



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KECAMATAN TAMBAKSARI
KOTA SURABAYA**

MARIO BAGUS PRIAMBODO
0321134000069

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RE 184804
PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KECAMATAN TAMBAKSARI
KOTA SURABAYA

MARIO BAGUS PRIAMBODO
0321134000069

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

**LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
KECAMATAN TAMBAKSARI**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MARIO BAGUS PRIAMBODO

NRP. 03211340000069

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc
NIP. 19590811 198701 1 001

SURABAYA, 2020



PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN TAMBAK SARI KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Mario Bagus Priambodo
NRP : 03211340000069
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc

ABSTRAK

Kecamatan Tambaksari sebagai salah satu kawasan pemukiman di Kota Surabaya dengan kepadatan tinggi yang masih membuang air limbah domestik, terutama grey water dan effluent tangki septik, ke saluran drainase. Karena itu perlu adanya sistem pengolahan air limbah ini untuk mengurangi pencemaran terhadap lingkungan. Sistem yang direncanakan terdiri dari sistem penyaluran air limbah (SPAL) dan instalasi pengolahan domestik terpusat (IPAL)

Perencanaan dimulai dengan survei lokasi dan analisis kualitas influen air limbah. Data lain meliputi jumlah penduduk dan debit air limbah didapat melalui data sekunder. Perencanaan sistem penyaluran air limbah meliputi wilayah 2 kelurahan, yaitu kelurahan Ploso dan Pacar Kembang. Unit IPAL direncanakan menggunakan kombinasi sistem biologis anaerobik dan aerobik.

Sistem penyaluran direncanakan menggunakan konsep *shallow sewer*. Jenis pipa yang digunakan adalah PVC dengan diameter 100 mm – 300 mm. Kualitas influen yang diolah adalah BOD 235 mg/L, COD 412 mg/L, dan TSS 267 mg/L. Debit rata-rata pengolahan adalah 2089,2 m³/hari. IPAL yang dirancang menggunakan kombinasi unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Aerobic Biofilter* (ABF) yang terbagi menjadi beberapa unit dan disusun secara paralel. IPAL untuk *Cluster 1* dan *Cluster 2* masing-masing terdiri dari 4 unit dengan luas total 489,6 m² dan 122,47 m². Total RBA sistem penyaluran dan pengolahan untuk kedua

cluster masing-masing adalah Rp 15,322,138,011.00 dan 16,417,098,550.00.

Kata Kunci : ABF, ABR,IPAL, SPAL, Surabaya

DESIGN OF SEWERAGE SYSTEM AND SEWAGE TREATMENT PLANT IN TAMBAKSARI, SURABAYA

Name of Student : Mario Bagus Priambodo
NRP : 03211340000069
Department : Environmental Engineering
Advisor : Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc

ABSTRACT

Tambaksari, as one of the high density residential areas in Surabaya, still discharges domestic sewage, especially gray water and septic tank effluent, into drainage channels. Therefore, it is necessary to have sewage treatment system to reduce pollution to the environment. The design system consists of a sewerage system and a sewage treatment plant (STP).

Design begins with site surveys and analysis of sewage influent quality. Other data including population and sewage discharge are obtained through secondary data. The design of the sewerage system covers an area of 2 subdistrict, namely the Ploso and Pacar Kembang. The design of STP unit is planned to use a combination of anaerobic and aerobic biological systems.

The sewerage system is planned using the shallow sewer concept. The type of pipe used is PVC with a diameter of 100 mm - 300 mm. The influent quality processed was BOD 235 mg / L, COD 412 mg / L, and TSS 267 mg / L. The average discharge for processing is 2089.2 m³ / day. STP designed using a combination of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) and Aerobic Biofilter (ABF) units which are divided into several units and arranged in parallel. STP for Cluster 1 and Cluster 2 each consists of 4 units with a total area of 489.6 m² and 122.47 m². The total budget cost for the sewerage system and STP for the two clusters is Rp 15,322,138,011.00 and 16,417,098,550.00, respectively.

Keyword : ABF, ABR, STP, Sewerage system, Surabaya

KATA PENGANTAR

melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir yang berjudul "**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN TAMBAKSARI KOTA SURABAYA**".

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
2. Bapak Ibu dosen pengarah yang telah memberikan saran perbaikan dalam pengerjaan Tugas Akhir,
3. Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., PhD selaku koordinator tugas akhir yang telah membantu dalam kegiatan tugas akhir penyusun dan teman-teman
4. Bapak dan Ibu Laboran yang telah membantu memfasilitasi serta melancarkan kegiatan penelitian.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan dan teman-teman lainnya yang telah membantu melancarkan pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan ke depannya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 2020
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Air Limbah Domestik.....	5
2.1.1 Karakteristik <i>Greywater</i>	5
2.1.2 Efluen Tangki Septik.....	6
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
2.2 Perhitungan Debit Air Limbah	7
2.2.1 Debit Rata-Rata (Qr).....	8
2.2.2 Debit Minimum (Qmin)	8
2.2.3 Debit Puncak (Qpeak).....	9
2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah.....	9
2.3.1 Manhole.....	12

2.4	Pengolahan Air Limbah.....	13
2.4.1	Pengolahan Fisik.....	13
2.4.2	Pengolahan Kimia	13
2.4.3	Pengolahan Biologis.....	14
2.5	Sistem Pengolahan Air Limbah Komunal	14
2.6	<i>Anaerobic Baffle Reactor (ABR)</i>	15
2.7	<i>Anaerobic Filter</i>	24
2.8	<i>Aerobic Biofilter (ABF)</i>	25
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN		29
3.1	Profil Wilayah	29
3.2	Kondisi Sanitasi	30
3.3	Lokasi Perencanaan IPAL	34
BAB 4 METODE PERENCANAAN		37
4.1	Kerangka Perencanaan	37
4.2	Tahapan Perencanaan	39
BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		43
5.1	Perhitungan Debit Air Limbah	43
5.2	<i>Preliminary Sizing</i> dan Penetapan Cluster	44
5.3	Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah	46
5.3.1.	Pembebanan Pipa	51
5.3.2.	Perhitungan Dimensi Pipa	52
5.3.3	Penanaman Pipa	54
5.3.4	Perhitungan Manhole	56
5.4	Perencanaan IPAL	57
5.4.1	Karakteristik Air Limbah	57

5.4.2	Pemilihan Unit Pengolahan Pengolahan Air Limbah	58
5.4.3	IPAL Cluster 1 Ploso	60
5.4.4	IPAL Cluster 2 Pacar Kembang	74
5.5	<i>Bill of Quantity</i>	87
5.5.1	BOQ Perpipaian	87
5.5.2	BOQ Penanaman dan Galian Pipa	88
5.5.3	BOQ IPAL	91
5.6	Rencana Anggaran Biaya	95
5.6.1	Rencana Anggaran Biaya SPAL	95
5.6.2	Rencana Anggaran Biaya IPAL	97
5.6.3	Rencana Anggaran Biaya Operasi dan Pemeliharaan	102
5.7	Hasil Pembahasan Kuisisioner terkait Kemampuan dan kemauan masyarakat terlayani untuk pengelolaan IPAL	103
BAB 6	114
KESIMPULAN DAN SARAN		115
6.1	Kesimpulan	115
6.2	Saran	115
DAFTAR PUSTAKA		116
BIOGRAFI PENULIS		123

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	7
Tabel 2. 2 Tingkat Pemakaian Air Minum Rumah Tangga Berdasarkan Kategori Kota	8
Tabel 2. 3 Jarak antar manhole pada jalur lurus	12
Tabel 3. 1 Jumlah Jamban Keluarga di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya	31
Tabel 3. 2 Jumlah Mandi Cuci Kakus di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya	31
Tabel 5. 1 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3.....	72
Tabel 5. 2 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3.....	85
Tabel 5. 3 Kebutuhan Pipa Cluster 1 Ploso	87
Tabel 5. 4 Kebutuhan Pipa Cluster 2 Pacar Kembang.....	87
Tabel 5. 5 Indeks Satuan Pekerjaan Galian.....	89
Tabel 5. 6 RAB SPAL Cluster 1 Ploso.....	96
Tabel 5. 7 RAB SPAL Cluster 2 Pacar Kembang	96
Tabel 5. 8 RAB Sumur Pengumpul Cluster 1 Ploso	97
Tabel 5. 9 RAB Sumur Pengumpul Cluster 2 Pacar Kembang ...	98
Tabel 5. 10 RAB IPAL Cluster 1 Ploso	99
Tabel 5. 11 RAB IPAL Cluster 2 Pacar Kembang	101
Tabel 5. 12 RAB IPAL Rekapitulasi RAB Pembangunan SPAL - IPAL	102
Tabel 5. 13 Biaya Pemeliharaan Per Tahun untuk 1 cluster.....	103
Tabel 5. 14 Biaya Retribusi per bulan	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva Hidrolik Pipa Air Buangan	10
Gambar 2. 2 Bentuk Manhole.....	13
Gambar 2. 3 Anaerobic Baffled Reactor.....	16
Gambar 2. 4 Grafik COD removal pada settler	17
Gambar 2. 5 Hubungan BOD Removal dengan organic overloading.....	18
Gambar 2. 6 Hubungan BOD Removal dengan beban air limbah	19
Gambar 2. 7 Hubungan COD removal dengan suhu pada reaktor anaerob.....	20
Gambar 2. 8 Hubungan BOD removal dengan Hydraulic Retention Time (HRT) pada ABR	21
Gambar 2. 9 Hubungan COD removal dengan beban limbah pada anaerob.....	22
Gambar 2. 10 Grafik penurunan produksi lumpur	23
Gambar 2. 11 Anaerobic Filter	25
Gambar 2. 12 Anaerobic Biofilter.....	26
Gambar 3. 1 Wilayah Studi	30
Gambar 3. 2 Kondisi jalan di Kelurahan Pacar Kembang	30
Gambar 3. 3 Saluran Drainase Kelurahan Ploso	33
Gambar 3. 4 Saluran Drainase Kelurahan Pacar Kembang	33
Gambar 3. 5 Alternatif Lokasi Perencanaan IPAL	35
Gambar 3. 6 Alternatif Lokasi IPAL 1	35
Gambar 3. 7 Alternatif Lokasi IPAL 2.....	36
Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir	39
Gambar 5. 1 Diagram pengolahan.....	60
Gambar 5. 2 Rencana Galian Pipa	88
Gambar 5. 3 Bentuk Galian Pipa	88

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Perhitungan SPAL
- Lampiran B Manhole
- Lampiran C BOQ SPAL dan HSPK

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota padat penduduk memiliki permasalahan air limbah. Penanganan air limbah greywater Kota Surabaya sebagian besar dibuang ke saluran drainase. Sementara blackwater diolah dengan tangki septik yang dimiliki oleh rumah. Namun masih terdapat praktik buang air bersih sembarangan sebesar 2 % dari rumah tangga di Kota Surabaya (Zulfi, 2018). Kecamatan Tambaksari sebagai salah satu kawasan pemukiman dengan kepadatan tinggi. Tugas akhir ini akan mengambil studi kasus di dua kelurahan, yaitu kelurahan Ploso dan Pacar Kembang. Daerah pemukiman di kelurahan tersebut masih membuang air limbah ke saluran drainase yang kemudian dialirkan ke sungai.

Menurut Peraturan Menteri PUPR no 4 tahun 2017, air limbah domestik terdiri dari greywater dan blackwater. *Greywater* merupakan jenis air limbah domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet, seperti air bekas mandi, air bekas cuci pakaian, air bekas cuci piring. *Blackwater* adalah jenis air limbah domestik yang proses pengalirannya melalui toilet atau yang mengandung kotoran manusia. *Greywater* yang dibuang langsung ke saluran drainase tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut, peningkatan kekeruhan, eutrofikasi, serta kontaminasi mikroba dan bahan kimia terhadap badan air (Tilley dan Peters, 2008). Tangki septik berkontribusi sebagai sumber pencemar melalui kontaminasi langsung dan tidak langsung. Kontaminasi langsung seperti bakteri patogen, nutrisi, zat organik. Sedangkan kontaminasi tidak langsung dari masuknya air yang dapat meningkatkan penyebaran kontaminan dan atau kelangsungan mikroba (Reay, 2004). Tangki septik sendiri kurang efektif dalam penyisihan kandungan nutrisi air limbah, dimana penyisihan total-N rendah (Gill dkk, 2009). Sehingga perlu adanya pengolahan terhadap *greywater* dan effluen dari tangki septik untuk mengurangi pencemaran terhadap lingkungan.

Pada dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019 telah disebutkan bahwa

target yang akan dicapai adalah 100% pelayanan air minum, 0% kawasan pemukiman kumuh, dan 100% sanitasi yang layak. Sanitasi yang dimaksud mencakup air limbah, drainase dan persampahan. Untuk penanganan air limbah, sasaran yang direncanakan adalah penambahan infrastruktur, air limbah sistem terpusat, pengolahan air limbah komunal, dan peningkatan pengelolaan lumpur tinja melalui pembangunan IPLT di berbagai kota/kabupaten di Indonesia.

Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah tahun 2014-2034, rencana sistem pembangunan IPAL komunal diarahkan untuk semua kecamatan dengan kepadatan tinggi, salah satunya adalah Kecamatan Tambaksari. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik di kecamatan tersebut, yang pada tugas akhir ini akan difokuskan pada 2 kelurahan. Sistem pengelolaan air limbah domestik yang digunakan adalah sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat untuk pemukiman.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik yang sesuai untuk Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya?
2. Berapa BOQ dan RAB untuk pembangunan dan operasional IPAL?
3. Bagaimana kemampuan dan kemauan masyarakat untuk mengelola IPAL?

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Merencanakan sistem penyaluran dan bangunan pengolahan air limbah domestik Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya

2. Menghitung BOQ dan RAB untuk pembangunan dan operasional pengolahan air limbah domestik
3. Mengkaji kemampuan dan kemauan masyarakat terlayani untuk pengelolaan IPAL

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam perencanaan ini adalah:

1. Daerah studi adalah Kelurahan Ploso dan Pacar Kembang Kecamatan Tambaksari, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur.
2. Data primer: kuantitas dan kualitas air limbah domestik
3. Data sekunder meliputi Data Kependudukan dan Peta – Peta,
4. Baku mutu effluen air limbah domestik yang digunakan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 tahun 2016 dan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
5. Aspek yang ditinjau adalah:
 - a. Aspek teknis berupa Detail Engineering Design SPAL dan IPAL
 - b. Aspek sosial ekonomi untuk masyarakat terlayani

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Menjadi referensi bagi Pemerintah untuk pelaksanaan perencanaan instalasi pengolahan air limbah Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya
2. Memberikan informasi biaya yang diperlukan untuk unit pengolahan, operasi dan pemeliharaan IPAL Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 09 Tahun 2015 tentang penggunaan sumber daya air, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Definisi air limbah domestik adalah air buangan yang berasal dari penggunaan untuk keperluan sehari-hari non industri. Air limbah domestik dibagi menjadi 2 berdasarkan asalnya, yaitu *greywater* dan *blackwater*. *Greywater* merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan dapur, kamar mandi, dan mencuci sedangkan *blackwater* merupakan air limbah yang berasal dari toilet (Büsser dkk, 2007)

2.1.1 Karakteristik Greywater

Karakteristik air limbah domestik dibagi menjadi tiga, yaitu fisik, kimia, dan biologi. Yang termasuk karakteristik fisik adalah suhu, warna, bau, dan padatan tersuspensi.

1. Warna

Air limbah segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan berubah menjadi abu-abu gelap hingga hitam jika lama disimpan pada kondisi anaerobik (Tchobanoglous dkk, 2003). Pada air limbah, warna biasanya disebabkan oleh kehadiran materi-materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi (Siregar, 2005)

2. Bau

Air limbah segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan berubah menjadi abu-abu gelap hingga hitam jika lama disimpan pada kondisi anaerobik (Tchobanoglous dkk, 2003).

3. Suhu

Air limbah sering memiliki suhu lebih tinggi daripada air bersih dan bervariasi pada 18 – 30°C. Suhu lebih tinggi menyebabkan peningkatan pertumbuhan bakteri dan pengurangan kelarutan CaCO_3 sehingga menimbulkan pengendapan di tangki penyimpanan maupun sistem perpipaan (Morel dan Diener, 2006).

4. Padatan tersuspensi

Konsentrasi padatan tersuspensi pada air limbah domestik antara 50 – 300 mg/L dan tergantung dari jumlah air yang digunakan. Konsentrasi tertinggi padatan tersuspensi secara tipikal ditemukan dalam air limbah dapur dan pencucian (Morel dan Diener, 2006).

Karakteristik kimia antara lain adalah pH dan alkalinitas, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

1. pH dan alkalinitas

Agar pengolahan lebih mudah dan menghindari pengaruh negatif pada tanah dan tanaman pH air limbah domestik seharusnya antara 6,5 – 8,4 (US EPA, 2004). Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya (Sugiharto, 2008). Alkalinitas merupakan ukuran kemampuan air limbah untuk dinetralisasi (Siregar, 2005). Alkalinitas air limbah biasanya antara 20-340 mg/L dengan tingkat tertinggi ditemukan pada air limbah pencucian dan dapur (Ledin dkk, 2001).

2. BOD dan COD

BOD dan COD merupakan parameter untuk mengukur polusi organik di air. Pembuangan limbah dengan kadar BOD dan COD tinggi ke air permukaan menimbulkan kekurangan oksigen sehingga kehidupan air tidak berlangsung lama. Beban BOD dalam air limbah yang ditemukan di berbagai negara berjumlah antara 20 – 50 gram/orang.hari (Mara, 2003) Rasio COD/BOD sebagai indikator tingkat mudahnya *biodegradable* air limbah tergolong bagus jika dibawah 2 – 2,5. Air limbah di negara berpenghasilan rendah dan menengah mengindikasikan rasio COD/BOD antara 1,6–2,9. Nilai maksimum dari air limbah tersebut berasal dari pencucian dan dapur (Morel dan Diener, 2006).

2.1.2 Efluen Tangki Septik

Tangki septik merupakan pengolahan air limbah berskala kecil dan paling umum digunakan di rumah tangga (Gutterer dkk, 2009). Tangki septik adalah tangki yang dipasang di dalam tanah untuk mengolah air limbah secara anaerob (US EPA, 2004) Secara prinsip, pengolahan di dalam tangki septik adalah pengendapan dan pengolahan biologis dengan kontak dari *fresh wastewater* dan lumpur aktif. Aliran turbulen akan membantu mempercepat

degradasi padatan tersuspensi dan terlarut. Namun, aliran turbulen juga dapat mengganggu proses sedimentasi dimana akan lebih banyak padatan tersuspensi yang keluar sebagai efluen dan menyebabkan bau. (Gutterer dkk, 2009) Tangki septik dapat berkontribusi sebagai sumber pencemar melalui kontaminasi langsung dan tidak langsung. Kontaminasi langsung seperti bakteri pathogen, nutrient, zat organik. Sedangkan kontaminasi tidak langsung dari masuknya air yang dapat meningkatkan penyebaran kontaminan dan atau kelangsungan mikroba (Reay, 2004). Tangki septik sendiri kurang efektif dalam penyisihan kandungan nutrisi air limbah, dimana penyisihan total-N rendah (Gill dkk, 2009).

2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Air limbah harus diolah sebelum akhirnya dibuang ke badan air agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	pH		6 – 9
2	BOD	mg/L	30
3	COD	mg/L	100
4	TSS	mg/L	30
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5
6	Amoniak	mg/L	10
7	Total Coliform	Σ /100mL	3000

Sumber: Permen LHK, 2016

2.2 Perhitungan Debit Air Limbah

Menurut Hardjosuprpto (2000), cara menentukan debit air limbah yang akan diolah dapat menggunakan beberapa pendekatan, yaitu debit rata-rata, debit minimum, dan debit puncak.

2.2.1 Debit Rata-Rata (Qr)

Debit air buangan yang berasal dari rumah tangga, bangunan umum, bangunan komersial, dan bangunan industri. Dari berbagai sarana di atas, tidak semua air yang diperlukan untuk kegiatan sehari-hari terbuang ke saluran pengumpul, hal ini disebabkan beragamnya kegiatan. Berkurangnya jumlah air yang terbuang sebagai air buangan disebabkan kegiatan seperti mencuci kendaraan, menyiram tanaman, dan lain-lain. Berdasarkan SK-SNI dari Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2000, perhitungan debit air limbah rata-rata dapat diketahui dari 80% jumlah pemakaian air minum. Tingkat pemakaian air minum rumah tangga berdasarkan kategori kota dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Tingkat Pemakaian Air Minum Rumah Tangga Berdasarkan Kategori Kota

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (x 1000 orang)	Tingkat Pemakaian Air Minum (L/orang/hari)	Debit Air Limbah (L/orang/hari)
1	Kota Metropolitan	>1000	190	152
2	Kota Besar	500 - 1000	170	136
3	Kota Sedang	100 – 500	150	120
4	Kota Kecil	20 – 100	130	104
5	Kota Kecamatan	3 – 20	100	80
6	Kota Pusat Pertumbuhan	<3	30	24

Sumber: SK-SNI Air Minum, 2000

2.2.2 Debit Minimum (Qmin)

Debit air buangan pada saat minimum, debit ini berguna dalam penentuan kedalaman minimum, untuk menentukan apakah saluran harus digelontor atau tidak, nilai debit bervariasi sesuai dengan jumlah penduduk (Tchobanoglous dkk, 2003).

Persamaan untuk menghitung debit minimum adalah:

$$Q_{min} = 0,2 \times P^{1,2} \times Q_r \dots\dots\dots(2.1)$$

2.2.3 Debit Puncak (Qpeak)

Debit puncak merupakan perkalian antara debit rata-rata dan *factor peak*. Menurut Fair dan Geyer (1954), penentuan *factor peak* dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor } peak (fp) = (18 + p^{0.5}) / (4 + p^{0.5}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

P = jumlah penduduk (jiwa)

2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah

Secara hidrolis, pengaliran air limbah dapat dilakukan secara gravitasi, bertekanan, dan vakum.

1. Gravitasi
Pada sistem ini, penyaluran air limbah memanfaatkan gaya gravitasi berdasarkan topografi yang ada di daerah perencanaan.
2. Bertekanan
Sistem ini menggunakan pipa bertekanan yang memanfaatkan pompa dalam penyaluran air limbah. Metode ini dilakukan apabila penyaluran air limbah secara gravitasi tidak memungkinkan
3. Vakum
Metode ini menggunakan pompa vakum dimana diciptakan suatu kondisi hampa udara pada tempat aliran akan diarahkan.

Berdasarkan ASCE & WPCF (1969) umumnya slope yang digunakan maksimal sebesar 2% tau 2 cm/m (0,02) dengan minimum slope 1 cm/m (0,01). Kecepatan minimum disarankan 0,6 – 0,75 m/s. Kecepatan minimum ini dianggap sudah memenuhi untuk *self cleansing* untuk membawa sedimen atau partikel yang ada di saluran.

Perhitungan dimensi saluran air limbah menggunakan beberapa persamaan berdasarkan Tchobanoglous dkk (1981) sebagai berikut:

- Perhitungan ini berdasarkan pada rumus *Manning*

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \dots\dots\dots(2.3)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.4)$$

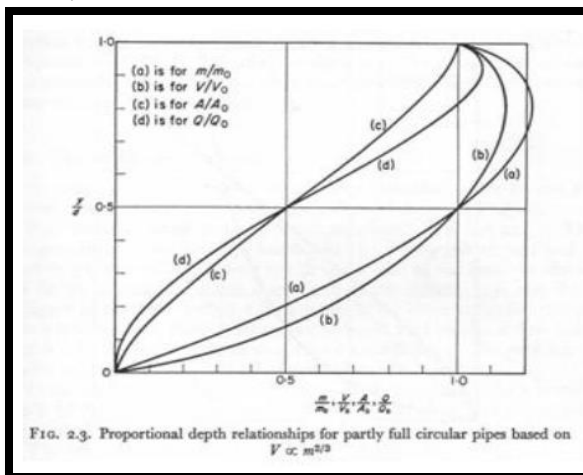
- Persamaan Luas penampang :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

- Persamaan kecepatan penuh :

$$V_{Full} = \frac{1}{n} S^{1/2} 0,397 D^{2/3} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.7)$$



Gambar 2. 1 Kurva Hidrolik Pipa Air Buangan
Sumber: Metcalf dan Eddy, 1981

Sistem penyaluran air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu *conventional sewerage*, *simplified sewerage*, dan *solid-free sewerage* (Tilley dkk, 2008):

1. *Conventional Sewerage*

Conventional Sewerage atau juga bisa disebut *conventional gravity sewerage* adalah jaringan pipa bawah tanah yang menyalurkan pipa dari masing-masing rumah menuju pengolahan terpusat dengan aliran gravitasi dan pompa jika diperlukan.

Conventional sewer tidak membutuhkan *pre-treatment* di sumber terlebih dahulu (*onsite treatment / pengolahan setempat*). Karena tidak ada pengolahan di sumber, maka desain sistem ini harus dipastikan telah memenuhi kecepatan minimum untuk *self-cleansing*.

2. *Simplified Sewerage / Shallow Sewer*

Simplified sewerage adalah sistem penyaluran air limbah yang menggunakan diameter pipa kecil, ditanam pada kedalaman yang dangkal dengan kemiringan lebih landai dibandingkan dengan *conventional sewer*. Manhole dapat diganti dengan lubang inspeksi. Sistem ini dipasang dalam satu area atau kawasan sehingga dapat mencakup lebih banyak sambungan. Diameter minimum yang disarankan adalah 100 mm. Kelebihan dari sistem ini antara lain:

- Biayanya lebih murah daripada *conventional sewer*
- Dapat menjangkau lebih banyak penduduk yang belum memiliki sistem sanitasi,
- Dapat dikembangkan dan diadaptasi mengikuti pertumbuhan penduduk atau komunitas tersebut.

Kekurangan dari sistem ini adalah:

- Membutuhkan perencanaan dan konstruksi dari orang yang ahli,
- Perlu dibentuk organisasi atau kepanitiaan untuk memelihara sistem penyaluran ini,
- Membutuhkan perbaikan rutin dan pembersihan sumbatan yang lebih sering daripada sistem konvensional.

Menurut UNCHS Habitat (1986) padatan dalam air limbah tidak akan dapat mengendap pada kecepatan di bawah 0,3 m/detik. Kecepatan minimum yang disarankan untuk *self-cleansing* adalah 0,5 m/detik.

3. *Solid-Free Sewerage / Small Bore Sewerage*

Solid-free sewerage mirip dengan *simplified sewerage* namun dengan pipa dipasang pada *outflow* tangki septik. Dengan adanya pengendapan pada tangki

septik maka resiko penyumbatan berkurang, saluran tidak harus *self-cleaning* (minimum 0,3 - 0,5 m/s) dan dapat ditanam dengan kedalaman dangkal dan mengikuti topografi. Diameter minimal untuk pipa adalah 10 cm. Kelebihan sistem ini adalah

- Cocok untuk daerah dengan kepadatan tinggi yang tidak memiliki area resapan,
- Dapat membawa debit saat terisi penuh maupun setengah penuh,
- Biaya lebih murah dari sistem konvensional karena mengurangi panjang pipa, penggalian lebih dangkal, biaya kebutuhan material lebih rendah

Kekurangan dari sistem ini adalah membutuhkan tenaga ahli dan beberapa material khusus.

2.3.1 Manhole

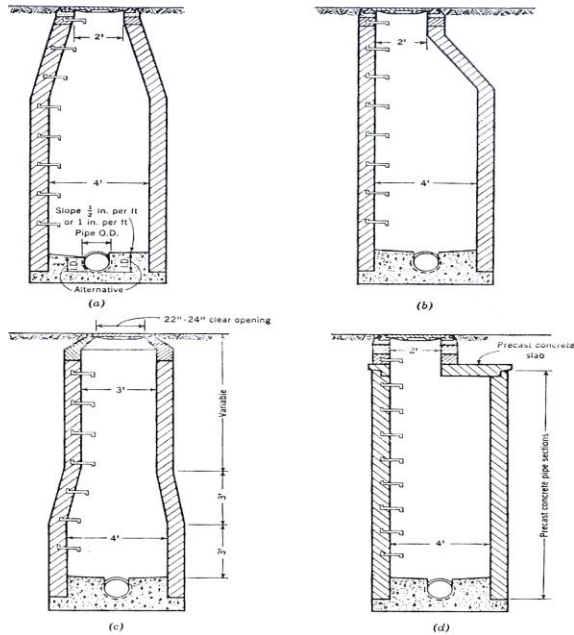
Salah satu bangunan pelengkap untuk saluran air limbah adalah manhole. Manhole umumnya berbentuk lingkaran dengan diameter dalamnya cukup untuk melakukan inspeksi dan pembersihan. Untuk saluran yang kecil, diameter dalam minimum 4 ft (1,2 – 1,25 m) sudah banyak diterapkan. Bukan manhole dengan *cast iron frame* biasanya berukuran 24 inch (60 cm) atau 22 inch (ASCE&WPCF, 1969). Lokasi penempatan manhole antara lain:

1. Pada jalur saluran yang lurus dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran.
2. Pada perubahan kemiringan saluran, diameter, perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal
3. 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



Gambar 2. 2 Bentuk Manhole
Sumber: ASCE & WPCF, 1969

2.4 Pengolahan Air Limbah

Menurut Tchobanoglous (2014) pengolahan air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam pengolahan, yaitu fisik, kimia, dan biologi.

2.4.1 Pengolahan Fisik

Pengolahan secara fisik memanfaatkan proses fisik secara alami. Biasanya proses ini dilakukan pada awal proses pengolahan. Proses pengolahan secara fisik meliputi screening, sedimentasi, flokulasi, flotasi, filtrasi, dan adsorpsi.

2.4.2 Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia menggunakan penambahan zat-zat kimia maupun reaksi kimia untuk menyisahkan polutan.

Pengolahan secara kimia yang umum digunakan antara lain presipitasi, transfer gas, adsorpsi dan desinfeksi.

2.4.3 Pengolahan Biologis

Pengolahan air limbah secara biologis mengolah air limbah dengan bantuan aktivitas biologis. Pengolahan biologis digunakan untuk menyisihkan patikel koloid dan senyawa organik terlarut yang ada dalam air limbah. Berdasarkan kebutuhan oksigen, pengolahan biologis dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu pengolahan secara aerobik dan pengolahan secara anaerobik.

a. Pengolahan Secara Aerobik

Pengolahan secara aerobik sangat bergantung pada mikroorganisme, sehingga harus menyesuaikan dengan kebutuhan oksigen (Tchobanoglous, 2014). Pada kondisi aerob mikroorganisme mengambil oksigen dari udara dan makanan dari bahan organik. Bahan organik tersebut dikonversi menjadi produk metabolisme biologi berupa CO₂, H₂O, dan energi (Fitria, 2008). Teknologi pengolahan aerobik yang sering diterapkan adalah sistem lumpur aktif karena memiliki efisiensi penyisihan tinggi dan kemudahan dalam operasionalnya (Kassab dkk, 2010).

b. Pengolahan Secara Anaerobik

Pengolahan secara anaerobik ini memanfaatkan kondisi tanpa oksigen sehingga cocok untuk mengolah air limbah dengan beban yang besar. Keuntungan dari pengolahan secara anaerobik sebagai alternatif pengolahan antara lain kemudahan konstruksinya, mudah dioperasikan dengan biaya efisien, produksi lumpur kecil, dapat menghasilkan energi dalam bentuk biogas dan dapat diaplikasikan dalam skala besar maupun kecil (Kassab dkk, 2010).

2.5 Sistem Pengolahan Air Limbah Komunal

Sistem pengolahan air limbah komunal dapat melayani lebih dari 1 rumah hingga 100 rumah lebih (US EPA, 2004). Sistem komunal masih membutuhkan perpipaan, namun lebih pendek dari sistem pengolahan terpusat. Sistem pengolahan air limbah komunal cocok diterapkan di daerah padat penduduk (Massoud, 2009). Sistem ini merupakan gabungan dari sistem individu sehingga tetap akan menghasilkan lumpur. Perlu adanyaantisipasi

terhadap akumulasi lumpur dan pengurasan lumpur secara periodik (Iskandar dkk, 2016).

2.6 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

Bangunan *Anaerobic Baffled Reactor* merupakan tangki septik yang telah dikembangkan dengan adanya sekat-sekat untuk air limbah mengalir. *Settleable solid* umumnya akan tersisihkan pada *sedimentation chamber* di awal dengan tipikal removal 50% dari total volume. *Upflow chamber* membantu meningkatkan penyisihan zat organik, untuk penyisihan BOD mencapai lebih dari 90% (Tilley dkk, 2014).

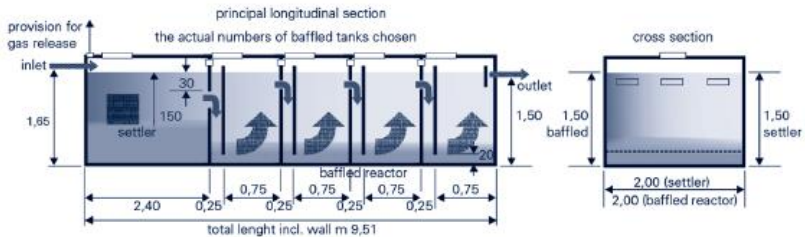
ABR cocok diterapkan pada lingkungan kecil dan juga dapat mengolah berbagai jenis air limbah dengan konsentrasi BOD >150 mg/L. Kelebihan ABR adalah sebagai berikut:

- Tahan terhadap *hydraulic* dan *organic shock loading*
- Efisiensi pengolahan tinggi
- Biaya operasional rendah
- Waktu pelayanan lama
- Produksi lumpur rendah dan stabil
- Tidak membutuhkan lahan besar

Kekurangan ABR adalah sebagai berikut:

- Penurunan zat pathogen dan nutrient rendah
 - Membutuhkan seorang ahli untuk merancang konstruksinya
 - Efluen dan lumpur masih memerlukan pengolahan tambahan dan/atau pembuangan yang tepat
- (Tilley dkk, 2014)

Contoh gambar ABR dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 3 Anaerobic Baffled Reactor
Sumber: Gutterer dkk, 2009

Berdasarkan Sasse (1998), yang dibutuhkan dalam perhitungan dasar untuk merancang ABR adalah debit, debit puncak, dan beban polutan. Parameter untuk merancang *baffled reactor* adalah *hydraulic retention time* (HRT), periode pengurasan lumpur dan *up-flow velocity*. Untuk mendapat efluen yang diinginkan, lebih baik apabila ditambahkan kompartemen daripada memperbesar volume. Namun, efisiensi pengolahan tidak meningkat jika lebih dari 6 kompartemen. Dalam menghitung, dibutuhkan beberapa kurva yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 hingga 2.4

Kriteria desain ABR (Gutterer dkk, 2009; Tchobanoglous dkk, 2003):

- Removal COD = 65%- 90%
- Removal BOD = 70% - 95%
- *Hydraulic Retention Time* (HRT) = 6 – 24 jam
- Kecepatan aliran (V_{up}) = <1,0 m/jam
- Jumlah ruang = 3 – 6

Dalam Sasse (1998) telah disediakan *spreadsheet* untuk perhitungan ABR. Perhitungan ini terbagi menjadi 4 bagian, yaitu perhitungan umum dengan *integrated settler*, data pengolahan dimensi *settler* dan dimensi ABR.

1. Perhitungan umum dengan *integrated settler*

Pada bagian ini dimasukkan angka debit air limbah harian (Cell A5) dan waktu saat debit mengalir paling banyak (Cell B5). Untuk mendapat debit puncak maksimum per jam dilakukan pembagian antara debit limbah dan waktu pengaliran limbahnya ($C5 = A5/B5$). Kemudian data COD dan BOD *inflow* (cell D5 dan E5) dimasukkan dan dihitung COD/BOD rasionya ($F5 = D5/E5$). Untuk rasio *settleable solid/COD*, suhu, interval pengurasan

lumpur, dan HRT pada *settler* ditetapkan. Dari data-data tersebut maka dapat dihitung COD *removal rate* pada *settler* (cell K5) dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika HRT *settler* < 1

$$\text{COD removal rate in settler} = (\text{rasio SS/COD}) / 0,6 \times (\text{HRT settler} \times 0,3)$$
- Jika HRT *settler* < 3

$$\text{COD removal rate in settler} = (\text{rasio SS/COD}) / 0,6 \times [(\text{HRT settler} - 1) \times 0,1/2 + 0,3]$$
- Jika HRT *settler* < 30

$$\text{COD removal rate in settler} = (\text{rasio SS/COD}) / 0,6 \times [(\text{HRT settler} - 3) \times 0,15/27 + 0,4]$$
- Di luar angka tersebut maka,

$$\text{COD removal rate in settler} = (\text{rasio SS/COD}) / 0,6 \times 0,55$$

Angka 0,6 didapatkan berdasarkan pengamatan di lapangan. Grafik yang berhubungan dengan COD *removal* pada *settler* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 4 Grafik COD *removal* pada *settler*
 Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

2. Data pengolahan

Untuk mendapatkan BOD *removal rate* pada *settler* (cell A11), maka dihitung dengan perkalian antara COD *removal rate in settler* (cell K5) dan COD/BOD *removal factor* (cell A12) yang telah ditetapkan.

$$\text{BOD removal rate in settler} = \text{COD removal rate in settler} \times \text{COD/BOD removal factor}$$

Cell B11 dan C11 merupakan konsentrasi COD dan BOD yang masuk ke *baffled reactor*. Untuk mendapatkan konsentrasi COD dan BOD yang masuk ke dalam *baffled reactor* dihitung sebagai berikut

$$\text{COD input baffled reactor} = \text{COD inflow} \times (1 - \text{COD removal rate in settler})$$

$$\text{BOD input baffled reactor} = \text{BOD inflow} \times (1 - \text{BOD removal rate in settler})$$

$$\text{COD/BOD ratio after settler} = \frac{\text{COD input baffled reactor}}{\text{BOD input baffled reactor}}$$

Cell E11 hingga H11 merupakan faktor yang mempengaruhi *COD removal rate* pada ABR, yaitu *f-overload*, *f-strength*, *f-temperature*, dan *f-HRT%*. Keempat factor tersebut tersebut dihitung berdasarkan grafik.

a. Perhitungan *f-overload*

Jika *organic loading* (cell J23) < 8

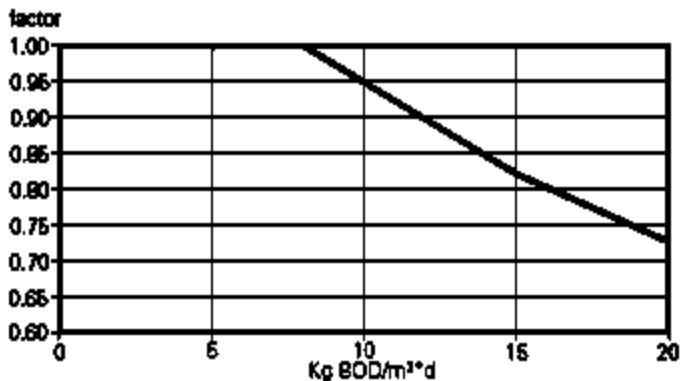
$$f\text{-overload} = 1$$

Jika *organic loading* (cell J23) < 15

$$f\text{-overload} = 1 - (\text{BOD5} - 8) \times 0,18 / 7$$

Di luar angka tersebut maka $f\text{-overload} = 0,82 - (\text{BOD5} - 15) \times 0,9 / 5$

Grafik yang menunjukkan *BOD removal* yang dipengaruhi *organic overloading* pada *baffled reactor* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.5 Hubungan *BOD Removal* dengan *organic overloading*
 Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

b. Perhitungan *f-strength*

Jika COD <2000 mg/L maka,

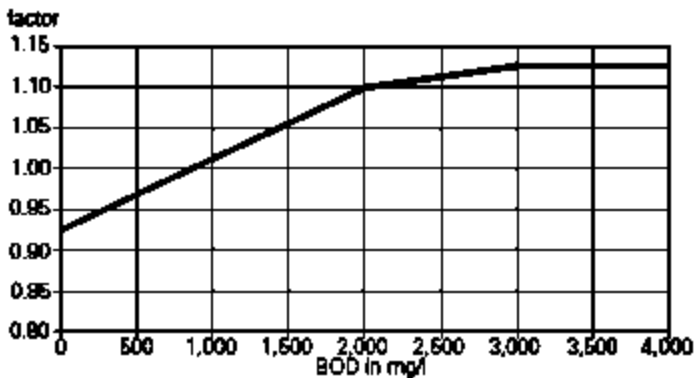
$$f\text{-strength} = \text{COD inflow} \times 0,17 / 2000 + 0,87$$

Jika COD <3000 mg/L maka,

$$f\text{-strength} = (\text{COD inflow} - 2000) \times 0,02 / 1000 + 1,04$$

Di luar angka tersebut maka *f-strength* adalah 1,06

Grafik yang menunjukkan BOD *removal* yang dipengaruhi kekuatan atau beban air limbah pada *baffled reactor* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 6 Hubungan BOD *Removal* dengan beban air limbah
Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

c. Perhitungan *f-temperature*

Jika suhu < 20 °C, maka

$$f\text{-temperature} = (\text{suhu} - 10) \times 0,39 / 20 + 0,47$$

Jika suhu < 25 °C, maka

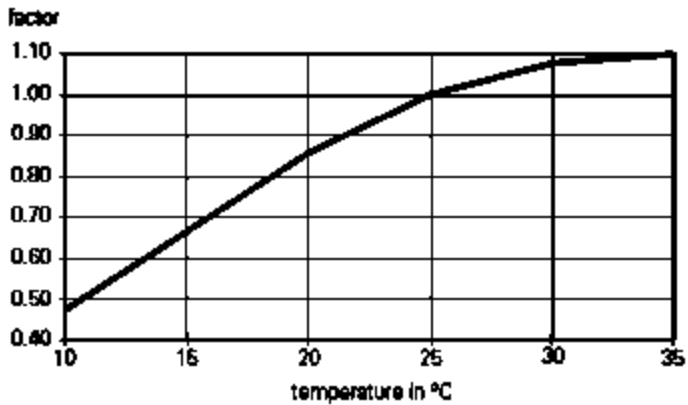
$$f\text{-temperature} = (\text{suhu} - 20) \times 0,14 / 5 + 0,86$$

Jika suhu < 30 °C, maka

$$f\text{-temperature} = (\text{suhu} - 25) \times 0,08 / 5 + 1$$

Di luar angka tersebut maka *f-temperature* adalah 1,1

Grafik yang menunjukkan COD *removal* yang dipengaruhi suhu pada reaktor anaerob dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 7 Hubungan COD *removal* dengan suhu pada reaktor anaerob

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

d. Perhitungan f-HRT

Jika HRT (cell I23) < 5

$$f\text{-HRT} = \text{HRT} \times 0,51/5$$

Jlka HRT (cell I23) < 10

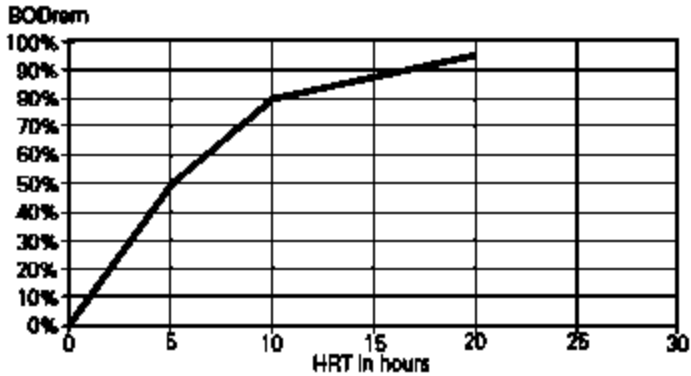
$$f\text{-HRT} = (\text{HRT} - 5) \times 0,31/5 + 0,51$$

Jlka HRT (cell I23) < 20

$$f\text{-HRT} = (\text{HRT} - 10) \times 0,13/10 + 0,82$$

Di luar angka tersebut maka f-HRT adalah 0,95

Grafik yang menunjukkan BOD *removal* yang dipengaruhi HRT dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2. 8 Hubungan BOD *removal* dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) pada ABR

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

Setelah diketahui 4 faktor tersebut, dapat dihitung persentase *removal* teoritis (cell I11) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Removal teoritis} = f\text{-}overload \times f\text{-}strength \times f\text{-}temp \times f\text{-}HRT$$

Cell J11 merupakan persentase COD *removal* pada *baffle*. Perhitungan ini menunjukkan efisiensi pengolahan dapat dinaikkan dengan penambahan jumlah kompartemen dan efisiensi pengolahan terbatas hingga 98%. Perhitungan COD *removal* pada *baffle* dapat dilihat pada perhitungan berikut:

- Jika jumlah kompartemen (cell J17) <7

$$\text{COD removal} = \text{Removal teoritis} \times (\text{jumlah kompartemen} \times 0,04 + 0,82)$$
- Di luar angka tersebut maka COD *removal* = removal teoritis x 0,98

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui COD yang keluar dari *baffle* dengan perhitungan berikut ini

$$\text{COD out} = (1 - \text{COD removal pada baffle}) \times \text{COD input baffled reactor}$$

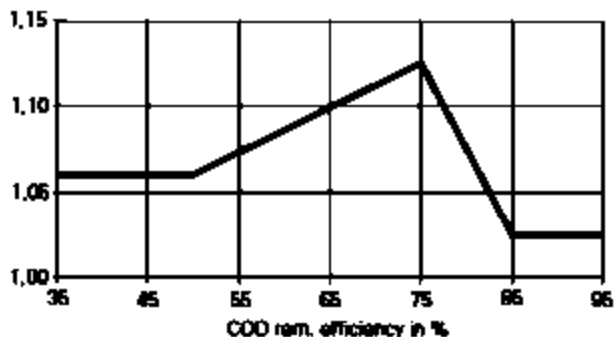
Cell A12 menunjukkan COD/BOD *removal factor* yang nilainya dapat diketahui dengan ketentuan berikut ini:

- Jika COD removal rate in (K5) < 0,5 maka COD/BOD removal factor adalah 1,06
- Jika COD removal rate in settler (K5) < 0,75 maka COD/BOD removal factor = (COD removal rate in settler – 0,5) x 0,065/0,25 + 1,06
- Jika COD removal rate in settler (K5) < 0,85 maka COD/BOD removal factor = 1,125 - (COD removal rate in settler – 0,75) x 0,1/0,1
- Di luar angka tersebut maka COD/BOD removal factor adalah 1,025

Cell K12 juga menunjukkan COD/BOD removal factor yang berhubungan dengan removal total COD. Nilainya dapat diketahui dengan ketentuan berikut ini:

- Jika total COD removal rate (A17) < 0,5 maka COD/BOD removal factor adalah 1,06
- Jika total COD removal rate (A17) < 0,75 maka COD/BOD removal factor = (total COD removal rate – 0,5) x 0,065/0,25 + 1,06
- Jika total COD removal rate (A17) < 0,85 maka COD/BOD removal factor = 1,125 - (total COD removal rate – 0,75) x 0,1/0,1
- Di luar angka tersebut maka COD/BOD removal factor adalah 1,025

Hubungan COD/BOD removal factor dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2. 9 Hubungan COD removal dengan beban limbah pada anaerob

Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

3. Dimensi *settler*

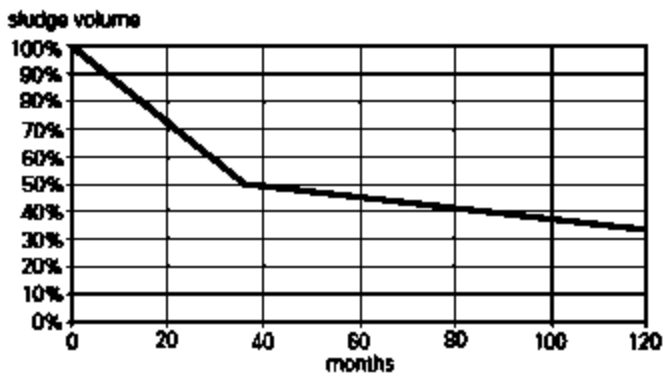
Perhitungan yang dibutuhkan dalam menghitung dimensi *settler*:

- *Total COD removal rate* (cell A17) = $1 - \text{COD out}/\text{COD inflow}$
- *Total BOD removal rate* (cell B17) = *Total COD removal rate* x *COD/BOD removal factor* (cell K12)
- *BOD out* (cell C17) = $(1 - \text{Total BOD removal rate}) \times \text{BOD inflow}$

Perhitungan untuk laju akumulasi lumpur (cell F17) yang terbentuk dapat diketahui dengan perhitungan ini:

- Jika interval pengurasan lumpur (cell I5) <36 bulan, maka laju akumulasi lumpur = $0,005 \times (1 - \text{interval pengurasan}) \times 0,014$
- Jika interval pengurasan lumpur (cell I5) <120 bulan, maka laju akumulasi lumpur = $0,005 \times 0,5 - (\text{interval pengurasan} - 36) \times 0,002$
- Di luar angka tersebut maka laju akumulasi lumpur = $0,005 \times 1/3$

Rumus tersebut menunjukkan apabila volume lumpur kurang dari setengah volume total, *settler* dapat dihilangkan. Untuk mengetahui penurunan laju akumulasi lumpur dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Grafik penurunan produksi lumpur
Sumber: Gutterer dkk, 2009 dalam Sasse, 1998

4. Dimensi ABR

Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan dimensi ABR antara lain panjang kompartemen tidak lebih dari setengah kedalaman, sehingga rumus untuk cell A23 adalah

Panjang kompartemen = Kedalaman outlet (cell K17) x 0,5

Luas permukaan satu kompartemen dapat diketahui dengan perkalian antara debit puncak maksimum per jam (cell C5) dengan *maximum upflow velocity* yang dipilih (cell I17).

