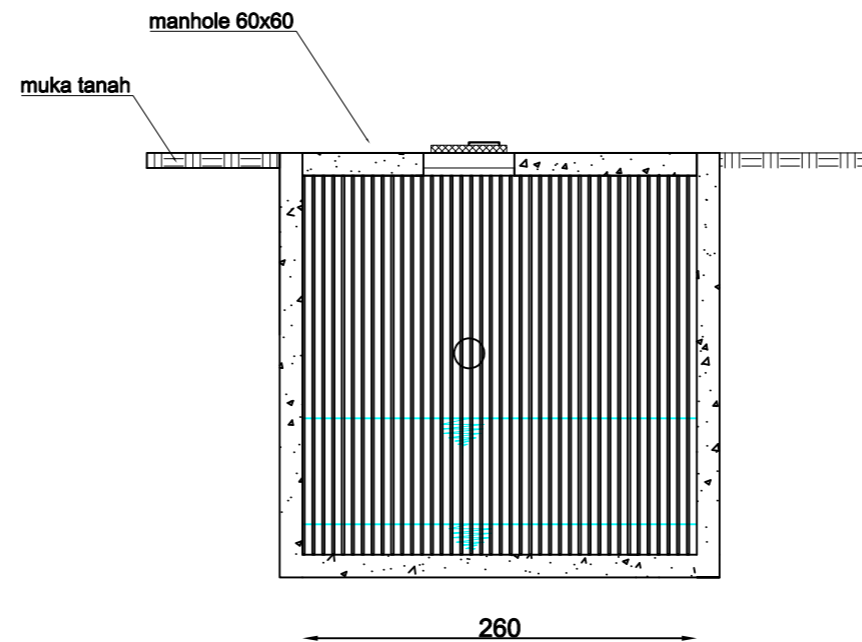
- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole
- : Pompa



