



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA
SURABAYA**

NATASYA OLIVIA ALDISA WIDYA ARYANI

NRP 03211540000112

DOSEN PEMBIMBING

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

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN OF SEWERAGE SYSTEM AND
DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT
SYSTEM IN SEMEMI, SURABAYA CITY**

NATASYA OLIVIA ALDISA WIDYA ARYANI

NRP 03211540000112

ADVISOR

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

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

**Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi
Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Sememi,
Kota Surabaya**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NATASYA OLIVIA ALDISA WIDYA ARYANI

NRP. 03211540000112

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



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

NIP. 19711114 2003 12 2 001



PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA SURABAYA

Nama :Natasya Olivia Aldisa Widya Aryani
NRP :03211540000112
Departemen :Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing :Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Berdasarkan laporan akhir *Environmental Health Risk Assesment* Kota Surabaya tahun 2015 mengenai kondisi sanitasi Kota Surabaya, Kelurahan Sememi termasuk ke dalam kategori kelurahan Beresiko Tinggi sehingga memerlukan perhatian dan prioritas dari Pemerintah Surabaya dalam pembangunan program dan kegiatan yang terkait dengan sanitasi.

Pengelolaan air limbah domestik di Kelurahan Sememi masih dilakukan dengan membuang limbah non kakus (*grey water*) tanpa pengolahan. *Grey water* langsung dibuang melalui saluran drainase di depan rumah karena belum memiliki saluran penyaluran dan pengolahan air limbah. Tujuan perencanaan ini adalah merencanakan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik Kelurahan Sememi dengan kualitas efluen mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Instalasi pengolahan air limbah domestik yang digunakan yaitu Anaerobic Baffled Reactor (ABR) serta Aerobik Biofilter (ABF). Penentuan debit air limbah berdasarkan hasil survey yaitu 98,08 liter/orang.hari dengan kualitas air limbah domestik BOD, COD, TSS dan Ammonia yang digunakan dalam perencanaan yakni 494 mg/l, 799 mg/l 473 mg/l, dan 35,8 mg/l. ABR yang direncanakan memiliki 4 kompartemen dengan dimensi panjang, lebar, dan kedalaman yaitu 9 m, 15 m, dan 4 m. ABF yang

direncanakan memiliki dimensi panjang, lebar, dan kedalaman yaitu 14 m, 15 m, dan 4 m. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan SPAL dan IPAL ini Rp40.035.160.601,00 sedangkan biaya operasionalnya sebesar Rp45.600.000,00.

Kata kunci : Air Limbah Domestik, *Black water*, *Grey water*, IPAL, SPAL

DESIGN OF SEWERAGE SYSTEM AND DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN SEMEMI, SURABAYA CITY

Name of Student : Natasya Olivia Aldisa Widya Aryani
NRP : 0321154000112
Study Programme : Environmental Engineering
Advisor : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Based on the last report of Environmental Health Risk Assesment of Surabaya City in 2015, the sanitation condition of Sememi is already in the high risk category. With the result of that, Sememi needs more care and priority from the Government of Surabaya in the development programmes dan activity related to sanitation.

The wastewater treatment in Sememi is not good because the people in Sememi still dispose their greywater straight into the water bank without treating it first. Greywater disposed through the drainage channel in front of houses because there are no sewerage system and domestic wastewater treatment system yet in Sememi. The purpose is to plan the sewerage system and domestic wastewater treatment system in Sememi with the effluent quality referring to "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68

The domestic wastewater treatment system used Anaerobic Baffled Reactor (ABR) and Aerobic Biofilter (ABF). The wastewater discharge in Kelurahan Sememi is 98,08 litre/people.day while the wastewater quality of BOD, COD, TSS and Ammonia are 494 mg/l, 799 mg/l 473 mg/l, and 35,8 mg/l. The ABR have 4 compartment with dimension of length, width and depth are 9 m, 15 m, dan 4 m. The dimension of ABF consist of length, width and depth are 9 m, 15 m, dan 4 m. Cost needed

for the construction is Rp40.035.160.601,00 and the operational cost is Rp45.600.000,00.

Kata kunci : Domestic Wastewater, Blackwater, Greywater, Sewerage System, WWTP

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi tugas mata kuliah Tugas Akhir serta meningkatkan kemamouan pemahaman bidang Teknik Lingkungan. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir. Saya mengucapkan terimakasih atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan
2. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M. Eng, Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T., serta Ibu Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, M.T.
3. Keluarga penyusun, Ibu, bapak dan Adek atas segala doa dan dukungannya
4. Rekan mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2015 yang selalu mendukung serta membantu tugas akhir ini.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik-baiknya, namun masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juni
2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 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.....	5
2.1 Air Limbah Domestik.....	5
2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik.....	5
2.1.2 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	5
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	8
2.2 Sistem Penyaluran Air Limbah.....	8
2.2.1 Sistem Konvensional	8
2.2.2 Sistem <i>Shallow Sewer</i>	8
2.2.3 Sistem Small Bore Sewer	9
2.3 Debit Air Limbah Domestik	9
2.3.1 Kecepatan Air Dalam Pipa	9
2.3.2 Fluktuasi Aliran	10