- Luas permukaan kompartemen = debit maksimum per jam x *maximum upflow velocity*
- Lebar kompartemen = Luas permukaan kompartemen / Panjang kompartemen
- Pengecekan *upflow velocity* = debit maksimum per jam / (panjang / lebar kompartemen)
- Volume *baffled reactor* = (lebar *downflow shaft*+panjang) x jumlah kompartemen x kedalaman outlet
- Pengecekan HRT = Volume *baffled reactor* / (debit harian / 24) / 105%
- *Organic loading* = (COD *input baffled reactor* x debit puncak x 24) / Volume / 1000

Perhitungan untuk biogas yang terbentuk dari tiap kg COD yang tersisihkan

- Produksi Biogas = (COD inflow – COD removal rate in settler) x debit harian x 0,35 / 1000 / 0,7 x 0,5

2.7 Anaerobic Filter

Menurut Gutterer dkk (2009) *anaerobic filter* disebut juga *fixed bed* atau *fixed-film reactor* memiliki prinsip kerja tidak hanya sedimentasi dan *sludge digestion* saja. Terdapat pengolahan non settleable dan dissolved solid dengan cara kontak dengan mikroba aktif. Adanya filter akan membentuk luas permukaan yang lebih bagi bakteri untuk mengendap dengan cara melewatkan air limbah melalui material filter. Semakin luas permukaan untuk pertumbuhan mikroba akan mempercepat pula proses *digesting*. Contoh material untuk filter adalah kerikil, batu, bara, atau plastic yang dibentuk khusus. Material filter yang bagus mampu menyediakan luas permukaan 90 – 300 m²/m³ volume reactor. Kelebihan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

- Tidak perlu energy listrik
- Umur pelayanannya panjang

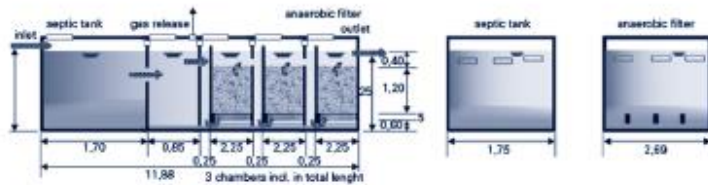
- Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material lokal

Kekurangan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

- Pengurangan rendah terhadap bakteri patogen, padatan dan zat organik
- Efluen dan lumpur tinja masih perlu pengolahan sekunder dan/atau pembuangan yang cocok

(Morel dan Diener, 2006)

Contoh desain *Anaerobic Filter* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 11 Anaerobic Filter

Sumber: Gutterer dkk, 2009

Kriteria desain unit *Anaerobic Filter* (Sasse, 1998):

- Luas permukaan media = 90 – 300 m²/m³
- Removal BOD = 70 – 90%
- *Organic loading* = 4 – 5 kg COD/m³.hari
- *Hydraulic retention time* = 1,5 – 2 hari

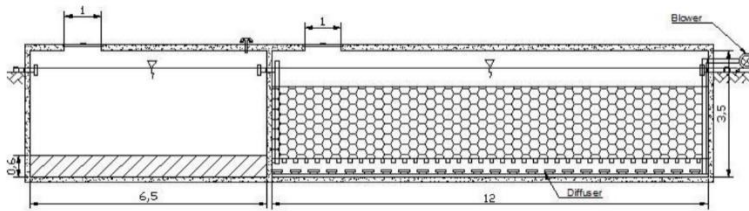
2.8 Aerobic Biofilter (ABF)

Aerobic biofilter merupakan reaktor biofilter dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang diatas suatu media, yang dapat terbuat dari plastik, kerikil, yang di dalam operasinya dapat tercelup sebagian atau seluruhnya, atau yang hanya dilewati air saja (tidak tercelup sama sekali), dengan membentuk lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut sehingga membentuk lapisan biofilm (Herlambang, dkk, 2002)

Pada dasarnya *ABF* tersusun dari tangki yang diisi dengan material yang berpori yang mana menjadi tempat lewatnya udara dan limbah yang akan diolah. Meskipun media yang digunakan berupa granular kasar dengan diameter kisaran 2-6 mm, *ABF*

beroperasi dalam mode downflow dengan cara yang mirip dengan rapid gravitation filter yang digunakan dalam produksi air minum. Efluen dikumpulkan dalam sistem pipa yang terletak pada dasar unit. Aerasi oleh diffuser yang terletak di dekat pangkalan filter. Padatan tersuspensi serta biofilm yang mati dikeluarkan dari filter dengan metode backwashing yang dikembalikan ke pipa utama untuk pemisahan padatan.

Contoh gambar ABF dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 12 Anaerobic Biofilter
Sumber: Gutterer dkk, 2009

Sedangkan *design criteria* untuk ABF dapat dilihat pada Tabel berikut:

Komponen	Rentang	Satuan
Waktu tinggal total rata-rata	6-8	jam
Tinggi ruang lumpur	0.5	m
Tinggi bed pembiakan mikroba	0.9-1.5	m
Tinggi air di atas bed media	0.2	m
Beban BOD per luasan permukaan media	5-30	g BOD/ m ² .Hari
Beban BOD per volume media	0.5-4	kg BOD/ m ³ Media
Tinggi ruang lumpur	0.5	m

Sumber : Chernicaró, 2015

Produksi lumpur pada ABF berkisar pada 0.4 kg TSS pada setiap kg COD yang ter-remove (Pujol *et al.*, 1992) dan 0.8 hingga 0.1 kg TSS pada setiap kg BOD₅ yang ter-remove (Richard and Cyr, 1990). Untuk kadar aerasi 10 hingga 40 Nm³ Udara per BOD₅ yang

tersedia, efisiensi transfer oksigen mencapai 5 hingga 9.2%. Rata-rata konsumsi oksigen yang diperlukan SAB terukur sebesar 0.5 kgO₂/kgBOD₅. Hal ini lebih rendah dibandingkan conventional activated sludge yang mencapai 0.8 hingga 1.2 kgO₂/kgBOD₅.

Sedangkan jika dilihat dari segi pembangunan ABF merupakan unit operasi yang kokoh tetapi membutuhkan metode yang cukup sederhana. ABF dapat dibangun dari beton, *fiberglass*, atau baja yang dilengkapi dengan lapisan anti korosi. Oleh karena itu ABF dapat dibuat terlebih dahulu di pabrik untuk kemudian dibawa ke lokasi pengolahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Profil Wilayah

Kecamatan Tambaksari terdiri dari 8 kelurahan. Wilayah studi yang dipilih adalah Kelurahan Ploso dan Pacar Kembang. Kelurahan tersebut dipilih karena merupakan pemukiman padat. Wilayah perencanaan relatif datar dengan elevasi 4 mdpl. Jumlah penduduk pada Kelurahan Ploso sebanyak 35.787 jiwa, dan 41.145 jiwa bermukim di Kelurahan Pacar Kembang. Luas wilayah Kelurahan Ploso adalah 1,49 km² dan Kelurahan Pacar Kembang seluas 2,09 km².

Pada wilayah tersebut akan direncanakan SPAL dan juga IPAL. Batas – batas daerah perencanaan adalah:

Sebelah Utara	: Kelurahan Kapas Gading
Sebelah Timur	: Kecamatan Mulyorejo
Sebelah Selatan	: Kecamatan Gubeng
Sebelah Barat	: Kelurahan Tambaksari dan Pacar Keling

Peta daerah perencanaan dilihat dari citra satelit *Google Earth*, dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut



Gambar 3. 1 Wilayah Studi
Sumber: Citra satelit *Google Earth*

Kondisi jalan sebagian besar diaspal dan lainnya merupakan jalan paving. Lebar jalan di Kawasan pemukiman \pm 4-8 m. Gambaran kondisi jalan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Kondisi jalan di Kelurahan Pacar Kembang
(Sumber: *Google Earth*, 2019)

3.2 Kondisi Sanitasi

Secara umum Kota Surabaya menerapkan konsep pengelolaan air limbah sistem *onsite*, yaitu pengolahan air limbah dari suatu unit rumah dengan sistem cubluk atau tangki septik yang ditempatkan pada kapling rumah itu sendiri. Berdasarkan hasil Studi Environmental Health Risk Assessment (EHRA, 2010) di Kota Surabaya terdapat beberapa area beresiko tinggi terhadap kesehatan lingkungan yang dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam penentuan prioritas pembangunan.

Data dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya (2015) menyebutkan bahwa sebanyak 20 kelurahan di Kota Surabaya yang sudah terbebas dari buang air besar sembarangan, 20

kelurahan menuju bebas dari buang air besar sembarangan, dan 123 kelurahan masih buang air besar sembarangan.

Berdasarkan jumlah sarana sanitasi yang diperiksa dimasing-masing Puskesmas di seluruh Surabaya dapat disimpulkan bahwa, penduduk yang sudah terlayani oleh sistem prasarana sanitasi diperkirakan sebanyak 176.105 KK atau sekitar 26,95% jumlah penduduk kota yang sudah menggunakan sarana sanitasi, dengan rincian yang menggunakan jamban keluarga sebanyak 176.105 unit dan MCK sebanyak 437 unit (Buku Putih Sanitasi Kota Surabaya, 2010). Jumlah Jamban Keluarga dan Mandi Cuci kakus di Kota Surabaya terdapat pada tabel 3.1 dan 3.2 Berikut :

Tabel 3. 1 Jumlah Jamban Keluarga di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya

Puskesmas	Jumlah KK	Jamban Keluarga					
		Diperiksa		Memiliki		Sehat	
		Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
Rangkah	18310	500	2,73	500	100	407	81,40
Pacar Keling	17688	1330	7,62	1330	100	922	69,32
Gading	19180	3842	20,03	2973	77,40	2544	85,57

Sumber: Dinas Kesehatan 2008

Tabel 3. 2 Jumlah Mandi Cuci Kakus di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya

No	Puskesmas	Jumlah MCK	Kondisi MCK		
			Baik	Cukup	Rusak
1	Rangkah	8	2	6	
2	Pacarkeling	4		4	
3	Gading	7	4	3	

Sumber: Dinas Kesehatan 2008

Berdasarkan tabel diatas, data jumlah MCK yang ada di Kecamatan Tambaksari adalah 19 MCK (Dinas Kesehatan Surabaya, 2008). Hal tersebut menunjukkan kondisi kepemilikan jamban dan MCK masih sangat minim.

Sedangkan menurut Kelompok Kerja Sanitasi Kota Surabaya (2010) dalam laporan EHRA 2010, jumlah kepemilikan jamban di Kota Surabaya sudah mencapai 92,15% dan hanya 7,85% yang tidak memiliki jamban. Fasilitas BAB yang banyak digunakan di Kota Surabaya adalah jamban siram/leher angsa yang disalurkan ke tangki septik yaitu sekitar 90%, sementara rumah tangga dengan jamban siram/leher angsa yang disalurkan ke pipa pembuangan sebesar 7% dan sebesar 1% adalah jamban non-siram tanpa leher angsa ke tangki septik.

Hasil studi EHRA yang dilakukan ulang pada tahun 2015 menunjukkan persentase penyaluran buangan akhir tinja pada tahun 2015 di Kota Surabaya yaitu: 85.4% menuju ke tangki septik, 8% menuju ke pipa sewer, 3% menuju saluran drainase/sungai/danau/pantai, 8,6% tidak tahu akhir pembuangan tinja (EHRA, 2015). Memorandum Program Sektor Sanitasi 2012-2016, menjelaskan bahwa sebagian besar perumahan di Kota Surabaya mengandalkan sistem sanitasi setempat (onsite). Sistem sanitasi tersebut meliputi tangki septik, sumur resapan, serta jamban.

Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Surabaya hingga tahun 2015, kecamatan Tambaksari memiliki 611 sambungan rumah yang masih buang air besar sembarangan (BABs). Kondisi saat ini, 90% masyarakat memiliki jamban namun pipa pembuangan diarahkan langsung menuju saluran drainase. yang tersebar di masing – masing kecamatan yaitu Rangkah 74 rumah, Ploso 2 rumah, Pacar keling 77 rumah, Pacar Kembang 91 rumah, dan Kapasmadya Baru 367 rumah.

Kondisi sanitasi di Kelurahan Ploso dan Kelurahan Pacar Kembang belum maksimal. Karena saluran yang terdapat di depan setiap rumah digunakan untuk menampung air hujan dan grey water yang kemudian dialirkan ke saluran drainase yang lebih besar. Sedangkan black water, mayoritas warga telah menggunakan tangki septik sebagai unit pengolahan. Kebutuhan air bersih Kelurahan Ploso dan Pacar kembang terlayani oleh PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Gambar saluran drainase dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4.



Gambar 3. 3 Saluran Drainase Kelurahan Ploso
(Sumber: *Google Earth*, 2019)



Gambar 3. 4 Saluran Drainase Kelurahan Pacar Kembang
(Sumber: *Google Earth*, 2019)

Pendekatan kualitatif dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi kesehatan lingkungan di Surabaya (Dinas

Kesehatan Surabaya, 2015). Pengumpulan data dilakukan di daerah-daerah padat penduduk, daerah di bantaran sungai, daerah terkena banjir, dan daerah dengan angka kemiskinan tinggi. Data menyebutkan bahwa Kelurahan Tambaksari, Kecamatan Tambaksari menjadi salah satu daerah yang beresiko sangat tinggi terhadap kesehatan lingkungan (Dinas Kesehatan Surabaya, 2015).

Tidak ada data kuantitatif yang menunjukkan penyebaran penyakit di Surabaya. Namun, data survei dari Dinas Kesehatan Surabaya (2015) mengindikasikan bahwa kondisi sampah yang kurang terkelola dengan baik di tingkat RT/RW menyebabkan beberapa permasalahan memicu dampak pada kesehatan seperti:

- a. Banyaknya tikus berkeliaran (45.6%*)
- b. Banyaknya alat di sekitar tumpukan sampah (19.8%*)
- c. Banyak nyamuk (37.1%*)

*prosentase dari total responden.

Beberapa penyakit yang muncul akibat permasalahan diatas adalah diare dan demam berdarah. Di Kota Surabaya, penyakit diare masih sangat tinggi. menyebutkan bahwa pada tahun 2015 ada 65447 kasus dari 60960 perkiraan kasus yang ditemukan atau lebih dari 100% (Dinas Kesehatan Surabaya 2015 dalam Khudzaifi 2017). Hidayanti, Iatra, dan Purhadi (2015), menyebutkan bahwa kasus demam berdarah di Surabaya meningkat di tahun 2013 dari tahun sebelumnya. Di Kecamatan Tambaksari kasus demam berdarah tergolong tinggi di rentang 74.16 hingga 188 kasus.

3.3 Lokasi Perencanaan IPAL

Lokasi perencanaan IPAL terdapat pada dua titik lahan kosong yang berada pada sekitar wilayah kelurahan Ploso dan Pacar Kembang. Lokasi pertama berada di timur Kelurahan Ploso, Sedangkan lokasi kedua berada di selatan Kelurahan Pacar Kembang, Gambar 3.5 menunjukkan alternatif lokasi lahan untuk pembangunan IPAL.

Unit pengolahan air limbah domestik dapat memanfaatkan lahan kosong atau di jalan pemukiman. Lahan yang kemungkinan dapat dimanfaatkan dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan 3.7



Gambar 3. 5 Alternatif Lokasi Perencanaan IPAL
(Sumber: Google Earth, 2019)



Gambar 3. 6 Alternatif Lokasi IPAL 1

Alternatif lokasi IPAL 1 beralamat di jalan Ploso Timur I dengan luas lahan 5000 m²



Gambar 3. 7 Alternatif Lokasi IPAL 2

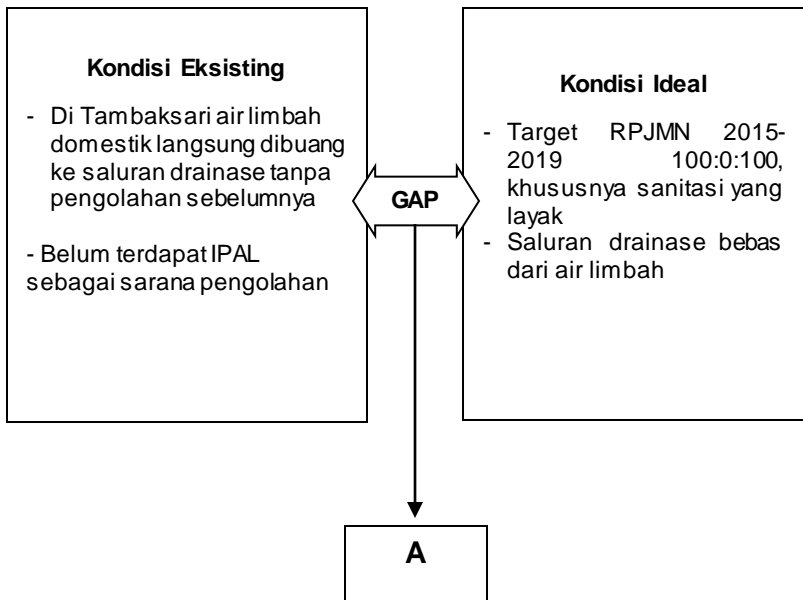
Lokasi IPAL2 terletak pada Jalan Kalikepiting, Kelurahan Pacar Kembang, Kecamatan Tambaksari. Lahan ini merupakan tanah wakaf.

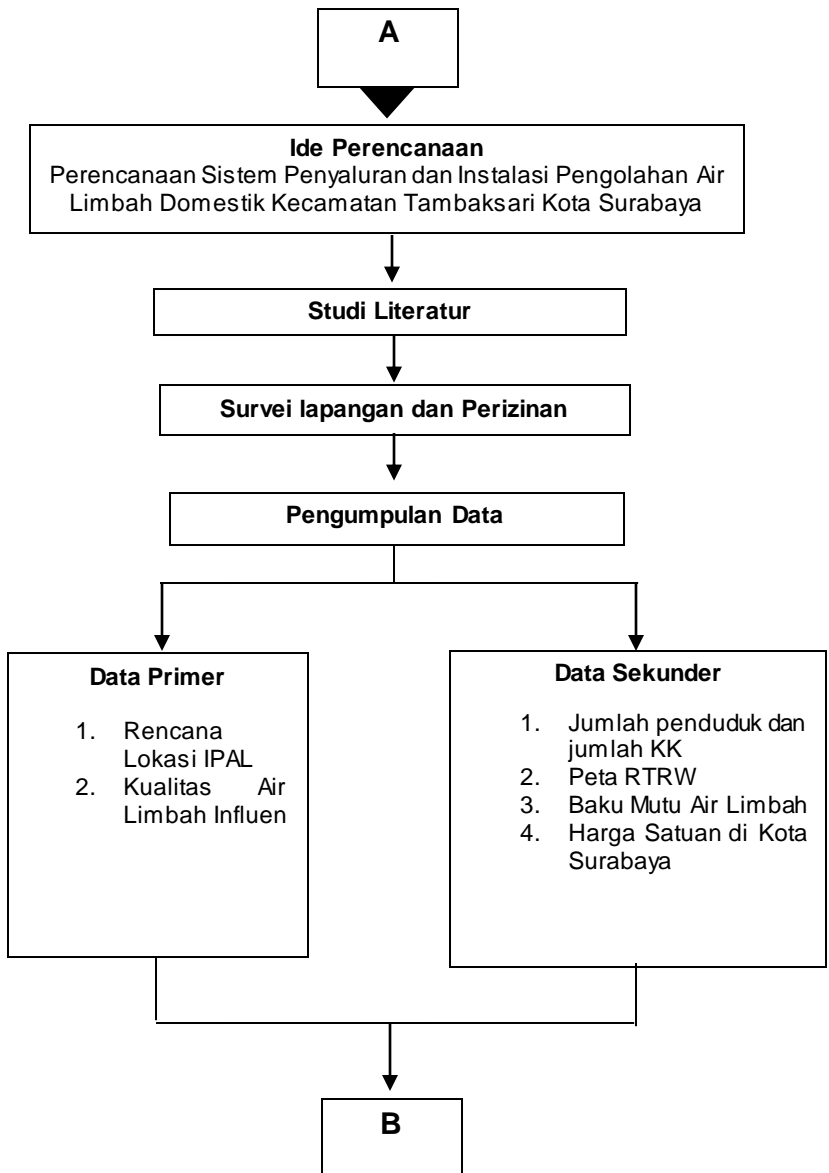
BAB 4 METODE PERENCANAAN

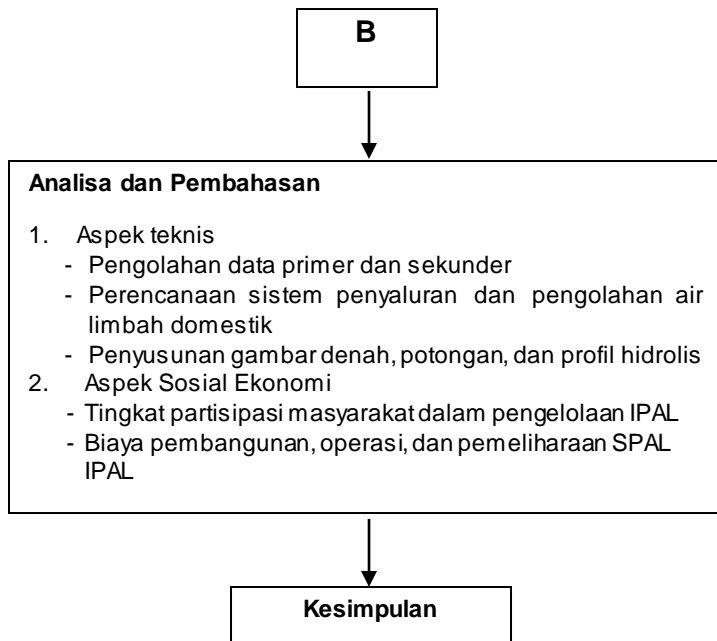
4.1 Kerangka Perencanaan

Perencanaan ini berjudul “Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya” yang dalam pelaksanaannya diperlukan penyusunan metode perencanaan untuk mendapatkan gambaran tahapan yang sistematis. Dalam melakukan perencanaan dibutuhkan data primer dan sekunder. Dari data yang didapatkan, akan dibuat analisa pembahasan yang meliputi perhitungan debit air limbah, jalur perpipaan air limbah, penentuan teknologi pengolahan yang tepat dan perhitungan *detailed engineering design* instalasi pengolahan air limbah serta BOQ dan RAB.

Kerangka perencanaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 4.1







Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir

4.2 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan kerangka perencanaan di atas, berikut adalah tahapan perencanaannya secara lengkap:

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan ini didapatkan dari kondisi eksisting pengolahan air limbah di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya. Ide tugas akhir didapatkan dari kesenjangan antara kondisi eksisting terkait pengelolaan air limbah di Kecamatan Tambaksari dan kondisi ideal sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku.

Untuk mendukung target pemerintah tahun 2019 pada Rencana Pembangunan jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015 -2019 tentang 100:0:100 mengenai sanitasi yang

layak, maka diperlukan sistem pengolahan air limbah domestik yang meliputi sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah.

2. Studi Literatur

Studi literatur pada tahapan ini dibutuhkan sebagai landasan teori dalam melakukan perencanaan. Studi literatur didapatkan dari jurnal, *textbook/handbook*, undang-undang maupun peraturan pemerintah yang berlaku dan laporan. Studi literatur yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain:

- Karakteristik dan baku mutu air limbah domestik
- Pengolahan Air Limbah
- Sistem penyaluran air limbah

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibutuhkan dalam perencanaan ini. Data yang dibutuhkan dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data- data tersebut antara lain:

a. Data Primer

- Observasi dan Pengamatan Lapangan
Survei lokasi dibutuhkan untuk melihat langsung kondisi yang ada di lapangan, berupa rencana lokasi penempatan IPAL, luas lahan dan kondisi jalan
- Kualitas Influen Air Limbah
Kualitas influen air limbah didapatkan dengan mengambil sampel dengan cara *random sampling* pada saluran air buangan pemukiman, Sampel kemudian diuji sesuai dengan parameter BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak.

b. Data Sekunder

- Data sekunder ini didapat dari bantuan instansi – instansi terkait yang sekiranya dapat mendukung proses tugas akhir. Data – data yang dibutuhkan diantaranya:
- Peta RTRW Kota Surabaya
 - Data kependudukan meliputi jumlah penduduk, penyebaran, serta kepadatannya.
 - Baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 tahun 2016

4. Analisa dan Pembahasan

Pembahasan dilakukan sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan, hal ini meliputi rencana perencanaan sistem penyaluran air limbah dan instalasi pengolahan air limbah, perhitungan Bill of Quantity, dan perhitungan Rencana Anggaran Biaya.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dibuat setelah melakukan semua proses metode perencanaan. Kesimpulan ini bertujuan untuk mendapatkan suatu kalimat singkat, padat dan jelas yang dapat memberikan gambaran terhadap detail perencanaan ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Daerah perencanaan terletak di kecamatan Tambaksari, dimana diambil studi kasus di 2 kelurahan. Kelurahan yang diambil yaitu Kelurahan Ploso dan Pacar Kembang. Daerah ini merupakan kawasan padat penduduk dengan kepadatan mencapai 13.763 jiwa/km². Kondisi sanitasi pada daerah ini sebagian besar telah memiliki pengolahan setempat, yaitu tangki septik. Namun, penanganan *greywater* belum ada sehingga selama ini *greywater* dari rumah tangga langsung dibuang ke saluran drainase. Pada bab ini akan dibahas mengenai perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan untuk daerah perencanaan, serta rencana anggaran biaya untuk pembangunan, operasional, dan pemeliharannya.

5.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah ditetapkan dari 80% pemakaian air bersih, hal ini berdasarkan SK SNI Air Minum dari Kementerian pekerjaan Umum. Debit air bersih diketahui dari rata-rata pemakaian air PDAM. Dari data rekening pelanggan PDAM di Kecamatan Tambaksari, diambil 100 rekening pelanggan PDAM untuk mengetahui pemakaian air bersih selama 3 bulan terakhir (Agustus – Oktober 2019). Diasumsikan 1 KK memiliki 4 anggota keluarga, sehingga pemakaian per orang per hari dapat dihiitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata pemakaian air bersih 1 KK} &= 22,73 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= 0,76 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 757,67 \text{ L/hari} \\ \text{- Pemakaian air bersih per orang} &= 757,67 \text{ L/hari} / 4 \text{ orang} \\ &= 189,4 \text{ L/orang/hari} \\ \text{- Debit air limbah} &= 80\% \times 189,4 \text{ L/orang/hari} \\ &= 151,5 \text{ L/orang/hari} \end{aligned}$$

5.2 Preliminary Sizing dan Penetapan Cluster

Sebelum menghitung perencanaan yang lebih detail perlu diketahui debit pengolahan keseluruhan yang akan masuk ke sistem. Kemudian dapat diketahui kebutuhan luas lahan dan dimensi unit instalasi pengolahan yang diperlukan. Tahap ini disebut sebagai tahap *preliminary sizing*. Debit air limbah dari tiap kelurahan adalah sebagai berikut:

Kelurahan Ploso	= 13932 jiwa x 151,5 L/orang/hari = 2.110.698 L/hari = 2.110,7 m ³ /hari
Kelurahan Pacar Kembang	= 15948 jiwa x 151,5 L/orang/hari = 2.416.122 L/hari = 2,416,12 m ³ /hari
Total debit	= 4.526,82 m ³ /hari

Dengan debit keseluruhan tersebut diperhitungkan kebutuhan luas unit instalasi pengolahan air limbah. Unit instalasi direncanakan menggunakan unit kombinasi *anaerobic baffled reactor* (ABR) dan *aerobic biofilter* (AF). Penjelasan lebih lanjut mengenai alasan pemilihan unit dapat dilihat pada subbab 5.4. Perhitungan *preliminary sizing* adalah sebagai berikut:

1. *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

Bak Pengendap

$$\begin{aligned} Q &= 4526,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \\ T_d &= 2 \text{ jam} \\ \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \times 2 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \\ &= 485,23 \text{ m}^3 \\ H_{\text{air}} &= 3 \text{ m} \\ A_s &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \\ &= 485,23 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\ &= 161,74 \text{ m}^2 \\ P:L &= 2:1 \\ L &= \sqrt{\frac{A_s}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{161,74}{2}} \\
&= 9 \text{ m} \\
P &= 18 \text{ m} \\
\text{Luas lahan} &= P \times L \\
&= 18 \text{ m} \times 9 \text{ m} \\
&= 162 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
Q &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \\
\text{HRT} &= 6 \text{ jam} \\
\text{Volume} &= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \times 6 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \\
&= 1447,2 \text{ m}^3 \\
P_{\text{upflow chamber}} &= 0,5 \times H \\
&= 0,5 \times 3 \text{ m} \\
&= 1,5 \text{ m} \\
P_{\text{downflow chamber}} &= 0,25 \text{ m} \\
\text{Lebar} &= 9 \text{ m} \\
As &= \text{Volume ABR} / H \\
&= 1447,2 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
&= 482,4 \text{ m}^2 \\
\text{Vol. kompartemen} &= P \times L \times H \\
&= (1,5+0,25) \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
&= 47,25 \text{ m}^3 \\
N_{\text{kompartemen}} &= \text{Volume ABR} / \text{Volume kompartemen} \\
&= 1447,2 \text{ m}^3 / 47,25 \text{ m}^3 \\
&= 30,63 \approx 31 \text{ kompartemen} \\
\text{Luas lahan} &= P \times L \times N_{\text{kompartemen}} \\
&= (1,5+0,25) \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 31 \text{ kompartemen} \\
&= 488,25 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

2. *Anaerobic Biofilter* (ABF)

$$\begin{aligned}
Q &= 4526,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,067 \text{ m}^3/\text{detik} \\
\text{HRT} &= 1,5 \text{ hari} = 36 \text{ jam} \\
\text{Volume} &= 5822,79 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5 \text{ hari} \\
&= 8734,19 \text{ m}^3 \\
H &= 3 \text{ m} \\
As &= \text{Volume} / H \\
&= 8734,19 \text{ m}^3 / 3 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2911,4 \text{ m}^2 \\
\text{Lebar} &= 9 \text{ m} \\
P_{\text{upflow chamber}} &= 0,5 \times H \\
&= 0,5 \times 3 \text{ m} \\
&= 1,5 \text{ m} \\
P_{\text{downflow chamber}} &= 0,25 \text{ m} \\
N_{\text{kompertemen}} &= \text{Volume AF} / (\text{AS} \times H) \\
&= 8734,19 \text{ m}^3 / (2911,4 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m}) \\
&= 1 \text{ kompartemen} \\
\text{Luas lahan} &= P \times L \times N_{\text{kompertemen}} \\
&= (1,5+0,25) \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 1 \text{ kompartemen} \\
&= 15,75 \text{ m}^2 \\
\text{Total luas lahan} &= 162 \text{ m}^2 + 488,25 \text{ m}^2 + 15,75 \text{ m}^2 \\
&= 666 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *preliminary sizing*, dapat dilihat bahwa total kebutuhan lahan keseluruhan adalah 666 m². Lahan yang dibutuhkan sangat besar untuk mengolah air limbah pada satu unit IPAL dan kebutuhan kompartemen baffled reactor mencapai 31 buah. Berdasarkan Sasse (1998), pengolahan dengan *anaerobic baffled reactor* dapat ditingkatkan efisiensinya dengan menambah jumlah kompartemen. Namun, jumlah kompartemen disarankan untuk tidak melebihi 6 buah karena efisiensinya justru tidak akan optimal. Oleh karena itu, untuk menyesuaikan dengan ketersediaan lahan dan mendapatkan pengolahan yang efisien, maka dibuatlah sistem cluster pada perencanaan ini.

Daerah perencanaan ini memiliki total penduduk sebesar 29.880 orang. karena banyaknya jumlah penduduk yang terlayani, maka dibuat sistem *cluster* untuk mencegah dimensi ipal yang besar, mengurangi kebutuhan lahan pada satu tempat serta mengurangi biaya pemompaan karena penanaman pipa yang terlalu dalam. Pada tugas akhir ini direncanakan wilayah terbagi menjadi 2 cluster yang berbeda berdasarkan wilayah administratif kelurahan.

5.3 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini akan membahas mengenai perhitungan debit air limbah, jalur rencana

pipa, pembebanan pipa, perhitungan diameter pipa yang dibutuhkan, kedalaman penanaman, serta perhitungan manhole. Pada perencanaan sistem penyaluran air limbah ini tidak dibahas mengenai proyeksi penduduk karena daerah perencanaan merupakan daerah padat penduduk dengan lahan terbatas. Dalam kurun waktu perencanaan 10 tahun kemungkinan besar pertumbuhan penduduk relatif tetap dan tidak ada perubahan yang signifikan.

Perencanaan sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem *shallow sewer*. Berdasarkan Tilley (2008) sistem *shallow sewer* memiliki kelebihan

- Biayanya lebih murah daripada *conventional sewer*
- Dapat menjangkau lebih banyak penduduk yang belum memiliki sistem sanitasi
- Cocok diterapkan pada pemukiman dengan kepadatan tinggi dan tidak teratur
- Dapat dikembangkan dan diadaptasi mengikuti pertumbuhan penduduk atau komunitas tersebut.

Dalam sistem penyaluran air limbah ini perlu diketahui debit yang diterima atau yang dilayani oleh masing-masing jalur pipa. Di bawah ini adalah contoh perhitungan air limbah pada pada Kelurahan Ploso.

Blok -1

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Jumlah penduduk | = 956 |
| 2. Debit air bersih | = 956 x 189,4 L/orang/hari
= 181.066,4 L/hari |
| 3. Debit air limbah rata-rata | = 181.066,4 L/hari x 80%
= 144.853,1 L/hari
= 0,00168 m ³ /s |
| 4. Faktor puncak | = $\frac{18 + 956^{0.5}}{(4 + 956)^{0.5}}$
= 1,6 |
| 5. Debit puncak | = Qrata-rata x Faktor puncak
= 0,00168 m ³ /detik x 1,6
= 0,002647 m ³ /detik |
| 6. Debit minimum | = 0,2 x P ^{1,2} x Qrata-rata
= 0,2 x $\left(\frac{956}{1000}\right)^{1,2}$ x 0,00168 m ³ /hari |

$$= 0,00033 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 menunjukkan debit tiap blok.

Tabel 5.1 Debit Air Limbah Tiap Blok Kelurahan Ploso

Blok	Jumlah KK Terlayani	Jumlah Orang	Q Air Bersih	Q Air Bersih Total	Q Air Limbah	Q air Limbah	Faktor Peak	Q Peak	Q Rata-Rata	Q Min
			L/org/hari	L/hari	L/hari	m ³ /s		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	239	956	189.4	181066.4	144853.1	0.00168	1.6	0.002647	0.00168	0.00033
2	313	1252	189.4	237128.8	189703	0.00220	1.5	0.003307	0.00220	0.00046
3	695	2780	189.4	526532	421225.6	0.00488	1.3	0.006535	0.00488	0.00120
4	447	1788	189.4	338647.2	270917.8	0.00314	1.4	0.004465	0.00314	0.00070
5	232	928	189.4	175763.2	140610.6	0.00163	1.6	0.002583	0.00163	0.00032
6	965	3860	189.4	731084	584867.2	0.00677	1.3	0.008726	0.00677	0.00177
7	592	2368	189.4	448499.2	358799.4	0.00415	1.4	0.005684	0.00415	0.00099
Total	3483	13932	1325.8	2638721	2110977	0.024433		0.033948	0.024433	0.005774

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.2 Debit Air Limbah Tiap Blok Kelurahan Pacar Kembang

Blok	Jumlah KK Terlayani	Jumlah Orang	Q Air Bersih	Q Air Bersih Total	Q Air Limbah	Q air Limbah	Faktor Peak	Q Peak	Q Rata-Rata	Q Min
			L/org/hari	L/hari	L/hari	m ³ /s		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	311	1244	150	186600	149280	0.00173	1.5	0.002605	0.00173	0.00036
2	790	3160	150	474000	379200	0.00439	1.3	0.005791	0.00439	0.00110
3	475	1900	150	285000	228000	0.00264	1.4	0.003725	0.00264	0.00060
4	683	2732	150	409800	327840	0.00379	1.3	0.005097	0.00379	0.00093
5	473	1892	150	283800	227040	0.00263	1.4	0.003711	0.00263	0.00060
6	584	2336	150	350400	280320	0.00324	1.4	0.004449	0.00324	0.00077
7	671	2684	150	402600	322080	0.00373	1.3	0.005019	0.00373	0.00091
Total	3987	15948	1050	2392200	1913760	0.02215		0.030397	0.022150	0.005268

Sumber: Perhitungan

5.3.1. Pembebanan Pipa

Sebelum diolah di IPAL, air limbah domestik memerlukan sistem penyaluran untuk membawanya ke IPAL. Air limbah akan disalurkan melalui pipa-pipa yang terbagi menjadi pipa primer, sekunder, dan tersier. Setiap pipa mempunyai beban yang berbeda tergantung jumlah pelayanannya. Diperlukan perhitungan pembebanan pipa untuk mengetahui berapa debit air limbah yang masuk ke dalam pipa tersebut beserta limpasannya. Contoh perhitungan dapat dilihat di bawah ini:

Cluster 1 Ploso

Saluran sekunder 1 -7

- Penduduk terlayani = 80
- Presentase blok terlayani = $\frac{80}{956} \times 100\%$
= 8,4%
- Debit air limbah blok = 0,00168 m³/detik
- Debit air limbah saluran = 8,4% × 0,00168 m³/detik
= 0,00014 m³/detik
- Debit puncak = 8,4% × 0,002647m³/detik
= 0,00022 m³/detik
- Debit minimum = 8,4% × 0,00033 m³/detik
= 0,00003 m³/detik

Saluran sekunder 7a -7

- Penduduk terlayani
- Penduduk terlayani = 48
- Presentase blok terlayani = $\frac{48}{928} \times 100\%$
= 5,2%
- Debit air limbah blok = 0,00163 m³/detik
- Debit air limbah saluran = 5,2% × 0,00168 m³/detik
= 0,00008 m³/detik
- Debit puncak = 5,2% × 0,002653m³/detik
= 0,00013 m³/detik
- Debit minimum = 5,2% × 0,00032 m³/detik
= 0,00002 m³/detik

Saluran primer 8 - 9

- Penduduk terlayani

Saluran primer 7 – 8 = 128

Saluran sekunder 2 – 8 = 156

Saluran sekunder 14 – 8 = 76

Total penduduk terlayani 8 - 9 = 360

- Debit limbah rata-rata

Saluran primer 7 – 8 = 0,00022 m³/detik

Saluran sekunder 2 – 8 = 0,00027 m³/detik

Saluran sekunder 14 – 8 = 0,00013 m³/detik

Total debit rata-rata 8 - 9 = 0,00063 m³/detik

- Debit limbah puncak

Saluran primer 7 – 8 = 0,00036 m³/detik

Saluran sekunder 2 – 8 = 0,00043 m³/detik

Saluran sekunder 14 – 8 = 0,00021 m³/detik

Total debit rata-rata 8 - 9 = 0,00100 m³/detik

- Debit limbah minimum

Saluran primer 7 – 8 = 0,00004 m³/detik

Saluran sekunder 2 – 8 = 0,00005 m³/detik

Saluran sekunder 14 – 8 = 0,00003 m³/detik

Total debit rata-rata 8 - 9 = 0,00012 m³/detik

Perhitungan lengkap pembebanan pipa tiap kelurahan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 pada Lampiran A.

5.2.2. Perhitungan Dimensi Pipa

Dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah, sangat penting untuk menghitung dimensi pipa sesuai dengan kebutuhannya. Contoh perhitungan dimensi pipa dapat dilihat di bawah ini:

Cluster 1 Ploso

Saluran sekunder 1 - 7

Panjang saluran = 194,3 m

Qpeak total = 0,00022 m³/detik

$$\begin{aligned}
\text{Elevasi tanah awal} &= +4,8 \text{ m} \\
\text{Elevasi tanah akhir} &= +4,9 \text{ m} \\
\text{Slope medan} &= \frac{\Delta H}{\text{panjang saluran}} = \frac{4,8-4,9}{194,3} = -0,0005
\end{aligned}$$

Nilai slope medan tidak dipakai karena bernilai negatif, sehingga slope untuk saluran 1-7 menggunakan slope rencana. Nilai slope minimum yang digunakan adalah 0,003.

Diameter pipa yang akan dipasang menggunakan diameter minimum untuk *shallow sewer* yaitu adalah 0,1 m (4"). Dilakukan pengecekan kembali terhadap Qp/Qf untuk mengetahui kapasitas pipa pada saat debit puncak.

$$\begin{aligned}
Q_{\text{full cek}} &= \frac{0,3117}{0,011} D^{2,667} S^{\frac{1}{2}} \\
&= \frac{0,3117}{0,011} 0,1^{2,667} 0,003^{0,5} \\
&= 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \\
Q_{\text{min}} &= \frac{1}{5} \times Q_{\text{ave}} \times \left(\frac{P}{1000}\right)^{0,2} \\
&= 3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\
Q_{\text{min}}/Q_{\text{f cek}} &= 3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} / 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \\
&= 0,008
\end{aligned}$$

Nilai Qmin/Qfull cek diplotkan pada kurva hidrolis pipa air buangan (Gambar 2.1) untuk mendapatkan nilai Vmin/Vfull.

$$\begin{aligned}
V_{\text{min}}/V_{\text{full}} &= 0,32 \\
V_{\text{full}} &= \frac{Q_{\text{f}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\
&= \frac{0,003 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\
&= 0,426 \text{ m}/\text{detik} \\
V_{\text{min}} &= 0,14 \text{ m}/\text{detik}
\end{aligned}$$

Saluran primer 7-8

$$\begin{aligned}
\text{Panjang saluran} &= 42,95 \text{ m} \\
Q_{\text{peak total}} &= 0,00036 \text{ m}^3/\text{detik} \\
\text{Elevasi tanah awal} &= +4,9 \text{ m} \\
\text{Elevasi tanah akhir} &= +5,2 \text{ m} \\
\text{Slope medan} &= \frac{\Delta H}{\text{panjang saluran}} = \frac{4,9-5,2}{42,95} = -0,007
\end{aligned}$$

Nilai slope medan tidak dipakai karena bernilai negatif, sehingga slope untuk saluran 7-8 menggunakan slope rencana. Nilai slope minimum yang digunakan adalah 0,003.

Diameter pipa yang akan dipasang menggunakan diameter minimum untuk *shallow sewer* yaitu adalah 0,1 m (4"). Dilakukan pengecekan kembali terhadap Qp/Qf untuk mengetahui kapasitas pipa pada saat debit puncak.

$$\begin{aligned} Q_{full \text{ cek}} &= \frac{0,3117}{n} D^{2,667} S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{0,3117}{0,011} 0,1^{2,667} 0,003^{0,5} \\ &= 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{min} &= \frac{1}{5} \times Q_{ave} \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{0,2} \\ &= 4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{min}/Q_f \text{ cek} &= 4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} / 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,013 \end{aligned}$$

Nilai Qmin/Qfull cek diplotkan pada kurva hidrolis pipa air buangan (Gambar 2.1) untuk mendapatkan nilai Vmin/Vfull.

$$V_{min}/V_{full} = 0,36$$

$$\begin{aligned} V_{full} &= \frac{Q_f}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,003 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= 0,426 \text{ m}/\text{detik} \end{aligned}$$

$$V_{min} = 0,2 \text{ m}/\text{detik}$$

Perhitungan dimensi saluran air limbah tiap kelurahan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 dalam Lampiran A

5.3.3 Penanaman Pipa

Setelah perhitungan diameter, perlu dihitung kedalaman penanaman pipa. Dari perhitungan penanaman pipa dapat membantu pembuatan profil hidrolis dan mengetahui kebutuhan pompa pada SPAL. Kedalaman penanaman maksimal pipa direncanakan mencapai 4 meter dengan penanaman awal pipa

minimal 0,6 dari muka tanah. Contoh perhitungan penanaman pipa cluster 1 adalah sebagai berikut

Cluster 1 Ploso

Saluran sekunder 1 - 7

Panjang saluran	= 194,3 m
Elevasi tanah awal	= +4,8 m
Elevasi tanah akhir	= +4,9 m
Diameter pipa (D)	= 0,1 m
Slope pipa	= 0,003
Headloss	= Slope x panjang saluran = 0,003 x 194,3 m = 0,58 m
Elevasi bawah awal	= Elevasi tanah awal - 0,6 - D = 4,8 m - 0,6 m - 0,1 m = +4,1 m
Elevasi bawah akhir	= Elevasi bawah awal - Headloss = 4,1 m - 0,58 m = +3,52 m
Elevasi atas awal	= Elevasi bawah awal + D = 4,1 m + 0,1 m = +4,2 m
Elevasi atas akhir	= Elevasi bawah akhir + D = 3,52 m + 0,1 m = +3,62 m
Kedalaman penanaman pipa	
- Awal	= Elevasi tanah awal - Elevasi bawah awal = 4,8 m - 4,1 m = 0,7 m
- Akhir	= Elevasi tanah akhir - Elevasi bawah akhir = 4,9 m - 3,52 m = 1,4 m

Saluran primer 7-8

Panjang saluran	= 42,95 m
Elevasi tanah awal	= +4,9 m
Elevasi tanah akhir	= +5,2 m
Diameter pipa (D)	= 0,1 m

$$\begin{aligned} \text{Slope pipa} &= 0,003 \\ \text{Headloss} &= \text{Slope} \times \text{panjang saluran} \\ &= 0,058 \times 42,95 \text{ m} \\ &= 0.13 \text{ m} \end{aligned}$$

Saluran 7 – 8 merupakan saluran pertemuan dengan saluran 1 – 7 dan 7a – 7. Elevasi awal mengikuti kedalaman saluran sebelumnya dengan memilih elevasi akhir yang paling rendah. Hal ini dilakukan untuk menjaga tersambungunya tiap saluran agar air limbah tetap dapat mengalir.

$$\begin{aligned} \text{Elevasi akhir 1 – 7} &= +3,52 \text{ m} \\ \text{Elevasi akhir 7a – 7} &= +3,69 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi bawah awal} &= \text{Elevasi bawah akhir saluran 1 – 7} \\ &= +3,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi bawah akhir} &= \text{Elevasi bawah awal} - \text{Headloss} \\ &= 3,52 \text{ m} - 0,13 \text{ m} \\ &= +3,39 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi atas awal} &= \text{Elevasi bawah awal} + D \\ &= +3,52 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\ &= +3,62 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi atas akhir} &= \text{Elevasi bawah akhir} + D \\ &= +3,39 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\ &= +3,49 \text{ m} \end{aligned}$$

Kedalaman penanaman pipa

$$\begin{aligned} \text{- Awal} &= \text{Elevasi tanah awal} - \text{Elevasi bawah awal} \\ &= 4,9 \text{ m} - 3,52 \text{ m} \\ &= 1,38 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Akhir} &= \text{Elevasi tanah akhir} - \text{Elevasi bawah akhir} \\ &= 5,2 \text{ m} - 3,39 \text{ m} \\ &= 1,81 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan lengkap kedalaman penanaman dapat dilihat pada Tabel 5 – Tabel 6 Lampiran A

5.3.4 Perhitungan Manhole

Manhole berfungsi sebagai pertemuan beberapa cabang saluran yang memiliki ketinggian sama maupun tidak sama. Selain itu manhole juga digunakan sebagai sarana pembersihan,

pemeliharaan, perbaikan saluran (Masduki, 2000). Penempatan manhole pada perencanaan ini terletak pada pipa lurus, belokan, pertigaan, dan perempatan. Ukuran manhole direncanakan sebesar 60 x 60 cm. Jarak antar manhole lurus adalah 100 m. Contoh kebutuhan *manhole* pada cluster 1.

Cluster 1 Ploso

Saluran sekunder 1 – 7

Panjang saluran	= 194,3 m
Diameter terpasang	= 100 mm
Jarak antar manhole	= 100 m
Manhole yang digunakan	
- manhole lurus	= 2 buah

Saluran primer 7 – 8

Panjang saluran	= 42,95 m
Manhole yang digunakan	
- manhole pertigaan	= 1 buah

Perhitungan jumlah manhole dan tipe manhole yang ada pada setiap saluran dapat dilihat pada Lampiran A.

5.4 Perencanaan IPAL

Dalam perencanaan IPAL ini, dibahas mengenai karakteristik air limbah, pemilihan unit dan perhitungan *Detail Engineering IPAL*.

E.3.1 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah diperoleh dari analisis laboratorium dari contoh sampel yang diambil dari 2 titik di 2 kelurahan yang dilayani IPAL dan dari outlet saluran pembuangan *greywater*. Berikut hasil analisis laboratorium pada jenis sampel air limbah

Tabel 5.3 Hasil Analisis Outlet Rumah Tangga

Parameter	Hasil Analisis	
BOD	235	mg/L
COD	412	mg/L
TSS	267	mg/L

Sumber: Analisis Laboratorium

E.3.2 Pemilihan Unit Pengolahan Pengolahan Air Limbah

Dalam perencanaan pengolahan air limbah domestik dibutuhkan proses pengolahan yang efisien dan efektif. Berikut merupakan alternatif pengolahan dalam perencanaan ini:

3. Anaerobic Baffled Reactor (ABR) – Anaerobic Filter (AF)
4. Anaerobic Baffled Reactor (ABR) – Aerobic Biofilter (ABF)

Berikut merupakan perbandingan efisiensi penyisihan pada kedua alternatif menurut Chernicaró (2006) yang ditunjukkan oleh Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Efisiensi Removal Alternatif Pengolahan

Unit	Efisiensi Removal Rata-Rata (%)			
	BOD	COD	TSS	Amonia
UASB + AF	75-87	70-80	80-90	<50
UASB + ABF	83-93	75-88	87-93	50-85

Sumber: Chernicaró, 2006

Dalam hal ini unit UASB diasumsikan adalah *pre-treatment* sama seperti unit ABR. Selain dari segi efisiensi penyisihan, penilaian kedua alternatif juga ditinjau dari kebutuhan lahan dan aspek finansial yaitu biaya investasi dan perawatan. Berikut merupakan perbandingan kebutuhan lahan dan biaya dari kedua alternatif yang ditunjukkan oleh Tabel 5.5:

Tabel 5.5 Kebutuhan Lahan dan Biaya Alternatif Pengolahan

Unit	Kebutuhan lahan (m ² /pengguna)	Biaya (US\$/pengguna)	
		Pembangunan	Operasional dan perawatan
UASB + AF	0,05 - 0,15	25 - 40	2,5 - 5
UASB + ABF	0,05 - 0,15	20 - 30	1,5 - 2,2

Sumber: Chemicaro, 2006

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari segi kebutuhan lahan. Namun biaya pembangunan kombinasi UASB dan ABF lebih tinggi karena terdapat tambahan peralatan aerasi yang dalam operasi dan perawatannya juga memerlukan biaya.

Proses pengolahan yang dipilih adalah proses pengolahan secara anaerobik – aerobik. Kombinasi antara proses anaerobik dan aerobik ini diperlukan agar terjadi penurunan beban polutan terlebih dahulu pada proses anaerobik sebelum masuk ke proses aerobik sehingga pengolahan dapat lebih stabil dan didapatkan efektivitas pengolahan yang lebih baik (Rebah *et al.*, 2010). Unit pengolahan yang digunakan adalah kombinasi *anaerobic baffled reactor* dan *aerobic biofilter*. Baik *anaerobic baffled reactor* dan *aerobic biofilter* memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut.