**POTONGAN A2-A2**



**POTONGAN B2-B2**



**POTONGAN C2-C2**

## POTONGAN SUMUR PENGUMPUL & DISTRIBUTION BOX CLUSTER 2

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

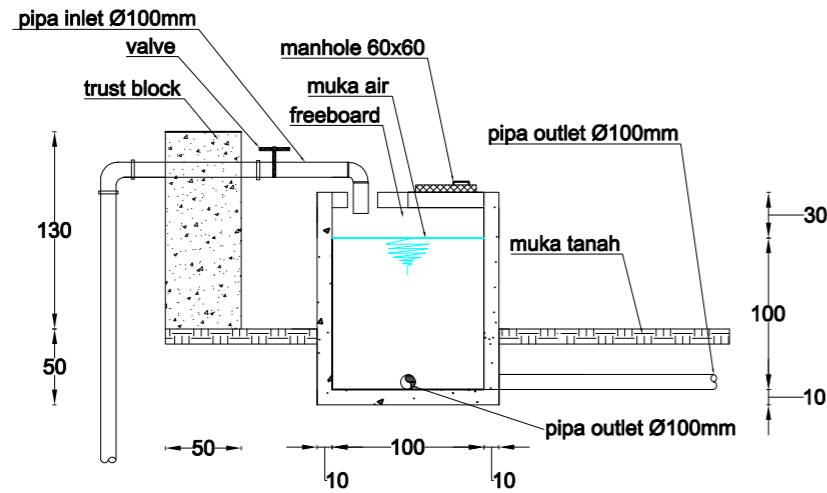
POTONGAN SUMUR  
 PENGUMPUL DAN  
 DISTRIBUTION BOX CLUSTER 2

NOMOR	SKALA GAMBAR:
19	1 : 50

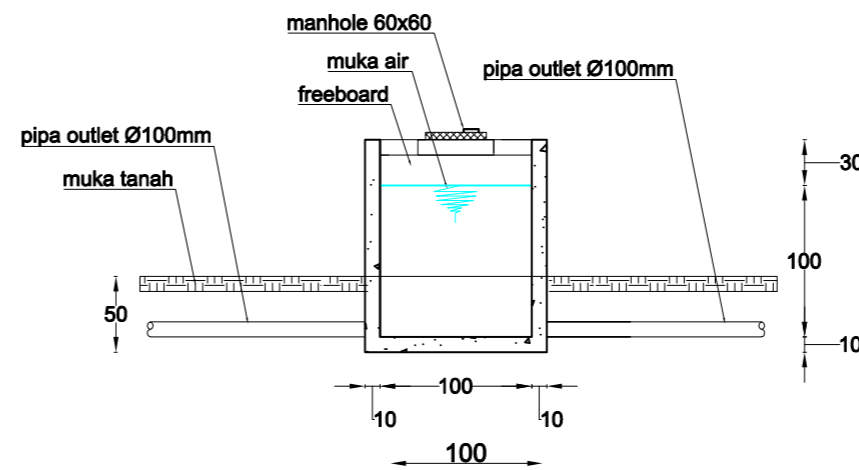


**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

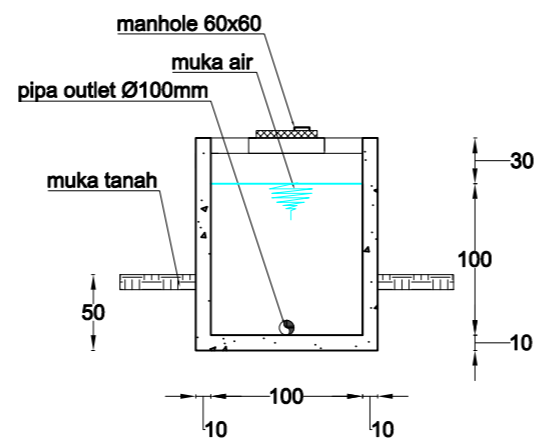
- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole
- : Pompa



**POTONGAN D2-D2**



**POTONGAN E2-E2**



**POTONGAN F2-F2**

## POTONGAN SUMUR PENGUMPUL & DISTRIBUTION BOX CLUSTER 2

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

POTONGAN SUMUR  
 PENGUMPUL DAN  
 DISTRIBUTION BOX CLUSTER 2

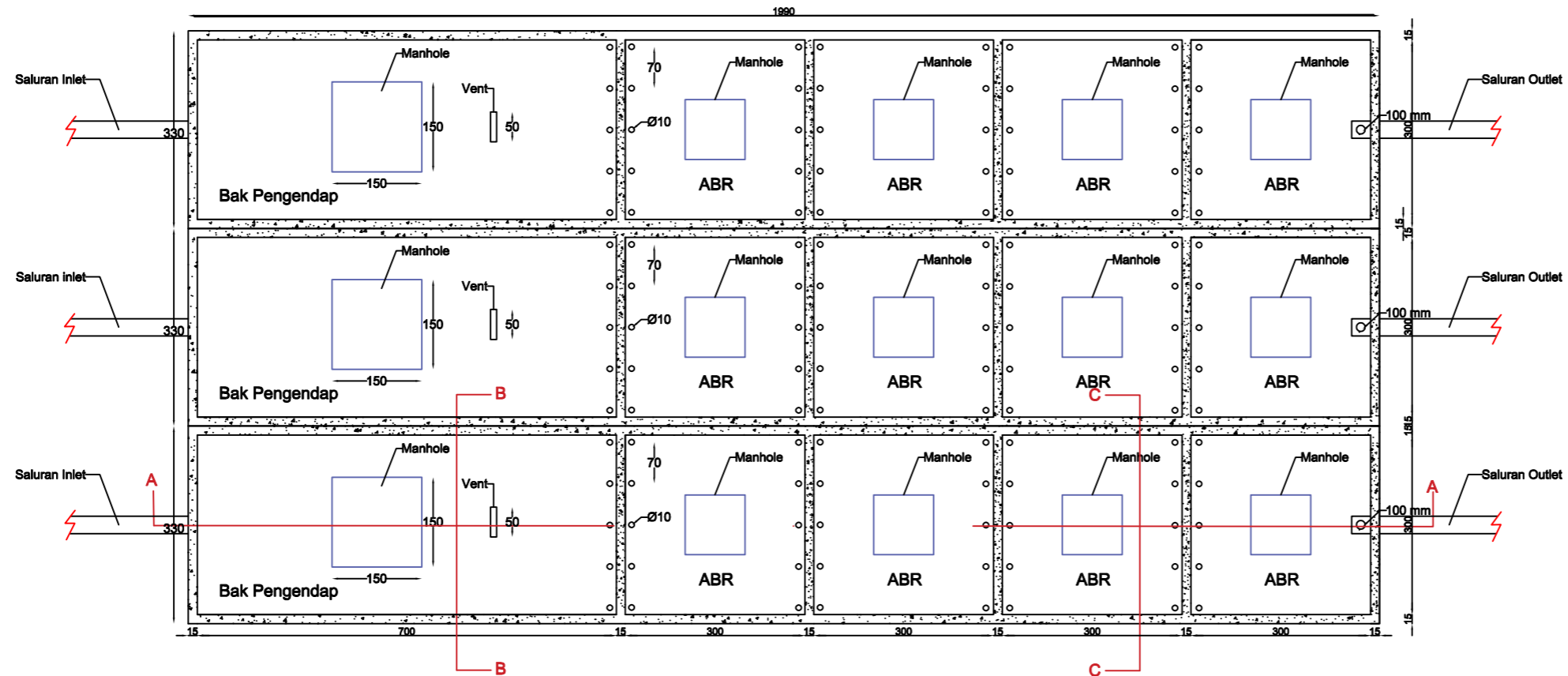
<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
20	1 : 50