Kelebihan dari ABR

- Tahan terhadap *hydraulic* dan *organic shock loading*
- Efisiensi pengolahan tinggi
- Biaya operasional rendah
- Waktu pelayanan lama
- Produksi lumpur rendah dan stabil
- Tidak membutuhkan lahan besar

Kekurangan ABR adalah sebagai berikut:

- Penurunan zat pathogen dan nutrient rendah
- Membutuhkan seorang ahli untuk merancang konstruksinya
- Efluen dan lumpur masih memerlukan pengolahan tambahan dan/atau pembuangan yang tepat (Tilley dkk, 2014)

Kelebihan *Aerobic Biofilter* (ABF) adalah sebagai berikut:

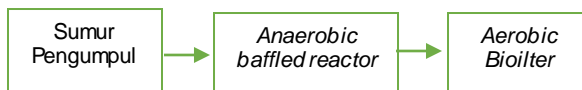
- Mampu mengoksidasi amonia menjadi nitrit atau nitrat
- Tahan terhadap *hydraulic shock loading*
- Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material lokal
- Tidak membutuhkan lahan besar

Kekurangan *Aerobic Biofilter* (ABF) adalah sebagai berikut:

- Membutuhkan tambahan energi untuk aerasi
- Biaya untuk media filter lebih mahal
- Memerlukan perawatan filter rutin (Ikbal, 2016)

Daerah perencanaan merupakan daerah dengan kepadatan penduduk tinggi sehingga membutuhkan unit pengolahan yang tidak membutuhkan lahan luas. Selain itu tipe pemukiman yang beragam menunjukkan warga dari berbagai latar belakang. Oleh karena itu, dibutuhkan unit pengolahan yang memiliki efisiensi yang tinggi dengan biaya operasional yang tidak mahal.

Anaerobic baffled reactor merupakan unit pengolahan dengan pengolahan tersuspensi. Sedangkan *aerobic biofilter* merupakan unit pengolahan dengan proses terlekat. Salah satu kelemahan dari *anaerobic baffled reactor* adalah *suspended solid* dengan densitas yang mendekati densitas air dapat lolos pada outlet (Purwanto, 2008). Anaerobic filter merupakan pengolahan dengan proses terlekat yang mampu menurunkan kadar *suspended solid* dengan baik. Diagram unit IPAL dapat dilihat pada Gambar 5. 1



Gambar 5. 1 Diagram pengolahan

5.4.3 IPAL Cluster 1 Ploso

Perhitungan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini meliputi perhitungan unit sumur pengumpul, *anaerobic baffled reactor*, dan *aerobic biofilter*.

a. Sumur pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 2904,5 m ³ /hari
Td	= 5 menit
Elevasi tanah	= + 4,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 3,25 m
Volume	= Qpeak x td
	= 2904,5 m ³ /hari x 5 menit x $\frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ menit}}$
	= 10,1 m ³
H	= 2 m (ditetapkan)
P : L	= 1 : 1
Luas permukaan	= Volume / H
	= 10,1 m ³ / 2 m
	= 5,05 m ²
Lebar	= 2,3 m
Panjang	= 2,3 m
Td cek	= Volume / Q peak
	= (2,3 x 2,3 x 2) m ³ / 2904,5 m ³ /hari
	= 0,003 hari
	= 5,24 menit (memenuhi)
Freeboard	= 0,4 m

Pompa

Debit per pompa	= 0,051 m ³ /detik = 3,1 m ³ /menit
Jumlah pompa	= 2 (1 beroperasi, 1 sebagai cadangan)
v dalam pipa	= 1 m/detik
A cross pipa	= Q/v
	= 0,051/1 = 0,051 m ²

Diameter	$= ((4 \times A \text{ cross})/3,14)^{0,5}$ $= 0,264 \text{ m} \approx 265 \text{ mm}$
L discharge	$= 6 \text{ m}$
Headloss discharge	$= (0,2785 \times C \times D^{2,63})^{1,85} \times L \text{ discharge}$ $= (0,10,2785 \times 120 \times 0,265^{2,63})^{1,85} \times 6$ $= 0,03 \text{ m}$
Headloss kecepatan	$= v^2/2g$ $= (1)^2/(2 \times 9,81) = 0,05 \text{ m}$
Headloss belokan	$= k \times v^2/2g$ $= 0,25 \times (1)^2/(2 \times 9,81) = 0,01 \text{ m}$
Head statis	$= 4,5 \text{ m}$
Head pompa	$= \text{Head statis} + \text{headloss discharge} +$ $\text{Headloss kecepatan} + \text{Headloss belokan}$ $= 4,5 \text{ m} + 0,03 \text{ m} + 0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}$ $= 4,57 \text{ m}$
Daya pompa	$= (Q \times \rho \times g \times H) \times Ep$ $= (0,048 \times 997 \times 9,81 \times 3,34) \times 60\%$ $= 4261,773 \text{ W} = 4,2 \text{ kW}$

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

b. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

Q rata-rata	$= 2089,2 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,02418 \text{ m}^3/\text{detik}$
Fpeak	$= 1,1$
Q peak	$= Q_{\text{rata-rata}} \times F_p$ $= 2089,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,1 = 2298,12 \text{ m}^3/\text{hari}$
COD	$= 412 \text{ mg/L} = 0,412 \text{ kg/m}^3$
BOD	$= 235 \text{ mg/L} = 0,235 \text{ kg/m}^3$
TSS	$= 267 \text{ mg/L} = 0,267 \text{ kg/m}^3$

Direncanakan

Jumlah bak pengendap	$= 4$
Q peak per bak	$= 2298,12 \text{ m}^3/\text{hari} / 4 = 574,53 \text{ m}^3/\text{hari}$
Waktu detensi (td)	$= 4 \text{ jam}$

Interval pengurasan = 1 tahun
 H_{air} = 3,5 m
 $P : L$ = 2 : 1

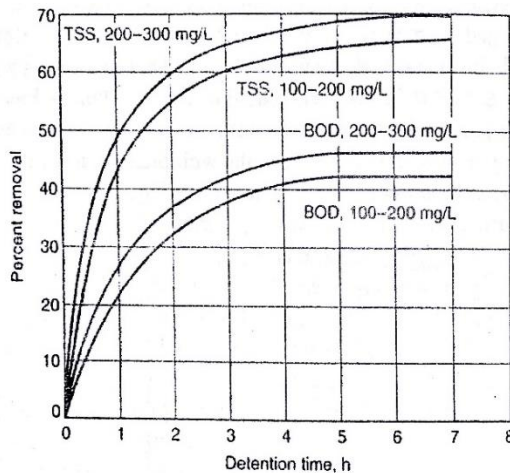
Perhitungan Removal

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Grafik removal COD pada *settler*

$$\begin{aligned} \text{SS}_{\text{settler}}/\text{COD ratio} &= 0,41 \\ \text{COD removal} &= ((\text{SS}/\text{COD})/0,6 \times (td - 3) \times 0,15/27 + 0,4 \\ &= 0,41/0,6 \times (4 - 3) \times 0,15/27 + 0,4 \\ &= 41,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD removal} &= \text{BOD}/\text{COD removal} \times \text{COD removal} \\ &= 1,06 \times 41,67\% \\ &= 44,17\% \end{aligned}$$

Persentase removal BOD dan TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5. 3 Tipikal removal BOD dan TSS pada bak pengendap
 Sumber: Tchobanoglous, 2014

Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

R : removal TSS (%)
 t : waktu detensi (jam)
 a = 0,0075
 b = 0,014

Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

TSS removal = $td / (0,014 + 0,0075 td)$
 = $4 / (0,014 + (0,0075 \times 4))$
 = 65,45%

COD out = COD in $\times (1 - \text{COD removal})$
 = $412 \times (1 - 41,67\%)$
 = 240,32 mg/L

BOD out = BOD in $\times (1 - \text{BOD removal})$
 = $235 \times (1 - 44,17\%)$
 = 131,2 mg/L

TSS out = TSS in $\times (1 - \text{TSS removal})$
 = $267 \times (1 - 65,45\%)$
 = 92,25 mg/L

Massa TSS = TSS removal \times TSS in \times Q limbah
 = $65,45\% \times 267 \text{ mg/L} \times 2089,2 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = 365,1 kg/hari

Massa COD = COD removal \times COD in \times Q limbah
 = $41,67\% \times 412 \text{ mg/L} \times 2089,2 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = 358,67 kg/hari

Massa BOD = BOD removal \times BOD in \times Q limbah
 = $44,17\% \times 235 \text{ mg/L} \times 2089,2 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = 216,85 kg/hari

Dimensi Bak Pengendap

Volume pengendapan = $td \times Q \text{ peak}$
 = $4 \text{ jam} \times 1\text{hari}/24\text{jam} \times 574,53 \text{ m}^3/\text{hari}$
 = $95,75 \text{ m}^3$

Luas permukaan (As) = $\text{Volume} / H_{\text{air}}$
 = $95,75 \text{ m}^3 / 3,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
&= 27,36 \text{ m}^2 \\
\text{Lebar} &= \sqrt{\frac{As}{2}} \\
&= \sqrt{\frac{27,36}{2}} \\
&= 3,69 \text{ m} \approx 4 \text{ m} \\
\text{Panjang} &= 2 \times L \\
&= 2 \times 4 \\
&= 8 \text{ m} \\
\text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m} \\
\text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\
&= 8 \times 4 \times 3,5 \\
&= 112 \text{ m}^3 \\
\text{Td cek} &= \text{Volume} / Q_{\text{peak}} \\
&= 112 \text{ m}^3 / 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,195 \text{ hari} = 4,68 \text{ jam}
\end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
\text{Periode pengurasan} &= 12 \text{ bulan} \\
\text{Stabilisasi solid} &= 80\% \\
\text{Kadar solid lumpur} &= 5\% \\
\rho_{\text{air}} &= 1 \text{ kg/L} \\
\text{Massa solid} &= \text{massa TSS} \times 12 \text{ bulan} \times (100\% - 80\%) \\
&= 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,267 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ bulan} \\
&\quad \times 30 \text{ hari} \times (100\% - 80\%) \\
&= 11044,8 \text{ kg} \\
\text{Densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times 2,65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%} \\
&= 1,083 \text{ kg/L} \\
\text{Volume lumpur} &= \text{massa solid} / \text{densitas lumpur} \\
&= 11044,8 \text{ kg} / 1,083 \text{ kg/L} \\
&= 10198,3 \text{ L} \\
&= 10,2 \text{ m}^3 \\
\text{Panjang} &= \text{Panjang Bak Pengendap} \\
&= 8 \text{ m} \\
\text{Lebar} &= \text{Lebar Bak Pengendap} \\
&= 4 \text{ m} \\
H_{\text{lumpur}} &= \text{Volume lumpur} / As \\
&= 10,2 \text{ m}^3 / (8 \times 4) \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$= 0,31 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

Panjang	= 8 m
Lebar	= 4 m
Hair+lumpur	= 4 m
Freeboard	= 0,3 m

c. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 4 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

BOD	= 131,2 mg/L
COD	= 240,32 mg/L
TSS	= 92,25 mg/L
Jumlah <i>baffled reactor</i>	= 4
Q peak tiap unit	= 574,53 m ³ /hari

Direncanakan

HRT	= 8 jam (kriteria 6 – 24 jam)
Kedalaman (H)	= Kedalaman bak pengendap
	= 4 m
<i>Upflow velocity</i> (v_{up})	= <2 m/jam

Dimensi *Baffled Reactor*

Volume <i>baffled reactor</i>	= Q peak tiap unit x HRT
	= 574,53 m ³ /hari x 8 jam x 1 hari/ 24 jam
	= 191,51 m ³
Panjang kompartemen	= 0,5 x H
	= 0,5 x 4 m
	= 2 m (<i>upflow chamber</i>)
P <i>downflow chamber</i>	= 0,25 m
Lebar kompartemen	= 4 m
Luas permukaan (As)	= Volume ABR / H

$$\begin{aligned}
 &= 191,51 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} \\
 &= 47,88 \text{ m}^2 \\
 \text{Upflow velocity } (V_{up}) &= Q / A_s \\
 &= 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} / 47,88 \text{ m}^2 \\
 &= 12 \text{ m/hari} \\
 &= 0,5 \text{ m/jam (memenuhi)} \\
 \text{Volume kompartemen} &= P \times L \times H \\
 &= (2+0,25) \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 36 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Volume ABR} / \text{Volume kompartemen} \\
 &= 191,51 \text{ m}^3 / 36 \text{ m}^3 \\
 &= 5,31 \approx 6 \text{ m kompartemen} \\
 \\
 \text{HRT cek} &= \text{Volume baffled reactor} / Q \text{ tiap unit} \\
 &= (36 \text{ m}^3 \times 6) / 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,37 \text{ hari} \\
 &= 9,02 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2,25 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 4 \text{ m} \\
 \text{H} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= 6
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Organic Loading Rate} &= \text{COD in} \times Q / (n \times \text{vol kompartemen}) \\
 &= \frac{240,32 \text{ mg/L} \times 574,53 \text{ m}^3/\text{hari}}{6 \times 36 \text{ m}^3} \\
 &= 0,64 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 \text{Faktor overload} &= 1 \text{ (beban BOD per hari} < 15) \\
 \text{Faktor strength} &= (\text{COD in} \times \frac{0,17}{2000}) + 0,87 \\
 &= 0,893 \\
 \text{Faktor suhu} &= (\text{suhu} - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\
 &= (28 - 25) \times (\frac{0,05}{5}) + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor HRT} &= (\text{HRT} - 5) \times (\frac{0,31}{5}) + 0,51 \\
 &= 0,732 \\
 \text{Removal teoritis} &= f\text{-overload} \times f\text{-strength} \times f\text{-temp} \times f\text{-HRT}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1 \times 0,893 \times 1,048 \times 0,732 \\
&= 0,68 \\
\text{Removal COD} &= \text{Removal teoritis} \times (n \times 0,04 + 0,82) \\
&= 0,68 \times (6 \times 0,04 + 0,82) \\
&= 0,72 \\
\text{Efluen COD} &= (1 - \text{Removal COD}) \times \text{COD}_{\text{input baffled reactor}} \\
&= (1 - 0,72) \times 240,32 \text{ mg/L} \\
&= 66,13 \text{ mg/L} \\
\text{Produksi biogas} &= \frac{(\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{removal settler}}) \times Q \times 0,35 / 1000}{0,7 \times 0,5} \\
&= 49,68 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Efluen BOD} &= (1 - \text{factor HRT}) \times \text{BOD}_{\text{in}} \\
&= (1 - 0,732) \times 131,2 \text{ mg/L} \\
&= 35,42 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

d. Aerobic Biofilter

Perhitungan aerobic biofilter ini meliputi dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta faktor removal COD. Media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen aerobic filter

$$\begin{aligned}
\text{COD} &= \text{efluen COD pada ABR} \\
&= 66,13 \text{ mg/L} \\
\text{BOD} &= \text{efluen BOD pada ABR} \\
&= 35,42 \text{ mg/L} \\
\text{Jumlah aerobic biofilter} &= 3 \\
\text{Q peak tiap unit} &= 574,53 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen ABF

$$\begin{aligned}
\text{Organic Loading} &= Q \times \text{BOD}_{\text{in}} \\
&= 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} \times 35,42 \text{ mg/L} \\
&= 20,35 \text{ kg BOD/hari} \\
\text{Surface Loading Rate} &= 14 \text{ g BOD/m}^2/\text{hari} \\
&= 0,014 \text{ kg BOD/m}^2/\text{hari} \\
\text{Volumetric Organic Load} &= \text{SLR} \times \text{Luas spesifik media} \\
&= 0,014 \text{ kg BOD/m}^2/\text{hari} \times 180 \text{ m}^2/\text{m}^3 \\
&= 2,52 \text{ kg BOD/m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume ABF} &= \text{OL/SLR} \\
 &= \frac{20,35 \text{ kg BOD/hari}}{2,52 \text{ kg BOD/m}^3 \text{ hari}} \\
 &= 8,07 \text{ m}^3 \\
 \text{H media} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / \text{H} \\
 &= 8,07 \text{ m}^3 / 1,2 \text{ m} \\
 &= 6,73 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= \text{lebar ABR} \\
 &= 4 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \text{As/L} \\
 &= \frac{6,73 \text{ m}^2}{4 \text{ m}} \\
 &= 2,0 \text{ m (upflow chamber)} \\
 \text{P downflow chamber} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Volume kompartemen} &= \text{P} \times \text{L} \times \text{H} \\
 &= (2 + 0,25) \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 36 \text{ m}^3 \\
 \text{HRT} &= \text{Vol/Q} \\
 &= 72 \text{ m}^3 / 574,53 \text{ m}^3 \text{/hari} \\
 &= 0,12 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Dimensi Tangki Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= \text{Lebar kompartemen AF} \\
 &= 4 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2,0 \text{ m} \\
 \text{Penyangga} &= 0,8 \text{ m} \\
 \text{Tinggi media filter (h)} &= 1,2 \text{ m} \\
 \text{Volume tangki media} &= \text{P} \times \text{L} \times \text{H} \\
 &= (2,0 \times 4 \times 1,2) \text{ m}^3 \\
 &= 9,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Faktor removal BOD

$$\begin{aligned}
 \text{Organic Loading Rate} &= \text{BOD in} \times \text{Q} / (\text{n} \times \text{vol kompartemen}) \\
 &= \frac{35,42 \text{ mg/L} \times 574,53 \text{ m}^3 \text{/hari}}{2 \times 36 \text{ m}^3} \\
 &= 0,28 \text{ kg BOD/m}^3 \text{.hari} \\
 \text{BOD removal} &= -2,5945(\text{OLR}) + 95.005 \\
 &= -2,5945(0,28) + 95.005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 94,27\% \\
 \text{Efluen BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BODin} \\
 &= (1 - 0,943) \times 35,42 \text{ mg/L} \\
 &= 2,03 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Produksi Lumpur Biologis

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

$$\begin{aligned}
 Y &= 0,6 \text{ kg VSS/kg BOD} \\
 K_d &= 0,1 \text{ /hari} \\
 Y_n &= 0,13 \text{ kg VSS/kg NH}_4\text{-N} \\
 K_{dn} &= 0,08 \text{ /hari} \\
 \text{SRT} &= 10 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan data yang digunakan dalam perhitungan

$$\begin{aligned}
 Q &= 574,53 \text{ m}^3\text{/hari} \\
 [\text{BOD}]_{in} &= 35,42 \text{ mg/L} \\
 [\text{BOD}]_{out} &= 2,03 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 P_x &= \frac{(Q \times (S_o - S_e) \times Y)}{(1 + (k_d \times \text{SRT}))} \\
 &= \frac{574,53 \text{ m}^3\text{/hari} \times (35,42 - 2,03) \text{ mg/L} \times 0,6}{1 + (0,1 \times 10)} \\
 &= 5,75 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Oksigen

$$\begin{aligned}
 R_o &= Q(S_o - S_e) - 1,42P_x \\
 &= 19,18 \text{ kg/hari} - 1,42(5,75) \text{ kg/hari} \\
 &= 11,015 \text{ kg O}_2\text{/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Suhu rata-rata (T)} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Berat udara pada T } 28 = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

Asumsi jumlah oksigen dalam udara sebesar 23,2%

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan udara} &= R_o / (\text{Berat udara} \times \text{jumlah O}_2 \text{ dalam udara})
 \end{aligned}$$

$$= 5,75 / (1,17 \times 0,23)$$

$$= 21,36 \text{ m}^3\text{/hari}$$

$$\text{Efisiensi udara} \text{ aKtual} = 0,01$$

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = 21,36 / 0,01$$

$$= 2136 \text{ m}^3\text{/hari}$$

$$= 1,48 \text{ m}^3\text{/menit}$$

$$= 1484 \text{ L/menit}$$

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

Panjang	= 2,25 m
Lebar	= 4 m
H	= 4 m
Tinggi media	= 1,2 m
Panjang media	= 2 m
Lebar media	= 4 m
Diffuser	= 200 – 300 L O ₂ /menit

a. Profil Hidrolis

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 kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

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

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

Dimana:

L : panjang bangunan (m)

R : jari-jari hidrolis (m)

v : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

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

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

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

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

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

$$\text{Untuk } N_{Re} > 10^4 \quad : C_D = 0,4$$

Dimana:

- L : kedalaman filter (m)
- e : porositas media
- v : kecepatan filtrasi (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s²)
- d : ukuran rongga media (m)
- ψ : faktor bentuk
- μ : viskositas dinamis (kg/m.s)
- ρ : massa jenis (kg/m³)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 2 dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			0,0
Bak Pengendap			6,15
	Hf kecepatan	0,0000118	6,1499882
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499882
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1498814
	Hf kecepatan	0,0000100	6,1498714
	Hf belokan	0,0000156	6,1498558
Kompartemen 2			6,1498558
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1497490
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1497400

	Hf belokan	0,0000156	6,1497244
Kompartemen 3			6,1497244
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1496175
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1496085
	Hf belokan	0,0000156	6,1495929
			6,1495929
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001068	6,1494860
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1494770
	Hf belokan	0,0000156	6,1494614
			6,1494614
Kompartemen 5	Hf jatuhan	0,0001068	6,1493546
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1493455
	Hf belokan	0,0000156	6,1493299
Kompartemen 6	Hf jatuhan	0,0001068	6,1493546
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1493455
	Hf belokan	0,0000156	6,1493299
Aerobic BioFilter			
Kompartemen 1			6,1493299
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1492231
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1492140
	Hf media filter	0,0000090	6,1492050
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1491959
Kompartemen 2			6,1493299
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1492231
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1492140
	Hf media filter	0,0000090	6,1492050
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1491959
Outlet			6,1491959

5.4.4 IPAL Cluster 2 Pacar Kembang

Perhitungan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini meliputi perhitungan unit sumur pengumpul, *anaerobic baffled reactor*, dan *aerobic biofilter*.

a. Sumur pengumpul

Sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan, air limbah ditampung terlebih dahulu ke dalam sumur pengumpul. Tujuan perencanaan sumur pengumpul ini untuk mencegah semakin dalamnya bangunan unit pengolah air limbah akibat penanaman pipa akhir yang dalam. Selanjutnya air limbah akan dipompa menuju unit pengolahan air limbah. Sumur pengumpul direncanakan berjumlah 1 unit dilengkapi dengan 1 buah *submersible pump*.

Dimensi

Q peak	= 2864,5 m ³ /hari
Td	= 5 menit
Elevasi tanah	= + 4,5 m
Elevasi pipa akhir	= + 3,25 m
Volume	= Qpeak x td = 2864,5 m ³ /hari x 5 menit x $\frac{1 \text{ hari}}{1440 \text{ menit}}$ = 10,1 m ³
H	= 2 m (ditetapkan)
P : L	= 1 : 1
Luas permukaan	= Volume / H = 10,1 m ³ / 2 m = 5,05 m ²
Lebar	= 2,3 m
Panjang	= 2,3 m
Td cek	= Volume / Q peak = (2,3 x 2,3 x 2) m ³ / 2904,5 m ³ /hari = 0,003 hari = 5,24 menit (memenuhi)
Freeboard	= 0,4 m
Pompa	
Debit per pompa	= 0,051 m ³ /detik = 3,1 m ³ /menit

Jumlah pompa	= 2 (1 beroperasi, 1 sebagai cadangan)
v dalam pipa	= 1 m/detik
A cross pipa	= Q/v
	= $0,051/1 = 0,051 \text{ m}^2$
Diameter	= $((4 \times A \text{ cross})/3,14)^{0,5}$
	= $0,264 \text{ m} \approx 265 \text{ mm}$
L discharge	= 6 m
Headloss discharge	= $(0,2785 \times C \times D^{2,63})^{1,85} \times L \text{ discharge}$
	= $(0,10,2785 \times 120 \times 0,265^{2,63})^{1,85} \times 6$
	= 0,03 m
Headloss kecepatan	= $v^2/2g$
	= $(1)^2/(2 \times 9,81) = 0,05 \text{ m}$
Headloss belokan	= $k \times v^2/2g$
	= $0,25 \times (1)^2/(2 \times 9,81) = 0,01 \text{ m}$
Head statis	= 4,5 m
Head pompa	= Head statis + headloss discharge + Headloss kecepatan + Headloss belokan
	= $4,5 \text{ m} + 0,03 \text{ m} + 0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}$
	= 4,57 m
Daya pompa	= $(Q \times \rho \times g \times H) \times \eta$
	= $(0,048 \times 997 \times 9,81 \times 3,34) \times 60\%$
	= 4261,773 W = 4,2 kW

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

b. Anaerobic Baffled Reactor

- Bak Pengendap

Influen Bak Pengendap

Q rata-rata	= 2080,3 m ³ /hari = 0,2407 m ³ /detik
F _{peak}	= 1,1
Q _{peak}	= Q _{rata-rata} x F _p
	= $2080,3 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,1 = 2288,13 \text{ m}^3/\text{hari}$
COD	= 412 mg/L = 0,412 kg/m ³
BOD	= 235 mg/L = 0,235 kg/m ³
TSS	= 267 mg/L = 0,267 kg/m ³

Direncanakan

Jumlah bak pengendap	= 4
----------------------	-----

Q peak per bak = 2288,13 m³/hari / 4 = 572,03 m³/hari
 Waktu detensi (td) = 4 jam
 Interval pengurasan = 1 tahun
 Hair = 3,5 m
 P : L = 2 : 1

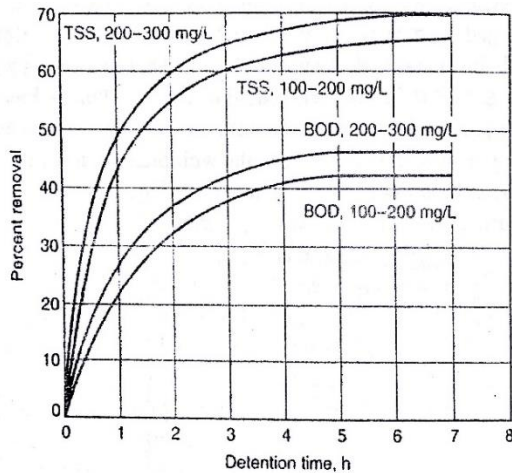
Perhitungan Removal

Untuk mendapat efisiensi removal COD dapat diplotkan pada Grafik removal COD pada *settler*

SS_{settler}/COD ratio = 0,41
 COD removal = $((\text{SS}/\text{COD})/0,6 \times (\text{td} - 3) \times 0,15/27 + 0,4)$
 = $0,41/0,6 \times (4 - 3) \times 0,15/27 + 0,4$
 = 41,67%

BOD removal = BOD/COD removal × COD removal
 = 1,06 × 41,67%
 = 44,17%

Persentase removal BOD dan TSS dapat diketahui berdasarkan grafik tipikal removal BOD dan TSS. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Tipikal removal BOD dan TSS pada bak pengendap

Sumber: Tchobanoglous, 2014

Hubungan waktu detensi dan removal TSS pada kurva tersebut dapat dimodelkan dengan persamaan:

$$R = t / (a + bt)$$

Dimana:

R : removal TSS (%)

t : waktu detensi (jam)

a = 0,0075

b = 0,014

Dengan persamaan tersebut, maka removal TSS pada bak pengendap awal dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{TSS removal} &= td / (0,014 + 0,0075 td) \\ &= 4 / (0,014 + (0,0075 \times 4)) \\ &= 65,45\% \\ \text{COD out} &= \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal}) \\ &= 412 \times (1 - 41,67\%) \\ &= 240,32 \text{ mg/L} \\ \text{BOD out} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal}) \\ &= 235 \times (1 - 44,17\%) \\ &= 131,2 \text{ mg/L} \\ \text{TSS out} &= \text{TSS in} \times (1 - \text{TSS removal}) \\ &= 267 \times (1 - 65,45\%) \\ &= 92,25 \text{ mg/L} \\ \text{Massa TSS} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 65,45\% \times 267 \text{ mg/L} \times 2080,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 365,1 \text{ kg/hari} \\ \text{Massa COD} &= \text{COD removal} \times \text{COD in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 41,67\% \times 412 \text{ mg/L} \times 2080,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 358,67 \text{ kg/hari} \\ \text{Massa BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BOD in} \times Q \text{ limbah} \\ &= 44,17\% \times 235 \text{ mg/L} \times 2080,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 216,85 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dimensi Bak Pengendap

$$\begin{aligned} \text{Volume pengendapan} &= td \times Q \text{ peak} \\ &= 4 \text{ jam} \times 1\text{hari}/24\text{jam} \times 572,03 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 95,75 \text{ m}^3 \\ \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H_{\text{air}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 95,75 \text{ m}^3 / 3,5 \text{ m} \\
 &= 27,36 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{As}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{27,36}{2}} \\
 &= 3,69 \text{ m} \approx 4 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 2 \times L \\
 &= 2 \times 4 \\
 &= 8 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Volume cek} &= P \times L \times H_{\text{air}} \\
 &= 8 \times 4 \times 3,5 \\
 &= 112 \text{ m}^3 \\
 \text{Td cek} &= \text{Volume} / Q \text{ peak} \\
 &= 112 \text{ m}^3 / 572,03 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,195 \text{ hari} = 4,68 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Periode pengurasan} &= 12 \text{ bulan} \\
 \text{Stabilisasi solid} &= 80\% \\
 \text{Kadar solid lumpur} &= 5\% \\
 \rho \text{ air} &= 1 \text{ kg/L} \\
 \text{Massa solid} &= \text{massa TSS} \times 12 \text{ bulan} \times (100\% - 80\%) \\
 &= 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,267 \text{ kg/m}^3 \times 12 \text{ bulan} \\
 &\quad \times 30 \text{ hari} \times (100\% - 80\%) \\
 &= 11044,8 \text{ kg} \\
 \text{Densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times 2,65 \text{ kg/L}) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%} \\
 &= 1,083 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume lumpur} &= \text{massa solid} / \text{densitas lumpur} \\
 &= 11044,8 \text{ kg} / 1,083 \text{ kg/L} \\
 &= 10198,3 \text{ L} \\
 &= 10,2 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang} &= \text{Panjang Bak Pengendap} \\
 &= 8 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= \text{Lebar Bak Pengendap} \\
 &= 4 \text{ m} \\
 H_{\text{lumpur}} &= \text{Volume lumpur} / As
 \end{aligned}$$

$$= 10,2 \text{ m}^3 / (8 \times 4) \text{ m}^2$$

$$= 0,31 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

Dimensi Zona Pengendap dan Ruang Lumpur

Panjang	= 8 m
Lebar	= 4 m
Hair+lumpur	= 4 m
Freeboard	= 0,3 m

c. Kompartemen *Baffled Reactor*

Kompartemen *baffled reactor* direncanakan terbagi menjadi 4 unit secara paralel setelah melalui bak pengendapan. Tujuan dari pembagian *baffled reactor* untuk memenuhi desain kriteria dari ABR melihat debit yang masuk besar. Debit masuk yang besar dapat membuat dimensi bangunan terlalu besar dan mengurangi efisiensi pengolahan air limbah.

Influen *baffled reactor*

BOD	= 131,2 mg/L
COD	= 240,32 mg/L
TSS	= 92,25 mg/L
Jumlah <i>baffled reactor</i>	= 4
Q peak tiap unit	= 574,53 m ³ /hari

Direncanakan

HRT	= 8 jam (kriteria 6 – 24 jam)
Kedalaman (H)	= Kedalaman bak pengendap
	= 4 m
<i>Upflow velocity</i> (v_{up})	= <2 m/jam

Dimensi *Baffled Reactor*

Volume <i>baffled reactor</i>	= Q peak tiap unit x HRT
	= 574,53 m ³ /hari x 8 jam x 1 hari/ 24 jam
	= 191,51 m ³
Panjang kompartemen	= 0,5 x H
	= 0,5 x 4 m
	= 2 m (<i>upflow chamber</i>)
P <i>downflow chamber</i>	= 0,25 m
Lebar kompartemen	= 4 m

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume ABR} / H \\
 &= 191,51 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} \\
 &= 47,88 \text{ m}^2 \\
 \text{Upflow velocity (V}_{up}\text{)} &= Q / As \\
 &= 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} / 47,88 \text{ m}^2 \\
 &= 12 \text{ m/hari} \\
 &= 0,5 \text{ m/jam (memenuhi)} \\
 \text{Volume kompartemen} &= P \times L \times H \\
 &= (2+0,25) \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 36 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Volume ABR} / \text{Volume kompartemen} \\
 &= 191,51 \text{ m}^3 / 36 \text{ m}^3 \\
 &= 5,31 \approx 6 \text{ m kompartemen} \\
 \\
 \text{HRT cek} &= \text{Volume baffled reactor} / Q \text{ tiap unit} \\
 &= (36 \text{ m}^3 \times 6) / 574,53 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,37 \text{ hari} \\
 &= 9,02 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi Kompartemen Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2,25 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 4 \text{ m} \\
 H &= 4 \text{ m} \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= 6
 \end{aligned}$$

Perhitungan Removal

$$\begin{aligned}
 \text{Organic Loading Rate} &= \text{COD in} \times Q / (n \times \text{vol kompartemen}) \\
 &= \frac{240,32 \text{ mg/L} \times 574,53 \text{ m}^3/\text{hari}}{6 \times 36 \text{ m}^3} \\
 &= 0,64 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 \text{Faktor overload} &= 1 \text{ (beban BOD per hari} < 15) \\
 \text{Faktor strength} &= (\text{COD in} \times \frac{0,17}{2000}) + 0,87 \\
 &= 0,893 \\
 \text{Faktor suhu} &= (\text{suhu} - 25) \times \left(\frac{0,05}{5} \right) + 1 \\
 &= (28 - 25) \times \left(\frac{0,05}{5} \right) + 1 \\
 &= 1,048 \\
 \text{Faktor HRT} &= (\text{HRT} - 5) \times \left(\frac{0,31}{5} \right) + 0,51 \\
 &= 0,732
 \end{aligned}$$

Removal teoritis	= f-overload x f-strength x f-temp x f-HRT = 1 x 0,893 x 1,048 x 0,732 = 0,68
Removal COD	= Removal teoritis x (n x 0,04 + 0,82) = 0,68 x (6 x 0,04 + 0,82) = 0,72
Efluen COD	= (1-Removal COD) x COD _{input baffled reactor} = (1-0,72) x 240,32 mg/L = 66,13 mg/L
Produksi biogas	= $\frac{(\text{COD in} - \text{COD removal settler}) \times Q \times 0,35 / 1000}{0,7 \times 0,5}$ = 49,68 m ³ /hari
Efluen BOD	= (1- factor HRT) x BOD in = (1-0,732) x 131,2 mg/L = 35,42 mg/L

d. Aerobic Biofilter

Perhitungan aerobic biofilter ini meliputi dimensi kompartemen, dimensi tangki filter, jumlah kompartemen serta faktor removal COD. Media filter yang digunakan adalah sarang tawon dengan luas spesifik 150 – 220 m²/m³ dan porositas 98%.

Influen aerobic filter

COD	= efluen COD pada ABR = 66,13 mg/L
BOD	= efluen BOD pada ABR = 35,42 mg/L
Jumlah aerobic biofilter	= 3
Q peak tiap unit	= 574,53 m ³ /hari

Dimensi Kompartemen ABF

Organic Loading	= Q x BOD in = 574,53 m ³ /hari x 35,42mg/L = 20,35 kg BOD/hari
Surface Loading Rate	= 14 g BOD/m ² hari = 0,014 kg BOD/m ² hari
Volumetric Organic Load	= SLR x Luas spesifik media = 0,014 kg BOD/m ² hari x 180 m ² /m ³

$$\begin{aligned}
&= 2,52 \text{ kg BOD/m}^3\text{hari} \\
\text{Volume ABF} &= \text{OL/SLR} \\
&= \frac{20,35 \text{ kg BOD/hari}}{2,52 \text{ kg BOD/m}^3\text{hari}} \\
&= 8,07 \text{ m}^3 \\
\text{H media} &= 1,2 \text{ m} \\
\text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / \text{H} \\
&= 8,07 \text{ m}^3 / 1,2 \text{ m} \\
&= 6,73 \text{ m}^2 \\
\text{Lebar} &= \text{lebar ABR} \\
&= 4 \text{ m} \\
\text{Panjang} &= \text{As/L} \\
&= \frac{6,73 \text{ m}^2}{4 \text{ m}} \\
&= 2,0 \text{ m (upflow chamber)} \\
\text{P downflow chamber} &= 0,25 \text{ m} \\
\text{Volume kompartemen} &= \text{P} \times \text{L} \times \text{H} \\
&= (2 + 0,25) \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
&= 36 \text{ m}^3 \\
\text{HRT} &= \text{Vol/Q} \\
&= 72 \text{ m}^3 / 574,53 \text{ m}^3\text{/hari} \\
&= 0.12 \text{ hari}
\end{aligned}$$

Dimensi Tangki Filter

$$\begin{aligned}
\text{Lebar} &= \text{Lebar kompartemen AF} \\
&= 4 \text{ m} \\
\text{Panjang} &= 2,0 \text{ m} \\
\text{Penyangga} &= 0,8 \text{ m} \\
\text{Tinggi media filter (h)} &= 1,2 \text{ m} \\
\text{Volume tangki media} &= \text{P} \times \text{L} \times \text{H} \\
&= (2,0 \times 4 \times 1,2) \text{ m}^3 \\
&= 9,6 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Faktor removal BOD

$$\begin{aligned}
\text{Organic Loading Rate} &= \text{BOD in} \times \text{Q} / (\text{n} \times \text{vol kompartemen}) \\
&= \frac{35,42 \text{ mg/L} \times 574,53 \text{ m}^3\text{/hari}}{2 \times 36 \text{ m}^3} \\
&= 0,28 \text{ kg BOD/m}^3\text{.hari} \\
\text{BOD removal} &= -2,5945(\text{OLR}) + 95.005
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -2,5945(0,28) + 95.005 \\
 &= 94,27\% \\
 \text{Efluen BOD} &= \text{BOD removal} \times \text{BODin} \\
 &= (1 - 0,943) \times 35,42 \text{ mg/L} \\
 &= 2,03 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Produksi Lumpur Biologis

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

$$\begin{aligned}
 Y &= 0,6 \text{ kg VSS/kg BOD} \\
 K_d &= 0,1 \text{ /hari} \\
 Y_n &= 0,13 \text{ kg VSS/kg NH}_4\text{-N} \\
 K_{dn} &= 0,08 \text{ /hari} \\
 \text{SRT} &= 10 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan data yang digunakan dalam perhitungan

$$\begin{aligned}
 Q &= 574,53 \text{ m}^3\text{/hari} \\
 [\text{BOD}]_{in} &= 35,42 \text{ mg/L} \\
 [\text{BOD}]_{out} &= 2,03 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 P_x &= \frac{(Q \times (S_o - S_e) \times Y)}{(1 + (k_d \times \text{SRT}))} \\
 &= \frac{574,53 \text{ m}^3\text{/hari} \times (35,42 - 2,03) \text{ mg/L} \times 0,6}{1 + (0,1 \times 10)} \\
 &= 5,75 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Oksigen

$$\begin{aligned}
 R_o &= Q(S_o - S_e) - 1,42P_x \\
 &= 19,18 \text{ kg/hari} - 1,42(5,75) \text{ kg/hari} \\
 &= 11,015 \text{ kg O}_2\text{/hari} \\
 \text{Suhu rata-rata (T)} &= 28 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{Berat udara pada T 28} &= 1,17 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Asumsi jumlah oksigen dalam udara sebesar } 23,2\% & \\
 \text{Kebutuhan udara} &= R_o / (\text{Berat udara} \times \text{jumlah O}_2 \text{ dalam udara}) \\
 &= 5,75 / (1,17 \times 0,23) \\
 &= 21,36 \text{ m}^3\text{/hari} \\
 \text{Efisiensi udara} \text{ aKtual} &= 0,01 \\
 \text{Kebutuhan udara aktual} &= 21,36 / 0,01 \\
 &= 2136 \text{ m}^3\text{/hari} \\
 &= 1,48 \text{ m}^3\text{/menit}
 \end{aligned}$$

= 1484 L/menit

Dimensi Kompartemen Anaerobic Filter

Panjang = 2,25 m
Lebar = 4 m
H = 4 m
Tinggi media = 1,2 m
Panjang media = 2 m
Lebar media = 4 m
Diffuser = 200 – 300 L O₂ /menit

e. Profil Hidrolis

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 kecepatan aliran pada unit-unit IPAL ditentukan berdasarkan **persamaan Darcy-Weisbach**, yaitu:

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

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

Dimana:

L : panjang bangunan (m)
R : jari-jari hidrolis (m)
v : kecepatan aliran (m/s)
g : percepatan gravitasi (m/s²)

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

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

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

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

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

$$\text{Untuk } N_{Re} > 10^4 \quad : C_D = 0,4$$

Dimana:

- L : kedalaman filter (m)
- e : porositas media
- v : kecepatan filtrasi (m/s)
- g : percepatan gravitasi (m/s²)
- d : ukuran rongga media (m)
- ψ : faktor bentuk
- μ : viskositas dinamis (kg/m.s)
- ρ : massa jenis (kg/m³)

Hasil perhitungan profil hidrolis untuk IPAL Cluster 2 dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Perhitungan Profil Hidrolis Cluster 3

Unit Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka Air (m)
			0,0
Bak Pengendap			6,15
	Hf kecepatan	0,0000118	6,1499882
Baffled reactor			
Kompartemen 1			6,1499882
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1498814
	Hf kecepatan	0,0000100	6,1498714
	Hf belokan	0,0000156	6,1498558
Kompartemen 2			6,1498558
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1497490
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1497400

	Hf belokan	0,0000156	6,1497244
Kompartemen 3			6,1497244
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1496175
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1496085
	Hf belokan	0,0000156	6,1495929
			6,1495929
Kompartemen 4	Hf jatuhan	0,0001068	6,1494860
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1494770
	Hf belokan	0,0000156	6,1494614
			6,1494614
Kompartemen 5	Hf jatuhan	0,0001068	6,1493546
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1493455
	Hf belokan	0,0000156	6,1493299
Kompartemen 6	Hf jatuhan	0,0001068	6,1493546
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1493455
	Hf belokan	0,0000156	6,1493299
Aerobic BioFilter			
Kompartemen 1			6,1493299
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1492231
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1492140
	Hf media filter	0,0000090	6,1492050
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1491959
Kompartemen 2			6,1493299
	Hf jatuhan	0,0001068	6,1492231
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1492140
	Hf media filter	0,0000090	6,1492050
	Hf kecepatan	0,0000090	6,1491959
Outlet			6,1491959

5.5 Bill of Quantity

Salah satu elemen penting dalam pengerjaan proyek adalah *bill of quantity* (BOQ). Dalam perencanaan pengolahan air limbah ini diperlukan perhitungan BOQ SPAL dan pembangunan IPAL.

5.5.1 BOQ Perpipaan

Pada BOQ untuk sistem penyaluran air limbah dihitung BOQ kebutuhan pipa beserta sambungannya, BOQ penggalian tanah, manhole dan tenaga kerja. Untuk perpipaan menggunakan pipa jenis PVC tipe AW untuk air buangan dengan diameter 100mm – 300mm (4” – 12”). Pemilihan jenis pipa PVC ini karena bahannya yang kedap air sehingga dapat meminimalisir terjadinya infiltrasi. BOQ perpipaan tiap Kelurahan dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan 5.4

Tabel 5. 3 Kebutuhan Pipa Cluster 1 Ploso

Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,10	17403,14	4	4351
0,125	389,25	4	97
0,15	379,82	4	95
0,20	646,42	4	162
0,25	1071,0	4	267
0,30	124,06	4	31

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 4 Kebutuhan Pipa Cluster 2 Pacar Kembang

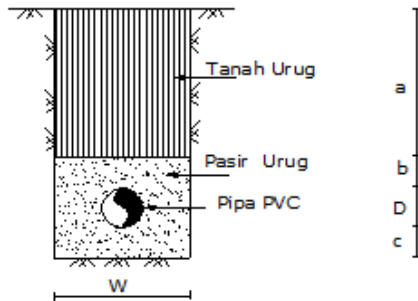
Diameter Pipa (m)	Panjang Pipa (m)	Panjang Pipa / Batang (m)	Kebutuhan Pipa (Batang)
0,10	20368,37	4	5092
0,125	604,87	4	151
0,15	439,86	4	110

0,20	1063,78	4	266
0,25	436,73	4	109
0,30	118,6	4	30

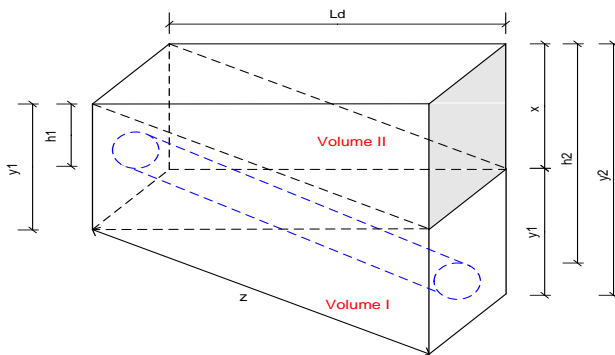
Sumber: Hasil Perhitungan

5.5.2 BOQ Penanaman dan Galian Pipa

Penggalian tanah untuk perpipaan air limbah didapatkan dari perhitungan kedalaman penanaman pipa. Penanaman pipa mengikuti standar urugan pipa dari Departemen Pekerjaan Umum. Ilustrasi rencana galian pipa dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5



Gambar 5. 2 Rencana Galian Pipa



Gambar 5. 3 Bentuk Galian Pipa

Keterangan:

D = Diameter pipa

h = kedalaman penanaman pipa

h₁ = kedalaman penanaman pipa awal

h₂ = kedalaman penanaman pipa akhir

y = kedalaman galian = h + D + c

y₁ = kedalaman galian awal

y₂ = kedalaman galian awal

X = y₂ - y₁

z = ((y₁²) + L pipa²)^{1/2}

Volume galian I = [(0,3 x 2) + D] x y₁ x Ld

Volume galian II = 1/2 x [(0,3 x 2) + D] x X x Ld

Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II

Volume pipa = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times Ld$

Volume urugan pasir = [(0,3 x 2) + D] x (b + D + c) x Ld -
Volume pipa

Volume sisa tanah galian = Volume galian total - Volume urugan pasir

Bill of Quantity (BOQ) Tenaga Kerja

Volume pekerjaan dihitung berdasarkan kemampuan pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya dalam satuan per meter persegi atau per meter kubik. Tenaga kerja yang diperlukan adalah tenaga lapangan dan tenaga pengawas. Untuk pekerjaan penggalian tanah dan pembuatan saluran, jumlah tenaga kerja dihitung berdasarkan indeks satuan pekerjaan jaringan perpipaan yang dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5. 5 Indeks Satuan Pekerjaan Galian

No	Bidang	indeks satuan (oh)
1	Penggalian tanah	
	kuli / tenaga lapangan	0,75
	mandor / tenaga pengawas	0,025
2	pengurugan pasir	
	kuli / tenaga lapangan	0,3

	mandor / tenaga pengawas	0,01
3	pembuangan sisa tanah galian	
	kuli / tenaga lapangan	0,33
	mandor / tenaga pengawas	0,03
4	truk / buah	10 m ³

Contoh perhitungan untuk BOQ tenaga kerja adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah indeks tenaga lapangan} &= \text{indeks satuan tenaga lapangan} \\
 &\quad \times \text{volume galian tanah} \\
 &= 0,75 \times 178,7 \text{ m}^3 \\
 &= 134
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah indeks tenaga pengawas} &= \text{indeks satuan tenaga} \\
 &\quad \text{pengawas} \times \text{volume galian} \\
 &\quad \text{tanah} \\
 &= 0,025 \times 178,7 \text{ m}^3 \\
 &= 4,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan truk} &= \text{volume sisa galian} / \text{indeks} \\
 &\quad \text{satuan truk} \\
 &= 46,6 \text{ m}^3 / 10 \text{ m}^3 \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

Perhitungan lengkap BOQ tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12 pada Lampiran .

5.5.3 BOQ IPAL

a. BOQ Sumur Pengumpul

Contoh Perhitungan BOQ Sumur pengumpul akan dilakukan pada Kelurahan Ploso:

Dimensi :

Panjang (P)	= 2,3 m
Lebar (l)	= 2,3 m
Kedalaman (H)	= 2 m
Freeboard (Fb)	= 0,4 m
Total H	= 2,4 m

Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 3,65 m
(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar	= 0,2 m
Lebar sepatu lantai	= 0,2 m
Tebal pasir	= 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times H$$

$$= (\text{Panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{Lebar SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{Kedalaman dari muka tanah ke muka SP} + \text{Tinggi SP} + \text{Fb} + \text{tebal plat dasar} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal pasir})$$

$$= (2,3 + 0,2) \times (2,3 + 0,2) \times (3,65 + 2 + 0,4 + 0,2 + 0,15 + 0,1)$$

$$= 40,63 \text{ m}^3$$

Pengurangan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{Panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal pasir})$$

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

$$= 0,625 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Beton K-250

- Beton Lantai Bangunan

$$= (\text{Panjang} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{tebal lantai kerja} + \text{tebal plat dasar})$$

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

$$= 2,19 \text{ m}^3$$

- Beton Dinding Bangunan
 $= (\text{Panjang} + \text{lebar}) \times 2 \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi}$
 $= (2,3 + 2,3) \times 2 \times 0,2 \times 6,05$
 $= 11,13 \text{ m}^3$
- Beton Tutup Bangunan
 $= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal dinding atas})$
 $= (2,3 \times 2,3 \times 0,2)$
 $= 1,06 \text{ m}^3$
- Total Volume Beton Bangunan
 $= 2,19 \text{ m}^3 + 11,13 \text{ m}^3 + 1,06 \text{ m}^3$
 $= 14,38 \text{ m}^3$

Pekerjaan Pemesian dengan besi beton (polos)

Volume pemesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu $11,13 \text{ m}^3$. Besi yang digunakan memiliki berat 110 kg/m^3 , sehingga diperoleh berat besi yaitu

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

$$= 11,13 \times 110$$

$$= 1224,5 \text{ kg}$$

Pekerjaan Bekisting Sloof

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

$$= (2,3 + 2,3) \times 2 \times (4,94)$$

$$= 19,78 \text{ m}^3$$

Pekerjaan Pompa Submersible

Pompa yang digunakan sebanyak 1 buah pada sumur pengumpul sebelum masuk menuju IPAL

Pekerjaan Pipa

Jumlah pipa yang dibutuhkan sepanjang 7,8 m untuk 2 buah saluran. Panjang pipa perbatang 4 m, maka dibutuhkan 2 pipa. Pipa yang digunakan diameter 4".

a. BOQ ABR dan AF

Contoh Perhitungan BOQ ABR dan AF akan dilakukan pada *cluster* 1:

Panjang total ABR + ABE

$$= \text{panjang bak pengendap} + (\text{panjang kompartemen} \times \text{jumlah kompartemen})$$

$$= 8 \text{ m} + (2,25 \text{ m} \times 8)$$

$$= 26 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = \text{Lebar unit} \times \text{jumlah unit}$$

$$= 4 \text{ m} \times 4$$

$$= 16 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal beton} = 0,2 \text{ m}$$

Volume beton dinding

$$= 2 \times (\text{tinggi} \times \text{tebal beton} \times \text{lebar}) + 5 \times (\text{tinggi} \times \text{tebal beton} \times \text{panjang})$$

$$= 2 \times (4,3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 16 \text{ m}) + 5 \times (4,3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 26, \text{m})$$

$$= 139,32 \text{ m}^3$$

Volume beton lantai

$$= [(\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 5)) \times \text{tebal}]$$

$$= [(26 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (16 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 5)) \times 0,2 \text{ m}]$$

$$= 89,76 \text{ m}^3$$

Volume beton atap

$$= \text{Volume beton lantai}$$

$$= 89,76 \text{ m}^3$$

Volume beton antara kompartemen

$$= [\text{jumlah kompartemen} \times (\text{tebal} \times \text{tinggi} \times \text{lebar})] - \text{jumlah}$$

$$\text{kompartemen} \times \text{jumlah lubang per kompartemen} \times (\text{p} \times \text{l} \times \text{tebal})$$

$$= [8 \times (0,2 \text{ m} \times 4,3 \text{ m} \times 16 \text{ m})] - 8 \times 9 \times (0,3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m})$$

$$= 109,65 \text{ m}^3$$

Volume beton dinding baffle

$$= \text{jumlah kompartemen} \times (\text{panjang baffle} \times \text{lebar baffle} \times \text{tebal baffle})$$

$$= 32 \times (4 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m})$$

$$= 44,8 \text{ m}^3$$

Pemasangan pipa 4"

$$\text{Panjang di pasaran} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang yang dibutuhkan} = 12 \text{ buah} \times 0,5 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

Jumlah pipa yang dibutuhkan = 2 batang

Volume total beton ABR + ABF

$$\begin{aligned} &= \text{Volume beton dinding} + \text{Volume beton lantai} + \text{Volume} \\ &\quad \text{beton atap} + \text{Volume beton antara kompartemen} + \text{Volume beton} \\ &\quad \text{dinding baffle} \\ &= 45,56 \text{ m}^3 + 18,624 \text{ m}^3 + 18,624 \text{ m}^3 + 20,13 \text{ m}^3 + 7,5 \text{ m}^3 \\ &= 110,438 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos)

Volume pembesian didasarkan pada perhitungan volume dinding bangunan yaitu 110,483 m³. Besi yang digunakan memiliki berat 110 kg/m³, sehingga diperoleh berat besi yaitu

$$\begin{aligned} &= \text{Volume pembesian} \times \text{berat besi} \\ &= 110,483 \times 110 \\ &= 434,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume bekisting dinding

$$\begin{aligned} &= \text{Volume beton dinding} \\ &= 45,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bekisting lantai

$$\begin{aligned} &= \text{volume beton lantai} \\ &= 18,624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bekisting atap

$$\begin{aligned} &= \text{volume beton atap} \\ &= 18,624 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bekisting antar kompartemen

$$\begin{aligned} &= \text{volume beton antar kompartemen} \\ &= 20,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pembuatan bouwplank

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= (6 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 18,112 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Urugan pasir dipadatkan

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi pasir} \\ &= (6 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,1 \text{ m} \\ &= 9,056 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lantai kerja K-200

$$\begin{aligned} &= (\text{lebar} + (\text{tebal} \times 2)) \times (\text{panjang} + (\text{tebal} \times 2)) \times \text{tinggi lantai} \\ &= (6 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times (13,75 \text{ m} + (0,2 \text{ m} \times 2)) \times 0,05 \text{ m} \\ &= 4,528 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman penanaman IPAL

$$\begin{aligned} &= \text{kedalaman IPAL} + \text{tebal dinding atas} + \text{tebal dinding bawah} \\ &= 3,4 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m} \\ &= 3,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Kedalaman galian tanah

$$\begin{aligned} &= \text{kedalaman penanaman IPAL} + \text{tinggi terucuk bambu} + \text{tinggi urugan pasir dipadatkan} + \text{tinggi lantai kerja} \\ &= 3,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m} + 0,1 \text{ m} + 0,05 \text{ m} \\ &= 4,15 \text{ m} \end{aligned}$$

5.6 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Penentuan RAB berdasarkan HSPK Kota Surabaya tahun 2019.

5.6.1 Rencana Anggaran Biaya SPAL

Setelah diperoleh perhitungan BOQ, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya pekerjaan yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2019. Untuk RAB SPAL dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan 5.29, sedangkan untuk analisis harga satuan pekerjaan SPAL terlampir di Lampiran C

Tabel 5. 6 RAB SPAL Cluster 1 Ploso

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pembongkaran Paving	m ²	18416.8	6,486.00	119,451,666.00
2	Penggalian Tanah	m ³	25090.4	165,569.00	4,154,197,598.00
3	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	17403.1	146,308.00	2,546,218,608.00
4	Pemasangan Pipa PVC Ø 5"	m	389.3	210,328.00	81,870,174.00
5	Pemasangan Pipa PVC Ø 6"	m	379.8	278,308.00	105,706,945.00
6	Pemasangan Pipa PVC Ø 8"	m	1071.0	439,678.00	470,895,138.00
7	Pemasangan Pipa PVC Ø 10"	m	629.6	657,808.00	414,155,917.00
8	Pemasangan Pipa PVC Ø 12"	m	124.1	910,258.00	112,926,608.00
9	Pengurugan Pasir	m ³	4878.43	283,848.00	1,384,731,349.00
10	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	19987.8	45,000.00	899,451,640.00
11	Pemasangan paving blok lama	m ²	18416.8	160,791.00	2,961,263,138.00
12	Manhole	buah	260.0	850,000.00	221,000,000.00
13	Pembuangan tanah	m ³	5102.6	65,009.00	331,716,026.00
JUMLAH					13,803,584,807.00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 7 RAB SPAL Cluster 2 Pacar Kembang

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pembongkaran Paving	m ²	21098.1	6,486.00	136,842,455.00
2	Penggalian Tanah	m ³	26077.9	165,569.00	4,317,683,787.00
3	Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	m	20368.4	146,308.00	2,980,055,478.00
4	Pemasangan Pipa PVC Ø 5"	m	604.9	210,328.00	127,221,098.00
5	Pemasangan Pipa PVC Ø 6"	m	439.9	278,308.00	122,416,557.00
6	Pemasangan Pipa PVC Ø 8"	m	1063.8	439,678.00	467,720,663.00
7	Pemasangan Pipa PVC Ø 10"	m	436.7	657,808.00	287,284,488.00

8	Pemasangan Pipa PVC Ø 12"	m	118.6	910,258.00	107,956,599.00
9	Pengurugan Pasir	m ³	5554.2	283,848.00	1,576,547,961.00
10	Pengurugan Tanah Kembali dengan pemadatan	m ³	20285.4	45,000.00	912,841,420.00
11	Pemasangan paving blok lama	m ²	21098.1	160,791.00	3,392,388,999.00
12	Manhole	buah	314.0	850,000.00	266,900,000.00
13	Pembuangan tanah	m ³	5792.5	65,009.00	376,563,760.00
JUMLAH					15,072,423,265.00

Sumber: Hasil Perhitungan

5.6.2 Rencana Anggaran Biaya IPAL

RAB sistem penyaluran air limbah meliputi pekerjaan penggalian tanah, pengangkutan tanah galian, pengangkutan tanah keluar proyek, pemasangan pipa, dan urugan pasir. Setelah diperoleh perhitungan BOQ, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2019. Analisis harga satuan pekerjaan IPAL dapat dilihat pada Lampiran C. Rencana anggaran biaya terdiri dari pembangunan sumur pengumpul dan unit pengolahan IPAL. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.30 – Tabel 5.34 dan perhitungan unit IPAL ABR-ABF dapat dilihat pada Tabel 5.35 – 5.39.

Tabel 5. 8 RAB Sumur Pengumpul Cluster 1 Ploso

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buow plank	m	0,39	92.855,84	36.419,55
2	Pembongkaran paving	m ²	1	92.855,84	92.927,49
3	Pembersihan 1m ² lapangan dan perataan	m ²	1	11.275,00	11.283,70
	SUB TOTAL				140.631,00
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	7,77	75.564,50	586.878,54

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
2	Urugan tanah	m ³	0,78	279.851,00	217.348,82
3	Buangan tanah sisa	m ³	6,99	22.715,00	158.776,30
	SUB TOTAL				963.004,00
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m ³	0,14	279.851,00	40.324,46
2	Pondasi batu belah	m ³	0,14	1.074.115,90	154.772,14
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m ³	0,10	974.991,48	95.601,82
	SUB TOTAL				290.698,00
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m ³	4,66	1.204.018,39	5.610.157,18
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	435,06	133.358,50	58.018.340,66
3	Bekisting sloof	m ²	19,78	125.758,88	2.486.912,84
	SUB TOTAL				66.115.410,00
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,80	85.479,35	666.738,93
	SUB TOTAL				666.739,00
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m ²	4,66	68.590,77	319.600,61
	SUB TOTAL				319.601,00
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m ³	1	5.560.000,00	5.560.000,00
	SUB TOTAL				5.560.000,00
	TOTAL				74.056.086,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 9 RAB Sumur Pengumpul Cluster 2 Pacar Kembang

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buow plank	m	0,72	92.855,84	66.865,23
3	Pembersihan 1m ² lapangan dan perataan	m ²	2	11.275,00	25.284,08
	SUB TOTAL				92.150,00

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah	m ³	19,19	75.564,50	1.450.136,40
2	Urugan tanah	m ³	1,92	279.851,00	537.053,94
3	Buangan tanah sisa	m ³	17,27	22.715,00	392.325,28
	SUB TOTAL				2.379.515,00
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	0,29	279.851,00	80.638,73
2	Pondasi batu belah	m3	0,29	1.074.115,90	309.505,21
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	0,18	974.991,48	175.522,15
	SUB TOTAL				565.667,00
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Beton K.200	m3	12,60	1.204.018,39	15.167.874,24
2	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	1.225,48	133.358,50	163.427.642,22
3	Bekisting sloof	m2	43,15	303.700,00	13.103.291,44
	SUB TOTAL				191.698.808,00
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,91	85.479,35	676.141,66
	SUB TOTAL				676.142,00
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	12,60	68.590,77	864.086,65
	SUB TOTAL				864.087,00
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan pompa	m3	1	5.560.000,00	5.560.000,00
	SUB TOTAL				5.560.000,00
	TOTAL				201.836.368,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 10 RAB IPAL Cluster 1 Ploso

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Buow plank	m	45,37	92.855,84	4.212.683,70
3	Pembersihan 1m2 lapanggan dan perataan	m2	271,44	11.275,00	3.060.486,00
	SUB TOTAL				7.273.170,00
II	PEKERJAAN TANAH				

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Galian Tanah	m ³	1.126,4	75.564,50	85.121.595,70
2	Urugan tanah	m ³	112,65	279.851,00	31.524.543,51
3	Buangan tanah sisa	m ³	1.013,8 3	22.715,00	23.029.112,11
	SUB TOTAL				139.675.252,00
III	PEKERJAAN PONDASI				
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	22,68	279.851,00	6.348.140,08
2	Pondasi batu belah	m3	22,68	1.074.115,90	24.365.245,08
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	11,34	974.991,48	11.058.353,35
	SUB TOTAL				41.771.739,00
IV	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	17,43	971.183,14	16.927.722,06
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	202,88	1.204.018,39	244.267.638,30
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	6.890,4 0	133.358,50	918.893.408,40
4	Bekisting dinding	m2	62,64	360.054,75	22.553.829,54
5	Bekisting lantai	m2	46,216	412.841,00	19.079.859,66
6	Bekisting atap	m2	46,216	412.841,00	19.079.859,66
7	Bekisting antar kompartemen	m3	34,68	360.054,75	12.486.698,73
	SUB TOTAL				1.240.802.318,00
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,50	85.479,35	641.095,13
	SUB TOTAL				641.096,00
VI	PEKERJAAN FINISHING				
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	202,88	68.590,77	13.915.490,21
	SUB TOTAL				13.915.491,00
VII	LAIN-LAIN				
	Pemasangan media filter	m3	6,38	65.500,00	418.051,19
	SUB TOTAL				418.052,00
	TOTAL				1.444.497.118,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 11 RAB IPAL Cluster2 Pacar Kembang

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pengukuran dan Pemasangan Buow plank	m	33,92	92.855,9	3.149.670,05
3	Pembersihan 1m2 lapangan dan perataan	m2	208,8	11.275,00	2.354.220,00
SUB TOTAL					5.503.890,00
II PEKERJAAN TANAH					
1	Galian Tanah	m³	866,52	75.564,50	65.478.150,54
2	Urugan tanah	m³	86,65	279.851	24.249.648,85
3	Buangan tanah sisa	m³	779,87	22.715,00	17.714.701,62
SUB TOTAL					107.442.501,00
III PEKERJAAN PONDASI					
1	Urugan pasir dipadatkan tebal 10 cm	m3	16,96	279.851,00	4.746.272,96
2	Pondasi batu belah	m3	16,96	1074115,9	18.217.005,66
3	Pembuatan Lantai kerja Beton K.100	m3	8,48	974.991,48	8.267.927,74
SUB TOTAL					31.231.207,00
IV PEKERJAAN BETON					
1	Pekerjaan Sheet Pile	m3	14,74	971.183	14.316.016,37
2	Pekerjaan Beton K.200	m3	163,38	1.204.018	1.967.077,08
3	Pekerjaan pembesian dengan besi polos atau ulir	kg	5.464,80	133.358,5	728.777.530,80
4	Bekisting dinding	m2	49,68	360.054,	17.887.519,98
5	Bekisting lantai	m2	34,768	412841	14353655,89
6	Bekisting atap	m2	34,768	412.841	14.353.655,89
7	Bekisting antar kompartemen	m3	34,41	360.054	12.389.483,95
SUB TOTAL					986.396.087,00
V PEKERJAAN PERPIPAAN					
1	Pemasangan Pipa Diameter 4"	m	7,50	85.479,35	641.095,13
SUB TOTAL					641.096,00
VI PEKERJAAN FINISHING					
1	Pemasangan plesteran 1Sp:1PP tebal 15mm	m2	163,38	68.590,77	11.206.086,10
SUB TOTAL					11.206.087,00
VII LAIN-LAIN					
	Pemasangan media filter	m3	6,38	65.500	418.051,19
SUB TOTAL					418.051,19

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	TOTAL				1.142.838.917,00
	Sumber: Hasil Perhitungan				

Tabel 5. 12 RAB IPAL Rekapitulasi RAB Pembangunan SPAL - IPAL

Komponen	Cluster 1 Ploso	Cluster 2 Pacar Kembang
SPAL	13,803,584,807.00	15,072,423,265.00
Sumur Pengumpul	74,056,086.00	201,836,368.00
ABR - ABF	1,444,497,118.00	1,142,838,917.00
Total	15,322,138,011.00	16,417,098,550.00

Sumber: Hasil Perhitungan

5.6.3 Rencana Anggaran Biaya Operasi dan Pemeliharaan

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.

Tabel 5. 13 Biaya Pemeliharaan Per Tahun untuk 1 cluster

No	Jenis Kegiatan	Frekuensi	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Inspeksi Manhole	2x1 tahun	2.000.000,00	4.000.000,00
2	Pengurasan lumpur	2x1 tahun	2.000.000,00	4.000.000,00
3	Listrik pompa	12 bulan	500.000,00	6.000.000,00
4	Pemeriksaan Effluen (2sampel)	2x1 tahun	350.000,00	1.400.000,00
5	Operator 2 orang	12 bulan	1.500.000,00	36.000.000,00
Total				51.400.000,00

Sumber: Hasil perhitungan

Dari biaya operasi dan pemeliharaan per tahun, dapat dihitung biaya retribusi per bulannya yang dibayarkan oleh masing-masing KK.

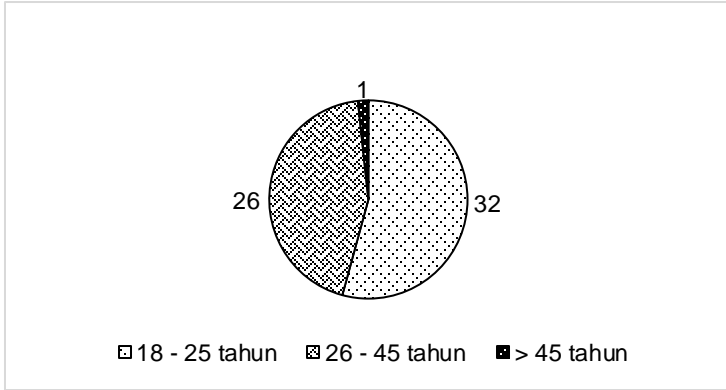
Tabel 5. 14 Biaya Retribusi per bulan

CLUSTER	JUMLAH KK	Biaya Retribusi/bulan
1	13932	Rp5.000,00
2	15948	Rp5.000,00

Sumber: Hasil perhitungan

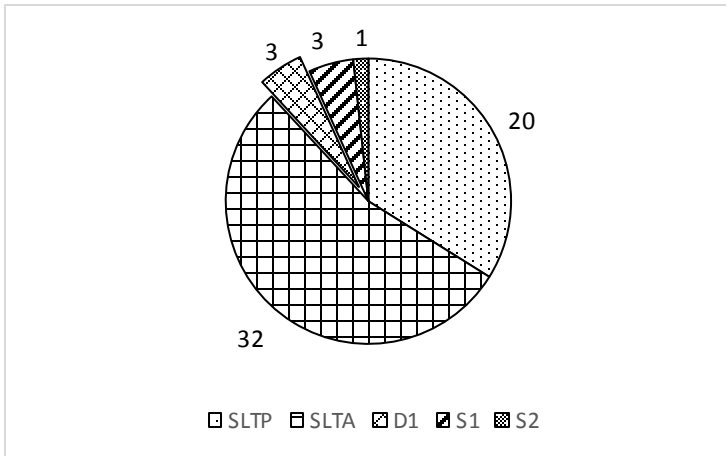
5.7 Hasil Pembahasan Kuisisioner terkait Kemampuan dan kemauan masyarakat terlayani untuk pengelolaan IPAL

Berdasarkan hasil kuisisioner yang telah disebarakan kepada responden di Kecamatan Tambaksari, maka terdapat hasil sebagai berikut :



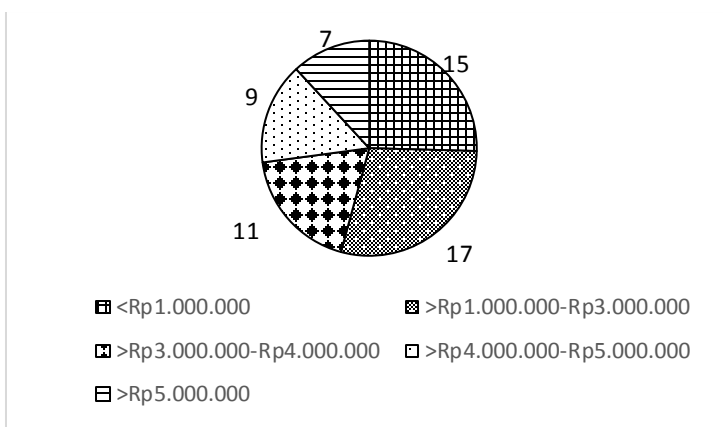
Gambar 5.4. Usia Responden di Kecamatan Tambaksari

Berdasarkan hasil kuisisioner terhadap responden di Kecamatan Tambaksari, terdapat 32 orang berumur 18 - 25 tahun, 26 orang berumur 26 - 45 tahun, dan 1 orang berumur > 45 tahun. Hasil kuisisioner tersebut menunjukkan mayoritas responden berumur 18 - 25 tahun.



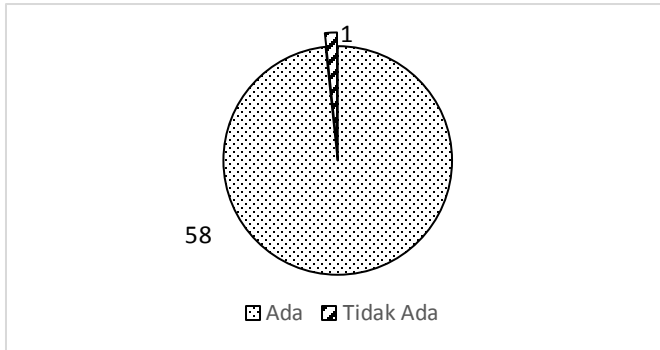
Gambar 5.5. Pendidikan Terakhir di Kecamatan Tambaksari

Pada gambar 5.5. dapat diketahui pendidikan terakhir responden dari Kecamatan Tambaksari bahwa terdapat 20 orang berpendidikan terakhir SLTP, 32 orang berpendidikan terakhir SLTA, 3 orang berpendidikan terakhir D1, 3 orang berpendidikan terakhir S1, dan 3 orang berpendidikan terakhir S2. Dari gambar diatas, mayoritas responden dengan Pendidikan terakhir SLTA.



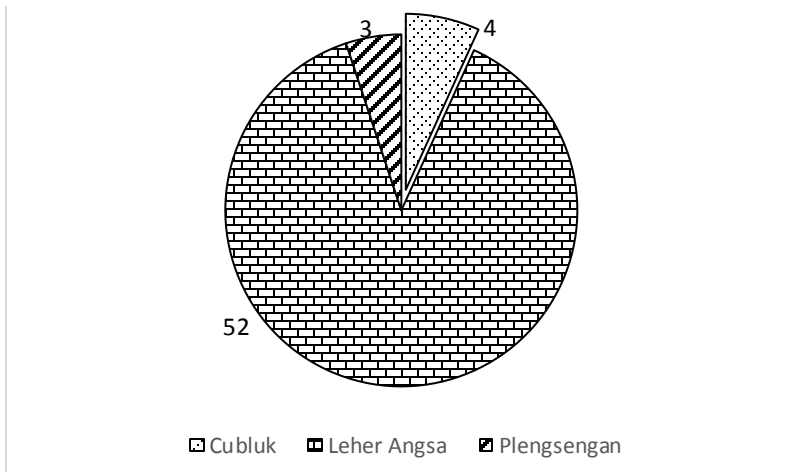
Gambar 5.6 Penghasilan Responden per Bulan di Kecamatan Tambaksari

Dari Gambar.. diatas dapat diketahui bahwa mayoritas responden di Kecamatan Tambaksari berpenghasilan >Rp1.000.000-Rp3.000.000.



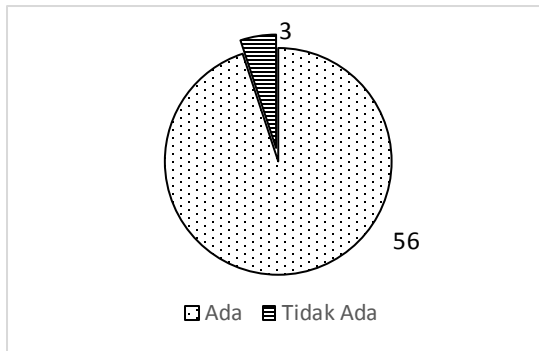
Gambar 5.7. Kepemilikan Jamban Pribadi di Kecamatan Tambaksari

Dari Gambar 5.8. diatas dapat diketahui bahwa mayoritas responden di Kecamatan Tambaksari telah memiliki jamban pribadi.

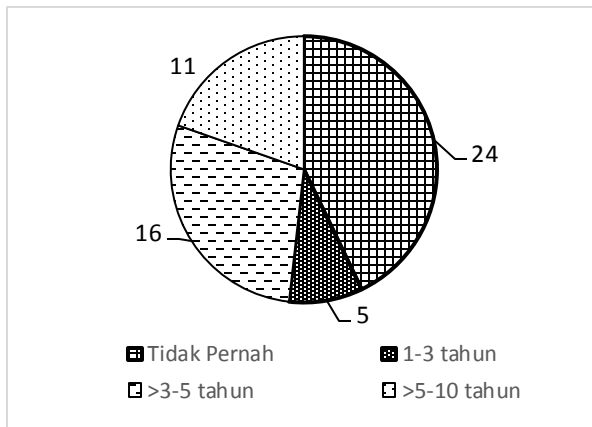


Gambar 5.9. Grafik Jenis Jamban di Kecamatan Tambaksari

Berdasarkan Gambar 5.9 diatas dapat diketahui bahwa mayoritas responden di Kecamatan Tambaksari mayoritas memiliki jenis jamban.

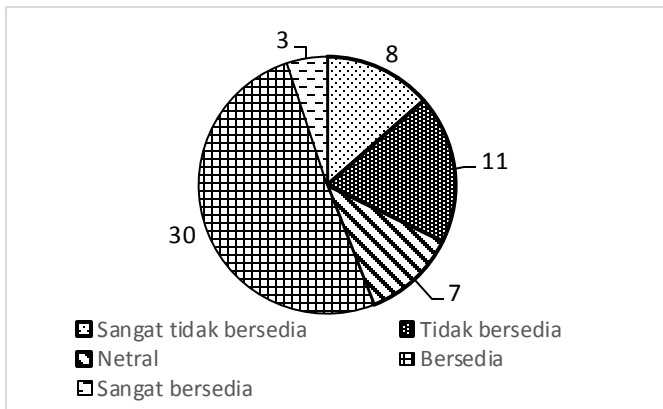


Gambar 5.10 Kepemilikan tank septik oleh responden di Kecamatan Tambaksari

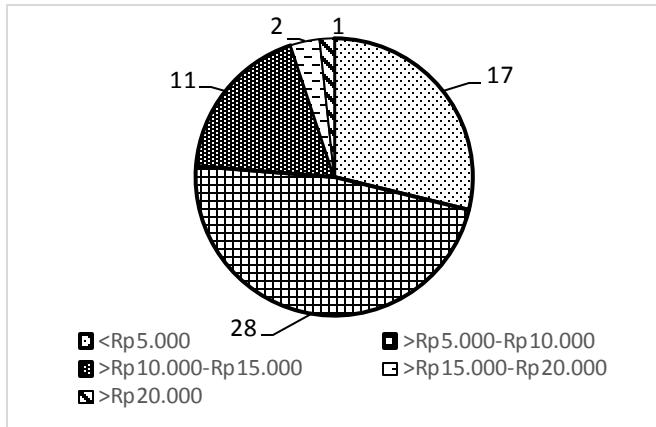


Gambar 5.10 Periode pengurasan oleh responden di Kecamatan Tambaksari

Berdasarkan kuisisioner yang telah ditabulasi pada Gambar 5.10, mayoritas responden dari Kecamatan Tambaksari yaitu 56 orang memiliki tank septik. Dari 56 pemilik tanki septik, sebanyak 24 responden menjawab tidak pernah menguras tanki septik mereka, sementara sisanya menguras dengan waktu yang bervariasi. Sebanyak 5 responden menjawab menguras tanki septik mereka dalam rentang 1-3 tahun. 16 orang responden menjawab menguras tanki septik mereka antara 3-5 tahun, sedangkan 11 orang menjawab menguras tank septik mereka setiap 5-10 tahun sekali. Hasil kuisisioner terhadap periode pengurasan septik tank responden dimuat pada Gambar 5.10.

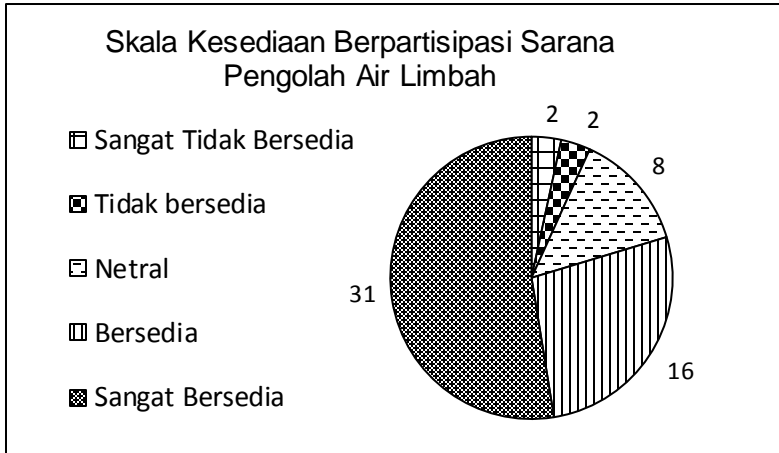


Gambar 5.11 Kesiediaan responden untuk membayar retribusi di Kecamatan Tambaksari



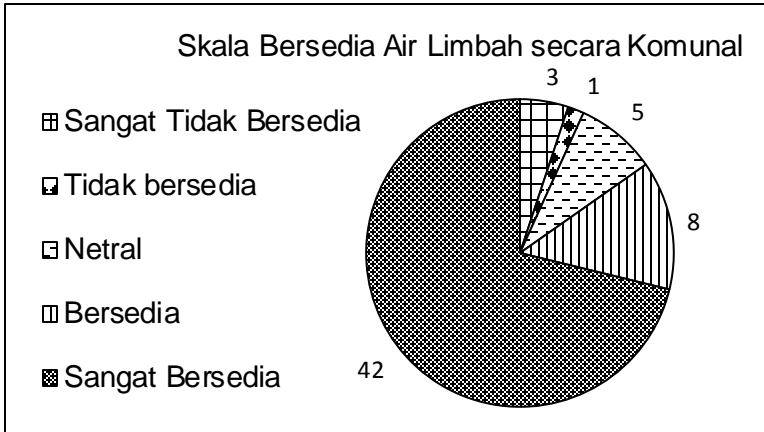
Gambar 5.12 Besaran retribusi yang bersedia dibayar oleh responden di Kecamatan Tambaksari

Melalui hasil kuisisioner pada Gambar 5.11, diketahui mayoritas responden memberikan respon positif untuk membayar retribusi. Dimana 3 orang menjawab “sangat bersedia” sedangkan 30 orang menjawab “bersedia” membayar. 7 orang responden memberikan respon “netral”. Sebanyak 11 orang responden “tidak bersedia” membayar dan 8 orang “sangat tidak bersedia” membayar. Sementara untuk besaran retribusi yang bersedia dibayarkan masyarakat (dimuat pada Gambar 5.12), mayoritas responden menjawab bersedia membayar sebesar Rp. 5000 – 10.000. Sebanyak 18 responden hanya bersedia membayar retribusi dibawah Rp. 5000. 11 responden menyatakan bersedia membayar retribusi lebih dari Rp.10.000. Sisanya sebanyak 3 responden menjawab bersedia mampu membayar diatas Rp.15.000.



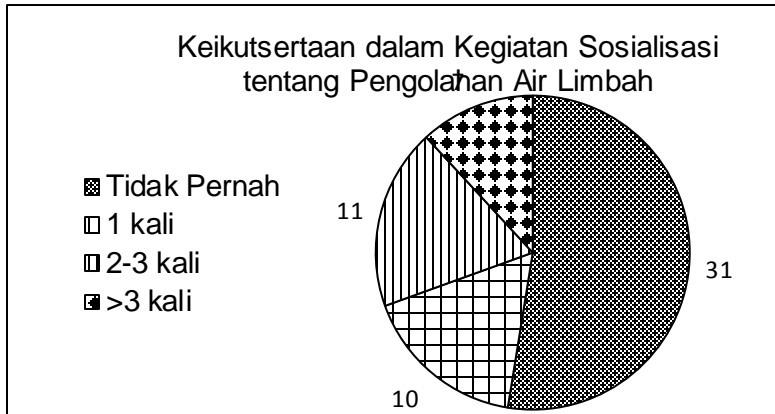
Gambar 5.12. Hasil Kuisisioner Kesiediaan Berpartisipasi terhadap Sarana Pengolah Air Limbah

Pada Gambar 5.12. diketahui bahwa sebanyak 2 orang responden dari Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya sangat tidak bersedia berpartisipasi terhadap sarana pengolah air limbah, sebanyak 2 orang responden menunjukkan tidak bersedia, 8 orang responden menunjukkan netral, 16 orang responden menunjukkan bersedia. Jumlah responden terbanyak yakni 31 orang menunjukkan sangat bersedia berpartisipasi terhadap adanya sarana pengolah air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya sangat antusias dan bersedia berpartisipasi aktif terhadap sarana pengolah air limbah.



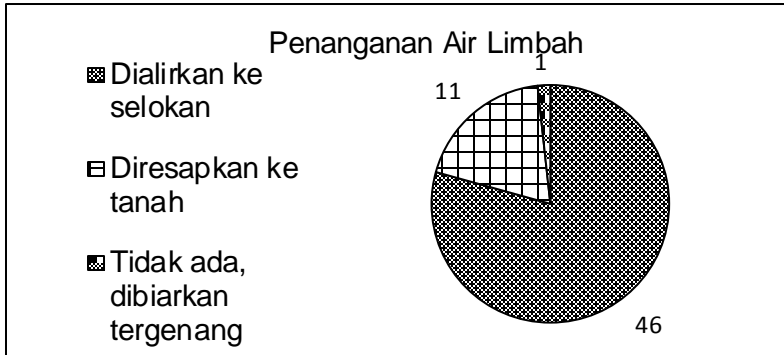
Gambar 5.13. Hasil Kuisisioner Kesiediaan Terhadap Pengolahan Air Limbah secara Komunal

Pada Gambar 5.13 diketahui bahwa sebanyak 3 orang responden dari Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya sangat tidak bersedia apabila air limbah diolah secara komunal, sebanyak 1 orang responden menunjukkan tidak bersedia, 5 orang responden menunjukkan netral, 8 orang responden menunjukkan bersedia. Jumlah responden terbanyak yakni 42 orang menunjukkan sangat bersedia apabila air limbah diolah secara komunal. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya sangat bersedia apabila air limbah diolah secara komunal atau bersama-sama.



Gambar 5.14. Hasil Kuisiner keikutsertaan dalam Kegiatan Sosialisasi tentang Pengolahan Air Limbah

Pada Gambar 5.14 diketahui bahwa sebanyak 7 orang responden dari Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya pernah mengikuti sosialisasi tentang pengolahan air limbah sebanyak >3 kali, sebanyak 11 orang responden pernah mengikuti sebanyak 2-3 kali, 10 orang responden pernah mengikuti sebanyak 1 kali. Jumlah responden terbanyak yakni 31 orang tidak pernah mengikuti sosialisasi tentang pengolahan air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan masyarakat Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya kurang terhadap pengolahan air limbah dikarenakan banyak masyarakat belum pernah mengikuti sosialisasi tentang pengolahan air limbah.



Gambar 5.15. Hasil Kuisisioner Penanganan terhadap Air Limbah

Pada Gambar 5.15 diketahui bahwa sebanyak 46 orang responden dari Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya mengalirkan air limbah ke selokan, sebanyak 11 orang responden meresapkan air limbah ke tanah dan sebanyak 1 orang responden membiarkan air limbah tergenang. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesadaran dan kepedulian masyarakat Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya kurang terhadap lingkungan dikarenakan banyak masyarakat tidak melakukan pengolahan terhadap air limbah terlebih dahulu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan system penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Tambaksari ini adalah:

1. Perencanaan pengolahan air limbah domestik terbagi menjadi 2 cluster dengan sistem penyaluran air limbah menggunakan sistem *shallow sewer*. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC tipe AW dengan diameter 100 - 300 mm. Terdapat bangunan pelengkap manhole yang terdiri dari manhole lurus, manhole belok, manhole pertigaan, manhole perempatan dan drop manhole. Pengolahan air limbah domestik menggunakan kombinasi ABR dan ABF. Masing-masing IPAL tiap cluster memiliki dimensi sebagai berikut:
 - Untuk cluster 1, IPAL terbagi 4 bagian dengan masing-masing 6 kompartemen ABR dan 2 kompartemen ABF. Dimensi keseluruhan unit IPAL 28,8 m x 17 m x 4,2 m
 - Untuk cluster 2, IPAL terbagi 4 bagian dengan masing-masing 6 kompartemen ABR dan 2 kompartemen ABF. Dimensi keseluruhan unit IPAL 16,55 m x 7,4 m x 4,05 m
2. Total rencana anggaran biaya sistem penyaluran dan pengolahan untuk cluster 1 dan 2 masing-masing adalah Rp 15,322,138,011.00 dan 16,417,098,550.00.
3. Kecamatan Tambaksari memiliki *greywater* yang belum terolah. Kondisi masyarakat di Kecamatan Tambaksari bersedia jika mengelola air limbah secara komunal. Masyarakat sebagian besar bersedia berpartisipasi dengan membayar retribusi.

6.2 Saran

Apabila akan diimplementasikan harus diverifikasi kembali dengan data dilapangan dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih baik dan detail

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Akpor, O.B., 2011. Waste water effluent discharge. In *The 3rd Internasional Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering. Effects Environ Microbiol* (Vol. 77, pp 335-62).
- ASCE & WPCF. 1969. *Design and Construction of Sanitary and Storm Sewer*. Washington DC: American Society of Civil Engineering (ASCE)
- Bell, J. 2002. *Thesis: Treatment of Dye Wastewaters in the Anaerobic Baffled Reactor and Characterisation of the Associated Microbial Populations*. Durban: University of Natal
- Bodkhe, S. 2008. *Development of An Improved Anaerobic Filter for Municipal Wastewater Treatment*. Bioresource Technology 99 222-226
- Bodkhe, S. Y. 2009. *A Modified Anaerobic Baffled Reactor for Municipal Wastewater Treatment*. Journal of Environmental Management 90. 2488-2493
- Büsser, S., Pham, T. N., Antoine, M., & Nguyen, V. A. 2007. *Characteristics and quantities of domestic wastewater in urban and peri-urban households in Hanoi*. Annual Report of FY 2006, The Core University Program between Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and Vietnamese Academy of Science and Technology. 395-397
- Chernicharo, C.D., 2006. Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 5(1), pp.73-92.
- Conradin, K., Kropac, M., Spuhler, D. 2010. *The Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Basel: secon international gmbh
- CPCB. 2008. *Performance of Sewage treatment Plant – Coliform reduction*. India

- Doyle, M.P. & Erickson, M.C. 2006. *Closing the door on the fecal coliform assay*. *Microbe* 1:162-163
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practise of Water and Wastewater Treatment*. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Fajarwati, A. 2000. *Perencanaan Sistem penyaluran Air Buangan Domestik Kota Palembang (Studi Kasus: Kecamatan Ilir Timur I dan Kecamatan Ilir Timur II)*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan ITB
- Fitria, Yulia. 2008. *Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM₄ (Effective Microorganisme 4)*. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- Gill, L. W., O'luanaigh, N., Johnston, P. M., Misstear, B. D. R., & O'suilleabhain, C. 2009. *Nutrient loading on subsoils from on-site wastewater effluent, comparing septic tank and secondary treatment systems*. *Water Research*, 43(10), 2739-2749.
- Gutterer, B. Sasse, L. Panzerbieter, T. dan Reckerzügel, T. 2009. *Decentralised wastewater treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)
- Hajna, A.A. & Perry, C.A. 1943. *Comparative Study of Presumptive and Confirmative Media for Bacteria of the Coliform Group and for Fecal Streptococci*. *Am J Publ Hlth* 33:550-556
- Hardjosuprpto, M. 2000. *Penyaluran Air Buangan: Volume II*. Bandung: ITB
- Herrari, S. 2015. *Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di kecamatan Tegalsari Kota Surabaya*. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS
- Hidayah, T. 2014. *Tugas Akhir: Efektivitas Penggunaan Tabung Biofilter untuk Sistem IPAL Komunal*. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Hutton, G. and Chase, C., 2016. The knowledge base for achieving the sustainable development goal targets on water supply, sanitation and hygiene. *International journal of environmental research and public health*, 13(6), p.536.

- Hutton, G., Rodriguez, U., Winara, A., Anh, N.V., Phyrum, K., Chuan, L., Blackett, I. and Weitz, A., 2014. Economic efficiency of sanitation interventions in Southeast Asia. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 4(1), pp.23-36.
- Ikbal, I., 2016. Peningkatan Kinerja Ipal Lumpur Aktif dengan Penambahan Unit Biofilter (Studi Kasus Ipal Pasaraya Blok M, Kapasitas 420 M3/hari). *Jurnal Air Indonesia*, 9(1).
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., Ruslan, A. 2016. *Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Terpusat Skala Pemukiman*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Khrisna, G. G., Kumar, P., dan Kumar, P. 2008. *Treatment of Low Strength Complex Wastewater Using An Anaerobic Baffled reactor (ABR)*. *Bioresource Technology* 99 (17), 8193-8200
- Khrisna, G. G., Kumar, P., dan Kumar, P. 2008. *Treatment of Low Strength Soluble Wastewater Using An Anaerobic Baffled reactor (ABR)*. *Journal of Environmental Management* 90 (1), 166-176
- Kurniade, D. *Constructed Wetlands to Treat House Wastewater. A Solution for Indonesia?*. *Jurnal Bionatura*. Vol. 3 No. 1 Maret 2001: 10-17. Bandung: Universitas Padjajaran
- Kurniawan, A., dan Dewi, A. D. 2015. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Ilmbah Domestik Kota Bogor Menggunakan Air Hujan untuk Debit Penggelontoran*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 22 (1), 39-51
- Ledin, A., Eriksson, E., dan Henze, M. 2001. *Aspects of Groundwater Recharge Using Grey Wastewater*. In: P. Lens, G. Zeemann and G. Lettinga (Editors). *Decentralised Sanitation and Reuse*. London: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: EARTHSCAN
- Massoud, M.A., Tarhini, A. and Nasr, J.A., 2009. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. *Journal of environmental management*, 90(1), pp.652-659.

- Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (Fourth Edition). New York: McGraw-Hill
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods*. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)
- Otis, J.R. & Mara, D. 1985. *The Design of Small Bore Sewer System*. Washington: THE WORLD BANK
- Peavy, H. 1985. *Environmental Engineering (International Edition)*. Singapore: McGraw-Hill
- Prihandrijanti, M., Malisie, A. and Otterpohl, R., 2008. Cost–Benefit Analysis for Centralized and Decentralized Wastewater Treatment System (Case Study in Surabaya-Indonesia). In *Efficient Management of Wastewater* (pp. 259-268). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Purwanto, E. 2008. *Studi Anaerobic Baffled reactor (ABR) untuk Mengolah Air Limbah Domestik dari Rumah Susun*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan ITS
- Reay, William G. 2004. *Septic Tanks Impacts on Ground Water Quality and Nearshore Sediment Nutrien Flux*.
- Rebah, F.B., Kantardjieff, A., Yezza, A. and Jones, J.P., 2010. Performance of two combined anaerobic–aerobic biofilters packed with clay or plastic media for the treatment of highly concentrated effluent. *Desalination*, 253(1-3), pp.141-146.
- Rivai, Y., Ali Masduki, dan Bowo Djoko M. 2006. *Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo*. Jurnal SMARTek 4(2)
- Reinoso, R., Torres, L.A., Becares, E. *Efficiency of Natural System for Removal of Bacteria and Pathogenic Parasites from Wastewater*. *Science of Total Environment* (2008) 395: 50-86
- Said, N.I., 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta: Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan.
- Sasse, L., 2009, *Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)

- Sasse, L. 1998. DEWATS. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Delhi: BORDA
- Sidharta. 1997. *Rekayasa Lingkungan*. Jakarta: Universitas Gunadarma
- Siregar, A.S. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius
- Syafrudin. 2014. *Ringkasan Disertasi Pengolahan Air Limbah Domestik Tipe Greywater Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*. Semarang: Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
- Sumampouw, O.J., Soemarno, Andarini, S., Sriwahyuni, E. 2015. *Environment Risk Factors of Diarrhea Incidence in the Manado City. Public Health Research*, 5 (5). 139-143
- Suoth, A.E. and Nazir, E., 2016. Karakteristik air limbah rumah tangga (grey water) pada salah satu perumahan menengah keatas yang berada di Tangerang Selatan. *Ecolab*, 10(2), pp.47-102.
- Supradata. 2005. Tesis: Pengolahan Limbah domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*. L dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*). Semarang: UNDIP
- Tarigan, M.S., 2003. Edward, "Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara," *Makara Sains*, 7(3).
- Tchobanoglous, C., 1981. Wastewater engineering: Collection and pumping of wastewater. In *Wastewater engineering: collection and pumping of wastewater*. McGraw-Hill Book.
- Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Zurbrugg, C. 2014. *Compendium of Sanitation System and Technologies 2nd Revised Edition*. Switzerland: EAWAG & WSSCC
- Tran, N.H., Ngo, H.H., Uruse, T. and Gin, K.Y.H., 2015 A critical review on characterization strategies of organic matter for wastewater and water treatment processes. *Bioresource technology*, 193, pp.523-533.
- Turner, R.E. and Rabalais, N.N., 1991. Changes in Mississippi River water quality this century. *BioScience*, 41(3), pp.140-147.
- TTPS. 2010. *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. Jakarta

- United Nations Centre for Human Settlement (Habitat)*. 1986. *The Design of Shallow Sewer System*
- US EPA. 2004. *Guidelines for Water Reuse*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA. 2004. *Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Von Sperling, M. and de Lemos Chernicharo, C.A., 2005. *Biological wastewater treatment in warm climate regions* (Vol. 1). IWA publishing.
- WSP (Water and Sanitation Programs). 2013. *Review of Community-Managed Decentralized Wastewater Treatment Systems in Indonesia*. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank
- Zulfi, H., Syafrudin, S. and Sunarsih, S., 2018. An Overview of The Fecal Waste Management City of Surabaya: Challenges and Opportunities to Improve Services. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 73, p. 07011). EDP Sciences.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 23 Juli 1995. Penulis merupakan putra kedua dari pasangan Mardijan Santoso & Sri Wahyuningsih. Penulis merupakan anak ke dua dari 2 (dua) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Rangkah VII/169 Surabaya lulus tahun 2007 SMPN 1 Surabaya lulus pada tahun 2010 SMAN 5 Surabaya lulus tahun 2013. Penulis melanjutkan kuliah sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Pada tahun 2020 penulis telah menyelesaikan Tugas akhir dengan judul “Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Tambaksari Kota Surabaya” Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik dapat menghubungi penulis melalui email mariopriambodo@gmail.com

Tabel 1 Perhitungan Pembebanan Kelurahan Ploso

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Persentase Limpasan Blok	Q Rata ² Total Blok Limpasan	Q Peak Blok Total Limpasan	Q min	Q Rata ² Akumulatif	Q Peak Akumulatif	Q min
		%	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik
1-7	Blok 1	8.4	0.00014	0.00022	0.00003	0.00014	0.0002	0.00003
2-8	Blok 1	16.3	0.00027	0.00043	0.00005	0.00027	0.0004	0.00005
3-9	Blok 1	19.2	0.00032	0.00051	0.00006	0.00032	0.0005	0.00006
4-10	Blok 1	20.1	0.00034	0.00053	0.00007	0.00034	0.0005	0.00007
5-11	Blok 1	15.9	0.00027	0.00042	0.00005	0.00027	0.0004	0.00005
6-12	Blok 1	20.1	0.00034	0.00053	0.00007	0.00034	0.0005	0.00007
7a-7	Blok 5	5.2	0.00008	0.00013	0.00002	0.00008	0.0001	0.00002
14-8	Blok 5	8.2	0.00013	0.00021	0.00003	0.00013	0.0002	0.00003
15-9	Blok 5	14.7	0.00024	0.00038	0.00005	0.00024	0.0004	0.00005
16-10	Blok 5	8.2	0.00013	0.00021	0.00003	0.00013	0.0002	0.00003
17-11	Blok 5	7.8	0.00013	0.00020	0.00002	0.00013	0.0002	0.00002
18-12	Blok 5	9.1	0.00015	0.00023	0.00003	0.00015	0.0002	0.00003
7-8	1-7	100	0.00014	0.00022	0.00003	0.00022	0.00036	0.00004
	13-7	100	0.00008	0.00013	0.00002			
8-9	7-8	100	0.00022	0.00036	0.00004	0.00063	0.00100	0.00012
	2-8	100	0.00027	0.00043	0.00005			
	14-8	100	0.00013	0.00021	0.00003			
9-10	8-9	100	0.00063	0.00100	0.00012	0.00119	0.00189	0.00024
	3-9	100	0.00032	0.00051	0.00006			
	15-9	100	0.00024	0.00038	0.00005			
10-11	9-10	100	0.00119	0.00189	0.00024	0.00166	0.00263	0.00033
	4-10	100	0.00034	0.00053	0.00007			
	16-10	100	0.00013	0.00021	0.00003			
11-12	10-11	100	0.00166	0.00263	0.00033	0.00206	0.00325	0.00041
	5-11	100	0.00027	0.00042	0.00005			
	17-11	100	0.00013	0.00020	0.00002			
12-13	11-12	100	0.00206	0.00325	0.00041	0.00254	0.00402	0.00050
	6-12	100	0.00034	0.00053	0.00007			
	18-12	100	0.00015	0.00023	0.00003			
29-19	Blok 2	9.3	0.00020	0.00031	0.00004	0.00020	0.00031	0.00004
30-20	Blok 2	6.4	0.00014	0.00021	0.00003	0.00014	0.00021	0.00003
31-21	Blok 2	2.2	0.00005	0.00007	0.00001	0.00005	0.00007	0.00001
32-22	Blok 2	10.2	0.00022	0.00034	0.00005	0.00022	0.00034	0.00005
33-23	Blok 2	11.2	0.00025	0.00037	0.00005	0.00025	0.00037	0.00005
34-24	Blok 2	11.5	0.00025	0.00038	0.00005	0.00025	0.00038	0.00005
35-25	Blok 2	9.9	0.00022	0.00033	0.00005	0.00022	0.00033	0.00005
36-26	Blok 2	8.3	0.00018	0.00027	0.00004	0.00018	0.00027	0.00004
37-27	Blok 2	9.6	0.00021	0.00032	0.00004	0.00021	0.00032	0.00004
19-20	29-19	100.0	0.00020	0.00031	0.00004	0.00020	0.00031	0.00004
20-21	19-20	100.0	0.00020	0.00031	0.00004	0.00034	0.00052	0.00007
	30-20	100.0	0.00014	0.00021	0.00003			
21-22	20-21	100.0	0.00034	0.00052	0.00007	0.00039	0.00059	0.00008
	31-21	100.0	0.00005	0.00007	0.00001			