**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Manhole
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air



## DENAH ABR CLUSTER 1

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051






**JUDUL GAMBAR:**  
 DENAH ABR CLUSTER 1

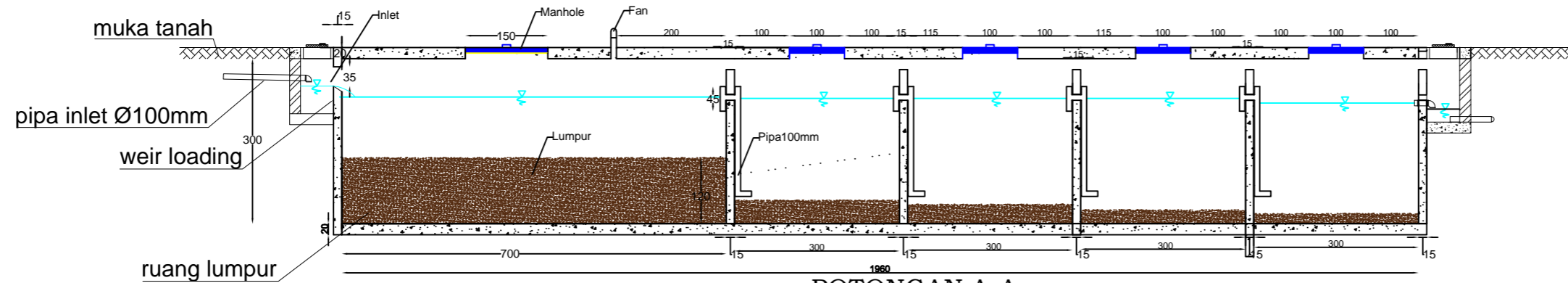
NOMOR	SKALA GAMBAR:
21	1 : 100





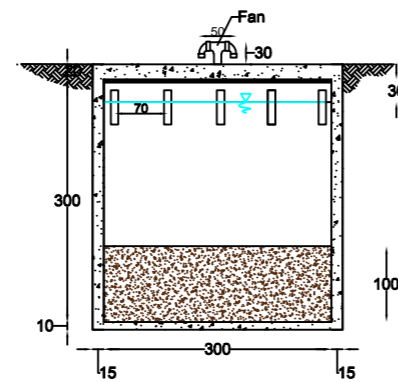
**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