22-23	21-22	100.0	0.00039	0.00059	0.00008	0.00062	0.00093	0.00013
	32-22	100.0	0.00022	0.00034	0.00005			
23-24	22-23	100.0	0.00062	0.00093	0.00013	0.00086	0.00130	0.00018
	33-23	100.0	0.00025	0.00037	0.00005			
24-25	23-24	100.0	0.00086	0.00130	0.00018	0.00112	0.00168	0.00023
	34-24	100.0	0.00025	0.00038	0.00005			
25-26	24-25	100.0	0.00112	0.00168	0.00023	0.00133	0.00201	0.00028
	35-25	100.0	0.00022	0.00033	0.00005			
26-27	25-26	100.0	0.00133	0.00201	0.00028	0.00152	0.00228	0.00032
	36-26	100.0	0.00018	0.00027	0.00004			
27-28	26-27	100.0	0.00152	0.00228	0.00032	0.00173	0.00260	0.00036
	37-27	100.0	0.00021	0.00032	0.00004			
28a-28	Blok 3	4.9	0.00024	0.00032	0.00006	0.00024	0.00032	0.00006
38a-38	Blok 3	10.2	0.00050	0.00067	0.00012	0.00050	0.00067	0.00012
39a-39	Blok 3	9.9	0.00048	0.00065	0.00012	0.00048	0.00065	0.00012
40a-40	Blok 3	12.7	0.00062	0.00083	0.00015	0.00062	0.00083	0.00015
41a-41	Blok 3	12.2	0.00060	0.00080	0.00015	0.00060	0.00080	0.00015
42a-42	Blok 3	13.4	0.00065	0.00087	0.00016	0.00065	0.00087	0.00016
43a-43	Blok 3	6.9	0.00034	0.00045	0.00008	0.00034	0.00045	0.00008
44a-44	Blok 3	11.8	0.00058	0.00077	0.00014	0.00058	0.00077	0.00014
45a-45	Blok 3	12.2	0.00060	0.00080	0.00015	0.00060	0.00080	0.00015
46a-46	Blok 3	5.8	0.00028	0.00038	0.00007	0.00028	0.00038	0.00007
28-38	Blok 2	2.2	0.00005	0.00007	0.00001	0.00201	0.00299	0.00043
	27-28	100.0	0.00173	0.00260	0.00036			
	47-28	100	0.00024	0.00032	0.00006			
38-39	Blok 2	1.6	0.00004	0.00005	0.00001	0.00255	0.00371	0.00056
	28-38	100	0.00201	0.00299	0.00043			
	48-38	100	0.00050	0.00067	0.00012			
39-40	Blok 2	1.9	0.00004	0.00006	0.00001	0.00307	0.00443	0.00069
	38-39	100	0.00255	0.00371	0.00056			
	49-39	100	0.00048	0.00065	0.00012			
40-41	39-40	100	0.00307	0.00443	0.00069	0.00369	0.00525	0.00084
	50-40	100	0.00062	0.00083	0.00015			
41-42	40-41	100	0.00369	0.00525	0.00084	0.00429	0.00605	0.00098
	51-41	100	0.00060	0.00080	0.00015			
42-43	41-42	100	0.00429	0.00605	0.00098	0.00494	0.00693	0.00114
	52-42	100	0.00065	0.00087	0.00016			
43-44	42-43	100	0.00494	0.00693	0.00114	0.00528	0.00738	0.00123
	53-43	100	0.00034	0.00045	0.00008			
44-45	43-44	100	0.00528	0.00738	0.00123	0.00585	0.00815	0.00137
	54-44	100	0.00058	0.00077	0.00014			
45-46	44-45	100	0.00585	0.00815	0.00137	0.00645	0.00895	0.00151
	55-45	100	0.00060	0.00080	0.00015			
51-47	Blok 2	15.7	0.00034	0.00052	0.00007	0.00064	0.00094	0.00014
	Blok 4	9.4	0.00029	0.00042	0.00007			
52a-52	Blok 4	18.8	0.00059	0.00084	0.00013	0.00059	0.00084	0.00013
53a-53	Blok 4	20.8	0.00065	0.00093	0.00015	0.00065	0.00093	0.00015
54-48	Blok 4	15.7	0.00049	0.00070	0.00011	0.00049	0.00070	0.00011
55-49	Blok 4	23.0	0.00072	0.00103	0.00016	0.00072	0.00103	0.00016
47-13	51-47	100.0	0.00064	0.00094	0.00014	0.00064	0.00094	0.00014

53-52	53a-53	100.0	0.00065	0.00093	0.00015	0.00065	0.00093	0.00015
52-13	Blok 4	1.8	0.00006	0.00008	0.00001	0.00130	0.00185	0.00029
	52a-52	100.0	0.00059	0.00084	0.00013			
	53-52	100.0	0.00065	0.00093	0.00015			
13-48	Blok 5	5.2	0.00008	0.00013	0.00002	0.00456	0.00694	0.00095
	12-13	100.0	0.00254	0.00402	0.00050			
	47-13	100.0	0.00064	0.00094	0.00014			
	52-13	100.0	0.00130	0.00185	0.00029			
48-49	13-48	100.0	0.00456	0.00694	0.00095	0.00505	0.00764	0.00106
	54-48	100.0	0.00049	0.00070	0.00011			
49-50	48-49	100.0	0.00505	0.00764	0.00106	0.00577	0.00866	0.00122
	55-49	100.0	0.00072	0.00103	0.00016			
46-56	Blok 4	1.8	0.00006	0.00008	0.00001	0.00650	0.00903	0.00153
	45-46	100.0	0.00645	0.00895	0.00151			
50-56	Blok 4	8.7	0.00027	0.00039	0.00006	0.00605	0.00905	0.00128
	49-50	100.0	0.00577	0.00866	0.00122			
67-58	Blok 6	9.6	0.00065	0.00084	0.00017	0.00065	0.00084	0.00017
68-59	Blok 6	9.6	0.00065	0.00084	0.00017	0.00065	0.00084	0.00017
69-60	Blok 6	10.2	0.00069	0.00089	0.00018	0.00069	0.00089	0.00018
70-61	Blok 6	11.7	0.00079	0.00102	0.00021	0.00079	0.00102	0.00021
71-62	Blok 6	11.5	0.00078	0.00100	0.00020	0.00078	0.00100	0.00020
72-63	Blok 6	13.1	0.00088	0.00114	0.00023	0.00088	0.00114	0.00023
73-64	Blok 6	12.3	0.00083	0.00108	0.00022	0.00083	0.00108	0.00022
74-65	Blok 6	4.4	0.00029	0.00038	0.00008	0.00029	0.00038	0.00008
75-66	Blok 6	12.7	0.00086	0.00111	0.00023	0.00086	0.00111	0.00023
66-65	75-66	100.0	0.00086	0.00111	0.00023	0.00086	0.00111	0.00023
65-64	66-65	100.0	0.00086	0.00111	0.00023	0.00116	0.00149	0.00030
	74-65	100.0	0.00029	0.00038	0.00008			
64-63	65-64	100.0	0.00116	0.00149	0.00030	0.00199	0.00257	0.00052
	73-64	100.0	0.00083	0.00108	0.00022			
63-62	64-63	100.0	0.00199	0.00257	0.00052	0.00288	0.00371	0.00075
	72-63	100.0	0.00088	0.00114	0.00023			
62-61	63-62	100.0	0.00288	0.00371	0.00075	0.00365	0.00471	0.00096
	71-62	100.0	0.00078	0.00100	0.00020			
61-60	62-61	100.0	0.00365	0.00471	0.00096	0.00445	0.00573	0.00117
	70-61	100.0	0.00079	0.00102	0.00021			
60-59	61-60	100.0	0.00445	0.00573	0.00117	0.00513	0.00662	0.00135
	69-60	100.0	0.00069	0.00089	0.00018			
59-58	60-59	100.0	0.00513	0.00662	0.00135	0.00579	0.00746	0.00152
	68-59	100.0	0.00065	0.00084	0.00017			
58-57	59-58	100.0	0.00579	0.00746	0.00152	0.00644	0.00830	0.00169
	67-58	100.0	0.00065	0.00084	0.00017			
56-57	Blok 6	4.9	0.00033	0.00042	0.00009	0.01327	0.01904	0.00299
	Blok 7	9.3	0.00039	0.00053	0.00009			
	46-56	100.0	0.00650	0.00903	0.00153			
	50-56	100.0	0.00605	0.00905	0.00128			
57-76	Blok 7	4.6	0.00019	0.00026	0.00005	0.01989	0.02760	0.00472
	56-57	100.0	0.01327	0.01904	0.00299			
	58-57	100.0	0.00644	0.00830	0.00169			
77a-77	Blok 7	10.8	0.00045	0.00061	0.00011	0.00045	0.00061	0.00011

78a-78	Blok 7	9.0	0.00037	0.00051	0.00009	0.00037	0.00051	0.00009
79a-79	Blok 7	13.3	0.00055	0.00076	0.00013	0.00055	0.00076	0.00013
79-78	79a-79	100.0	0.00055	0.00076	0.00013	0.00055	0.00076	0.00013
78-77	78a-78	100.0	0.00037	0.00051	0.00009	0.00093	0.00127	0.00022
	79-78	100.0	0.00055	0.00076	0.00013			
77-76	77a-77	100.0	0.00045	0.00061	0.00011	0.00137	0.00188	0.00033
	78-77	100.0	0.00093	0.00127	0.00022			
76-80	Blok 7	4.6	0.00019	0.00026	0.00005	0.02146	0.02974	0.00509
	57-76	100.0	0.01989	0.02760	0.00472			
	77-76	100.0	0.00137	0.00188	0.00033			
80a-80	Blok 7	2.9	0.00012	0.00016	0.00003	0.00012	0.00016	0.00003
81a-81	Blok 7	9.8	0.00041	0.00056	0.00010	0.00041	0.00056	0.00010
82a-82	Blok 7	8.1	0.00034	0.00046	0.00008	0.00034	0.00046	0.00008
83a-83	Blok 7	9.6	0.00040	0.00055	0.00010	0.00040	0.00055	0.00010
84a-84	Blok 7	9.5	0.00039	0.00054	0.00009	0.00039	0.00054	0.00009
86b-86	Blok 7	3.4	0.00014	0.00019	0.00003	0.00014	0.00019	0.00003
86a-86	Blok 7	5.2	0.00022	0.00030	0.00005	0.00022	0.00030	0.00005
80-81	76-80	100.0	0.02146	0.02974	0.00509	0.02158	0.02990	0.00512
	80a-80	100.0	0.00012	0.00016	0.00003			
81-82	80-81	100.0	0.02158	0.02990	0.00512	0.02198	0.03046	0.00522
	81a-81	100.0	0.00041	0.00056	0.00010			
82-83	81-82	100.0	0.02198	0.03046	0.00522	0.02232	0.03092	0.00530
	82a-82	100.0	0.00034	0.00046	0.00008			
83-84	82-83	100.0	0.02232	0.03092	0.00530	0.02272	0.03146	0.00539
	83a-83	100.0	0.00040	0.00055	0.00010			
84-85	83-84	100.0	0.02272	0.03146	0.00539	0.02311	0.03200	0.00549
	84a-84	100.0	0.00039	0.00054	0.00009			
86-85	86b-86	100.0	0.00014	0.00019	0.00003	0.00036	0.00049	0.00009
	86a-86	100.0	0.00022	0.00030	0.00005			
89a-89	Blok 5	8.2	0.00013	0.00021	0.00003	0.00013	0.00021	0.00003
89b-89	Blok 5	29.7	0.00048	0.00077	0.00010	0.00048	0.00077	0.00010
89-88	89a-89	100.0	0.00013	0.00021	0.00003	0.00062	0.00098	0.00012
	89b-89	100.0	0.00048	0.00077	0.00010			
88-87	Blok 5	2.6	0.00004	0.00007	0.00001	0.00066	0.00105	0.00013
	89-88	100.0	0.00062	0.00098	0.00012			
87-85	Blok 5	3.0	0.00005	0.00008	0.00001	0.00071	0.00112	0.00014
	88-87	100.0	0.00066	0.00105	0.00013			
85-IPAL	84-85	100.0	0.02311	0.03200	0.00549	0.02418	0.03362	0.00571
	86-85	100.0	0.00036	0.00049	0.00009			
	87-85	100.0	0.00071	0.00112	0.00014			

Tabel 2 Perhitungan Pembebanan Kelurahan Pacar Kembang

Jalur Pipa	Asal Limpasan	Persentase Limpasan Blok	Q Rata ² Total Blok Limpasan	Q Peak Blok Total Limpasan	Q min	Q Rata ² Akumulatif	Q Peak Akumulatif	Q min
		%	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik
1-7	Blok 1	8.4	0.00014	0.00022	0.00003	0.00014	0.0002	0.00003
2-8	Blok 1	14.5	0.00024	0.00038	0.00005	0.00024	0.0004	0.00005
5-10	Blok 1	12.5	0.00021	0.00033	0.00005	0.00021	0.0003	0.00005
3-6	Blok 1	3.5	0.00006	0.00009	0.00001	0.00006	0.0001	0.00001
6a-6	Blok 1	2.3	0.00004	0.00006	0.00001	0.00004	0.0001	0.00001
6-11	3-6	100.0	0.00006	0.00009	0.00001	0.00031	0.00049	0.00007
	6a-6	100.0	0.00004	0.00006	0.00001			
	Blok 1	12.9	0.00022	0.00034	0.00005			
4-12	Blok 1	19.3	0.00032	0.00050	0.00007	0.00032	0.00050	0.00007
17a-17	Blok 2	5.8	0.00026	0.00034	0.00000	0.00026	0.0003	0.00000
18a-18	Blok 2	9.9	0.00043	0.00057	0.00000	0.00043	0.0006	0.00000
18-17	18a-18	100.0	0.00043	0.00057	0.00000	0.00046	0.00060	0.00000
	Blok 2	0.5	0.00002	0.00003	0.00000			
17-7	17a-17	100.0	0.00026	0.00034	0.00000	0.00077	0.00101	0.00000
	18-17	100.0	0.00046	0.00060	0.00000			
	Blok 2	1.3	0.00006	0.00007	0.00000			
19-9	Blok 2	12.4	0.00054	0.00072	0.00000	0.00054	0.0007	0.00000
20a-20	Blok 2	9.0	0.00039	0.00052	0.00000	0.00039	0.0005	0.00000
21a-21	Blok 2	7.3	0.00032	0.00043	0.00000	0.00032	0.0004	0.00000
21-20	21a-21	100.0	0.00032	0.00043	0.00000	0.00040	0.00053	0.00000
	Blok 2	1.8	0.00008	0.00010	0.00000			
20-11	20a-20	100.0	0.00039	0.00052	0.00000	0.00079	0.00105	0.00000
	21-20	100.0	0.00040	0.00053	0.00000			
22-13	Blok 2	11.5	0.00051	0.00067	0.00000	0.00051	0.0007	0.00000
23-14	Blok 2	9.5	0.00042	0.00055	0.00000	0.00042	0.0005	0.00000
24-15	Blok 2	6.3	0.00028	0.00037	0.00000	0.00028	0.0004	0.00000
25-16	Blok 2	10.5	0.00046	0.00061	0.00000	0.00046	0.0006	0.00000
7-8	Blok 2	0.5	0.00002	0.00003	0.00000	0.00093	0.00126	0.00003
	1-7	100	0.00014	0.00022	0.00003			
	17-7	100	0.00077	0.00101	0.00000			
8-9	Blok 2	0.6	0.00003	0.00004	0.00000	0.00120	0.00041	0.00005
	2-8	100	0.00024	0.00038	0.00005			
	7-8	100	0.00093	0.00000	0.00000			
9-10	8-9	100	0.00000	0.00000	0.00000	0.00054	0.00072	0.00000
	19-9	100	0.00054	0.00072	0.00000			
10-11	5-10	100	0.00021	0.00033	0.00005	0.00075	0.00105	0.00005
	9-10	100	0.00054	0.00072	0.00000			
11-12	Blok 2	0.5	0.00002	0.00003	0.00000	0.00188	0.00261	0.00011
	6-11	100	0.00031	0.00049	0.00007			
	20-11	100	0.00079	0.00105	0.00000			
	10-11	100	0.00075	0.00105	0.00005			
12-13	Blok 1	1.6	0.00003	0.00004	0.00001	0.00025	0.00032	0.00012
	Blok 2	0.4	0.00002	0.00002	0.00000			

14-15	4-12	100	0.00032	0.00055	0.00000	0.00225	0.00322	0.00012
	11-12	100	0.00188	0.00261	0.00011			
13-14	Blok 1	1.3	0.00002	0.00003	0.00000	0.00278	0.00392	0.00012
	12-13	100	0.00225	0.00322	0.00012			
	22-13	100	0.00051	0.00067	0.00000			
14-15	Blok 1	1.6	0.00003	0.00004	0.00001	0.00469	0.00657	0.00024
	23-14	100.0	0.00188	0.00261	0.00011			
	13-14	100.0	0.00278	0.00392	0.00012			
15-16	14-15	100.0	0.00469	0.00657	0.00024	0.00497	0.00694	0.00024
	24-15	100.0	0.00028	0.00037	0.00000			
16-28	Blok 1	1.9	0.00003	0.00005	0.00001	0.00546	0.00760	0.00025
	15-16	100.0	0.00497	0.00694	0.00024			
	25-16	100.0	0.00046	0.00061	0.00000			
26a-26	Blok 1	6.4	0.00011	0.00017	0.00002	0.00011	0.00017	0.00002
26-27	Blok 1	4.2	0.00007	0.00011	0.00002	0.00025	0.00044	0.00006
	Blok 5	4.4	0.00007	0.00016	0.00003			
	26a-26	100.0	0.00011	0.00017	0.00002			
27b-27a	Blok 1	3.9	0.00006	0.00010	0.00001	0.00006	0.00010	0.00001
27a-27	Blok 1	3.5	0.00006	0.00009	0.00001	0.00012	0.00019	0.00003
	27b-27a	100.0	0.00006	0.00010	0.00001			
27-28	Blok 1	2.9	0.00005	0.00008	0.00001	0.00043	0.00073	0.00011
	Blok 5	0.6	0.00001	0.00002	0.00000			
	26-27	100.0	0.00025	0.00044	0.00006			
	27a-27	100.0	0.00012	0.00019	0.00003			
28-41	16-28	100.0	0.00546	0.00760	0.00025	0.00589	0.00833	0.00035
	27-28	100.0	0.00043	0.00073	0.00011			
41a-41	Blok 5	7.6	0.00012	0.00028	0.00005	0.00012	0.00028	0.00005
41-29	Blok 2	0.8	0.00003	0.00004	0.00000	0.00605	0.00866	0.00040
	28-41	100.0	0.00589	0.00833	0.00035			
	41a-41	100.0	0.00012	0.00028	0.00005			
29b-29a	Blok 2	4.9	0.00022	0.00029	0.00000	0.00022	0.00029	0.00000
29a-29	29b-29a	100.0	0.00022	0.00029	0.00000	0.00022	0.00029	0.00000
29-42	Blok 2	2.5	0.00011	0.00015	0.00000	0.00638	0.00909	0.00040
	41-29	100.0	0.00605	0.00866	0.00040			
	29a-29	100.0	0.00022	0.00029	0.00000			
42a-42	Blok 7	5.1	0.00019	0.00025	0.00005	0.00019	0.00025	0.00005
42-30	Blok 2	0.8	0.00003	0.00004	0.00000	0.00660	0.00939	0.00045
	29-42	100.0	0.00638	0.00909	0.00040			
	42a-42	100.0	0.00019	0.00025	0.00005			
30a-30	Blok 3	8.0	0.00021	0.00030	0.00005	0.00021	0.00030	0.00005
30-43	42-30	100.0	0.00660	0.00939	0.00045	0.00681	0.00969	0.00049
	30a-30	100.0	0.00021	0.00030	0.00005			
43a-43	Blok 7	5.4	0.00020	0.00027	0.00005	0.00020	0.00027	0.00005
43-40	30-43	100.0	0.00681	0.00969	0.00049	0.00701	0.00996	0.00054
	43a-43	100.0	0.00020	0.00027	0.00005			
31a-31	Blok 3	11.4	0.00030	0.00042	0.00007	0.00030	0.00042	0.00007
32a-32	Blok 3	16.0	0.00042	0.00060	0.00010	0.00042	0.00060	0.00010
33a-33	Blok 3	14.7	0.00039	0.00055	0.00009	0.00039	0.00055	0.00009
34a-34	Blok 3	13.1	0.00034	0.00049	0.00008	0.00034	0.00049	0.00008
35a-35	Blok 3	12.4	0.00033	0.00046	0.00007	0.00033	0.00046	0.00007

36a-36	Blok 3	17.3	0.00046	0.00064	0.00010	0.00046	0.00064	0.00010
31-32	31a-31	100	0.00030	0.00042	0.00007	0.00030	0.00042	0.00007
32-33	32a-32	100	0.00042	0.00060	0.00010	0.00072	0.00102	0.00016
	31-32	100.0	0.00030	0.00042	0.00007			
33-34	33a-33	100	0.00039	0.00055	0.00009	0.00111	0.00157	0.00025
	32-33	100	0.00072	0.00102	0.00016			
34-35	34a-34	100	0.00034	0.00049	0.00008	0.00146	0.00205	0.00033
	33-34	100	0.00111	0.00157	0.00025			
35-36	35a-35	100	0.00033	0.00046	0.00007	0.00178	0.00252	0.00041
	34-35	100	0.00146	0.00205	0.00033			
36-37	36a-36	100	0.00046	0.00064	0.00010	0.00224	0.00316	0.00051
	35-36	100	0.00178	0.00252	0.00041			
37a-37	Blok 4	3.8	0.00014	0.00019	0.00004	0.00014	0.00019	0.00004
38a-38	Blok 4	6.7	0.00026	0.00034	0.00006	0.00026	0.00034	0.00006
39a-39	Blok 4	5.0	0.00019	0.00025	0.00005	0.00019	0.00025	0.00005
37-38	Blok 3	1.7	0.00004	0.00006	0.00001	0.00245	0.00345	0.00056
	Blok 4	0.6	0.00002	0.00003	0.00001			
	36-37	100	0.00224	0.00316	0.00051			
	37a-37	100	0.00014	0.00019	0.00004			
38-39	Blok 3	0.6	0.00002	0.00002	0.00000	0.00272	0.00381	0.00063
	37-38	100.0	0.00245	0.00345	0.00056			
	38a-38	100.0	0.00026	0.00034	0.00006			
39-40	Blok 3	4.8	0.00013	0.00018	0.00003	0.00301	0.00421	0.00069
	Blok 4	4.2	0.00016	0.00022	0.00004			
	38-39	100.0	0.00272	0.00381	0.00063			
40-82	Blok 4	4.1	0.00016	0.00021	0.00004	0.01034	0.01459	0.00131
	Blok 7	4.3	0.00016	0.00022	0.00004			
	43-40	100.0	0.00701	0.00996	0.00054			
	39-40	100.0	0.00301	0.00421	0.00069			
44a-44	Blok 5	0.8	0.00001	0.00003	0.00001	0.00001	0.00003	0.00001
44-45	Blok 5	11.0	0.00018	0.00041	0.00007	0.00019	0.00044	0.00007
	44a-44	100.0	0.00001	0.00003	0.00001			
45a-45	Blok 5	2.5	0.00004	0.00009	0.00002	0.00004	0.00009	0.00002
46b-46a	Blok 5	7.2	0.00012	0.00027	0.00004	0.00012	0.00027	0.00004
46a-46	Blok 5	1.9	0.00003	0.00007	0.00001	0.00015	0.00034	0.00005
	46b-46a	100.0	0.00012	0.00027	0.00004			
48a-48	Blok 5	3.4	0.00006	0.00013	0.00002	0.00006	0.00013	0.00002
49a-49	Blok 6	2.4	0.00008	0.00011	0.00002	0.00008	0.00011	0.00002
50b-50a	Blok 6	3.9	0.00013	0.00018	0.00003	0.00013	0.00018	0.00003
50a-50	Blok 6	1.4	0.00004	0.00006	0.00001	0.00017	0.00024	0.00004
	50b-50a	100.0	0.00013	0.00018	0.00003			
45-46	Blok 5	1.1	0.00002	0.00004	0.00001	0.00025	0.00057	0.00009
	44-45	100.0	0.00019	0.00044	0.00007			
	45a-45	100.0	0.00004	0.00009	0.00002			
46-47	Blok 5	2.7	0.00004	0.00010	0.00002	0.00044	0.00101	0.00016
	45-46	100.0	0.00025	0.00057	0.00009			
	46a-46	100.0	0.00015	0.00034	0.00005			
48-49	Blok 5	2.3	0.00004	0.00009	0.00001	0.00019	0.00034	0.00006
	Blok 6	2.9	0.00009	0.00013	0.00002			
	48a-48	100.0	0.00006	0.00013	0.00002			

49-50	Blok 5	2.1	0.00003	0.00008	0.00001	0.00034	0.00058	0.00010
	Blok 6	1.2	0.00004	0.00005	0.00001			
	49a-49	100.0	0.00008	0.00011	0.00002			
	48-49	100.0	0.00019	0.00034	0.00006			
50-47	Blok 5	3.4	0.00006	0.00013	0.00002	0.00065	0.00106	0.00018
	Blok 6	2.6	0.00008	0.00011	0.00002			
	50a-50	100.0	0.00017	0.00024	0.00004			
	49-50	100.0	0.00034	0.00058	0.00010			
51a-51	Blok 6	5.5	0.00018	0.00024	0.00004	0.00018	0.00024	0.00004
52a-52	Blok 6	8.0	0.00026	0.00036	0.00006	0.00026	0.00036	0.00006
53a-53	Blok 5	8.0	0.00013	0.00030	0.00005	0.00013	0.00030	0.00005
54a-54	Blok 5	4.4	0.00007	0.00016	0.00003	0.00007	0.00016	0.00003
55a-55	Blok 5	8.0	0.00013	0.00030	0.00005	0.00013	0.00030	0.00005
56a-56	Blok 5	7.4	0.00012	0.00027	0.00004	0.00012	0.00027	0.00004
57a-57	Blok 5	7.4	0.00012	0.00027	0.00004	0.00012	0.00027	0.00004
58a-58	Blok 5	7.6	0.00012	0.00028	0.00005	0.00012	0.00028	0.00005
59a-59	Blok 5	4.2	0.00007	0.00016	0.00003	0.00017	0.00029	0.00005
	Blok 7	2.7	0.00010	0.00013	0.00002			
47-51	Blok 5	0.6	0.00001	0.00002	0.00000	0.00113	0.00213	0.00035
	Blok 6	0.9	0.00003	0.00004	0.00001			
	46-47	100.0	0.00044	0.00101	0.00016			
	50-47	100.0	0.00065	0.00106	0.00018			
51-52	Blok 5	0.6	0.00001	0.00002	0.00000	0.00134	0.00242	0.00040
	Blok 6	0.5	0.00002	0.00002	0.00000			
	51a-51	100.0	0.00018	0.00024	0.00004			
	47-51	100.0	0.00113	0.00213	0.00035			
52-53	Blok 5	0.6	0.00001	0.00002	0.00000	0.00162	0.00282	0.00047
	Blok 6	0.5	0.00002	0.00002	0.00000			
	52a-52	100.0	0.00026	0.00036	0.00006			
	51-52	100.0	0.00134	0.00242	0.00040			
53-54	Blok 6	0.3	0.00001	0.00002	0.00000	0.00177	0.00314	0.00052
	53a-53	100.0	0.00013	0.00030	0.00005			
	52-53	100.0	0.00162	0.00282	0.00047			
54-55	54a-54	100.0	0.00007	0.00016	0.00003	0.00184	0.00330	0.00055
	53-54	100.0	0.00177	0.00314	0.00052			
59-58	Blok 7	0.4	0.00002	0.00002	0.00000	0.00019	0.00031	0.00005
	59a-59	100.0	0.00017	0.00029	0.00005			
58-57	58a-58	100.0	0.00012	0.00028	0.00005	0.00031	0.00060	0.00010
	59-58	100.0	0.00019	0.00031	0.00005			
57-56	Blok 6	0.3	0.00001	0.00002	0.00000	0.00044	0.00089	0.00015
	57a-57	100.0	0.00012	0.00027	0.00004			
	58-57	100.0	0.00031	0.00060	0.00010			
56-55	Blok 6	0.7	0.00002	0.00003	0.00001	0.00058	0.00119	0.00020
	56a-56	100.0	0.00012	0.00027	0.00004			
	57-56	100.0	0.00044	0.00089	0.00015			
55-67	Blok 6	7.4	0.00024	0.00033	0.00006	0.00279	0.00512	0.00085
	55a-55	100.0	0.00013	0.00030	0.00005			
	54-55	100.0	0.00184	0.00330	0.00055			
	56-55	100.0	0.00058	0.00119	0.00020			
60a-60	Blok 6	1.4	0.00004	0.00006	0.00001	0.00004	0.00006	0.00001

61b-61a	Blok 6	4.8	0.00016	0.00021	0.00004	0.00016	0.00021	0.00004
61a-61	Blok 6	1.9	0.00006	0.00008	0.00001	0.00022	0.00030	0.00005
	61b-61a	100.0	0.00016	0.00021	0.00004			
62b-62a	Blok 6	6.8	0.00022	0.00030	0.00005	0.00022	0.00030	0.00005
62a-62	Blok 6	2.7	0.00009	0.00012	0.00002	0.00031	0.00043	0.00007
	62b-62a	100.0	0.00022	0.00030	0.00005			
63a-63	Blok 6	1.4	0.00004	0.00006	0.00001	0.00004	0.00006	0.00001
66a-66	Blok 6	2.4	0.00008	0.00011	0.00002	0.00008	0.00011	0.00002
60-61	Blok 6	4.6	0.00015	0.00021	0.00004	0.00019	0.00027	0.00005
	60a-60	100.0	0.00004	0.00006	0.00001			
61-62	Blok 6	5.3	0.00017	0.00024	0.00004	0.00058	0.00080	0.00014
	61a-61	100.0	0.00022	0.00030	0.00005			
	60-61	100.0	0.00019	0.00027	0.00005			
62-63	Blok 6	4.3	0.00014	0.00019	0.00003	0.00103	0.00142	0.00024
	62a-62	100.0	0.00031	0.00043	0.00007			
	61-62	100.0	0.00058	0.00080	0.00014			
63-64	Blok 6	4.8	0.00016	0.00021	0.00004	0.00123	0.00169	0.00029
	63a-63	100.0	0.00004	0.00006	0.00001			
	62-63	100.0	0.00103	0.00142	0.00024			
64-65	Blok 6	3.8	0.00012	0.00017	0.00003	0.00136	0.00186	0.00032
	63-64	100.0	0.00123	0.00169	0.00029			
66-65	Blok 6	10.6	0.00034	0.00047	0.00008	0.00042	0.00058	0.00010
	66a-66	100.0	0.00008	0.00011	0.00002			
65-67	Blok 6	1.0	0.00003	0.00005	0.00001	0.00181	0.00248	0.00043
	64-65	100.0	0.00136	0.00186	0.00032			
	66-65	100.0	0.00042	0.00058	0.00010			
67-68	Blok 6	0.9	0.00003	0.00004	0.00001	0.00463	0.00764	0.00128
	55-67	100.0	0.00279	0.00512	0.00085			
	65-67	100.0	0.00181	0.00248	0.00043			
68a-68	Blok 6	3.9	0.00013	0.00018	0.00003	0.00023	0.00031	0.00005
	Blok 7	2.7	0.00010	0.00013	0.00002			
69a-69	Blok 7	6.1	0.00023	0.00031	0.00006	0.00023	0.00031	0.00006
70a-70	Blok 7	7.7	0.00029	0.00039	0.00007	0.00029	0.00039	0.00007
71a-71	Blok 7	7.7	0.00029	0.00039	0.00007	0.00029	0.00039	0.00007
72a-72	Blok 7	6.4	0.00024	0.00032	0.00006	0.00024	0.00032	0.00006
73a-73	Blok 7	4.9	0.00018	0.00025	0.00004	0.00018	0.00025	0.00004
68-69	67-68	100	0.00463	0.00764	0.00128	0.00486	0.00795	0.00134
	68a-68	100	0.00023	0.00031	0.00005			
69-70	68-69	100	0.00486	0.00795	0.00134	0.00509	0.00826	0.00139
	69a-69	100	0.00023	0.00031	0.00006			
70-71	69-70	100	0.00509	0.00826	0.00139	0.00537	0.00865	0.00146
	70a-70	100	0.00029	0.00039	0.00007			
71-72	70-71	100	0.00537	0.00865	0.00146	0.00566	0.00904	0.00153
	71a-71	100	0.00029	0.00039	0.00007			
72-73	71-72	100	0.00566	0.00904	0.00153	0.00590	0.00936	0.00159
	72a-72	100	0.00024	0.00032	0.00006			
73-87	Blok 6	1.7	0.00006	0.00008	0.00001	0.00614	0.00968	0.00165
	73a-73	100	0.00018	0.00025	0.00004			
	72-73	100	0.00590	0.00936	0.00159			
74a-74	Blok 7	6.9	0.00026	0.00034	0.00006	0.00026	0.00034	0.00006

74b-74	Blok 7	3.6	0.00013	0.00018	0.00003	0.00013	0.00018	0.00003
75a-75	Blok 7	5.7	0.00021	0.00028	0.00005	0.00021	0.00028	0.00005
76a-76	Blok 7	4.2	0.00016	0.00021	0.00004	0.00016	0.00021	0.00004
77a-77	Blok 7	5.4	0.00020	0.00027	0.00005	0.00020	0.00027	0.00005
79a-79	Blok 7	6.3	0.00023	0.00031	0.00006	0.00023	0.00031	0.00006
81a-81	Blok 7	9.8	0.00037	0.00049	0.00009	0.00037	0.00049	0.00009
74-75	74a-74	100	0.00026	0.00034	0.00006	0.00039	0.00052	0.00009
	74b-74	100	0.00013	0.00018	0.00003			
75-76	74-75	100	0.00039	0.00052	0.00009	0.00060	0.00081	0.00015
	75a-75	100	0.00021	0.00028	0.00005			
76-77	75-76	100	0.00060	0.00081	0.00015	0.00076	0.00102	0.00018
	76a-76	100	0.00016	0.00021	0.00004			
77-78	76-77	100	0.00076	0.00102	0.00018	0.00096	0.00129	0.00023
	77a-77	100	0.00020	0.00027	0.00005			
79-78	79a-79	100	0.00023	0.00031	0.00006	0.00023	0.00031	0.00006
78-80	Blok 7	0.9	0.00003	0.00004	0.00001	0.00122	0.00165	0.00030
	77-78	100	0.00096	0.00129	0.00023			
	79-78	100	0.00023	0.00031	0.00006			
80-81	Blok 7	0.3	0.00001	0.00001	0.00000	0.00123	0.00166	0.00030
	78-80	100	0.00122	0.00165	0.00030			
81-82	Blok 7	0.3	0.00001	0.00001	0.00000	0.00124	0.00168	0.00030
	80-81	100	0.00123	0.00166	0.00030			
82-83	Blok 7	0.3	0.00001	0.00001	0.00000	0.01160	0.01628	0.00162
	40-82	100	0.01034	0.01459	0.00131			
	81-82	100	0.00124	0.00168	0.00030			
83a-83	Blok 4	8.9	0.00034	0.00046	0.00008	0.00034	0.00046	0.00008
84a-84	Blok 4	10.5	0.00040	0.00054	0.00010	0.00040	0.00054	0.00010
86a-86	Blok 4	11.3	0.00043	0.00057	0.00010	0.00043	0.00057	0.00010
88a-88	Blok 4	10.0	0.00038	0.00051	0.00009	0.00038	0.00051	0.00009
89a-89	Blok 4	9.5	0.00036	0.00049	0.00009	0.00036	0.00049	0.00009
90a-90	Blok 4	6.6	0.00025	0.00034	0.00006	0.00025	0.00034	0.00006
83-84	82-83	100	0.01160	0.01628	0.00162	0.01193	0.01674	0.00170
	83a-83	100	0.00034	0.00046	0.00008			
84-85	84a-84	100	0.00040	0.00054	0.00010	0.01233	0.01727	0.00180
	83-84	100	0.01193	0.01674	0.00170			
86-85	86a-86	100	0.00043	0.00057	0.00010	0.00043	0.00057	0.00010
85-87	84-85	100	0.01233	0.01727	0.00180	0.01276	0.01785	0.00191
	86-85	100	0.00043	0.00057	0.00010			
87-88	73-87	100	0.00614	0.00968	0.00165	0.01890	0.02753	0.00356
	85-87	100	0.01276	0.01785	0.00191			
88-89	87-88	100	0.01890	0.02753	0.00356	0.01928	0.02804	0.00365
	88a-88	100	0.00038	0.00051	0.00009			
89-90	88-89	100	0.01928	0.02804	0.00365	0.01964	0.02852	0.00374
	89a-89	100	0.00036	0.00049	0.00009			
90-98	89-90	100	0.01964	0.02852	0.00374	0.01989	0.02886	0.00380
	90a-90	100	0.00025	0.00034	0.00006			
91a-91	Blok 4	5.6	0.00021	0.00028	0.00005	0.00021	0.00028	0.00005
91b-91	Blok 4	2.8	0.00011	0.00014	0.00003	0.00011	0.00014	0.00003
92a-92	Blok 4	3.1	0.00012	0.00016	0.00003	0.00012	0.00016	0.00003
97a-97	Blok 4	1.5	0.00006	0.00007	0.00001	0.00006	0.00007	0.00001

91-92	91a-91	100	0.00021	0.00028	0.00005	0.00032	0.00043	0.00008
	91b-91	100	0.00011	0.00014	0.00003			
92-93	Blok 4	2.3	0.00009	0.00012	0.00002	0.00052	0.00070	0.00013
	91-92	100	0.00032	0.00043	0.00008			
	92a-92	100	0.00012	0.00016	0.00003			
93-94	92-93	100	0.00052	0.00070	0.00013	0.00052	0.00070	0.00013
94-95	Blok 4	0.7	0.00003	0.00004	0.00001	0.00055	0.00074	0.00013
	93-94	100	0.00052	0.00070	0.00013			
95-96	Blok 4	2.3	0.00009	0.00012	0.00002	0.00064	0.00086	0.00016
	94-95	100	0.00055	0.00074	0.00013			
97-96	Blok 4	0.4	0.00002	0.00002	0.00000	0.00007	0.00010	0.00002
	97a-97	100	0.00006	0.00007	0.00001			
96-98	95-96	100	0.00064	0.00086	0.00016	0.00071	0.00096	0.00017
	97-96	100	0.00007	0.00010	0.00002			
98-IPAL	90-98	100	0.01989	0.02886	0.00380	0.02060	0.02981	0.00397
	96-98	100	0.00071	0.00096	0.00017			

Tabel 3 Perhitungan Dimensi Pipa Kelurahan Ploso

Jalur pipa	L pipa (m)	elevasi medan		slope medan m/m	slope rancang m/m	Q peak (m ³ /s)	n	D mm	Q full check m ³ /s	Q peak / Q full	Q Min m ³ /s	Q min/Qfull m ³ /s	V min/ V full check	V min m/s
		awal	akhir											
1-7	194.3	4.8	4.9	-0.0005	0.003	0.00022	0.011	100	0.003	0.07	0.00003	0.008	0.32	0.14
2-8	204.6	5.2	5.2	0.0000	0.003	0.00043	0.011	100	0.003	0.13	0.00005	0.016	0.39	0.17
3-9	205.2	5.3	5.2	0.0005	0.003	0.00051	0.011	100	0.003	0.15	0.00006	0.019	0.41	0.17
4-10	215.4	5.4	5.2	0.0009	0.003	0.00053	0.011	100	0.003	0.16	0.00007	0.020	0.41	0.17
5-11	129.9	5.0	5.1	-0.0008	0.003	0.00042	0.011	100	0.003	0.13	0.00005	0.016	0.39	0.17
6-12	219.7	4.8	5.0	-0.0009	0.003	0.00053	0.011	100	0.003	0.16	0.00007	0.020	0.41	0.17
7a-7	103.4	4.7	4.9	-0.0019	0.003	0.00013	0.011	100	0.003	0.04	0.00002	0.005	0.28	0.12
14-8	106.4	5.1	5.2	-0.0009	0.003	0.00021	0.011	100	0.003	0.06	0.00003	0.008	0.32	0.14
15-9	196.9	5.1	5.2	-0.0005	0.003	0.00038	0.011	100	0.003	0.11	0.00005	0.014	0.37	0.16
16-10	76.1	5.0	5.2	-0.0026	0.003	0.00021	0.011	100	0.003	0.06	0.00003	0.008	0.32	0.14
17-11	91.4	5.0	5.1	-0.0011	0.003	0.00020	0.011	100	0.003	0.06	0.00002	0.007	0.30	0.13
18-12	82.2	4.9	5.0	-0.0012	0.003	0.00023	0.011	100	0.003	0.07	0.00003	0.009	0.33	0.14
29-19	145.0	4.8	4.3	0.0034	0.004	0.00031	0.011	100	0.004	0.08	0.00004	0.011	0.35	0.17
30-20	149.7	5.0	4.3	0.0047	0.005	0.00021	0.011	100	0.004	0.05	0.00003	0.007	0.30	0.16
31-21	100.2	5.1	4.3	0.0080	0.008	0.00007	0.011	100	0.005	0.01	0.00001	0.002	0.21	0.15
32-22	142.0	5.1	4.3	0.0056	0.006	0.00034	0.011	100	0.005	0.07	0.00005	0.010	0.34	0.20
33-23	134.1	5.0	4.2	0.0060	0.006	0.00037	0.011	100	0.005	0.08	0.00005	0.011	0.35	0.21
34-24	131.6	4.9	4.2	0.0053	0.005	0.00038	0.011	100	0.004	0.09	0.00005	0.012	0.36	0.20
35-25	115.8	4.8	4.2	0.0052	0.005	0.00033	0.011	100	0.004	0.08	0.00005	0.011	0.35	0.19
36-26	92.9	4.7	4.1	0.0065	0.007	0.00027	0.011	100	0.005	0.05	0.00004	0.007	0.30	0.20
37-27	87.4	4.7	4.1	0.0069	0.007	0.00032	0.011	100	0.005	0.06	0.00004	0.009	0.33	0.21
28a-28	320.2	4.3	4.5	-0.0006	0.003	0.00032	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.018	0.40	0.17
38a-38	326.8	4.5	4.4	0.0003	0.003	0.00067	0.011	100	0.003	0.20	0.00012	0.037	0.50	0.21
39a-39	332.6	4.3	4.4	-0.0003	0.003	0.00065	0.011	100	0.003	0.19	0.00012	0.036	0.49	0.21
40a-40	336.5	4.2	4.3	-0.0003	0.003	0.00083	0.011	100	0.003	0.25	0.00015	0.045	0.52	0.22
41a-41	341.9	4.3	4.3	-0.0001	0.003	0.00080	0.011	100	0.003	0.24	0.00015	0.044	0.52	0.22
42a-42	348.9	4.5	4.4	0.0003	0.003	0.00087	0.011	100	0.003	0.26	0.00016	0.048	0.53	0.23
43a-43	354.8	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00045	0.011	100	0.003	0.14	0.00008	0.025	0.44	0.19
44a-44	356.3	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00077	0.011	100	0.003	0.23	0.00014	0.042	0.51	0.22
45a-45	359.6	4.3	4.6	-0.0008	0.003	0.00080	0.011	100	0.003	0.24	0.00015	0.044	0.52	0.22
46a-46	364.5	4.4	4.6	-0.0005	0.003	0.00038	0.011	100	0.003	0.11	0.00007	0.021	0.42	0.18
51-47	436.3	4.3	4.6	-0.0007	0.003	0.00094	0.011	100	0.003	0.28	0.00014	0.041	0.51	0.22
52a-52	364.2	4.3	4.4	-0.0003	0.003	0.00084	0.011	100	0.003	0.25	0.00013	0.040	0.50	0.21

53a-53	357.8	4.4	4.5	-0.0003	0.003	0.00093	0.011	100	0.003	0.28	0.00015	0.044	0.52	0.22
54-48	449.0	4.5	4.1	0.0009	0.003	0.00070	0.011	100	0.003	0.21	0.00011	0.033	0.48	0.20
55-49	449.2	4.6	4.0	0.0013	0.003	0.00103	0.011	100	0.003	0.31	0.00016	0.049	0.53	0.23
67-58	458.8	4.6	4.3	0.0007	0.003	0.00084	0.011	100	0.003	0.25	0.00017	0.051	0.54	0.23
68-59	474.0	4.6	4.3	0.0006	0.003	0.00084	0.011	100	0.003	0.25	0.00017	0.051	0.54	0.23
69-60	488.8	4.6	4.2	0.0008	0.003	0.00089	0.011	100	0.003	0.27	0.00018	0.054	0.55	0.23
70-61	507.8	4.5	4.2	0.0006	0.003	0.00102	0.011	100	0.003	0.31	0.00021	0.062	0.57	0.24
71-62	537.8	4.5	4.3	0.0004	0.003	0.00100	0.011	100	0.003	0.30	0.00020	0.061	0.57	0.24
72-63	560.4	4.4	4.4	0.0000	0.003	0.00114	0.011	100	0.003	0.34	0.00023	0.069	0.59	0.25
73-64	577.7	4.4	4.4	0.0000	0.003	0.00108	0.011	100	0.003	0.32	0.00022	0.065	0.58	0.25
74-65	598.6	4.4	4.3	0.0002	0.003	0.00038	0.011	100	0.003	0.11	0.00008	0.023	0.43	0.18
75-66	613.8	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00111	0.011	100	0.003	0.33	0.00023	0.068	0.59	0.25
77a-77	249.9	5.0	5.0	0.0000	0.003	0.00061	0.011	100	0.003	0.18	0.00011	0.032	0.47	0.20
78a-78	245.7	5.0	5.0	0.0000	0.003	0.00051	0.011	100	0.003	0.15	0.00009	0.026	0.45	0.19
79a-79	266.7	4.9	4.8	0.0004	0.003	0.00076	0.011	100	0.003	0.23	0.00013	0.039	0.50	0.21
80a-80	167.6	5.0	4.8	0.0012	0.003	0.00016	0.011	100	0.003	0.05	0.00003	0.008	0.32	0.14
81a-81	223.3	5.0	4.8	0.0009	0.003	0.00056	0.011	100	0.003	0.17	0.00010	0.029	0.46	0.20
82a-82	141.6	5.1	4.7	0.0028	0.003	0.00046	0.011	100	0.003	0.14	0.00008	0.024	0.43	0.18
83a-83	230.3	5.0	4.7	0.0013	0.003	0.00055	0.011	100	0.003	0.16	0.00010	0.028	0.45	0.19
84a-84	228.1	4.0	4.7	-0.0031	0.003	0.00054	0.011	100	0.003	0.16	0.00009	0.028	0.45	0.19
86b-86	259.3	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00019	0.011	100	0.003	0.06	0.00003	0.010	0.34	0.14
86a-86	206.1	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00030	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.015	0.38	0.16
89a-89	97.0	5.0	4.7	0.0031	0.003	0.00021	0.011	100	0.003	0.06	0.00003	0.008	0.32	0.14
89b-89	502.3	4.8	4.7	0.0002	0.003	0.00077	0.011	100	0.003	0.23	0.00010	0.029	0.46	0.20
7-8	43.0	4.9	5.2	-0.0070	0.003	0.00036	0.011	100	0.003	0.11	0.00004	0.013	0.36	0.15
8-9	43.9	5.2	5.2	0.0000	0.003	0.00100	0.011	100	0.003	0.30	0.00012	0.037	0.49	0.21
9-10	40.0	5.2	5.2	0.0000	0.003	0.00189	0.011	100	0.003	0.56	0.00024	0.071	0.59	0.25
10-11	38.3	5.2	5.1	0.0026	0.003	0.00263	0.011	100	0.003	0.79	0.00033	0.098	0.65	0.28
11-12	37.8	5.1	5.0	0.0026	0.003	0.00325	0.011	125	0.006	0.54	0.00041	0.067	0.59	0.29
12-13	33.5	5.0	4.8	0.0060	0.006	0.00402	0.011	125	0.009	0.47	0.00050	0.059	0.57	0.40
19-20	23.6	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00031	0.011	100	0.003	0.09	0.00004	0.013	0.36	0.15
20-21	28.0	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00052	0.011	100	0.003	0.15	0.00007	0.022	0.42	0.18
21-22	27.9	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00059	0.011	100	0.003	0.18	0.00008	0.025	0.44	0.19
22-23	22.3	4.3	4.2	0.0045	0.003	0.00093	0.011	100	0.003	0.28	0.00013	0.039	0.50	0.21
23-24	68.7	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00130	0.011	100	0.003	0.39	0.00018	0.054	0.55	0.23
24-25	34.4	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00168	0.011	100	0.003	0.50	0.00023	0.070	0.59	0.25
25-26	52.1	4.2	4.1	0.0019	0.003	0.00201	0.011	100	0.003	0.60	0.00028	0.083	0.52	0.22
26-27	61.0	4.1	4.1	0.0000	0.003	0.00228	0.011	100	0.003	0.68	0.00032	0.095	0.64	0.27

27-28	63.5	4.1	4.5	-0.0063	0.003	0.00260	0.011	125	0.006	0.43	0.00036	0.060	0.57	0.28
28-38	50.7	4.5	4.4	0.0020	0.003	0.00299	0.011	125	0.006	0.49	0.00043	0.071	0.59	0.29
38-39	43.1	4.4	4.4	0.0000	0.003	0.00371	0.011	125	0.006	0.61	0.00056	0.092	0.63	0.31
39-40	51.6	4.4	4.3	0.0019	0.003	0.00443	0.011	125	0.006	0.73	0.00069	0.113	0.68	0.34
40-41	40.6	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00525	0.011	150	0.010	0.53	0.00084	0.085	0.62	0.35
41-42	43.1	4.3	4.4	-0.0023	0.003	0.00605	0.011	150	0.010	0.61	0.00098	0.100	0.65	0.36
42-43	29.0	4.4	4.5	-0.0035	0.003	0.00693	0.011	150	0.010	0.70	0.00114	0.116	0.68	0.38
43-44	30.8	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00738	0.011	150	0.010	0.75	0.00123	0.125	0.69	0.38
44-45	39.4	4.5	4.6	-0.0025	0.003	0.00815	0.011	200	0.021	0.38	0.00137	0.064	0.58	0.39
45-46	52.7	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00895	0.011	200	0.021	0.42	0.00151	0.071	0.59	0.40
47-13	50.2	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00094	0.011	100	0.003	0.28	0.00014	0.041	0.50	0.21
53-52	34.6	4.5	4.4	0.0029	0.003	0.00093	0.011	100	0.003	0.28	0.00015	0.044	0.52	0.22
52-13	84.1	4.4	4.6	-0.0024	0.003	0.00185	0.011	100	0.003	0.55	0.00029	0.087	0.63	0.27
13-48	71.5	4.6	4.1	0.0070	0.007	0.00694	0.011	150	0.015	0.46	0.00095	0.063	0.58	0.49
48-49	49.5	4.1	4.0	0.0020	0.010	0.00764	0.011	150	0.018	0.42	0.00106	0.059	0.57	0.58
49-50	45.5	4.0	4.0	0.0000	0.003	0.00866	0.011	200	0.021	0.41	0.00122	0.058	0.56	0.38
46-56	77.1	4.6	4.4	0.0026	0.003	0.00903	0.011	200	0.021	0.43	0.00153	0.072	0.59	0.40
50-56	381.8	4.0	4.4	-0.0010	0.003	0.00905	0.011	200	0.021	0.43	0.00128	0.060	0.57	0.39
66-65	43.1	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00111	0.011	100	0.003	0.33	0.00023	0.068	0.59	0.25
65-64	48.4	4.3	4.4	-0.0021	0.003	0.00149	0.011	100	0.003	0.45	0.00030	0.091	0.63	0.27
64-63	44.7	4.4	4.4	0.0000	0.003	0.00257	0.011	100	0.003	0.77	0.00052	0.156	0.74	0.31
63-62	54.0	4.4	4.3	0.0019	0.003	0.00371	0.011	125	0.006	0.61	0.00075	0.124	0.69	0.34
62-61	55.1	4.3	4.2	0.0018	0.003	0.00471	0.011	125	0.006	0.78	0.00096	0.158	0.74	0.37
61-60	47.4	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00573	0.011	150	0.010	0.58	0.00117	0.118	0.69	0.38
60-59	30.6	4.2	4.3	-0.0033	0.003	0.00662	0.011	150	0.010	0.67	0.00135	0.137	0.72	0.40
59-58	37.2	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00746	0.011	150	0.010	0.76	0.00152	0.154	0.74	0.41
58-57	50.0	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00830	0.011	200	0.021	0.39	0.00169	0.080	0.61	0.41
56-57	441.4	4.4	4.3	0.0002	0.003	0.01904	0.011	225	0.029	0.66	0.00299	0.103	0.66	0.48
57-76	286.4	4.3	4.4	-0.0003	0.003	0.02760	0.011	250	0.038	0.72	0.00472	0.123	0.69	0.54
79-78	30.4	4.8	5.0	-0.0066	0.003	0.00076	0.011	100	0.003	0.23	0.00013	0.039	0.50	0.21
78-77	25.5	5.0	5.0	0.0000	0.003	0.00127	0.011	100	0.003	0.38	0.00022	0.066	0.58	0.25
77-76	76.9	5.0	4.4	0.0078	0.008	0.00188	0.011	100	0.005	0.34	0.00033	0.060	0.57	0.40
76-80	237.3	4.4	4.8	-0.0017	0.003	0.02974	0.011	250	0.038	0.77	0.00509	0.132	0.70	0.55
80-81	45.1	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.02990	0.011	250	0.038	0.78	0.00512	0.133	0.71	0.56
81-82	32.8	4.8	4.7	0.0031	0.003	0.03046	0.011	250	0.038	0.79	0.00522	0.136	0.71	0.56
82-83	28.1	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.03092	0.011	250	0.038	0.80	0.00530	0.138	0.72	0.56
83-84	39.3	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.03146	0.011	275	0.050	0.63	0.00539	0.109	0.67	0.56
84-85	55.8	4.7	4.6	0.0018	0.003	0.03200	0.011	275	0.050	0.65	0.00549	0.111	0.67	0.56

86-85	40.4	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00049	0.011	100	0.003	0.15	0.00009	0.025	0.44	0.19
89-88	145.9	4.7	5.0	-0.0021	0.003	0.00098	0.011	100	0.003	0.29	0.00012	0.036	0.49	0.21
88-87	105.8	5.0	5.0	0.0005	0.003	0.00105	0.011	100	0.003	0.31	0.00013	0.039	0.50	0.21
87-85	132.0	5.0	4.6	0.0027	0.003	0.00112	0.011	100	0.003	0.34	0.00014	0.042	0.51	0.22
85-IPAL	29.0	4.6	4.5	0.0034	0.003	0.03362	0.011	275	0.050	0.68	0.00571	0.115	0.68	0.57

Tabel 4 Perhitungan Dimensi Pipa Kelurahan Pacar Kembang

Jalur pipa	L pipa	elevasi medan		slope medan	slope rancang	Q peak	n	D	Q full check	Q peak / Q full	Q Min	Q min/Qfull	V min/ V full check	V min
	(m)	awal	akhir	m/m	m/m	(m ³ /s)		mm	m ³ /s		m ³ /s	m ³ /s		m/s
1-7	228.5	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00022	0.011	100	0.003	0.07	0.00003	0.009	0.33	0.14
2-8	221.1	4.9	4.8	0.0005	0.003	0.00038	0.011	100	0.003	0.11	0.00005	0.016	0.39	0.17
5-10	145.6	4.8	4.7	0.0007	0.003	0.00033	0.011	100	0.003	0.10	0.00005	0.014	0.37	0.16
3-6	70.6	4.7	4.6	0.0014	0.003	0.00009	0.011	100	0.003	0.03	0.00001	0.004	0.26	0.11
6a-6	71.9	4.7	4.6	0.0014	0.003	0.00006	0.011	100	0.003	0.02	0.00001	0.002	0.21	0.09
6-11	150.6	4.6	4.7	-0.0007	0.003	0.00049	0.011	100	0.003	0.15	0.00007	0.020	0.41	0.17
4-12	228.8	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00050	0.011	100	0.003	0.15	0.00007	0.021	0.41	0.17
17a-17	278.2	4.6	4.5	0.0004	0.003	0.00034	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.019	0.41	0.17
18a-18	273.9	4.6	4.5	0.0004	0.003	0.00057	0.011	100	0.003	0.17	0.00011	0.033	0.48	0.20
18-17	37.2	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00060	0.011	100	0.003	0.18	0.00011	0.033	0.48	0.20
17-7	85.0	4.5	4.8	-0.0035	0.003	0.00101	0.011	100	0.003	0.30	0.00017	0.052	0.54	0.23
19-9	355.4	4.6	4.8	-0.0006	0.003	0.00072	0.011	100	0.003	0.21	0.00014	0.041	0.50	0.21
20a-20	223.8	4.6	4.8	-0.0009	0.003	0.00052	0.011	100	0.003	0.16	0.00010	0.030	0.46	0.20
21a-21	213.9	4.7	4.8	-0.0005	0.003	0.00043	0.011	100	0.003	0.13	0.00008	0.024	0.43	0.18
21-20	46.3	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00053	0.011	100	0.003	0.16	0.00010	0.030	0.46	0.20
20-11	120.2	4.8	4.7	0.0008	0.003	0.00105	0.011	100	0.003	0.31	0.00020	0.060	0.57	0.24
22-13	339.4	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00067	0.011	100	0.003	0.20	0.00013	0.038	0.50	0.21
23-14	334.6	4.7	4.6	0.0003	0.003	0.00055	0.011	100	0.003	0.16	0.00010	0.031	0.46	0.20
24-15	328.1	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00037	0.011	100	0.003	0.11	0.00007	0.021	0.41	0.17
25-16	328.9	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00061	0.011	100	0.003	0.18	0.00012	0.035	0.48	0.20
26a-26	166.8	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00017	0.011	100	0.003	0.05	0.00002	0.007	0.30	0.13
27b-27a	83.9	4.6	4.7	-0.0012	0.003	0.00010	0.011	100	0.003	0.03	0.00001	0.004	0.26	0.11
27a-27	56.9	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00019	0.011	100	0.003	0.06	0.00003	0.008	0.32	0.14
41a-41	146.0	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00028	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.014	0.37	0.16
29b-29a	245.4	4.6	4.5	0.0004	0.003	0.00029	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.016	0.39	0.17
29a-29	24.2	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00029	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.016	0.39	0.17
42a-42	163.5	4.4	4.5	-0.0006	0.003	0.00025	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.014	0.37	0.16
30a-30	382.3	4.6	4.5	0.0003	0.003	0.00030	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.014	0.37	0.16
43a-43	152.9	4.4	4.5	-0.0007	0.003	0.00027	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.015	0.38	0.16
31a-31	229.4	4.5	4.3	0.0009	0.003	0.00042	0.011	100	0.003	0.13	0.00007	0.020	0.41	0.17
32a-32	379.9	4.5	4.3	0.0005	0.003	0.00060	0.011	100	0.003	0.18	0.00010	0.029	0.46	0.20
33a-33	375.7	4.4	4.3	0.0003	0.003	0.00055	0.011	100	0.003	0.16	0.00009	0.026	0.45	0.19
34a-34	361.2	4.4	4.3	0.0003	0.003	0.00049	0.011	100	0.003	0.15	0.00008	0.023	0.43	0.18

35a-35	354.7	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00046	0.011	100	0.003	0.14	0.00007	0.022	0.42	0.18
36a-36	340.0	4.3	4.2	0.0003	0.003	0.00064	0.011	100	0.003	0.19	0.00010	0.031	0.47	0.20
37a-37	218.2	4.3	4.2	0.0005	0.003	0.00019	0.011	100	0.003	0.06	0.00004	0.011	0.35	0.15
38a-38	277.6	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00034	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.019	0.41	0.17
39a-39	296.6	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00025	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.014	0.37	0.16
44a-44	85.1	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00003	0.011	100	0.003	0.01	0.00001	0.002	0.21	0.09
44-45	251.0	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00044	0.011	100	0.003	0.13	0.00007	0.021	0.42	0.18
45a-45	50.7	4.7	4.6	0.0020	0.003	0.00009	0.011	100	0.003	0.03	0.00002	0.005	0.28	0.12
46b-46a	119.7	4.7	4.6	0.0008	0.003	0.00027	0.011	100	0.003	0.08	0.00004	0.013	0.36	0.15
46a-46	74.0	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00034	0.011	100	0.003	0.10	0.00005	0.016	0.39	0.17
48a-48	170.2	4.6	4.7	-0.0006	0.003	0.00013	0.011	100	0.003	0.04	0.00002	0.006	0.29	0.12
49a-49	102.4	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00011	0.011	100	0.003	0.03	0.00002	0.006	0.29	0.12
50b-50a	86.2	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00018	0.011	100	0.003	0.05	0.00003	0.009	0.33	0.14
50a-50	74.7	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00024	0.011	100	0.003	0.07	0.00004	0.012	0.36	0.15
45-46	56.7	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00057	0.011	100	0.003	0.17	0.00009	0.028	0.45	0.19
46-47	63.7	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00101	0.011	100	0.003	0.30	0.00016	0.049	0.53	0.23
51a-51	169.1	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00024	0.011	100	0.003	0.07	0.00004	0.013	0.36	0.15
52a-52	191.6	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00036	0.011	100	0.003	0.11	0.00006	0.019	0.41	0.17
53a-53	175.4	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00030	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.014	0.37	0.16
54a-54	176.2	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00016	0.011	100	0.003	0.05	0.00003	0.008	0.32	0.14
55a-55	176.0	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00030	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.014	0.37	0.16
56a-56	175.4	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00027	0.011	100	0.003	0.08	0.00004	0.013	0.36	0.15
57a-57	174.3	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00027	0.011	100	0.003	0.08	0.00004	0.013	0.36	0.15
58a-58	175.1	4.5	4.4	0.0006	0.003	0.00028	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.014	0.37	0.16
59a-59	175.1	4.5	4.4	0.0011	0.003	0.00029	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.015	0.38	0.16
60a-60	91.7	4.6	4.4	0.0022	0.003	0.00006	0.011	100	0.003	0.02	0.00001	0.003	0.24	0.10
61b-61a	123.0	4.7	4.6	0.0008	0.003	0.00021	0.011	100	0.003	0.06	0.00004	0.011	0.35	0.15
61a-61	106.6	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00030	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.015	0.38	0.16
62b-62a	129.0	4.6	4.7	-0.0008	0.003	0.00030	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.016	0.39	0.17
62a-62	62.0	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00043	0.011	100	0.003	0.13	0.00007	0.022	0.42	0.18
63a-63	66.1	4.6	4.7	-0.0015	0.003	0.00006	0.011	100	0.003	0.02	0.00001	0.003	0.24	0.10
66a-66	121.0	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00011	0.011	100	0.003	0.03	0.00002	0.006	0.29	0.12
60-61	150.7	4.4	4.6	-0.0013	0.003	0.00027	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.014	0.37	0.16
61-62	93.4	4.6	4.7	-0.0011	0.003	0.00080	0.011	100	0.003	0.24	0.00014	0.041	0.51	0.22
62-63	120.5	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00142	0.011	100	0.003	0.42	0.00024	0.073	0.60	0.26
63-64	132.5	4.7	4.6	0.0008	0.003	0.00169	0.011	100	0.003	0.51	0.00029	0.087	0.62	0.26
64-65	113.4	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00186	0.011	100	0.003	0.56	0.00032	0.096	0.64	0.27
66-65	634.8	4.7	4.6	0.0002	0.003	0.00058	0.011	100	0.003	0.17	0.00010	0.030	0.46	0.20

65-67	96.2	4.6	4.5	0.0010	0.003	0.00248	0.011	100	0.003	0.74	0.00043	0.128	0.70	0.30
68a-68	223.9	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00031	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.016	0.39	0.17
69a-69	203.8	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00031	0.011	100	0.003	0.09	0.00006	0.017	0.39	0.17
70a-70	199.4	4.5	4.4	0.0005	0.003	0.00039	0.011	100	0.003	0.12	0.00007	0.021	0.41	0.17
71a-71	366.1	4.5	4.4	0.0003	0.003	0.00039	0.011	100	0.003	0.12	0.00007	0.021	0.41	0.17
72a-72	186.4	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00032	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.017	0.39	0.17
73a-73	133.7	4.6	4.5	0.0007	0.003	0.00025	0.011	100	0.003	0.07	0.00004	0.013	0.36	0.15
74a-74	171.3	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00034	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.019	0.41	0.17
74b-74	125.1	4.6	4.5	0.0008	0.003	0.00018	0.011	100	0.003	0.05	0.00003	0.010	0.34	0.14
75a-75	171.4	4.4	4.5	-0.0006	0.003	0.00028	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.015	0.38	0.16
76a-76	168.8	4.4	4.5	-0.0006	0.003	0.00021	0.011	100	0.003	0.06	0.00004	0.011	0.35	0.15
77a-77	168.1	4.4	4.5	-0.0006	0.003	0.00027	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.015	0.38	0.16
79a-79	169.8	4.4	4.6	-0.0012	0.003	0.00031	0.011	100	0.003	0.09	0.00006	0.017	0.39	0.17
81a-81	231.0	4.4	4.6	-0.0009	0.003	0.00049	0.011	100	0.003	0.15	0.00009	0.027	0.45	0.19
83a-83	329.8	4.6	4.7	-0.0003	0.003	0.00046	0.011	100	0.003	0.14	0.00008	0.025	0.44	0.19
84a-84	330.7	4.6	4.7	-0.0003	0.003	0.00054	0.011	100	0.003	0.16	0.00010	0.029	0.46	0.20
86a-86	330.8	4.7	4.8	-0.0003	0.003	0.00057	0.011	100	0.003	0.17	0.00010	0.031	0.47	0.20
88a-88	326.2	4.7	4.8	-0.0003	0.003	0.00051	0.011	100	0.003	0.15	0.00009	0.028	0.45	0.19
89a-89	307.2	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00049	0.011	100	0.003	0.15	0.00009	0.026	0.45	0.19
90a-90	271.1	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00034	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.018	0.40	0.17
91a-91	129.6	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00028	0.011	100	0.003	0.08	0.00005	0.015	0.38	0.16
91b-91	95.2	4.6	4.7	-0.0011	0.003	0.00014	0.011	100	0.003	0.04	0.00003	0.008	0.32	0.14
92a-92	132.9	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00016	0.011	100	0.003	0.05	0.00003	0.009	0.33	0.14
97a-97	208.2	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00007	0.011	100	0.003	0.02	0.00001	0.004	0.26	0.11
91-92	45.9	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00043	0.011	100	0.003	0.13	0.00008	0.023	0.43	0.18
92-93	225.5	4.7	4.8	-0.0004	0.003	0.00070	0.011	100	0.003	0.21	0.00013	0.038	0.50	0.21
93-94	26.4	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00070	0.011	100	0.003	0.21	0.00013	0.038	0.50	0.21
94-95	119.6	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00074	0.011	100	0.003	0.22	0.00013	0.040	0.50	0.21
95-96	258.7	4.8	4.7	0.0004	0.003	0.00086	0.011	100	0.003	0.26	0.00016	0.047	0.53	0.23
97-96	165.5	4.8	4.7	0.0006	0.003	0.00010	0.011	100	0.003	0.03	0.00002	0.005	0.28	0.12
96-98	44.0	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00096	0.011	100	0.003	0.29	0.00017	0.052	0.54	0.23
7-8	79.6	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00126	0.011	100	0.003	0.38	0.00021	0.063	0.58	0.25
8-9	39.5	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00167	0.011	100	0.003	0.50	0.00027	0.080	0.61	0.26
9-10	18.0	4.8	4.7	0.0056	0.006	0.00239	0.011	100	0.005	0.51	0.00041	0.086	0.62	0.37
10-11	50.5	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00272	0.011	125	0.006	0.45	0.00045	0.074	0.60	0.30
11-12	38.5	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00428	0.011	125	0.006	0.71	0.00072	0.119	0.69	0.34
12-13	40.5	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00489	0.011	150	0.010	0.50	0.00083	0.085	0.62	0.35
13-14	35.1	4.7	4.6	0.0028	0.003	0.00559	0.011	150	0.010	0.57	0.00097	0.098	0.65	0.36

14-15	28.5	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00992	0.011	200	0.021	0.47	0.00170	0.080	0.61	0.41
15-16	25.1	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.01028	0.011	200	0.021	0.48	0.00177	0.083	0.62	0.42
16-28	58.1	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.01094	0.011	200	0.021	0.52	0.00189	0.089	0.63	0.43
26-27	165.1	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00044	0.011	100	0.003	0.13	0.00006	0.019	0.41	0.17
27-28	107.5	4.7	4.6	0.0009	0.003	0.00073	0.011	100	0.003	0.22	0.00011	0.032	0.47	0.20
28-41	25.3	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.01168	0.011	200	0.021	0.55	0.00199	0.094	0.64	0.43
41-29	47.3	4.6	4.5	0.0021	0.003	0.01200	0.011	200	0.021	0.57	0.00205	0.097	0.65	0.44
29-42	204.7	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.01243	0.011	200	0.021	0.59	0.00213	0.100	0.65	0.44
42-30	55.1	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.01273	0.011	200	0.021	0.60	0.00219	0.103	0.66	0.45
30-43	14.5	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.01303	0.011	200	0.021	0.61	0.00223	0.105	0.66	0.45
43-40	195.2	4.5	4.4	0.0005	0.003	0.01330	0.011	200	0.021	0.63	0.00228	0.108	0.67	0.45
31-32	34.9	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00042	0.011	100	0.003	0.13	0.00007	0.020	0.41	0.17
32-33	58.4	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00102	0.011	100	0.003	0.31	0.00016	0.049	0.54	0.23
33-34	41.1	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00157	0.011	100	0.003	0.47	0.00025	0.076	0.60	0.26
34-35	45.5	4.3	4.3	0.0000	0.003	0.00205	0.011	100	0.003	0.61	0.00033	0.099	0.65	0.28
35-36	41.7	4.3	4.2	0.0024	0.003	0.00252	0.011	125	0.006	0.42	0.00041	0.067	0.59	0.29
36-37	43.7	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00316	0.011	125	0.006	0.52	0.00051	0.084	0.62	0.31
37-38	58.2	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00345	0.011	125	0.006	0.57	0.00056	0.092	0.63	0.31
38-39	33.4	4.2	4.2	0.0000	0.003	0.00381	0.011	125	0.006	0.63	0.00063	0.103	0.65	0.32
39-40	250.2	4.2	4.4	-0.0008	0.003	0.00421	0.011	125	0.006	0.69	0.00069	0.115	0.66	0.33
40-82	250.1	4.4	4.6	-0.0008	0.003	0.01794	0.011	250	0.038	0.47	0.00305	0.079	0.61	0.48
48-49	148.8	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00034	0.011	100	0.003	0.10	0.00006	0.017	0.39	0.17
49-50	96.0	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.00058	0.011	100	0.003	0.17	0.00010	0.029	0.46	0.20
50-47	116.3	4.7	4.6	0.0009	0.003	0.00106	0.011	100	0.003	0.32	0.00018	0.053	0.55	0.23
47-51	35.8	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00213	0.011	100	0.003	0.64	0.00035	0.105	0.66	0.28
51-52	45.5	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00242	0.011	100	0.003	0.72	0.00040	0.120	0.69	0.29
52-53	42.3	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00282	0.011	125	0.006	0.47	0.00047	0.078	0.61	0.30
53-54	26.1	4.6	4.5	0.0038	0.006	0.00314	0.011	125	0.009	0.37	0.00052	0.061	0.57	0.40
54-55	20.4	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00330	0.011	125	0.006	0.55	0.00055	0.090	0.63	0.31
59-58	29.1	4.4	4.4	0.0000	0.003	0.00031	0.011	100	0.003	0.09	0.00005	0.016	0.39	0.17
58-57	29.8	4.4	4.5	-0.0034	0.003	0.00060	0.011	100	0.003	0.18	0.00010	0.030	0.46	0.20
57-56	28.7	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00089	0.011	100	0.003	0.27	0.00015	0.044	0.52	0.22
56-55	54.0	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00119	0.011	100	0.003	0.36	0.00020	0.058	0.56	0.24
55-67	254.9	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00512	0.011	150	0.010	0.52	0.00085	0.086	0.62	0.35
67-68	83.8	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00764	0.011	150	0.010	0.78	0.00128	0.130	0.70	0.39
68-69	25.6	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00795	0.011	150	0.010	0.81	0.00134	0.136	0.71	0.40
69-70	36.2	4.5	4.4	0.0028	0.003	0.00826	0.011	200	0.021	0.39	0.00139	0.066	0.58	0.39
70-71	37.2	4.4	4.4	0.0000	0.003	0.00865	0.011	200	0.021	0.41	0.00146	0.069	0.59	0.40

71-72	139.2	4.4	4.5	-0.0007	0.003	0.00904	0.011	200	0.021	0.43	0.00153	0.072	0.59	0.40
72-73	20.2	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00936	0.011	200	0.021	0.44	0.00159	0.075	0.60	0.41
73-87	177.3	4.5	4.7	-0.0011	0.003	0.00968	0.011	200	0.021	0.46	0.00165	0.078	0.61	0.41
74-75	29.7	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00052	0.011	100	0.003	0.16	0.00009	0.028	0.45	0.19
75-76	25.5	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00081	0.011	100	0.003	0.24	0.00015	0.044	0.52	0.22
76-77	22.0	4.5	4.5	0.0000	0.003	0.00102	0.011	100	0.003	0.30	0.00018	0.055	0.55	0.23
77-78	17.1	4.5	4.6	-0.0058	0.003	0.00129	0.011	100	0.003	0.39	0.00023	0.070	0.59	0.25
79-78	11.9	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00031	0.011	100	0.003	0.09	0.00006	0.017	0.39	0.17
78-80	44.8	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00165	0.011	100	0.003	0.49	0.00030	0.089	0.63	0.27
80-81	34.5	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00166	0.011	100	0.003	0.50	0.00030	0.090	0.63	0.27
81-82	29.4	4.6	4.6	0.0000	0.003	0.00168	0.011	100	0.003	0.50	0.00030	0.091	0.64	0.27
82-83	37.1	4.6	4.7	-0.0027	0.003	0.01963	0.011	250	0.038	0.51	0.00336	0.087	0.63	0.49
83-84	33.3	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.02008	0.011	250	0.038	0.52	0.00344	0.089	0.63	0.49
84-85	25.6	4.7	4.8	-0.0039	0.003	0.02062	0.011	250	0.038	0.54	0.00354	0.092	0.64	0.50
86-85	13.5	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.00057	0.011	100	0.003	0.17	0.00010	0.031	0.47	0.20
85-87	34.8	4.8	4.7	0.0029	0.003	0.02119	0.011	250	0.038	0.55	0.00365	0.095	0.64	0.50
87-88	55.8	4.7	4.8	-0.0018	0.003	0.03087	0.011	250	0.038	0.80	0.00530	0.138	0.71	0.56
88-89	35.2	4.8	4.8	0.0000	0.003	0.03138	0.011	300	0.063	0.50	0.00539	0.086	0.62	0.55
89-90	40.6	4.8	4.7	0.0025	0.003	0.03187	0.011	300	0.063	0.51	0.00548	0.088	0.63	0.56
90-98	31.8	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.03220	0.011	300	0.063	0.51	0.00554	0.088	0.63	0.56
98-IPAL	11.0	4.7	4.7	0.0000	0.003	0.03316	0.011	300	0.063	0.53	0.00571	0.091	0.64	0.57

Tabel 5a Perhitungan Penanaman Pipa Primer Kelurahan Ploso

Jalur	Elevasi		Panjang Pipa (m)	D terpakai (m)	Slope Pipa	ΔH Pipa (m)	Elevasi awal		Elevasi akhir		Kedalaman Penanaman Awal	Kedalaman Penanaman Akhir	Kebutuhan
	Awal	Akhir					Muka	Dasar	Muka	Dasar			
7-8	4.9	5.2	42.95	0.10	0.003	0.13	3.62	3.52	3.49	3.39	1.38	1.81	
8-9	5.2	5.2	43.86	0.10	0.003	0.13	3.49	3.39	3.36	3.26	1.81	1.94	
9-10	5.2	5.2	39.95	0.10	0.003	0.12	3.36	3.26	3.24	3.14	1.94	2.06	
10-11	5.2	5.1	38.25	0.10	0.003	0.11	3.24	3.14	3.12	3.02	2.06	2.08	
11-12	5.1	5	37.82	0.13	0.003	0.11	3.15	3.02	3.03	2.91	2.08	2.09	
12-13	5	4.8	33.52	0.13	0.006	0.20	3.03	2.91	2.83	2.71	2.09	2.09	
19-20	4.3	4.3	23.61	0.10	0.003	0.07	3.62	3.52	3.55	3.45	0.78	0.85	
20-21	4.3	4.3	28.03	0.10	0.003	0.08	3.55	3.45	3.47	3.37	0.85	0.93	
21-22	4.3	4.3	27.91	0.10	0.003	0.08	3.47	3.37	3.38	3.28	0.93	1.02	
22-23	4.3	4.2	22.31	0.10	0.003	0.07	3.38	3.28	3.31	3.21	1.02	0.99	
23-24	4.2	4.2	68.65	0.10	0.003	0.21	3.31	3.21	3.11	3.01	0.99	1.19	
24-25	4.2	4.2	34.4	0.10	0.003	0.10	3.11	3.01	3.01	2.91	1.19	1.29	
25-26	4.2	4.1	52.05	0.10	0.003	0.16	3.01	2.91	2.85	2.75	1.29	1.35	
26-27	4.1	4.1	61.01	0.10	0.003	0.18	2.85	2.75	2.67	2.57	1.35	1.53	
27-28	4.1	4.5	63.49	0.13	0.003	0.19	2.69	2.57	2.50	2.38	1.53	2.12	
28-38	4.5	4.4	50.69	0.13	0.003	0.15	2.50	2.38	2.35	2.22	2.12	2.18	
38-39	4.4	4.4	43.11	0.13	0.003	0.13	2.35	2.22	2.22	2.09	2.18	2.31	
39-40	4.4	4.3	51.56	0.13	0.003	0.15	2.22	2.09	2.06	1.94	2.31	2.36	
40-41	4.3	4.3	40.59	0.15	0.003	0.12	2.09	1.94	1.97	1.82	2.36	2.48	
41-42	4.3	4.4	43.13	0.15	0.003	0.13	1.97	1.82	1.84	1.69	2.48	2.71	
42-43	4.4	4.5	28.98	0.15	0.003	0.09	1.84	1.69	1.75	1.60	2.71	2.90	
43-44	4.5	4.5	30.82	0.15	0.003	0.09	1.75	1.60	1.66	1.51	2.90	2.99	
44-45	4.5	4.6	39.38	0.20	0.003	0.12	1.71	1.51	1.59	1.39	2.99	3.21	
45-46	4.6	4.6	52.65	0.20	0.003	0.16	1.59	1.39	1.43	1.23	3.21	3.37	pompa
47-13	4.6	4.6	50.23	0.10	0.003	0.15	2.39	2.29	2.24	2.14	2.31	2.46	
53-52	4.5	4.4	34.64	0.10	0.003	0.10	2.73	2.63	2.62	2.52	1.87	1.88	
52-13	4.4	4.6	84.06	0.10	0.003	0.25	2.62	2.52	2.37	2.27	1.88	2.33	
13-48	4.6	4.1	71.48	0.15	0.007	0.50	2.29	2.14	1.79	1.64	2.46	2.46	
48-49	4.1	4	49.52	0.15	0.01	0.50	1.79	1.64	1.29	1.14	2.46	2.86	
49-50	4	4	45.47	0.20	0.003	0.14	1.34	1.14	1.21	1.01	2.86	2.99	pompa

46-56	4.6	4.4	77.11	0.20	0.003	0.23	4.00	3.80	3.77	3.57	0.80	0.83	
50-56	4	4.4	381.81	0.20	0.003	1.15	3.40	3.20	2.25	2.05	0.80	2.35	
66-65	4.3	4.3	43.11	0.10	0.003	0.13	1.86	1.76	1.73	1.63	2.54	2.67	
65-64	4.3	4.4	48.36	0.10	0.003	0.15	1.73	1.63	1.58	1.48	2.67	2.92	
64-63	4.4	4.4	44.67	0.10	0.003	0.13	1.58	1.48	1.45	1.35	2.92	3.05	pompa
63-62	4.4	4.3	54.01	0.13	0.003	0.16	2.14	2.02	1.98	1.86	2.38	2.44	
62-61	4.3	4.2	55.05	0.13	0.003	0.17	1.98	1.86	1.82	1.69	2.44	2.51	
61-60	4.2	4.2	47.44	0.15	0.003	0.14	1.84	1.69	1.70	1.55	2.51	2.65	
60-59	4.2	4.3	30.63	0.15	0.003	0.09	1.70	1.55	1.61	1.46	2.65	2.84	
59-58	4.3	4.3	37.23	0.15	0.003	0.11	1.61	1.46	1.50	1.35	2.84	2.95	
58-57	4.3	4.3	50	0.20	0.003	0.15	1.55	1.35	1.40	1.20	2.95	3.10	pompa
56-57	4.4	4.3	441.4	0.23	0.003	1.32	2.28	2.05	0.96	0.73	2.35	3.57	pompa
57-76	4.3	4.4	286.35	0.25	0.003	0.86	3.60	3.35	2.74	2.49	0.95	1.91	
79-78	4.8	5	30.38	0.10	0.003	0.09	3.50	3.40	3.41	3.31	1.40	1.69	
78-77	5	5	25.5	0.10	0.003	0.08	3.41	3.31	3.33	3.23	1.69	1.77	
77-76	5	4.4	76.86	0.10	0.008	0.61	3.33	3.23	2.72	2.62	1.77	1.78	
76-80	4.4	4.8	237.27	0.25	0.003	0.71	2.87	2.62	2.16	1.91	1.78	2.89	
80-81	4.8	4.8	45.11	0.25	0.003	0.14	2.16	1.91	2.02	1.77	2.89	3.03	
81-82	4.8	4.7	32.78	0.25	0.003	0.10	2.02	1.77	1.92	1.67	3.03	3.03	
82-83	4.7	4.7	28.09	0.25	0.003	0.08	1.92	1.67	1.84	1.59	3.03	3.11	
83-84	4.7	4.7	39.26	0.28	0.003	0.12	1.86	1.59	1.74	1.47	3.11	3.23	
84-85	4.7	4.6	55.8	0.28	0.003	0.17	1.74	1.47	1.58	1.30	3.23	3.30	pompa
86-85	4.6	4.6	40.42	0.10	0.003	0.12	3.22	3.12	3.10	3.00	1.48	1.60	
89-88	4.7	5	145.89	0.10	0.003	0.44	2.69	2.59	2.26	2.16	2.11	2.84	
88-87	5	4.95	105.8	0.10	0.003	0.32	2.26	2.16	1.94	1.84	2.84	3.11	
87-85	4.95	4.6	131.97	0.10	0.003	0.40	1.94	1.84	1.54	1.44	3.11	3.16	
85-IPAL	4.6	4.5	29	0.28	0.013	0.38	3.90	3.63	3.52	3.25	0.98	1.25	

Tabel 5b Perhitungan Penanaman Pipa Sekunder Kelurahan Ploso

Jalur	Elevasi		Panjang Pipa (m)	D terpakai (m)	Slope Pipa	ΔH Pipa (m)	Elevasi awal		Elevasi akhir		Kedalaman Penanaman Awal	Kedalaman Penanaman Akhir	Keterangan
	Awal	Akhir					Muka	Dasar	Muka	Dasar			
1-7	4.8	4.9	194.3	0.10	0.003	0.58	4.20	4.10	3.62	3.52	0.7	1.4	
2-8	5.2	5.2	204.6	0.10	0.003	0.61	4.60	4.50	3.99	3.89	0.7	1.3	
3-9	5.3	5.2	205.2	0.10	0.003	0.62	4.70	4.60	4.08	3.98	0.7	1.2	
4-10	5.4	5.2	215.4	0.10	0.003	0.65	4.80	4.70	4.15	4.05	0.7	1.1	
5-11	5	5.1	129.9	0.10	0.003	0.39	4.40	4.30	4.01	3.91	0.7	1.2	
6-12	4.8	5	219.7	0.10	0.003	0.66	4.20	4.10	3.54	3.44	0.7	1.6	
7a-7	4.7	4.9	103.4	0.10	0.003	0.31	4.10	4.00	3.79	3.69	0.7	1.2	
14-8	5.1	5.2	106.4	0.10	0.003	0.32	4.50	4.40	4.18	4.08	0.7	1.1	
15-9	5.1	5.2	196.9	0.10	0.003	0.59	4.50	4.40	3.91	3.81	0.7	1.4	
16-10	5	5.2	76.1	0.10	0.003	0.23	4.40	4.30	4.17	4.07	0.7	1.1	
17-11	5	5.1	91.4	0.10	0.003	0.27	4.40	4.30	4.13	4.03	0.7	1.1	
18-12	4.9	5	82.2	0.10	0.003	0.25	4.30	4.20	4.05	3.95	0.7	1.0	
29-19	4.8	4.3	145.0	0.10	0.004	0.58	4.20	4.10	3.62	3.52	0.7	0.8	
30-20	5	4.3	149.7	0.10	0.005	0.75	4.40	4.30	3.65	3.55	0.7	0.7	
31-21	5.1	4.3	100.2	0.10	0.008	0.80	4.50	4.40	3.70	3.60	0.7	0.7	
32-22	5.1	4.3	142.0	0.10	0.006	0.85	4.50	4.40	3.65	3.55	0.7	0.8	
33-23	5	4.2	134.1	0.10	0.006	0.80	4.40	4.30	3.60	3.50	0.7	0.7	
34-24	4.9	4.2	131.6	0.10	0.005	0.66	4.30	4.20	3.64	3.54	0.7	0.7	
35-25	4.8	4.2	115.8	0.10	0.005	0.58	4.20	4.10	3.62	3.52	0.7	0.7	
36-26	4.7	4.1	92.9	0.10	0.007	0.65	4.10	4.00	3.45	3.35	0.7	0.8	
37-27	4.7	4.1	87.4	0.10	0.007	0.61	4.10	4.00	3.49	3.39	0.7	0.7	
28a-28	4.3	4.5	320.2	0.10	0.003	0.96	3.70	3.60	2.74	2.64	0.7	1.9	
38a-38	4.5	4.4	326.8	0.10	0.003	0.98	3.90	3.80	2.92	2.82	0.7	1.6	
39a-39	4.3	4.4	332.6	0.10	0.003	1.00	3.70	3.60	2.70	2.60	0.7	1.8	
40a-40	4.2	4.3	336.5	0.10	0.003	1.01	3.60	3.50	2.59	2.49	0.7	1.8	
41a-41	4.25	4.3	341.9	0.10	0.003	1.03	3.65	3.55	2.62	2.52	0.7	1.8	
42a-42	4.5	4.4	348.9	0.10	0.003	1.05	3.90	3.80	2.85	2.75	0.7	1.6	
43a-43	4.5	4.5	354.8	0.10	0.003	1.06	3.90	3.80	2.84	2.74	0.7	1.8	
44a-44	4.5	4.5	356.3	0.10	0.003	1.07	3.90	3.80	2.83	2.73	0.7	1.8	

45a-45	4.3	4.6	359.6	0.10	0.003	1.08	3.70	3.60	2.62	2.52	0.7	2.1	
46a-46	4.4	4.6	364.5	0.10	0.003	1.09	3.80	3.70	2.71	2.61	0.7	2.0	
51-47	4.3	4.6	436.3	0.10	0.003	1.31	3.70	3.60	2.39	2.29	0.7	2.3	
52a-52	4.3	4.4	364.2	0.10	0.003	1.09	3.70	3.60	2.61	2.51	0.7	1.9	
53a-53	4.4	4.5	357.8	0.10	0.003	1.07	3.80	3.70	2.73	2.63	0.7	1.9	
54-48	4.5	4.1	449.0	0.10	0.003	1.35	3.90	3.80	2.55	2.45	0.7	1.6	
55-49	4.6	4	449.2	0.10	0.003	1.35	4.00	3.90	2.65	2.55	0.7	1.4	
67-58	4.6	4.3	458.8	0.10	0.003	1.38	4.00	3.90	2.62	2.52	0.7	1.8	
68-59	4.6	4.3	474.0	0.10	0.003	1.42	4.00	3.90	2.58	2.48	0.7	1.8	
69-60	4.6	4.2	488.8	0.10	0.003	1.47	4.00	3.90	2.53	2.43	0.7	1.8	
70-61	4.5	4.2	507.8	0.10	0.003	1.52	3.90	3.80	2.38	2.28	0.7	1.9	
71-62	4.5	4.3	537.8	0.10	0.003	1.61	3.90	3.80	2.29	2.19	0.7	2.1	
72-63	4.4	4.4	560.4	0.10	0.003	1.68	3.80	3.70	2.12	2.02	0.7	2.4	
73-64	4.4	4.4	577.7	0.10	0.003	1.73	3.80	3.70	2.07	1.97	0.7	2.4	
74-65	4.4	4.3	598.6	0.10	0.003	1.80	3.80	3.70	2.00	1.90	0.7	2.4	
75-66	4.3	4.3	613.8	0.10	0.003	1.84	3.70	3.60	1.86	1.76	0.7	2.5	
77a-77	5	5	249.9	0.10	0.003	0.75	4.40	4.30	3.65	3.55	0.7	1.4	
78a-78	5	5	245.7	0.10	0.003	0.74	4.40	4.30	3.66	3.56	0.7	1.4	
79a-79	4.9	4.8	266.7	0.10	0.003	0.80	4.30	4.20	3.50	3.40	0.7	1.4	
80a-80	5	4.8	167.6	0.10	0.003	0.50	4.40	4.30	3.90	3.80	0.7	1.0	
81a-81	5	4.8	223.3	0.10	0.003	0.67	4.40	4.30	3.73	3.63	0.7	1.2	
82a-82	5.1	4.7	141.6	0.10	0.003	0.42	4.50	4.40	4.08	3.98	0.7	0.7	
83a-83	5	4.7	230.3	0.10	0.003	0.69	4.40	4.30	3.71	3.61	0.7	1.1	
84a-84	4	4.7	228.1	0.10	0.003	0.68	3.40	3.30	2.72	2.62	0.7	2.1	
86b-86	4.6	4.6	259.3	0.10	0.003	0.78	4.00	3.90	3.22	3.12	0.7	1.5	
86a-86	4.6	4.6	206.1	0.10	0.003	0.62	4.00	3.90	3.38	3.28	0.7	1.3	
89a-89	5	4.7	97.0	0.10	0.003	0.29	4.40	4.30	4.11	4.01	0.7	0.7	
89b-89	4.8	4.7	502.3	0.10	0.003	1.51	4.20	4.10	2.69	2.59	0.7	2.1	

Tabel 6a Perhitungan Penanaman Pipa Primer Kelurahan Pacar Kembang

Jalur	Elevasi		Panjang Pipa (m)	Slope Medan	ΔH Medan (m)	D terpakai (m)	Slope Pipa	ΔH Pipa (m)	Elevasi awal		Elevasi akhir		Kedalaman Penanaman Awal	Kedalaman Penanaman Akhir	Kebutuhan
	Awal	Akhir							Muka	Dasar	Muka	Dasar			
7-8	4.8	4.8	79.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.24	3.51	3.41	3.28	3.18	1.39	1.62	
8-9	4.8	4.8	39.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.12	3.28	3.18	3.16	3.06	1.62	1.74	
9-10	4.8	4.7	18.0	0.006	0.1	0.10	0.006	0.11	3.16	3.06	3.05	2.95	1.74	1.75	
10-11	4.7	4.7	50.5	0.000	0.0	0.13	0.003	0.15	3.07	2.95	2.92	2.80	1.75	1.90	
11-12	4.7	4.7	38.5	0.000	0.0	0.13	0.003	0.12	2.92	2.80	2.81	2.68	1.90	2.02	
12-13	4.7	4.7	40.5	0.000	0.0	0.15	0.003	0.12	2.83	2.68	2.71	2.56	2.02	2.14	
13-14	4.7	4.6	35.1	0.003	0.1	0.15	0.003	0.11	2.71	2.56	2.61	2.46	2.14	2.14	
14-15	4.6	4.6	28.5	0.000	0.0	0.20	0.003	0.09	2.66	2.46	2.57	2.37	2.14	2.23	
15-16	4.6	4.6	25.1	0.000	0.0	0.20	0.003	0.08	2.57	2.37	2.49	2.29	2.23	2.31	
16-28	4.6	4.6	58.1	0.000	0.0	0.20	0.003	0.17	2.49	2.29	2.32	2.12	2.31	2.48	
26-27	4.7	4.7	165.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.50	3.60	3.50	3.10	3.00	1.20	1.70	
27-28	4.7	4.6	107.5	0.001	0.1	0.10	0.003	0.32	3.10	3.00	2.78	2.68	1.70	1.92	
28-41	4.6	4.6	25.3	0.000	0.0	0.20	0.003	0.08	2.32	2.12	2.24	2.04	2.48	2.56	
41-29	4.6	4.5	47.3	0.002	0.1	0.20	0.003	0.14	2.24	2.04	2.10	1.90	2.56	2.60	
29-42	4.5	4.5	204.7	0.000	0.0	0.20	0.003	0.61	2.10	1.90	1.49	1.29	2.60	3.21	
42-30	4.5	4.5	55.1	0.000	0.0	0.20	0.003	0.17	1.49	1.29	1.32	1.12	3.21	3.38	
30-43	4.5	4.5	14.5	0.000	0.0	0.20	0.003	0.04	1.32	1.12	1.28	1.08	3.38	3.42	
43-40	4.5	4.4	195.2	0.001	0.1	0.20	0.003	0.59	1.28	1.08	0.69	0.49	3.42	3.91	pompa
31-32	4.3	4.3	34.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.10	3.21	3.11	3.11	3.01	1.19	1.29	
32-33	4.3	4.3	58.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.18	2.76	2.66	2.58	2.48	1.64	1.82	drop manhole
33-34	4.3	4.3	41.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.12	2.58	2.48	2.46	2.36	1.82	1.94	
34-35	4.3	4.3	45.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.14	2.46	2.36	2.33	2.23	1.94	2.07	
35-36	4.3	4.2	41.7	0.002	0.1	0.13	0.003	0.13	2.35	2.23	2.23	2.10	2.07	2.10	
36-37	4.2	4.2	43.7	0.000	0.0	0.13	0.003	0.13	2.23	2.10	2.09	1.97	2.10	2.23	
37-38	4.2	4.2	58.2	0.000	0.0	0.13	0.003	0.17	2.09	1.97	1.92	1.79	2.23	2.41	drop manhole
38-39	4.2	4.2	33.4	0.000	0.0	0.13	0.003	0.10	1.92	1.79	1.82	1.69	2.41	2.51	drop manhole
39-40	4.2	4.4	250.2	-0.001	-0.2	0.13	0.003	0.75	1.82	1.69	1.07	0.94	2.51	3.46	drop manhole
40-82	4.4	4.6	250.1	-0.001	-0.2	0.25	0.003	0.75	3.80	3.55	3.05	2.80	0.85	1.80	
48-49	4.7	4.7	148.8	0.000	0.0	0.10	0.003	0.45	3.49	3.39	3.04	2.94	1.31	1.76	
49-50	4.7	4.7	96.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.29	3.04	2.94	2.75	2.65	1.76	2.05	
50-47	4.7	4.6	116.3	0.001	0.1	0.10	0.003	0.35	2.75	2.65	2.41	2.31	2.05	2.29	
47-51	4.6	4.6	35.8	0.000	0.0	0.10	0.003	0.11	2.41	2.31	2.30	2.20	2.29	2.40	
51-52	4.6	4.6	45.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.14	2.30	2.20	2.16	2.06	2.40	2.54	
52-53	4.6	4.6	42.3	0.000	0.0	0.13	0.003	0.13	2.19	2.06	2.06	1.94	2.54	2.66	
53-54	4.6	4.5	26.1	0.004	0.1	0.13	0.006	0.16	2.06	1.94	1.90	1.78	2.66	2.72	

54-55	4.5	4.5	20.4	0.000	0.0	0.13	0.003	0.06	1.90	1.78	1.84	1.72	2.72	2.78	
59-58	4.4	4.4	29.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.09	3.37	3.27	3.29	3.19	1.13	1.21	
58-57	4.4	4.5	29.8	-0.003	-0.1	0.10	0.003	0.09	3.29	3.19	3.20	3.10	1.21	1.40	
57-56	4.5	4.5	28.7	0.000	0.0	0.10	0.003	0.09	3.20	3.10	3.11	3.01	1.40	1.49	
56-55	4.5	4.5	54.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.16	3.11	3.01	2.95	2.85	1.49	1.65	
55-67	4.5	4.5	254.9	0.000	0.0	0.15	0.003	0.76	1.87	1.72	1.10	0.95	2.78	3.55	pompa
67-68	4.5	4.5	83.8	0.000	0.0	0.15	0.003	0.25	3.90	3.75	3.65	3.50	0.75	1.00	
68-69	4.5	4.5	25.6	0.000	0.0	0.15	0.003	0.08	3.65	3.50	3.57	3.42	1.00	1.08	
69-70	4.5	4.4	36.2	0.003	0.1	0.20	0.003	0.11	3.62	3.42	3.51	3.31	1.08	1.09	
70-71	4.4	4.4	37.2	0.000	0.0	0.20	0.003	0.11	3.51	3.31	3.40	3.20	1.09	1.20	
71-72	4.4	4.5	139.2	-0.001	-0.1	0.20	0.003	0.42	3.40	3.20	2.98	2.78	1.20	1.72	
72-73	4.5	4.5	20.2	0.000	0.0	0.20	0.003	0.06	2.98	2.78	2.92	2.72	1.72	1.78	
73-87	4.5	4.7	177.3	-0.001	-0.2	0.20	0.003	0.53	2.92	2.72	2.39	2.19	1.78	2.51	
74-75	4.5	4.5	29.7	0.000	0.0	0.10	0.003	0.09	3.39	3.29	3.30	3.20	1.21	1.30	
75-76	4.5	4.5	25.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.08	3.30	3.20	3.22	3.12	1.30	1.38	
76-77	4.5	4.5	22.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.07	3.22	3.12	3.15	3.05	1.38	1.45	
77-78	4.5	4.6	17.1	-0.006	-0.1	0.10	0.003	0.05	3.15	3.05	3.10	3.00	1.45	1.60	
79-78	4.6	4.6	11.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.04	3.29	3.19	3.26	3.16	1.41	1.44	
78-80	4.6	4.6	44.8	0.000	0.0	0.10	0.003	0.13	3.10	3.00	2.97	2.87	1.60	1.73	
80-81	4.6	4.6	34.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.10	2.97	2.87	2.87	2.77	1.73	1.83	
81-82	4.6	4.6	29.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.09	2.87	2.77	2.78	2.68	1.83	1.92	
82-83	4.6	4.7	37.1	-0.003	-0.1	0.25	0.003	0.11	2.93	2.68	2.82	2.57	1.92	2.13	
83-84	4.7	4.7	33.3	0.000	0.0	0.25	0.003	0.10	2.82	2.57	2.72	2.47	2.13	2.23	
84-85	4.7	4.8	25.6	-0.004	-0.1	0.25	0.003	0.08	2.72	2.47	2.64	2.39	2.23	2.41	
86-85	4.8	4.8	13.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.04	3.11	3.01	3.07	2.97	1.79	1.83	
85-87	4.8	4.7	34.8	0.003	0.1	0.25	0.003	0.10	2.64	2.39	2.53	2.28	2.41	2.42	
87-88	4.7	4.8	55.8	-0.002	-0.1	0.25	0.003	0.17	2.44	2.19	2.27	2.02	2.51	2.78	
88-89	4.8	4.8	35.2	0.000	0.0	0.30	0.003	0.11	2.32	2.02	2.22	1.92	2.78	2.88	
89-90	4.8	4.7	40.6	0.002	0.1	0.30	0.003	0.12	2.22	1.92	2.10	1.80	2.88	2.90	
90-98	4.7	4.7	31.8	0.000	0.0	0.30	0.003	0.10	2.10	1.80	2.00	1.70	2.90	3.00	
98-IPAL	4.7	4.7	11.0	0.000	0.0	0.30	0.003	0.03	1.75	1.45	1.72	1.42	3.25	3.28	