-  : Lumpur
-  : Manhole
-  : Tanah
-  : Beton
-  : Elevasi Muka Air



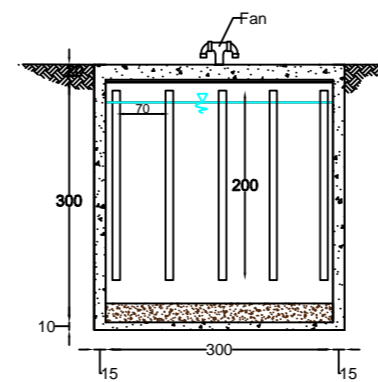
**POTONGAN A-A**

Skala 1 : 100



**POTONGAN B-B**

Skala 1 : 100



**POTONGAN C-C**

Skala 1 : 100

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**

POTONGAN ABR CLUSTER 1

**NOMOR**

22

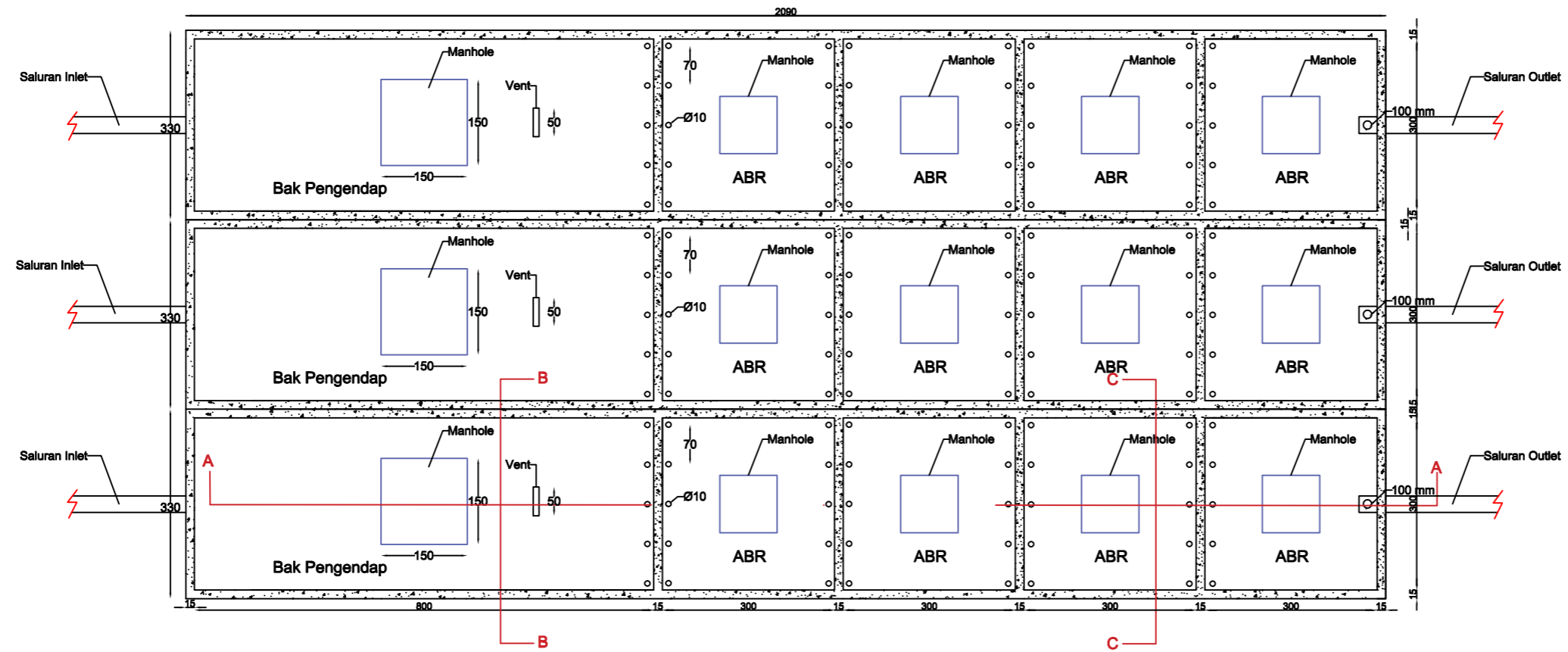
**SKALA GAMBAR:**

1 : 100



**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Manhole
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air



## DENAH ABR CLUSTER 2

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**






Kristianus Octavianus  
 3313100051

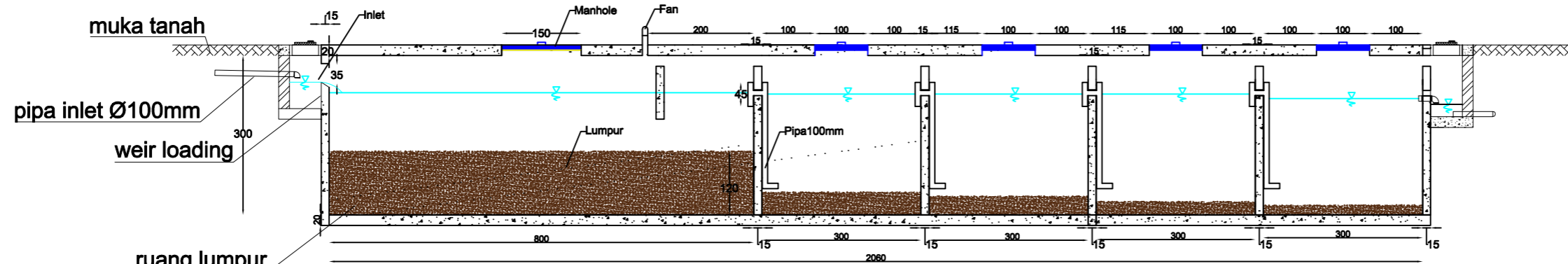
**JUDUL GAMBAR:**  
 DENAH ABR CLUSTER 2

<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
23	1 : 100

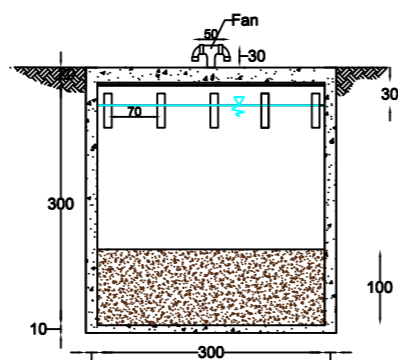


**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

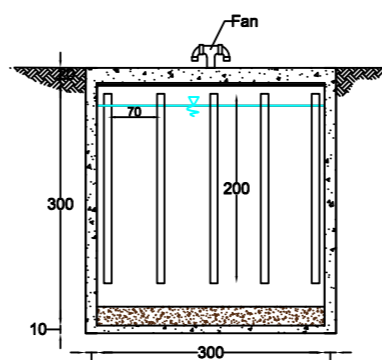
-  : Lumpur
-  : Manhole
-  : Tanah
-  : Beton
-  : Elevasi Muka Air