Tabel 6b Perhitungan Penanaman Pipa Primer Kelurahan Pacar Kembang

Jalur	Elevasi		Panjang Pipa (m)	Slope Medan	ΔH Medan (m)	D terpakai (m)	Slope Pipa	ΔH Pipa (m)	Elevasi awal		Elevasi akhir		Kedalaman Penanaman Awal	Kedalaman Penanaman Akhir	Kebutuhan
	Awal	Akhir							Muka	Dasar	Muka	Dasar			
1-7	4.8	4.8	228.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.69	4.20	4.10	3.51	3.41	0.70	1.39	
2-8	4.9	4.8	221.1	0.000	0.1	0.10	0.003	0.66	4.30	4.20	3.64	3.54	0.70	1.26	
5-10	4.8	4.7	145.6	0.001	0.1	0.10	0.003	0.44	4.20	4.10	3.76	3.66	0.70	1.04	
3-6	4.7	4.6	70.6	0.001	0.1	0.10	0.003	0.21	4.10	4.00	3.89	3.79	0.70	0.81	
6a-6	4.7	4.6	71.9	0.001	0.1	0.10	0.003	0.22	4.10	4.00	3.88	3.78	0.70	0.82	
6-11	4.6	4.7	150.6	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.45	3.88	3.78	3.43	3.33	0.82	1.37	
4-12	4.7	4.7	228.8	0.000	0.0	0.10	0.003	0.69	4.10	4.00	3.41	3.31	0.70	1.39	
17a-17	4.6	4.5	278.2	0.000	0.1	0.10	0.003	0.83	4.00	3.90	3.17	3.07	0.70	1.43	
18a-18	4.6	4.5	273.9	0.000	0.1	0.10	0.003	0.82	4.00	3.90	3.18	3.08	0.70	1.42	
18-17	4.5	4.5	37.2	0.000	0.0	0.10	0.003	0.11	3.18	3.08	3.07	2.97	1.42	1.53	
17-7	4.5	4.8	85.0	-0.004	-0.3	0.10	0.003	0.26	3.07	2.97	2.81	2.71	1.53	2.09	
19-9	4.6	4.8	355.4	-0.001	-0.2	0.10	0.003	1.07	4.00	3.90	2.93	2.83	0.70	1.97	
20a-20	4.6	4.8	223.8	-0.001	-0.2	0.10	0.003	0.67	4.00	3.90	3.33	3.23	0.70	1.57	
21a-21	4.7	4.8	213.9	0.000	-0.1	0.10	0.003	0.64	4.10	4.00	3.46	3.36	0.70	1.44	
21-20	4.8	4.8	46.3	0.000	0.0	0.10	0.003	0.14	3.46	3.36	3.32	3.22	1.44	1.58	
20-11	4.8	4.7	120.2	0.001	0.1	0.10	0.003	0.36	3.32	3.22	2.96	2.86	1.58	1.84	
22-13	4.7	4.7	339.4	0.000	0.0	0.10	0.003	1.02	4.10	4.00	3.08	2.98	0.70	1.72	
23-14	4.7	4.6	334.6	0.000	0.1	0.10	0.003	1.00	4.10	4.00	3.10	3.00	0.70	1.60	
24-15	4.6	4.6	328.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.98	4.00	3.90	3.02	2.92	0.70	1.68	
25-16	4.6	4.6	328.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.99	4.00	3.90	3.01	2.91	0.70	1.69	
26a-26	4.7	4.7	166.8	0.000	0.0	0.10	0.003	0.50	4.10	4.00	3.60	3.50	0.70	1.20	
27b-27a	4.6	4.7	83.9	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.25	4.00	3.90	3.75	3.65	0.70	1.05	
27a-27	4.7	4.7	56.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.17	3.75	3.65	3.58	3.48	1.05	1.22	
41a-41	4.6	4.6	146.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.44	4.00	3.90	3.56	3.46	0.70	1.14	
29b-29a	4.6	4.5	245.4	0.000	0.1	0.10	0.003	0.74	4.00	3.90	3.26	3.16	0.70	1.34	
29a-29	4.5	4.5	24.2	0.000	0.0	0.10	0.003	0.07	3.26	3.16	3.19	3.09	1.34	1.41	
42a-42	4.4	4.5	163.5	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.49	3.80	3.70	3.31	3.21	0.70	1.29	
30a-30	4.6	4.5	382.3	0.000	0.1	0.10	0.003	1.15	4.00	3.90	2.85	2.75	0.70	1.75	
43a-43	4.4	4.5	152.9	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.46	3.80	3.70	3.34	3.24	0.70	1.26	
31a-31	4.5	4.3	229.4	0.001	0.2	0.10	0.003	0.69	3.90	3.80	3.21	3.11	0.70	1.19	
32a-32	4.5	4.3	379.9	0.001	0.2	0.10	0.003	1.14	3.90	3.80	2.76	2.66	0.70	1.64	
33a-33	4.4	4.3	375.7	0.000	0.1	0.10	0.003	1.13	3.80	3.70	2.67	2.57	0.70	1.73	
34a-34	4.4	4.3	361.2	0.000	0.1	0.10	0.003	1.08	3.80	3.70	2.72	2.62	0.70	1.68	
35a-35	4.3	4.3	354.7	0.000	0.0	0.10	0.003	1.06	3.70	3.60	2.64	2.54	0.70	1.76	
36a-36	4.3	4.2	340.0	0.000	0.1	0.10	0.003	1.02	3.70	3.60	2.68	2.58	0.70	1.62	

37a-37	4.3	4.2	218.2	0.000	0.1	0.10	0.003	0.65	3.70	3.60	3.05	2.95	0.70	1.25	
38a-38	4.2	4.2	277.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.83	3.60	3.50	2.77	2.67	0.70	1.53	
39a-39	4.2	4.2	296.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.89	3.60	3.50	2.71	2.61	0.70	1.59	
44a-44	4.6	4.6	85.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.26	4.00	3.90	3.74	3.64	0.70	0.96	
44-45	4.6	4.6	251.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.75	3.74	3.64	2.99	2.89	0.96	1.71	
45a-45	4.7	4.6	50.7	0.002	0.1	0.10	0.003	0.15	4.10	4.00	3.95	3.85	0.70	0.75	
46b-46a	4.7	4.6	119.7	0.001	0.1	0.10	0.003	0.36	4.10	4.00	3.74	3.64	0.70	0.96	
46a-46	4.6	4.6	74.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.22	4.00	3.90	3.78	3.68	0.70	0.92	
48a-48	4.6	4.7	170.2	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.51	4.00	3.90	3.49	3.39	0.70	1.31	
49a-49	4.7	4.7	102.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.31	4.10	4.00	3.79	3.69	0.70	1.01	
50b-50a	4.7	4.7	86.2	0.000	0.0	0.10	0.003	0.26	4.10	4.00	3.84	3.74	0.70	0.96	
50a-50	4.7	4.7	74.7	0.000	0.0	0.10	0.003	0.22	3.84	3.74	3.62	3.52	0.96	1.18	
45-46	4.6	4.6	56.7	0.000	0.0	0.10	0.003	0.17	2.99	2.89	2.82	2.72	1.71	1.88	
46-47	4.6	4.6	63.7	0.000	0.0	0.10	0.003	0.19	2.82	2.72	2.63	2.53	1.88	2.07	
51a-51	4.6	4.6	169.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.51	4.00	3.90	3.49	3.39	0.70	1.21	
52a-52	4.6	4.6	191.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.57	4.00	3.90	3.43	3.33	0.70	1.27	
53a-53	4.6	4.6	175.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.53	4.00	3.90	3.47	3.37	0.70	1.23	
54a-54	4.5	4.5	176.2	0.000	0.0	0.10	0.003	0.53	3.90	3.80	3.37	3.27	0.70	1.23	
55a-55	4.5	4.5	176.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.53	3.90	3.80	3.37	3.27	0.70	1.23	
56a-56	4.5	4.5	175.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.53	3.90	3.80	3.37	3.27	0.70	1.23	
57a-57	4.5	4.5	174.3	0.000	0.0	0.10	0.003	0.52	3.90	3.80	3.38	3.28	0.70	1.22	
58a-58	4.5	4.4	175.1	0.001	0.1	0.10	0.003	0.53	3.90	3.80	3.37	3.27	0.70	1.13	
59a-59	4.5	4.4	175.1	0.001	0.1	0.10	0.003	0.53	3.90	3.80	3.37	3.27	0.70	1.13	
60a-60	4.6	4.4	91.7	0.002	0.2	0.10	0.003	0.28	4.00	3.90	3.72	3.62	0.70	0.78	
61b-61a	4.7	4.6	123.0	0.001	0.1	0.10	0.003	0.37	4.10	4.00	3.73	3.63	0.70	0.97	
61a-61	4.6	4.6	106.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.32	3.73	3.63	3.41	3.31	0.97	1.29	
62b-62a	4.6	4.7	129.0	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.39	4.00	3.90	3.61	3.51	0.70	1.19	
62a-62	4.7	4.7	62.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.19	3.61	3.51	3.43	3.33	1.19	1.37	
63a-63	4.6	4.7	66.1	-0.002	-0.1	0.10	0.003	0.20	4.00	3.90	3.80	3.70	0.70	1.00	
66a-66	4.7	4.7	121.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.36	4.10	4.00	3.74	3.64	0.70	1.06	
60-61	4.4	4.6	150.7	-0.001	-0.2	0.10	0.003	0.45	3.80	3.70	3.35	3.25	0.70	1.35	
61-62	4.6	4.7	93.4	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.28	3.35	3.25	3.07	2.97	1.35	1.73	
62-63	4.7	4.7	120.5	0.000	0.0	0.10	0.003	0.36	3.07	2.97	2.71	2.61	1.73	2.09	
63-64	4.7	4.6	132.5	0.001	0.1	0.10	0.003	0.40	2.71	2.61	2.31	2.21	2.09	2.39	
64-65	4.6	4.6	113.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.34	2.31	2.21	1.97	1.87	2.39	2.73	
66-65	4.7	4.6	634.8	0.000	0.1	0.10	0.003	1.90	4.10	4.00	2.20	2.10	0.70	2.50	
65-67	4.6	4.5	96.2	0.001	0.1	0.10	0.003	0.29	1.97	1.87	1.68	1.58	2.73	2.92	pompa
68a-68	4.5	4.5	223.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.67	3.90	3.80	3.23	3.13	0.70	1.37	
69a-69	4.5	4.5	203.8	0.000	0.0	0.10	0.003	0.61	3.90	3.80	3.29	3.19	0.70	1.31	

70a-70	4.5	4.4	199.4	0.001	0.1	0.10	0.003	0.60	3.90	3.80	3.30	3.20	0.70	1.20	
71a-71	4.5	4.4	366.1	0.000	0.1	0.10	0.003	1.10	3.90	3.80	2.80	2.70	0.70	1.70	
72a-72	4.5	4.5	186.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.56	3.90	3.80	3.34	3.24	0.70	1.26	
73a-73	4.6	4.5	133.7	0.001	0.1	0.10	0.003	0.40	4.00	3.90	3.60	3.50	0.70	1.00	
74a-74	4.5	4.5	171.3	0.000	0.0	0.10	0.003	0.51	3.90	3.80	3.39	3.29	0.70	1.21	
74b-74	4.6	4.5	125.1	0.001	0.1	0.10	0.003	0.38	4.00	3.90	3.62	3.52	0.70	0.98	
75a-75	4.4	4.5	171.4	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.51	3.80	3.70	3.29	3.19	0.70	1.31	
76a-76	4.4	4.5	168.8	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.51	3.80	3.70	3.29	3.19	0.70	1.31	
77a-77	4.4	4.5	168.1	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.50	3.80	3.70	3.30	3.20	0.70	1.30	
79a-79	4.4	4.6	169.8	-0.001	-0.2	0.10	0.003	0.51	3.80	3.70	3.29	3.19	0.70	1.41	
81a-81	4.4	4.6	231.0	-0.001	-0.2	0.10	0.003	0.69	3.80	3.70	3.11	3.01	0.70	1.59	
83a-83	4.6	4.7	329.8	0.000	-0.1	0.10	0.003	0.99	4.00	3.90	3.01	2.91	0.70	1.79	
84a-84	4.6	4.7	330.7	0.000	-0.1	0.10	0.003	0.99	4.00	3.90	3.01	2.91	0.70	1.79	
86a-86	4.7	4.8	330.8	0.000	-0.1	0.10	0.003	0.99	4.10	4.00	3.11	3.01	0.70	1.79	
88a-88	4.7	4.8	326.2	0.000	-0.1	0.10	0.003	0.98	4.10	4.00	3.12	3.02	0.70	1.78	
89a-89	4.8	4.8	307.2	0.000	0.0	0.10	0.003	0.92	4.20	4.10	3.28	3.18	0.70	1.62	
90a-90	4.7	4.7	271.1	0.000	0.0	0.10	0.003	0.81	4.10	4.00	3.29	3.19	0.70	1.51	
91a-91	4.7	4.7	129.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.39	4.10	4.00	3.71	3.61	0.70	1.09	
91b-91	4.6	4.7	95.2	-0.001	-0.1	0.10	0.003	0.29	4.00	3.90	3.71	3.61	0.70	1.09	
92a-92	4.7	4.7	132.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.40	4.10	4.00	3.70	3.60	0.70	1.10	
97a-97	4.8	4.8	208.2	0.000	0.0	0.10	0.003	0.62	4.20	4.10	3.58	3.48	0.70	1.32	
91-92	4.7	4.7	45.9	0.000	0.0	0.10	0.003	0.14	3.71	3.61	3.58	3.48	1.09	1.22	
92-93	4.7	4.8	225.5	0.000	-0.1	0.10	0.003	0.68	3.58	3.48	2.90	2.80	1.22	2.00	
93-94	4.8	4.8	26.4	0.000	0.0	0.10	0.003	0.08	2.90	2.80	2.82	2.72	2.00	2.08	
94-95	4.8	4.8	119.6	0.000	0.0	0.10	0.003	0.36	2.82	2.72	2.46	2.36	2.08	2.44	
95-96	4.8	4.7	258.7	0.000	0.1	0.10	0.003	0.78	2.46	2.36	1.69	1.59	2.44	3.11	
97-96	4.8	4.7	165.5	0.001	0.1	0.10	0.003	0.50	4.20	4.10	3.70	3.60	0.70	1.10	
96-98	4.7	4.7	44.0	0.000	0.0	0.10	0.003	0.13	1.69	1.59	1.55	1.45	3.11	3.25	

Tabel 7 Perhitungan Kebutuhan Manhole Kelurahan Ploso

Saluran	Panjang pipa (m)	Manhole				Total
		Lurus	Belok	Pertigaan	Perempatan	
1-7	194.3	2				2
2-8	204.6	3				3
3-9	205.22	3				3
4-10	215.35	3				3
5-11	129.93	2				2
6-12	219.71	3				3
7a-7	103.43	1				1
14-8	106.38	1				1
15-9	196.92	1	2			3
16-10	76.12	1				1
17-11	91.42	1				1
18-12	82.22	1				1
29-19	144.98	2				2
30-20	149.74	2				2
31-21	100.21	1				1
32-22	142.01	2				2
33-23	134.1	2				2
34-24	131.57	2				2
35-25	115.76	2				2
36-26	92.91	1				1
37-27	87.37	1				1
28a-28	320.17	4				4
38a-38	326.84	4				4
39a-39	332.63	4				4
40a-40	336.54	4				4
41a-41	341.86	4				4
42a-42	348.87	4				4
43a-43	354.79	4				4
44a-44	356.25	4				4
45a-45	359.57	4				4
46a-46	364.54	4				4
51-47	436.27	5				5
52a-52	364.19	4				4
53a-53	357.78	4				4
54-48	448.95	5				5

55-49	449.22	5				5
67-58	458.77	5				5
68-59	474.02	5				5
69-60	488.77	5				5
70-61	507.83	6				6
71-62	537.81	6				6
72-63	560.38	6				6
73-64	577.7	6				6
74-65	598.59	6				6
75-66	613.79	7				7
77a-77	249.92	3				3
78a-78	245.73	3				3
79a-79	266.67	3				3
80a-80	167.6	2				2
81a-81	223.29	3				3
82a-82	141.64	2				2
83a-83	230.29	3				3
84a-84	228.06	3				3
86b-86	259.33	3				3
86a-86	206.09	2	1			3
89a-89	96.96	1	1			2
89b-89	502.31	6				6
7-8	42.95			1		1
8-9	43.86				1	1
9-10	39.95				1	1
10-11	38.25				1	1
11-12	37.82				1	1
12-13	33.52				1	1
19-20	23.61		1			1
20-21	28.03			1		1
21-22	27.91			1		1
22-23	22.31			1		1
23-24	68.65			1		1
24-25	34.4			1		1
25-26	52.05			1		1
26-27	61.01			1		1
27-28	63.49			1		1

28-38	50.69			1		1
38-39	43.11			1		1
39-40	51.56			1		1
40-41	40.59			1		1
41-42	43.13			1		1
42-43	28.98			1		1
43-44	30.82			1		1
44-45	39.38			1		1
45-46	52.65			1		1
47-13	50.23		1			1
53-52	34.64		1			1
52-13	84.06			1		1
13-48	71.48				1	1
48-49	49.52			1		1
49-50	45.47			1		1
46-56	77.11			1		1
50-56	381.81	2	1			3
66-65	43.11		1			1
65-64	48.36			1		1
64-63	44.67			1		1
63-62	54.01			1		1
62-61	55.05			1		1
61-60	47.44			1		1
60-59	30.63			1		1
59-58	37.23			1		1
58-57	50			1		1
56-57	441.4	4		1		5
57-76	286.35	2		1		3
79-78	30.38		1			1
78-77	25.5			1		1
77-76	76.86			1		1
76-80	237.27	2		1		3
80-81	45.11			1		1
81-82	32.78			1		1
82-83	28.09			1		1
83-84	39.26			1		1
84-85	55.8			1		1

86-85	40.42			1		1
89-88	145.89		1	1		2
88-87	105.8	1	1			2
87-85	131.97	1	1			2
85-IPAL	29				1	1

Tabel 8 Perhitungan Kebutuhan Manhole Kelurahan Pacar Kembang

No	W _{vi} (%)	P	D			W _u (%)
			o	W _u (%)	P	
1-7	228.49	3				3
2-8	221.11	3				3
5-10	145.64	2				2
3-6	70.59	1				1
6a-6	71.93	1				1
6-11	150.57	1			1	2
4-12	228.77	3				3
17a-17	278.16	3				3
18a-18	273.88	3				3
18-17	37.2			1		1
17-7	85.02				1	1
19-9	355.42	4				4
20a-20	223.8	3				3
21a-21	213.94	3				3
21-20	46.3			1		1
20-11	120.15	1			1	2
22-13	339.43	4				4
23-14	334.59	4				4
24-15	328.12	4				4
25-16	328.91	4				4
26a-26	166.78	2				2
27b-27a	83.89	1				1
27a-27	56.89			1		1
41a-41	146.03	2				2
29b-29a	245.43	3				3
29a-29	24.24			1		1
42a-42	163.47	2				2
30a-30	382.27	4				4
43a-43	152.91	2				2
31a-31	229.42	3				3
32a-32	379.91	4				4
33a-33	375.74	4				4
34a-34	361.2	4				4
35a-35	354.72	4				4
36a-36	340.01	4				4

Pembantu Tukang	OH	0.252	Rp	145,000.00	Rp	36,599.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp	36,599.00
B. BAHAN						
JUMLAH HARGA BAHAN						
C. PERALATAN						
Dump truck 5 ton	jam	0.25	Rp	70,000.00	Rp	17,500.00
Alat bantu	set	0.1	Rp	50,000.00	Rp	5,000.00
JUMLAH HARGA ALAT					Rp	22,500.00
D. Jumlah					Rp	59,099.00
E. Overhead & Profit					Rp	5,909.90
Nilai HSPK					Rp	65,008.90
Pngurangan 1 m3 pasir urug						
A. TENAGA KERJA						
Mandor	OH	0.010	Rp	171,000.00	Rp	1,723.96
Pembantu Tukang	OH	0.303	Rp	145,000.00	Rp	43,918.80
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp	45,642.76
Pasir urug	m3	1	Rp	177,000.00	Rp	212,400.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp	212,400.00
C. PERALATAN						
JUMLAH HARGA ALAT						
D. Jumlah					Rp	258,042.76
E. Overhead & Profit					Rp	25,804.28
Nilai HSPK					Rp	283,847.04
Pemsangan 1m3 pondasi batu belah campuran 1SP:3PP						
A. TENAGA KERJA						
Kepala Tukang	OH	0.151	Rp	171,000.00	Rp	25,855.20
Tukang	OH	0.757	Rp	156,000.00	Rp	118,045.20
Pembantu Tukang	OH	1.514	Rp	145,000.00	Rp	219,588.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp	363,488.40
B. BAHAN						
Batu belah	m3	1.200	Rp	451,000.00	Rp	541,200.00
Portland cement 50 kg	zak	4.040	Rp	72,700.00	Rp	293,708.00
Pasir pasang muntilan	m3	0.485	Rp	272,000.00	Rp	131,920.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp	966,828.00
C. PERALATAN						
JUMLAH HARGA ALAT						
D. Jumlah					Rp	1,330,316.40
E. Overhead & Profit					Rp	133,031.64
Nilai HSPK					Rp	1,463,348.04
Membuat lantai kerja beton K-100						
A. TENAGA KERJA						
Kepala Tukang	OH	0.028	Rp	171,000.00	Rp	4,827.09
Tukang	OH	0.277	Rp	156,000.00	Rp	43,283.90

Pembantu Tukang	OH	1.666	Rp	145,000.00	Rp	241,553.40
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp	289,664.39
B. BAHAN						
Portland cement 40 kg	kg	6.175	Rp	58,500.00	Rp	361,237.50
Pasir beton	m3	0.543125	Rp	272,500.00	Rp	148,001.56
Batu pecah	m3	0.52579	Rp	278,000.00	Rp	146,169.48
Air	liter	215	Rp	10.00	Rp	2,150.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp	657,558.54
C. PERALATAN						
JUMLAH HARGA ALAT						
D. Jumlah					Rp	947,222.93
E. Overhead & Profit					Rp	94,722.29
Nilai HSPK					Rp	1,041,945.23
Membuat beton K-200						
A. TENAGA KERJA						
Kepala Tukang	OH	0.028	Rp	171,000.00	Rp	4,827.09
Tukang	OH	0.277	Rp	156,000.00	Rp	43,283.90
Pembantu Tukang	OH	1.666	Rp	145,000.00	Rp	241,553.40
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp	289,664.39
B. BAHAN						
Portland cement 40 kg	kg	8.8	Rp	58,500.00	Rp	514,800.00
Pasir beton	m3	0.456875	Rp	272,500.00	Rp	124,498.44
Batu pecah	m3	0.542632	Rp	278,000.00	Rp	150,851.58
Air	liter	215	Rp	10.00	Rp	2,150.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp	792,300.02
C. PERALATAN						
JUMLAH HARGA ALAT						
D. Jumlah					Rp	1,081,964.41
E. Overhead & Profit					Rp	108,196.44
Nilai HSPK					Rp	1,190,160.85
Membuat beton K-250						
A. TENAGA KERJA						
Kepala Tukang	OH	0.028	Rp	171,000.00	Rp	4,827.09
Tukang	OH	0.277	Rp	156,000.00	Rp	43,283.90
Pembantu Tukang	OH	1.666	Rp	145,000.00	Rp	241,553.40
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp	289,664.39
B. BAHAN						
Portland cement 40 kg	kg	9.6	Rp	58,500.00	Rp	561,600.00
Pasir beton	m3	0.4325	Rp	272,500.00	Rp	117,856.25
Batu pecah	m3	0.546842	Rp	278,000.00	Rp	152,022.10
Air	liter	215	Rp	10.00	Rp	2,150.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp	833,628.35
C. PERALATAN						
JUMLAH HARGA ALAT						

D. Jumlah					Rp 1,123,292.74
E. Overhead & Profit					Rp 112,329.27
Nilai HSPK					Rp 1,235,622.02
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk sloof					
A. TENAGA KERJA					
Kepala Tukang	OH	0.026	Rp 171,000.00		Rp 4,482.30
Tukang	OH	0.262	Rp 156,000.00		Rp 40,922.97
Pembantu Tukang	OH	0.525	Rp 145,000.00		Rp 76,125.91
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp 121,531.18
B. BAHAN					
Kayu sengon (papan)	m3	0.045	Rp 3,350,400.00		Rp 150,768.00
Paku	kg	0.3	Rp 14,800.00		Rp 4,440.00
Minyak bekisting	liter	0.1	Rp 30,100.00		Rp 3,010.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp 158,218.00
C. PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT					
D. Jumlah					Rp 279,749.18
E. Overhead & Profit					Rp 27,974.92
Nilai HSPK					Rp 307,724.10
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk dinding					
A. TENAGA KERJA					
Kepala Tukang	OH	0.033	Rp 171,000.00		Rp 5,689.07
Tukang	OH	0.333	Rp 156,000.00		Rp 51,940.68
Pembantu Tukang	OH	0.666	Rp 145,000.00		Rp 96,621.36
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp 154,251.11
B. BAHAN					
Kayu sengon (papan)	m3	0.03	Rp 3,350,400.00		Rp 100,512.00
Paku	kg	0.4	Rp 14,800.00		Rp 5,920.00
Minyak bekisting	liter	0.2	Rp 30,100.00		Rp 6,020.00
Kayu Kelapa	m3	0.02	Rp 4,711,500.00		Rp71,500.00
Multipkel tebal 0,9 cm	lembar	0.35	Rp 14,800.00		Rp32,725.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp 112,452.00
C. PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT					
D. Jumlah					Rp 266,703.11
E. Overhead & Profit					Rp 26,670.31
Nilai HSPK					Rp 293,373.42
Pemasangn 1 m2 bekisting untuk lantai					
A. TENAGA KERJA					
Kepala Tukang	OH	0.033	Rp 171,000.00		Rp 5,689.07
Tukang	OH	0.333	Rp 156,000.00		Rp 51,940.68
Pembantu Tukang	OH	0.666	Rp 145,000.00		Rp 96,621.36
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp 154,251.11
B. BAHAN					

Kayu sengon (papan)	m3	0.04	Rp 3,350,400.00	Rp 134,016.00
Paku	kg	0.4	Rp 14,800.00	Rp 5,920.00
Minyak bekisting	liter	0.2	Rp 30,100.00	Rp 6,020.00
Kayu Kelapa	m3	0.015	Rp 4,711,500.00	Rp71,500.00
Multipkel tebal 0,9 cm	lembar	0.35	Rp 14,800.00	Rp32,725.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 145,956.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 300,207.11
E. Overhead & Profit				Rp 30,020.71
Nilai HSPK				Rp 330,227.82
Pembesian dengan besi polos atau ulir				
A. TENAGA KERJA				
Kepala Tukang	OH	0.001	Rp 171,000.00	Rp 120.67
Tukang	OH	0.007	Rp 156,000.00	Rp 1,101.77
Pembantu Tukang	OH	0.007	Rp 145,000.00	Rp 1,024.77
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 2,247.21
B. BAHAN				
Baja tulangan polos U-24 atau ulir U-32	kg	1	Rp 13,500.00	Rp 14,175.00
Kawat beton	kg	0.015	Rp 26,900.00	Rp 403.50
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 14,578.50
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 16,825.71
E. Overhead & Profit				Rp 1,682.57
Nilai HSPK				Rp 18,508.28
Sheet Pile Baja (Tinggi = 6 m) untuk Pengaman Galian / Tebing Pekerjaan Beton K-250				
A. TENAGA KERJA				
Pekerja	OH	1,000	Rp60,000,00	Rp60,000.00
Tukang	OH	0,400	Rp75,000,00	Rp30,000.00
Kepala Tukang	OH	0,200	Rp85,000,00	Rp17,000.00
Mandor	OH	0,100	Rp85,000,00	Rp8,500.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp115,500.00
B. BAHAN				
Electrode Baja	kg	0.200	Rp30,600,00	Rp6,120.00
Gedeg Guling	m2	2,500	Rp122,000,00	Rp305,000.00
Sewa crane 30ton	jam	0,571	Rp139,800,00	Rp79,853.76
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp390,973.76
C. PERALATAN				
Sewa sheet pile WF	OH	319,500	Rp1,100,00	Rp351,450.00
Sewa sheet profile C	OH	22,700	Rp1,100,00	Rp24,970.00
JUMLAH HARGA ALAT				Rp376,420.00
D. Jumlah				Rp882,893.76
E. Overhead & Profit				Rp88,289.38

Nilai HSPK					Rp971.183,14
Pemasangan 1 m2 plesteran 1SP::1PP tebal 15 mm					
A. TENAGA KERJA					
Kepala Tukang	OH	0.015	Rp	171.000.00	Rp 2,585.52
Tukang	OH	0.151	Rp	156.000.00	Rp 23,609.04
Pembantu Tukang	OH	0.303	Rp	145.000.00	Rp 43,919.05
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA					Rp 70,113.61
B. BAHAN					
Portland cement 50 kg	zak	0	Rp	72,700.00	Rp 22,537.00
Pasir pasang muntilan	m3	0.02	Rp	272,500.00	Rp 5,450.00
JUMLAH HARGA BAHAN					Rp 27,987.00
C. PERALATAN					
JUMLAH HARGA ALAT					
D. Jumlah					Rp 98,100.61
E. Overhead & Profit					Rp 9,810.06
Nilai HSPK					Rp 107,910.67

Tabel 13 Analisis Harga Satuan SPAL

Uraian Kegiatan	KOEF	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali				
A. TENAGA KERJA				
Tenaga Kasar	OH	0.0404	Rp 146,000.00	Rp 5,895.85
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 5,895.85
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 5,895.85
E. Overhead & Profit				Rp 589.58
Nilai HSPK				Rp 6,485.43
Pemasangan paving Blok Lama				
A. TENAGA KERJA				
Kepala Tukang	OH	0.0504	Rp 171,000.00	Rp 8,619.80
Tukang	OH	0.5045	Rp 156,000.00	Rp 78,698.01
Pembantu Tukang	OH	0.2524	Rp 145,000.00	Rp 36,599.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 123,916.81
B. BAHAN				
Pasir pasang muntilan	m3	0.072	Rp 275,000.00	Rp 19,800.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 19,800.00
C. PERALATAN				
Vibratory plate tamper	jam	0.024	Rp 50,268.00	Rp 1,206.43
Alat bantu	set	0.025	Rp 50,000.00	Rp 1,250.00
JUMLAH HARGA ALAT				Rp 2,456.43
D. Jumlah				Rp 146,173.24
E. Overhead & Profit				Rp 14,617.32
Nilai HSPK				Rp 160,790.57
Penggalian tanah				
A. TENAGA KERJA				
Mandor	OH	0.032	Rp 171,000.00	Rp 5,516.67
Pembantu Tukang	OH	1.000	Rp 145,000.00	Rp 145,000.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 150,516.67
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 150,516.67
E. Overhead & Profit				Rp 15,051.67
Nilai HSPK				Rp 165,568.34
Galian tanah biasa dibuang ke luar lokasi				

A. TENAGA KERJA				
Pembantu Tukang	OH	0.252	Rp 145,000.00	Rp 36,599.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 36,599.00
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
Dump truck 5 ton	jam	0.25	Rp 70,000.00	Rp 17,500.00
Alat bantu	set	0.1	Rp 50,000.00	Rp 5,000.00
JUMLAH HARGA ALAT				Rp 22,500.00
D. Jumlah				Rp 59,099.00
E. Overhead & Profit				Rp 5,909.90
Nilai HSPK				Rp 65,008.90
Pengurangan 1 m3 pasir urug				
A. TENAGA KERJA				
Mandor	OH	0.010	Rp 171,000.00	Rp 1,723.96
Pembantu Tukang	OH	0.303	Rp 145,000.00	Rp 43,918.80
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 45,642.76
Pasir urug	m3	1	Rp 177,000.00	Rp 212,400.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 212,400.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 258,042.76
E. Overhead & Profit				Rp 25,804.28
Nilai HSPK				Rp 283,847.04
Pengurangan 1 m3 sirtu padat				
A. TENAGA KERJA				
Mandor	OH	0.025	Rp 171,000.00	Rp 4,309.90
Pembantu Tukang	OH	0.252	Rp 145,000.00	Rp 36,599.00
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 40,908.90
B. BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN				
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 40,908.90
E. Overhead & Profit				Rp 4,090.89
Nilai HSPK				Rp 44,999.79
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 4"				
A. TENAGA KERJA				
Tukang	OH	0.136	Rp 156,000.00	Rp 21,248.46
Pembantu Tukang	OH	0.082	Rp 145,000.00	Rp 11,858.08
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 33,106.54
B. BAHAN				

Pipa PVC Tipe AW Ø4" pajang 4m	batang	0.300	Rp 320,000.00	Rp 96,000.00
Klem PVC	buah	1.000	Rp 3,900.00	Rp 3,900.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 99,900.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 133,006.54
E. Overhead & Profit				Rp 13,300.65
Nilai HSPK				Rp 146,307.19
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 5"				
A. TENAGA KERJA				
Tukang	OH	0.136	Rp 156,000.00	Rp 21,248.46
Pembantu Tukang	OH	0.082	Rp 145,000.00	Rp 11,858.08
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 33,106.54
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe AW Ø5" pajang 4m	batang	0.300	Rp 514,000.00	Rp 154,200.00
Klem PVC	buah	1.000	Rp 3,900.00	Rp 3,900.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 158,100.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 191,206.54
E. Overhead & Profit				Rp 19,120.65
Nilai HSPK				Rp 210,327.19
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 6"				
A. TENAGA KERJA				
Tukang	OH	0.136	Rp 156,000.00	Rp 21,248.46
Pembantu Tukang	OH	0.082	Rp 145,000.00	Rp 11,858.08
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 33,106.54
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe AW Ø6" pajang 4m	batang	0.300	Rp 720,000.00	Rp 216,000.00
Klem PVC	buah	1.000	Rp 3,900.00	Rp 3,900.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 219,900.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 253,006.54
E. Overhead & Profit				Rp 25,300.65
Nilai HSPK				Rp 278,307.19
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 8"				
A. TENAGA KERJA				
Tukang	OH	0.136	Rp 156,000.00	Rp 21,248.46
Pembantu Tukang	OH	0.082	Rp 145,000.00	Rp 11,858.08
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 33,106.54
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe AW Ø8" pajang 4m	batang	0.300	Rp 1,209,000.00	Rp 362,700.00

Klem PVC	buah	1.000	Rp 3,900.00	Rp 3,900.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 366,600.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 399,706.54
E. Overhead & Profit				Rp 39,970.65
Nilai HSPK				Rp 439,677.19
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 10"				
A. TENAGA KERJA				
Tukang	OH	0.136	Rp 156,000.00	Rp 21,248.46
Pembantu Tukang	OH	0.082	Rp 145,000.00	Rp 11,858.08
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 33,106.54
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe AW Ø10" pajang 4m	batang	0.300	Rp 1,870,000.00	Rp 561,000.00
Klem PVC	buah	1.000	Rp 3,900.00	Rp 3,900.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 564,900.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 598,006.54
E. Overhead & Profit				Rp 59,800.65
Nilai HSPK				Rp 657,807.19
Pemasangan pipa PVC Tipe AW diameter 12"				
A. TENAGA KERJA				
Tukang	OH	0.136	Rp 156,000.00	Rp 21,248.46
Pembantu Tukang	OH	0.082	Rp 145,000.00	Rp 11,858.08
JUMLAH HARGA TENAGA KERJA				Rp 33,106.54
B. BAHAN				
Pipa PVC Tipe AW Ø12" pajang 4m	batang	0.300	Rp 2,635,000.00	Rp 790,500.00
Klem PVC	buah	1.000	Rp 3,900.00	Rp 3,900.00
JUMLAH HARGA BAHAN				Rp 794,400.00
C. PERALATAN				
JUMLAH HARGA ALAT				
D. Jumlah				Rp 827,506.54
E. Overhead & Profit				Rp 82,750.65
Nilai HSPK				Rp 910,257.19



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari



Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

-  Pipa Sekunder
-  Pipa Primer
Dosen Asistensi

Judul Gambar

Jaringan Pipa SPAL Ploso

Skala

1 : 500

No Gambar

01





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari




Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

-  Pipa Sekunder
-  Pipa Primer
-  Dosen Asistensi

Judul Gambar

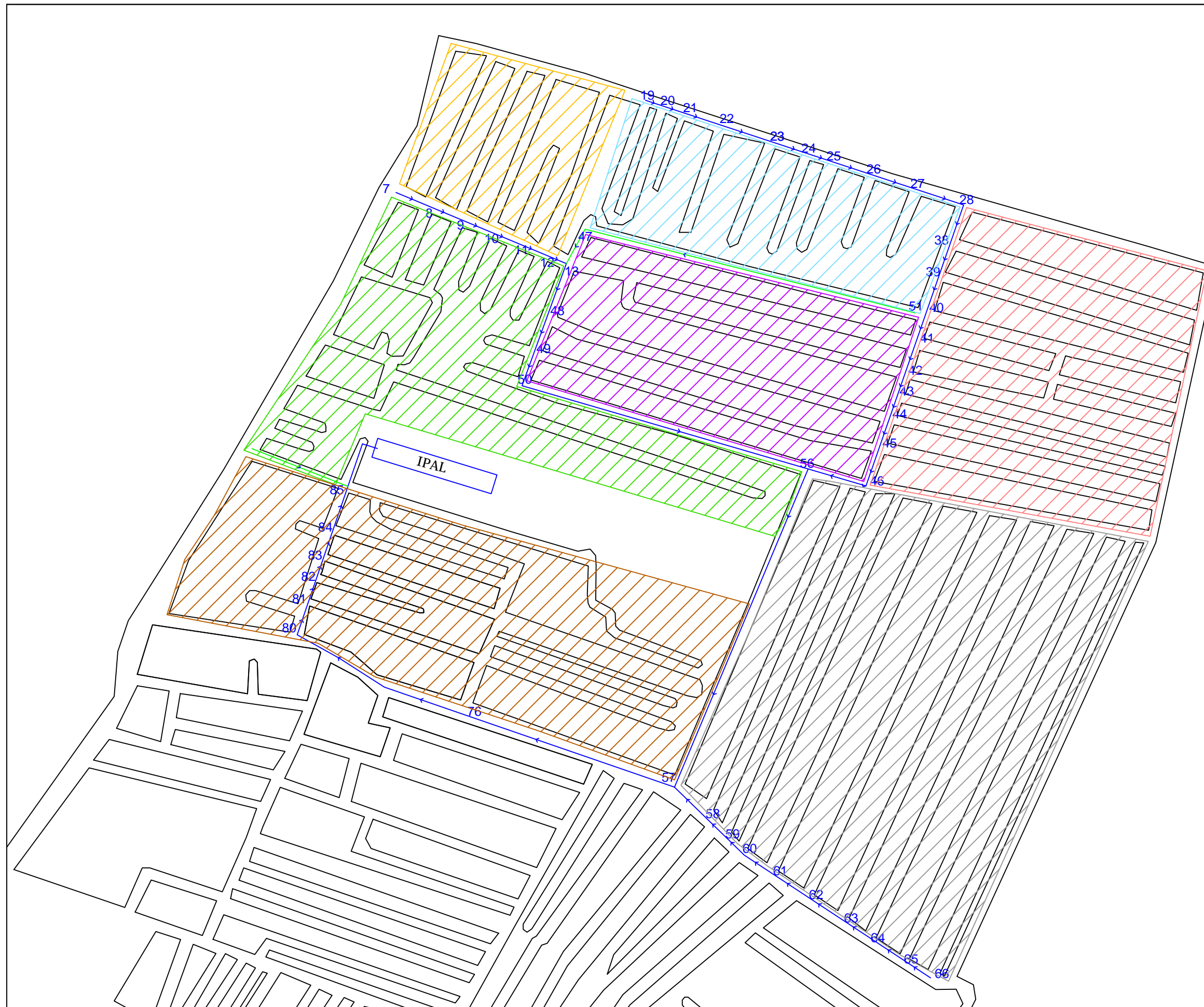
Pembagian Blok SPAL Ploso

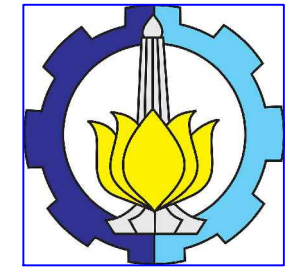
Skala

1 : 500

No Gambar

02





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

- Muka Tanah
- Elevasi dasar pipa

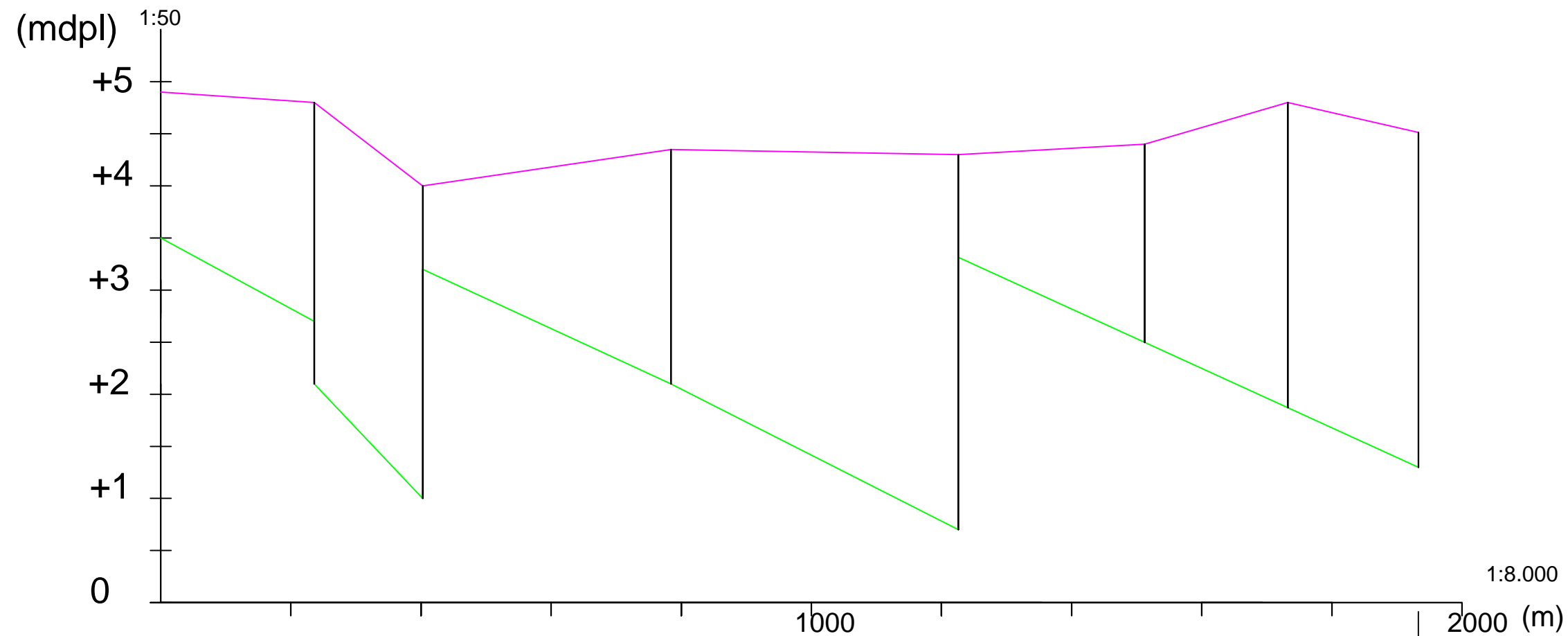
Judul Gambar

Profil Hidrolis Pipa 17 - 85 Ploso

Skala

No Gambar

03



JALUR	7	13	50	56	57	76	80	85			
JARAK(m)	236,4	166,5	381,8	441,4	286,4	219,7	201				
ELEVASI TANAH (mdpl)	+4,9	+4,8	+4,0	+4,4	+4,3	+4,4	+4,8	+4,6			
ELEVASI BAWAH PIPA (mdpl)	+3,5	+2,7	+2,1	+1,0	+3,2	+2,1	+0,7	+3,4	+2,5	+1,9	+1,3
DIAMETER LUAR PIPA (mm)			114	114							



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

- Pipa Sekunder
- Pipa Primer

Judul Gambar

Jaringan Pipa SPAL Pacar Kembang

Skala

1 : 500

No Gambar

04





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

- Pipa Sekunder
- Pipa Primer

Judul Gambar

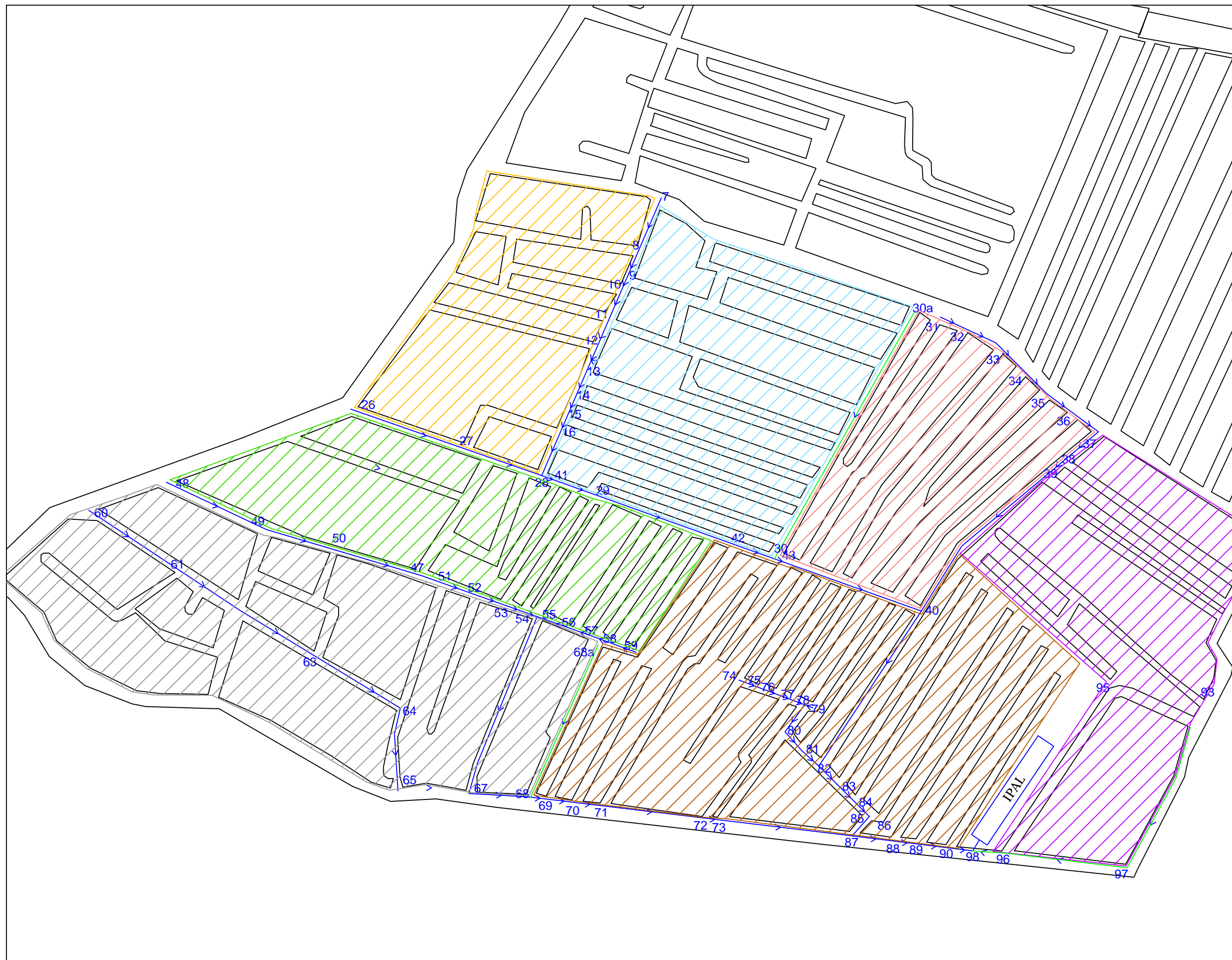
Blok SPAL Pacar Kembang

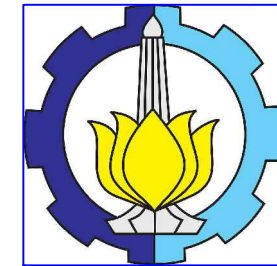
Skala

1 : 500

No Gambar

05





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

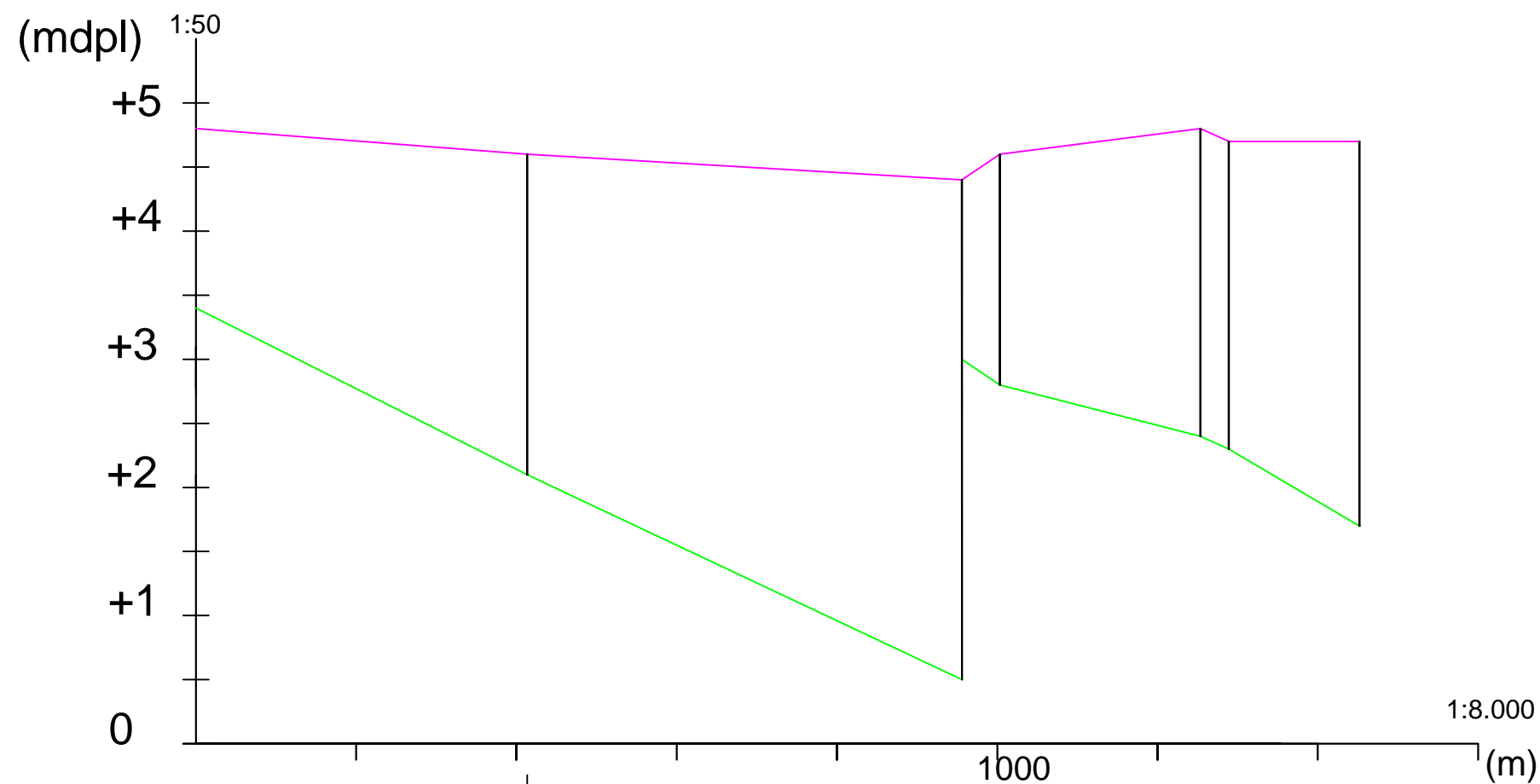
Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