**POTONGAN A-A**  
 Skala 1 : 100



**POTONGAN B-B**  
 Skala 1 : 100



**POTONGAN C-C**  
 Skala 1 : 100

**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

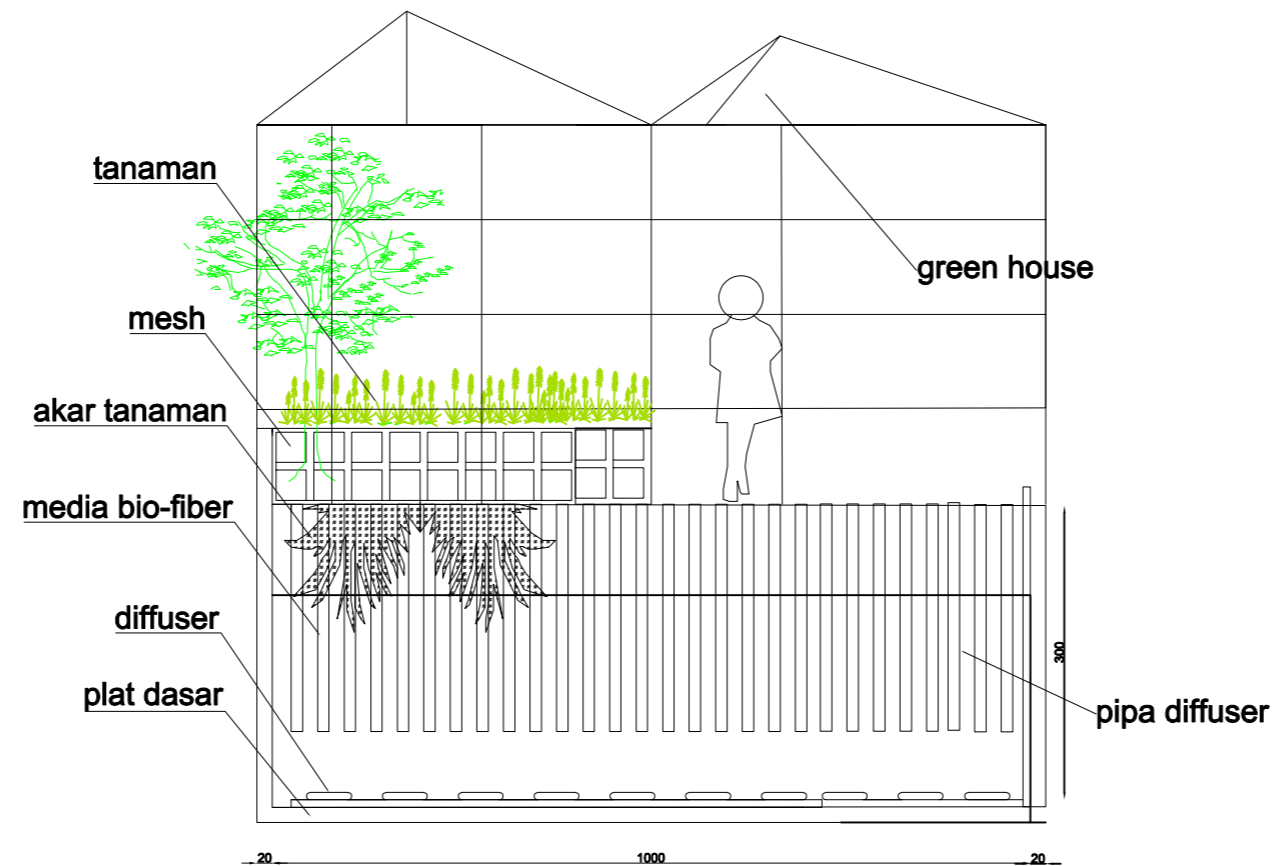
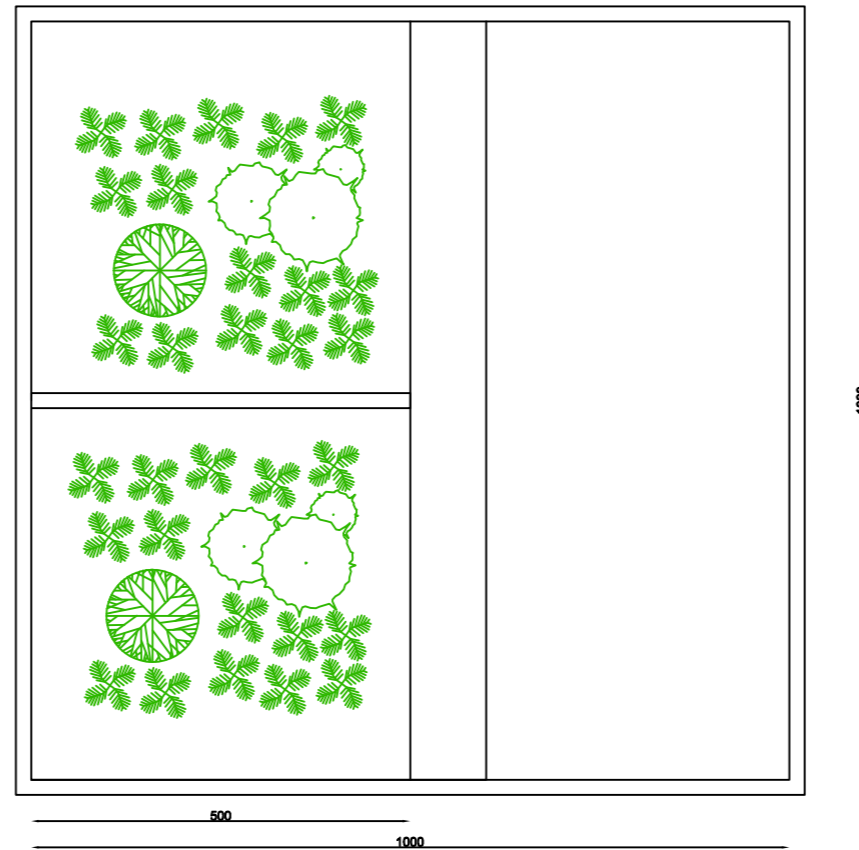
**JUDUL GAMBAR:**  
 POTONGAN ABR CLUSTER 2

<b>NOMOR</b>	<b>SKALA GAMBAR:</b>
24	1 : 100



**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Tanaman
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air



**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**  
 DENAH ORGANICA CLUSTER 1

**NOMOR**






25

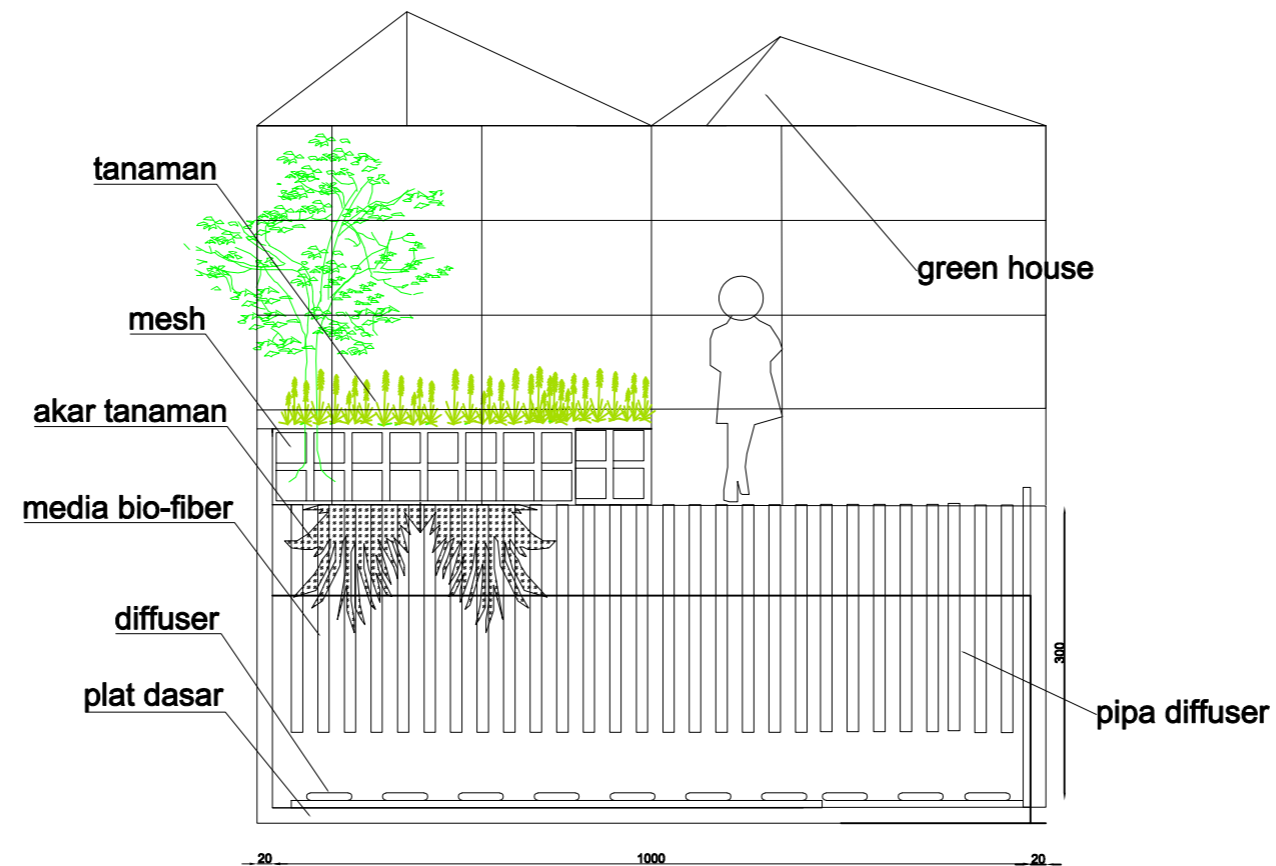
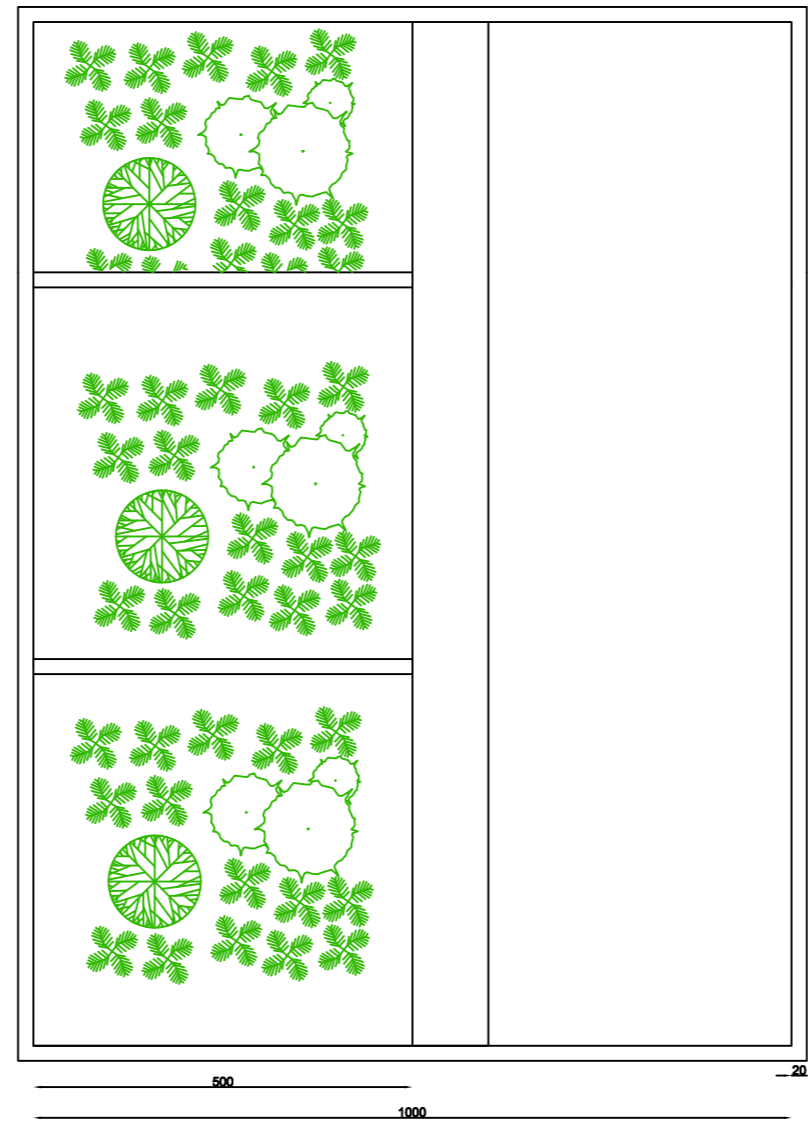
**SKALA GAMBAR:**

1 : 100



**KETERANGAN**  
 UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
 UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
 ELEVASI DALAM METER