- Muka Tanah
- Elevasi Dasar PIPA



JALUR	7	28	40	82	85	87	98
JARAK(m)	413,3	542,1	47,3	250,1	34,8	163,4	
ELEVASI TANAH (mdpl)	+4,8	+4,6	+4,4	+4,6	+4,8	+4,7	+4,7
ELEVASI BAWAH PIPA (mdpl)	+3,4	+2,1	+0,5	+3,0	+2,8	+2,4	+2,3
DIAMETER LUAR PIPA (mm)	114	216	267	267	267	318	

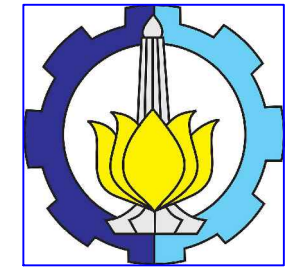
Judul Gambar

Profil Hidrolis SPAL Pacar Kembang

Skala

No Gambar

06



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari


Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

— Tangga Monyet
 Beton

Judul Gambar

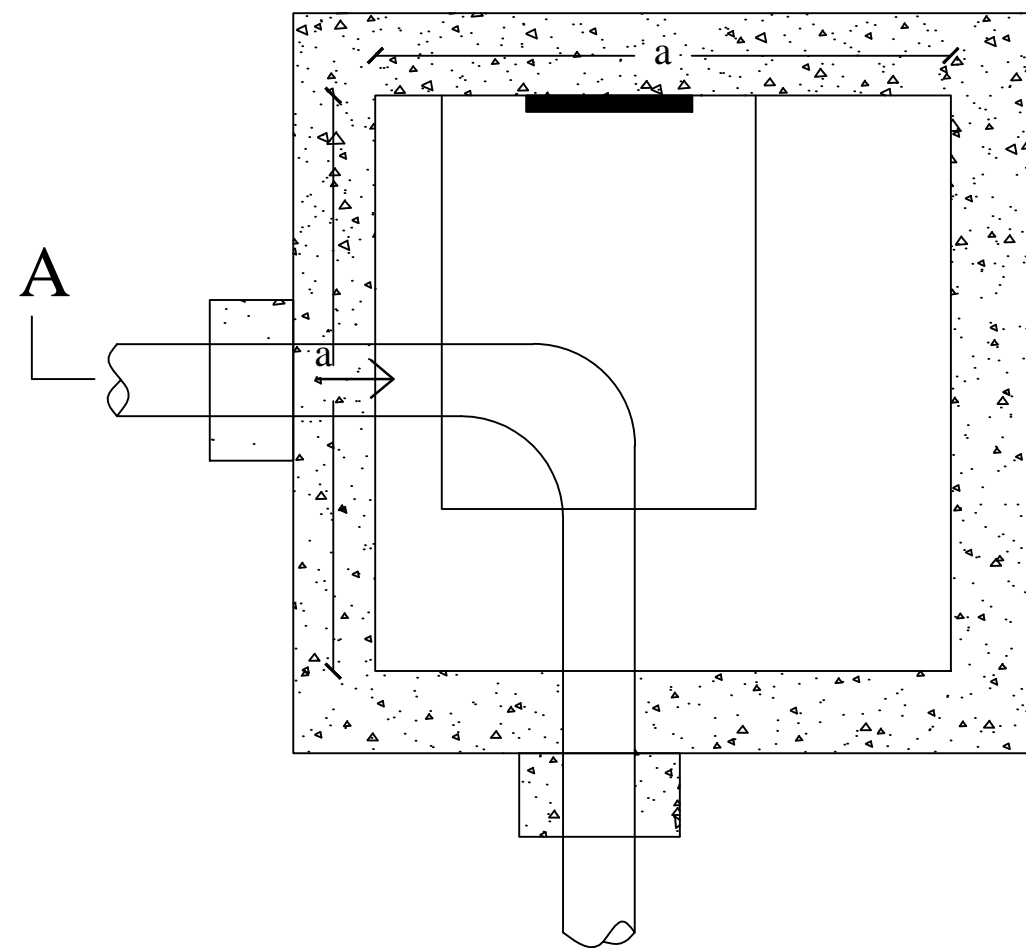
Tipikal Manhole Belokan

Skala

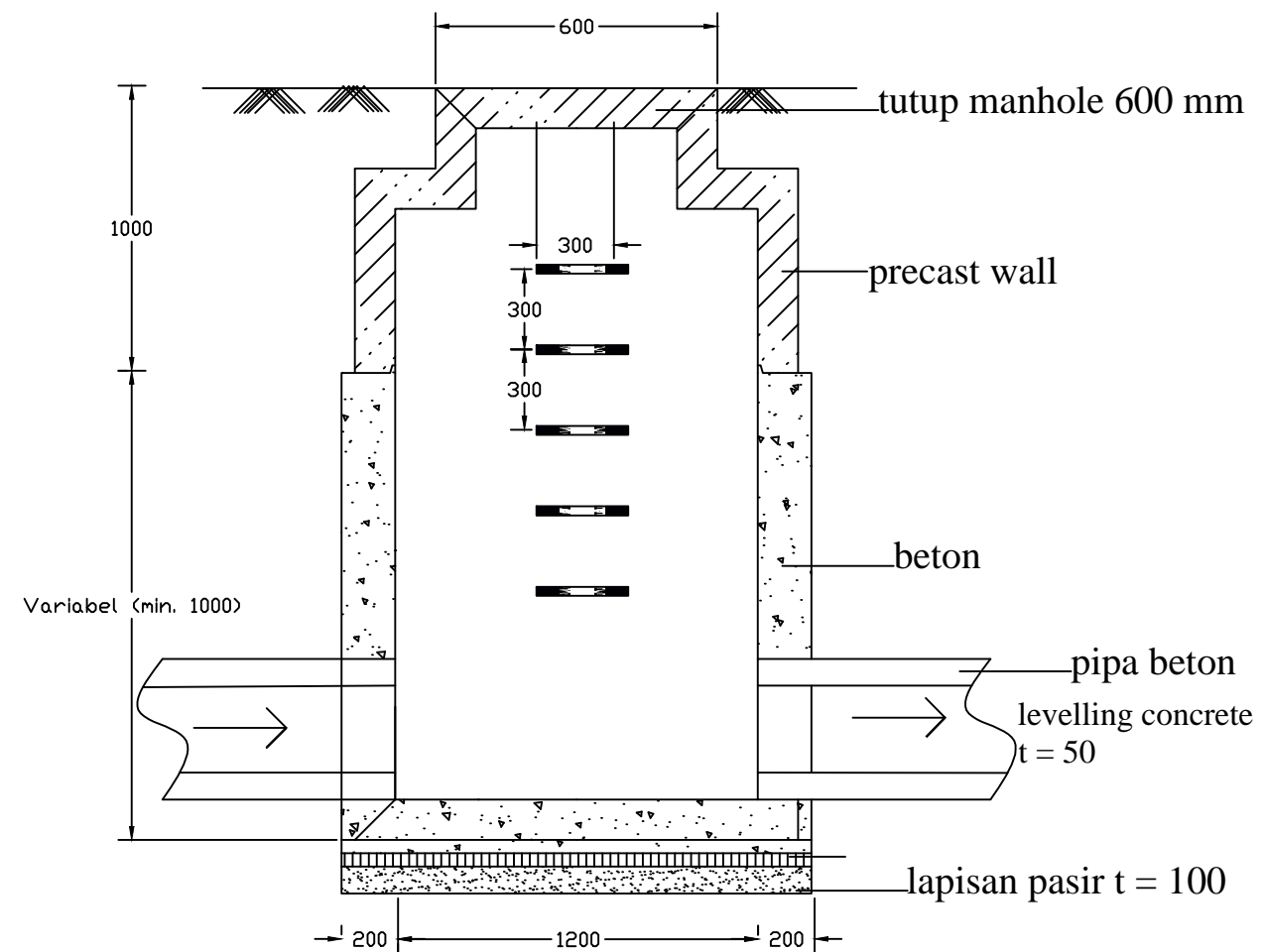
No Gambar

Tanpa Skala

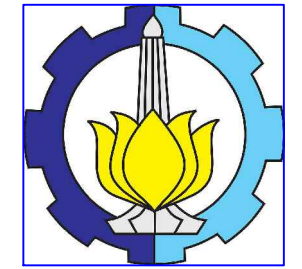
07



Denah Manhole Belokan



Potongan A - A



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

- Tangga Monyet
- Beton

Judul Gambar

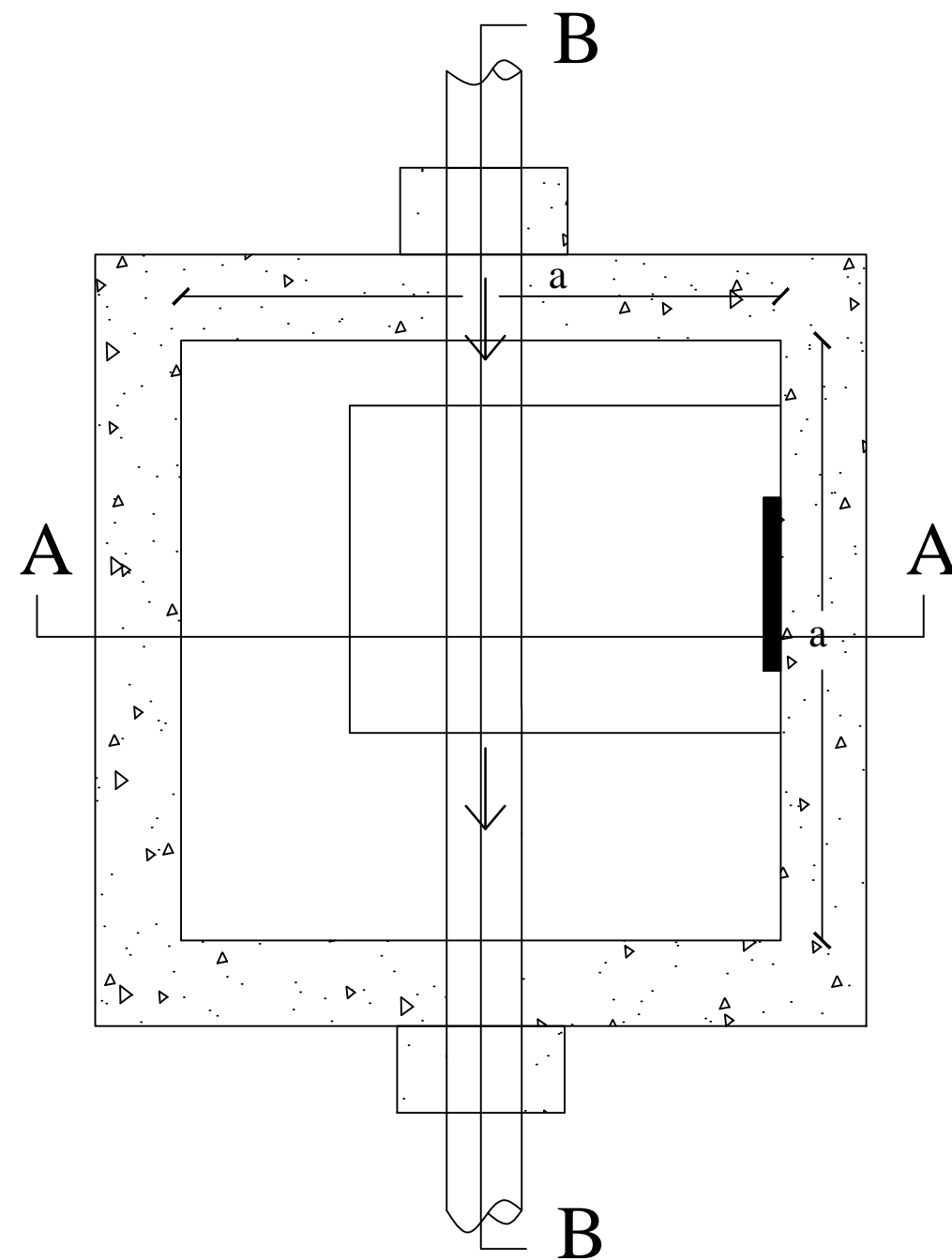
Tipikal Manhole Lurus

Skala

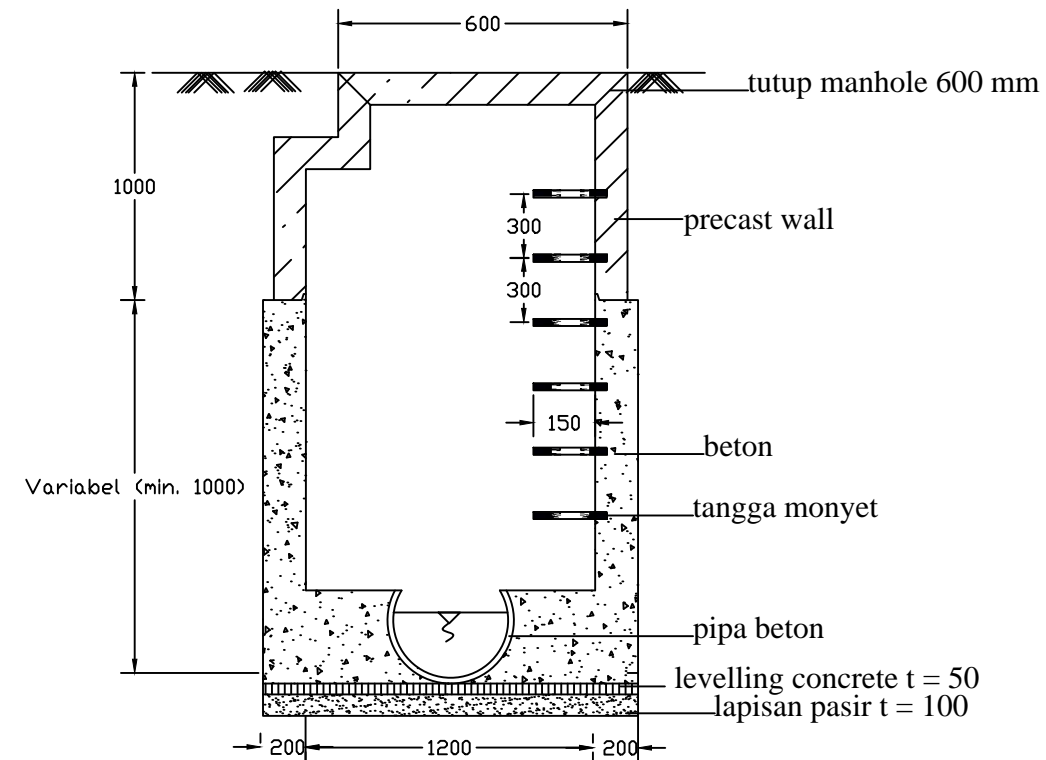
No Gambar

Tanpa Skala

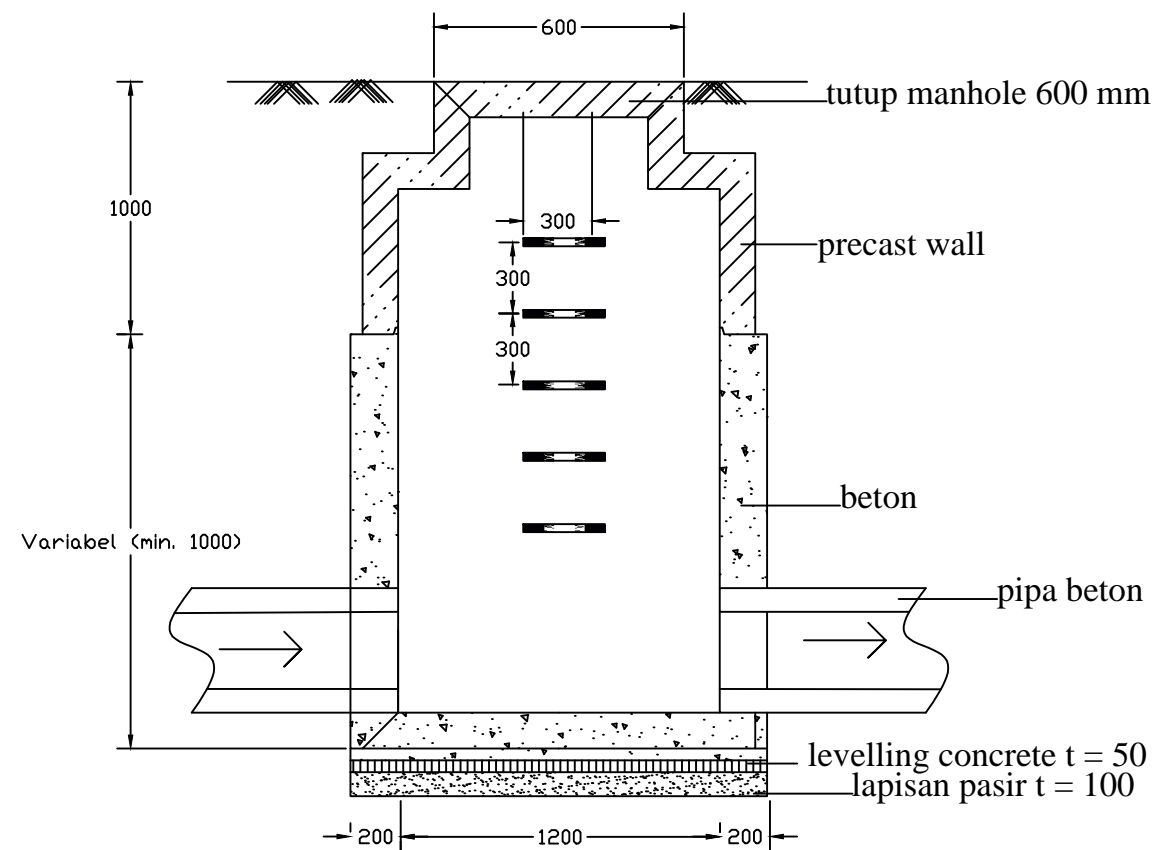
08



Denah Manhole Lurus



Potongan A - A



Potongan B - B



Departemen Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
 dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
 Air Limbah Domestik Kecamatan
 Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
 0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
 19590811 198701 1 001

Legenda

- Tangga Monyet
- Beton

Judul Gambar

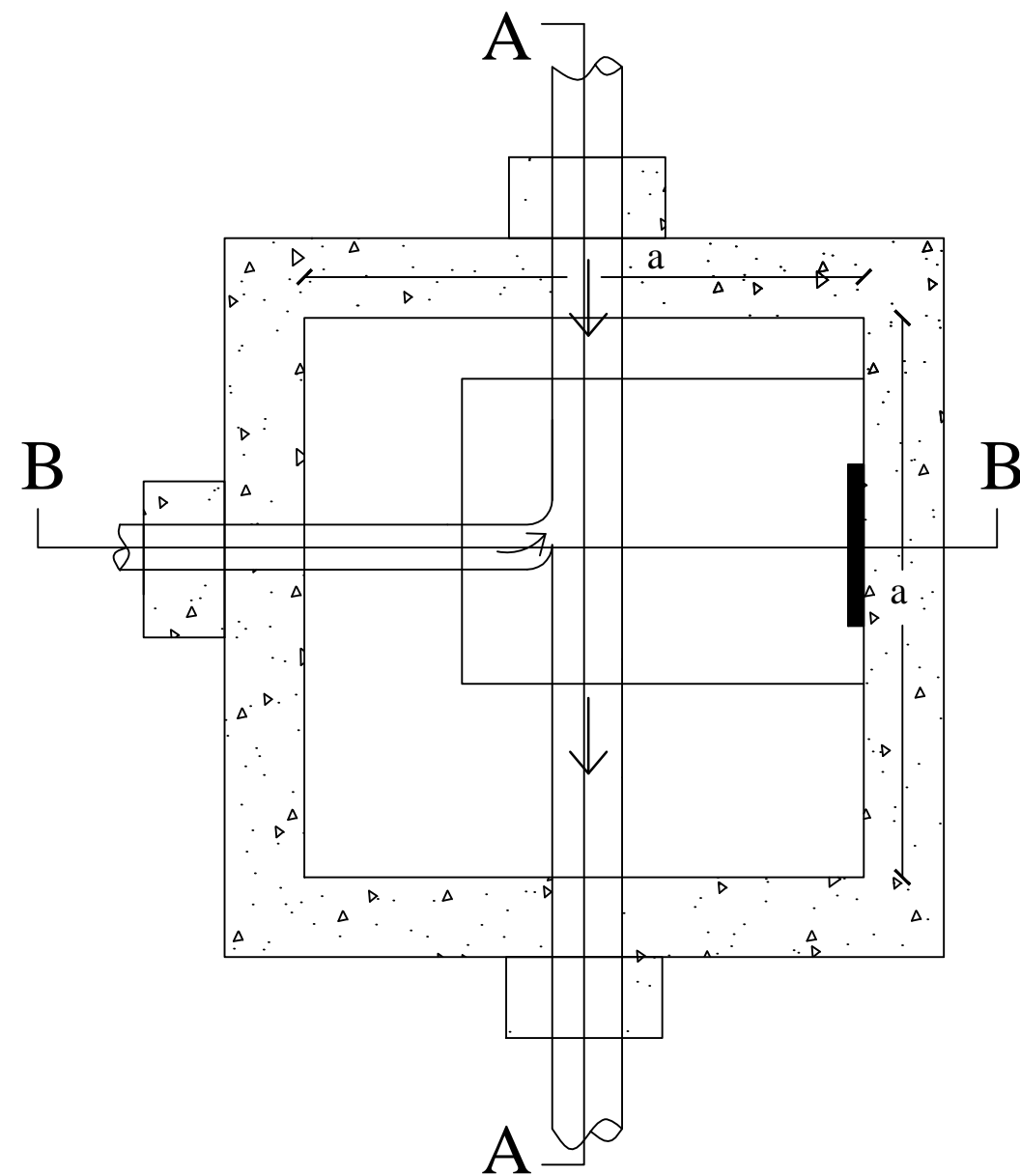
Tipikal Drop Manhole Pertigaan

Skala

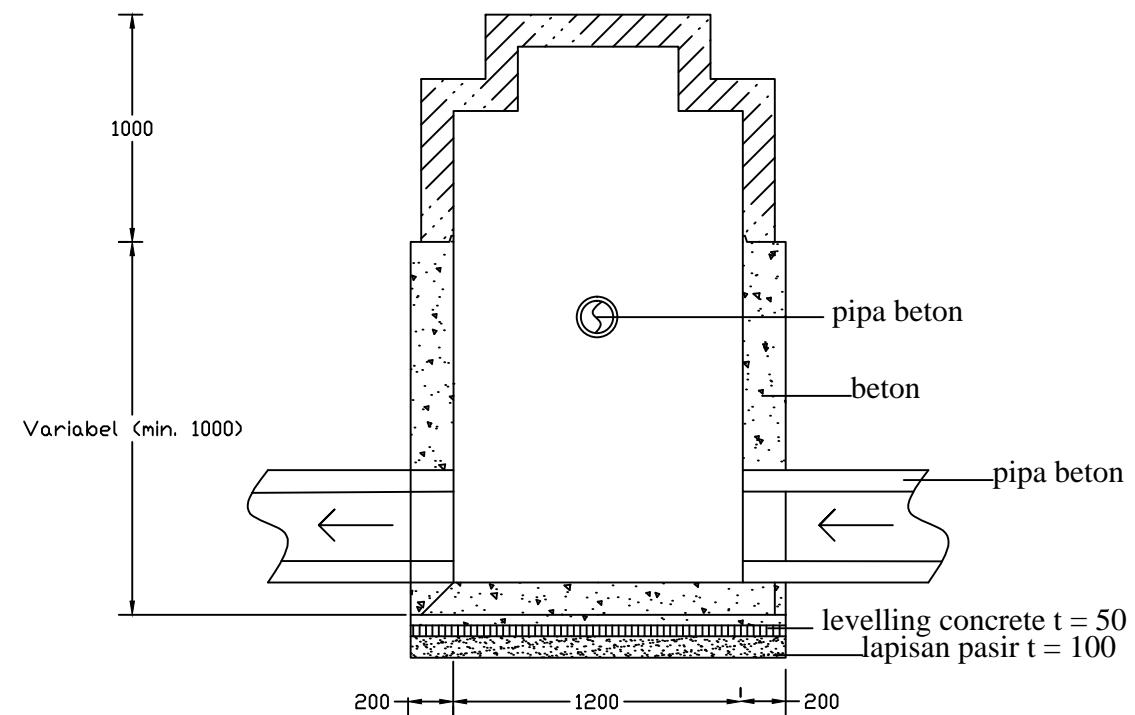
No Gambar

Tanpa Skala

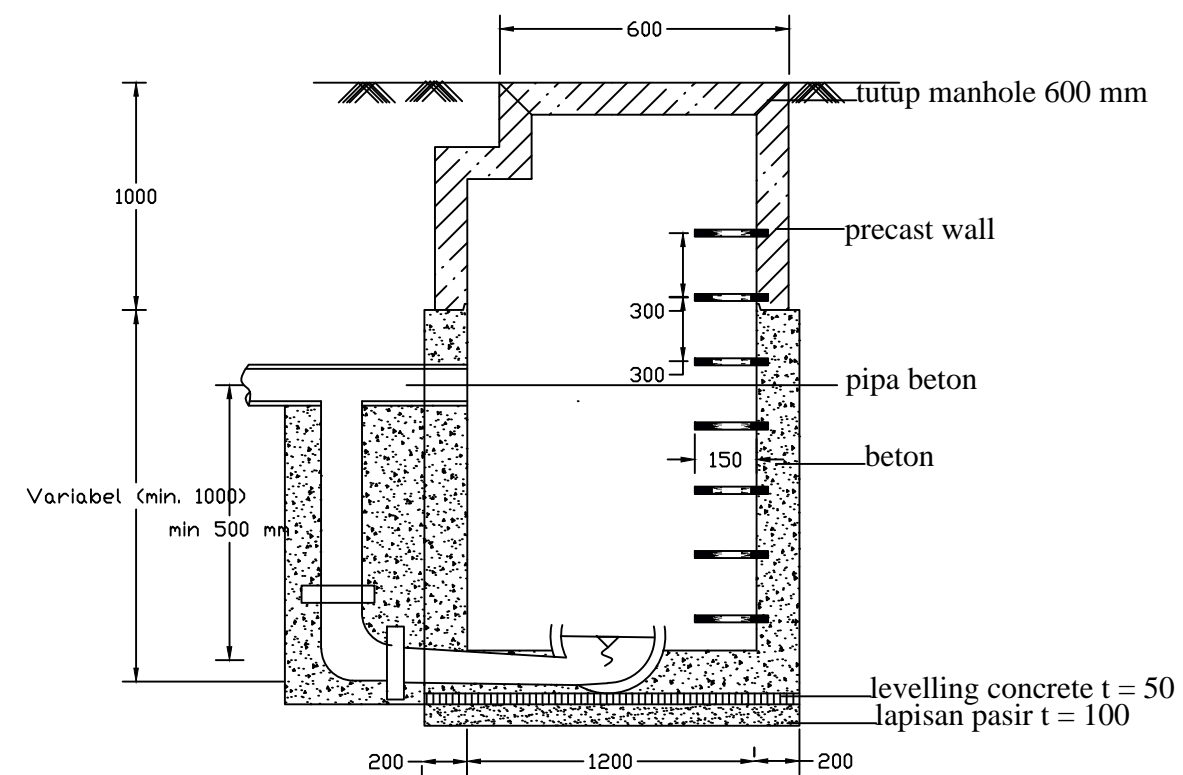
09



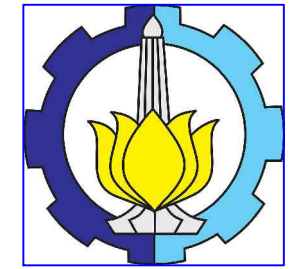
Denah Drop Manhole Pertigaan



Potongan A - A



Potongan B - B



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

Judul Gambar

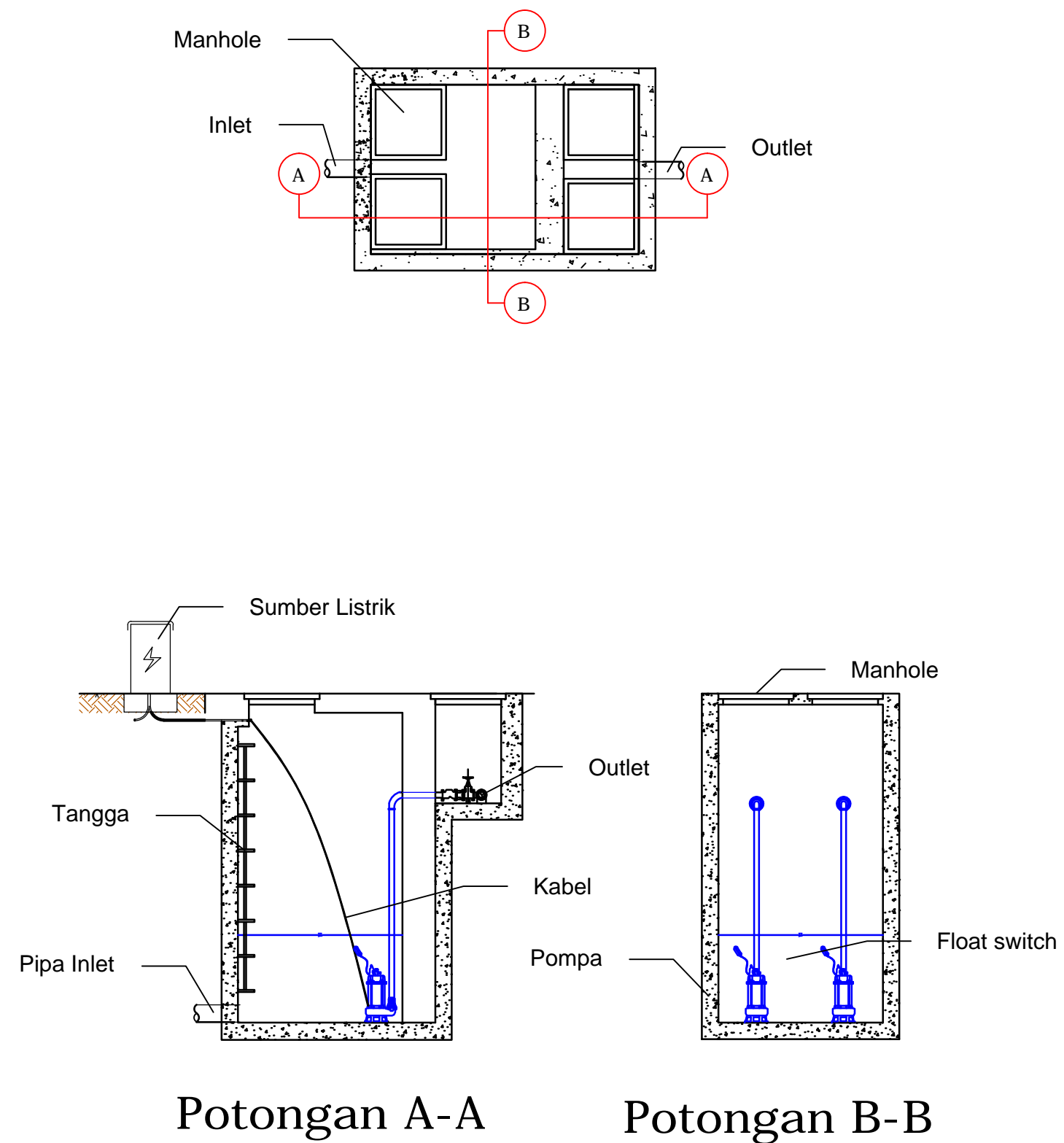
Tipikal Stasiun Pompa

Skala

1 : 50

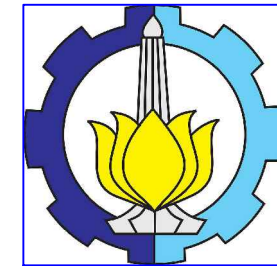
No Gambar

10



Potongan A-A

Potongan B-B



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

Judul Gambar

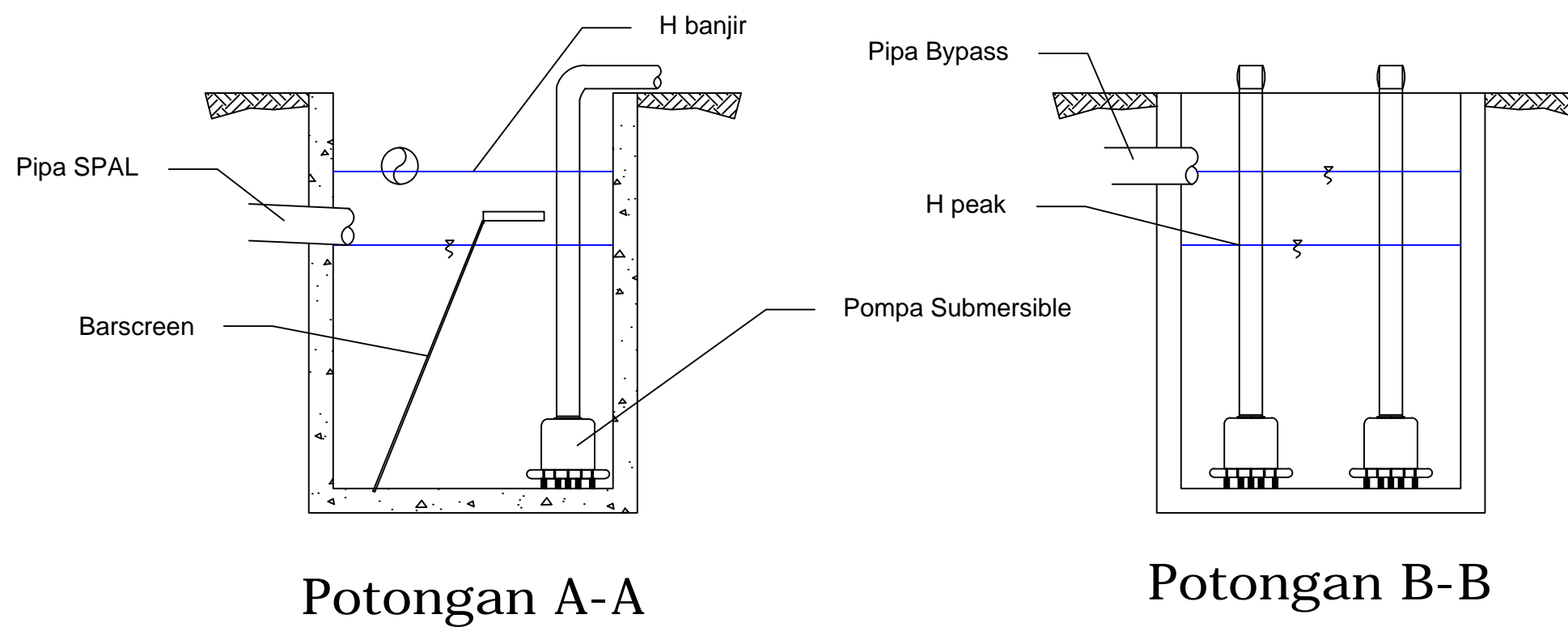
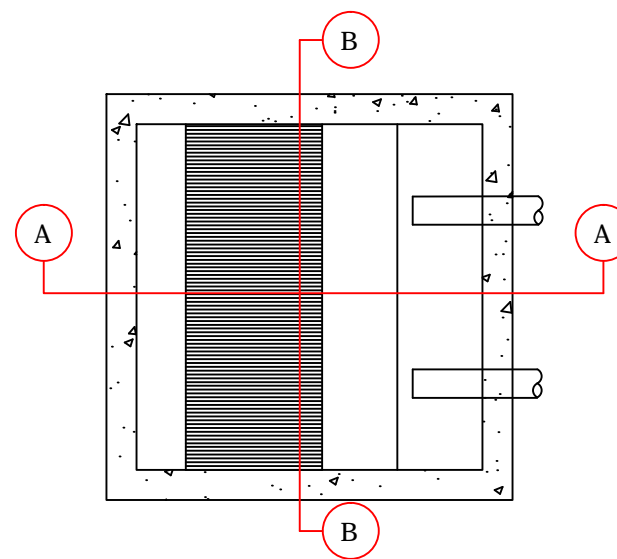
Tipikal Sumur pengumpul

Skala

1 : 50

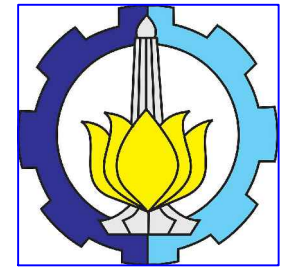
No Gambar

11



Potongan A-A

Potongan B-B



Departemen Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
 dan Kebumihan
 Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
 Air Limbah Domestik Kecamatan
 Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
 0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
 19590811 198701 1 001

Legenda

Judul Gambar

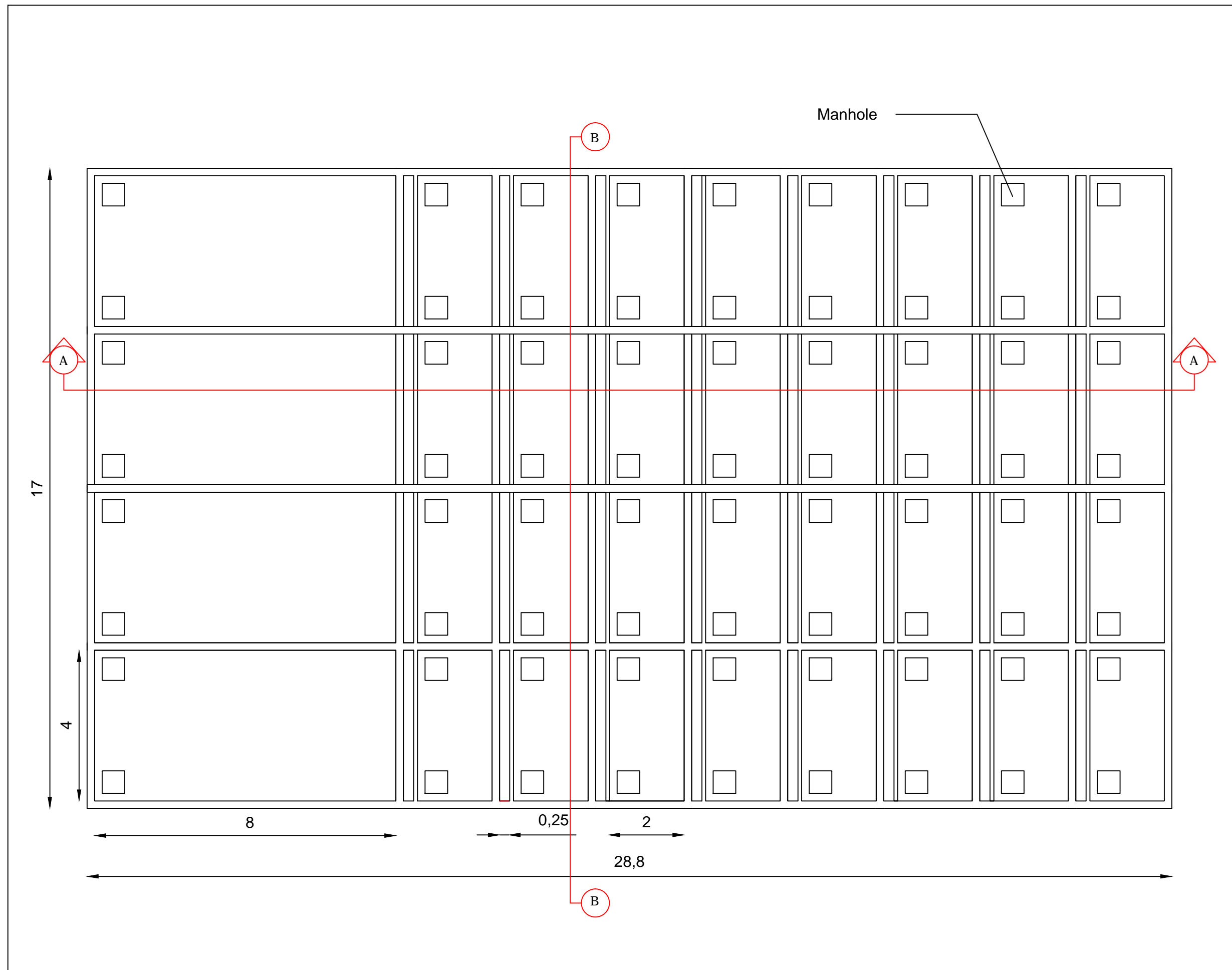
Denah ABR - ABF

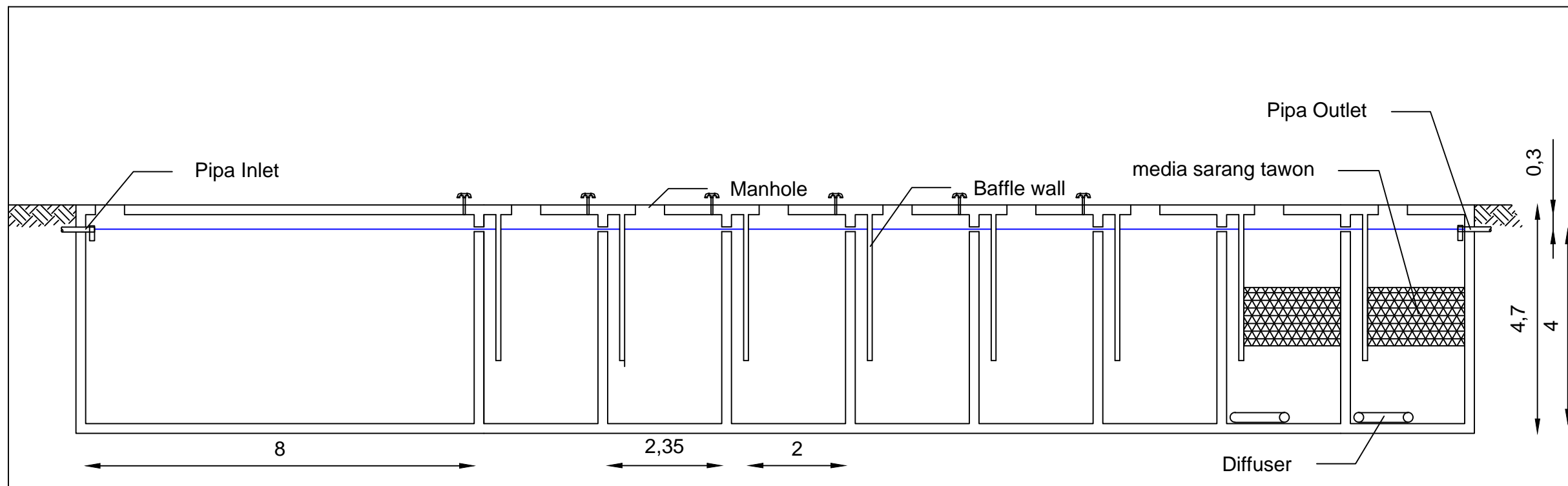
Skala

1 : 100

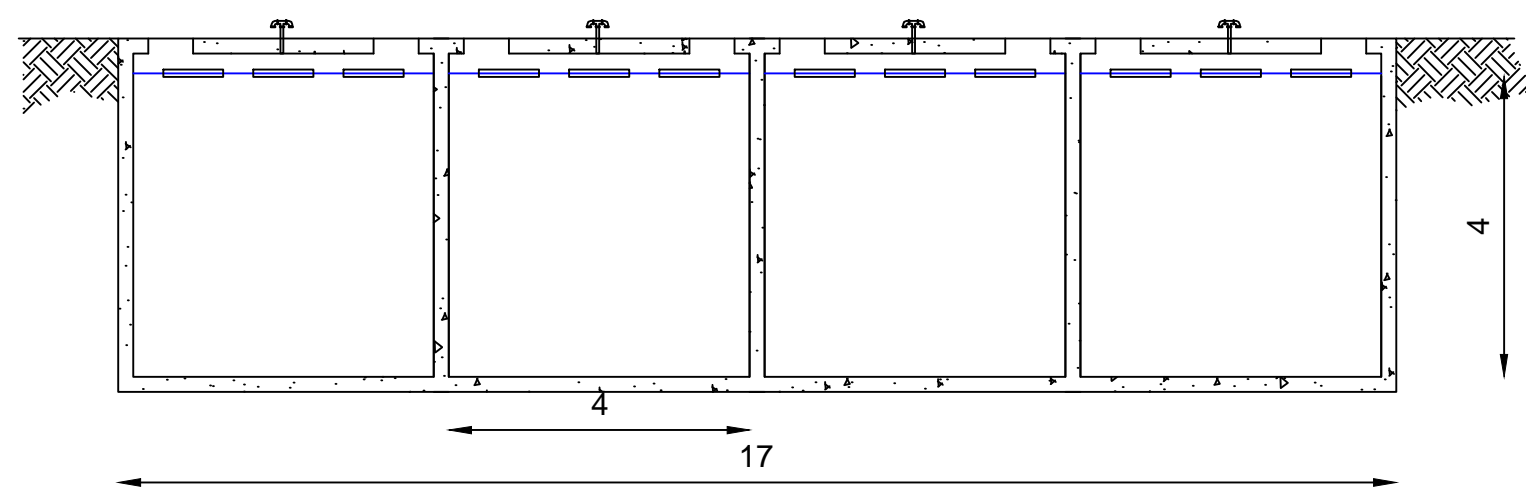
No Gambar

12

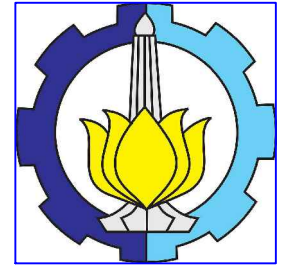




Potongan A-A



Potongan B-B



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

— Elevasi Muka Air

Judul Gambar

Potongan ABR ABF

Skala

1 : 100

No Gambar

13



Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa

Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

1. Saluran SPAL
2. Sumur Pengumpul
3. Pipa Bypass banjir
4. ABR - ABF
5. Outlet IPAL

— Pipa Air Limbah

— Saluran drainase

Judul Gambar

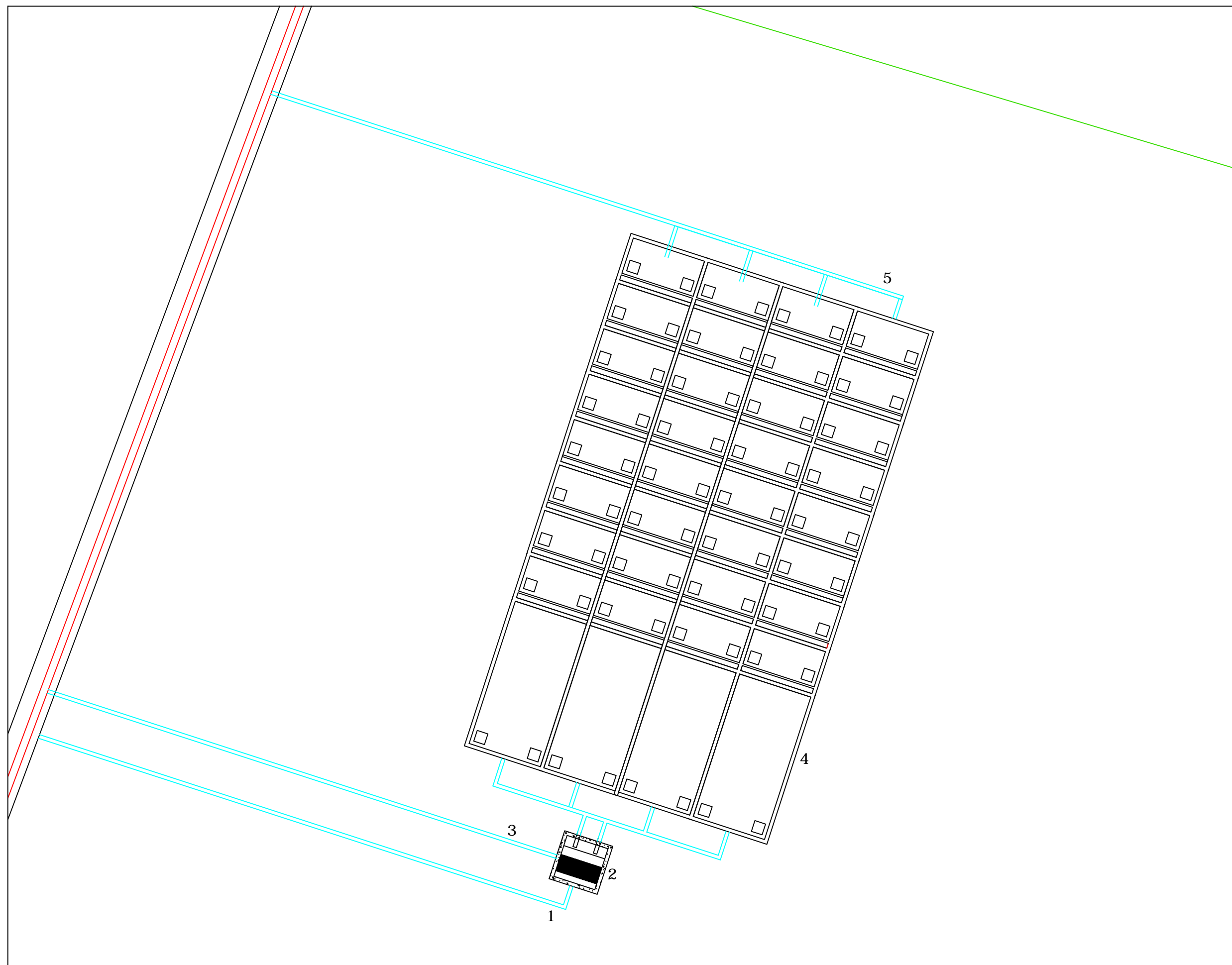
Layout IPAL Cluster 1 Ploso

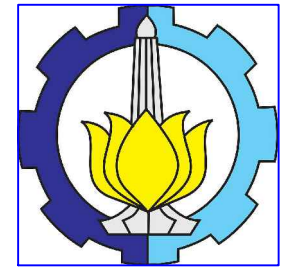
Skala

1 : 200

No Gambar

14





Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan
dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Sistem Pengelolaan
Air Limbah Domestik Kecamatan
Tambaksari

Nama Mahasiswa



Mario Bagus Priambodo
0321134000069

Dosen Pembimbing

Dr. Ir Agus Slamet, M.Sc
19590811 198701 1 001

Legenda

1. Saluran SPAL
2. Sumur Pengumpul
3. Pipa Bypass banjir
4. ABR - ABF
5. Outlet IPAL

-  Pipa Air Limbah
-  Saluran drainase

Judul Gambar

Layout IPAL Cluster 2 Pacar
Kembang

Skala No Gambar

1 : 200

15