-  : LUMPUR
-  : Tanaman
-  : Tanah
-  : Beton
-  : Elevasi Muka Air



**KEGIATAN:**

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN KELURAHAN SIDOKARE

**INSTITUT:**

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

**DOSEN PEMBIBING:**

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

**MAHASISWA PERENCANA:**

Kristianus Octavianus  
 3313100051

**JUDUL GAMBAR:**  
 DENAH ORGANICA CLUSTER 2

**NOMOR**

26

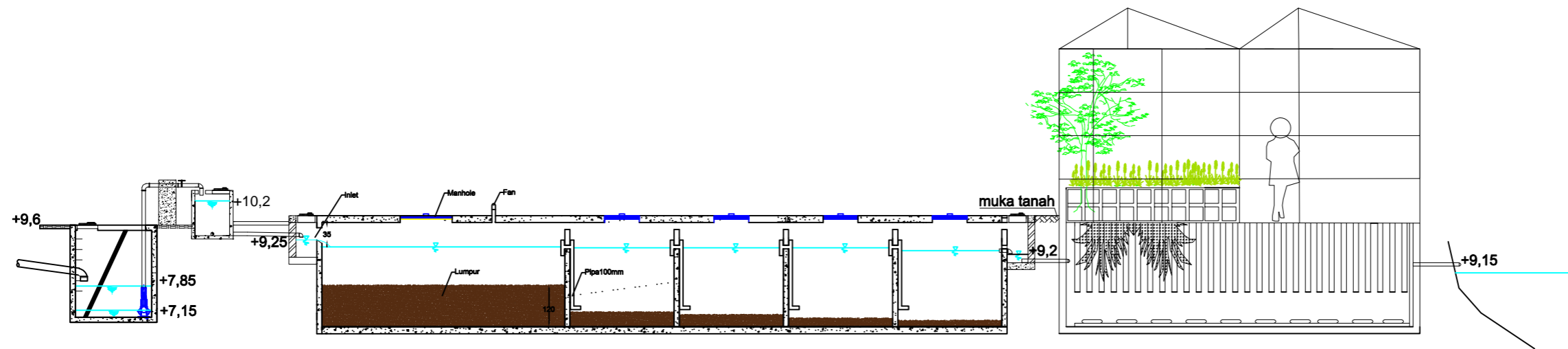
**SKALA GAMBAR:**

1 : 100



KETERANGAN  
UKURAN PIPA / BESI DALAM MILIMETER  
UKURAN BANGUNAN DALAM CENTIMETER  
ELEVASI DALAM METER

- : Lumpur
- : Tanah
- : Beton
- : Elevasi Muka Air
- : Manhole
- : Pompa



## PROFIL HIDROLIS IPAL CLUSTER 1

KEGIATAN:

TUGAS AKHIR INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK SKALA KAWASAN  
KELURAHAN LEMAHPUTRO DAN  
KELURAHAN SIDOKARE

INSTITUT:

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

DOSEN PEMBIBING:

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE.M.Sc

MAHASISWA PERENCANA:

Kristianus Octavianus  
3313100051

JUDUL GAMBAR:  
PROFIL HIDROLIS IPAL CLUSTER 1

NOMOR

27

SKALA GAMBAR:

1 : 150





## BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan putra Kota Surabaya, yang lahir pada tanggal 4 Oktober 1994. Penulis mengenyam pendidikan formal di SDK Santo Yosef Surabaya. Selanjutnya, menempuh pendidikan menengah pertama di SMPK Santo Yosef Surabaya serta lulus pada periode 2010-2011. Pada tahun yang sama, penulis diterima menjadi salah satu siswa di SMA YPPI 1 Surabaya. Penulis selanjutnya, menempuh pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya, terdaftar dengan NRP 3313100051.

Selama perkuliahan prestasi kepenulisan yang pernah diraih oleh penulis adalah mendapatkan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) yang berjudul KAMANDANU (Kampung Mandiri dan Unggul) dalam bidang pemberdayaan masyarakat tahun 2015.

Tidak hanya itu, penulis juga aktif berorganisasi dengan menjadi Kepala Departemen Unit Event Keluarga Mahasiswa Katolik (KMK) ITS 2015-2016. Selain itu penulis juga menjadi Staff Departemen Sosial dan Masyarakat (SOSMAS) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) 2015-2016. Pengalaman di lapangan yang dimiliki penulis adalah pernah melakukan Kerja Praktik di *Denpasar Sewerage Development Project* (DSDP) Bali. Penulis juga mengikuti pelatihan dan seminar yaitu *Leadership Organization Training* (LOT) dan *Training Understanding and Implementing Based on ISO 14001:2015*. Penulis dapat dihubungi via email [kristianus.octavianus94@gmail.com](mailto:kristianus.octavianus94@gmail.com)