2.3.2	Debit Air Infiltrasi Air Tanah dan Air Hujan	12
2.3.3	Dimensi Pipa Air Limbah Domestik	13
2.4	Perencanaan Saluran Air Limbah Domestik	16
2.4.1	Kecepatan Pengaliran	16
2.4.2	Kemiringan Saluran Penanaman Pipa	17
2.4.3	Dimensi Pipa.....	17
2.4.4	Prasarana dan Sarana Pelengkap.....	18
2.5	Pengolahan Air Limbah Domestik.....	22
2.6	Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik	24
2.6.1	Barscreen.....	24
2.6.2	Grease Trap.....	25
2.6.3	Bak Ekualisasi.....	25
2.6.4	Bak Pengendap I	26
2.6.5	Reaktor Bersekat Anaerobik (<i>Anaerobic Baffled Reactor /ABR</i>).....	26
2.6.6	Biofilter Aerobik.....	29
2.6.7	Biofilter Anaerobik.....	30
2.6.8	Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB)	31
2.6.10	Tangki Aerasi	32
2.7	Kelayakan Ekonomi.....	34
2.8	Perencanaan Terdahulu.....	36
BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN		38
3.1	Kondisi Geografis dan Administratif	39
3.2	Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan	41
3.3	Lokasi Perencanaan IPAL.....	42
BAB 4 METODE PERENCANAAN.....		45
4.1	Gambaran Umum Perencanaan	45

4.2	Kerangka Perencanaan	46
4.3	Rangkaian Kegiatan Perencanaan	48
4.3.1	Ide Perencanaan	48
4.3.2	Studi Literatur	48
4.3.3	Pengumpulan Data	49
4.3.4	Analisis Data dan Pembahasan	51
4.3.5	Kesimpulan dan Saran	52
BAB 5 ANALISIS HASIL SURVEI MASYARAKAT DAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH.....		53
5.1	Analisis Survei Masyarakat.....	53
5.1.1	Ketersediaan Sarana Air Limbah.....	55
5.1.2	Sikap Masyarakat	57
5.2	Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah	63
5.2.1	Daerah Pelayanan	63
5.3.2	Proyeksi Penduduk.....	64
5.3.3	Proyeksi Fasilitas Umum	67
5.3.4	Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah	68
5.3.5	Perhitungan Debit Air Limbah.....	69
5.4	Pembebanan Saluran Perpipaan Air Limbah.....	73
5.5	Dimensi Perpipaan Air Limbah	78
5.6	Penanaman Perpipaan Air Limbah	81
5.7	Bangunan Pelengkap.....	82
5.7.1	Bak Kontrol	82
5.7.2	Manhole	84
BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH		85
6.1	Tahap Perencanaan Awal.....	85

6.1.1	Periode Perencanaan IPAL	85
6.1.2	Kuantitas dan Kualitas Air Limbah.....	85
6.1.3	Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah yang Direncanakan.....	86
6.1.3	Pemilihan Jenis Pengolahan	87
6.1.4	Kesetimbangan Massa	93
6.1.5	Kriteria Perencanaan	96
6.2	Tahap Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah...	97
6.2.1	Sumur Pengumpul dan Barscreen.....	98
6.2.2	Bak Pengendap I	102
6.2.3	Anaerobic Baffled Reactor.....	110
6.2.4	Aerobik Biofilter.....	120
6.2.5	Desinfeksi	125
6.3	Standar Operasional Prosedur Pengoperasian dan Pemeliharaan IPAL	126
6.3.1	Sistem Penyaluran Air Limbah	126
6.3.2	Instalasi Pengolahan Air Limbah	128
BAB 7 BILL OF QUANTITY DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA		133
7.1	Perpipaan	133
7.2	Bangunan Pelengkap.....	137
7.2.1	Manhole	137
7.2.2	Bak Kontrol	138
7.2.3	RAB Bangunan Pelengkap	139
7.3	Galian dan Urugan Pipa.....	139
7.4	BOQ dan RAB IPAL	147
7.5	Total RAB SPAL dan IPAL.....	155

7.5	Biaya Operasional.....	155
7.6	Analisis Ekonomi.....	156
BAB 8	KESIMPULAN DAN SARAN	159
8.1	Kesimpulan	159
8.2	Saran.....	160

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Baku Mutu Air Limbah	8
Tabel 2.2	Slope Minimum Berdasarkan Diameter Pipa	17
Tabel 2.3	Jarak antar Manhole pada Jalur Lurus.....	18
Tabel 2.4	Perbandingan Proses Anaerobik dan Aerobik	23
Tabel 2.5	Kriteria Desain <i>Barscreen</i>	24
Tabel 2.6	Kriteria Desain Bak Pengendap 1	26
Tabel 2.7	Kriteria Desain Zona Tangki Pengendap ABR....	28
Tabel 2.8	Kriteria Desain Zona Kompartemen ABR	29
Tabel 2.9	Perencanaan Terdahulu Terkait Pengolahan Air Limbah Domestik.....	37
Tabel 4.1	Metode Analisis Parameter Air Limbah Domestik	50
Tabel 5.1	Profil Umur Responden	53
Tabel 5.2	Perhitungan Skala Likert 1	58
Tabel 5.3	Interval Presentasi Nilai Skala Likert.....	59
Tabel 5.4	Perhitungan Skala Likert 2	61
Tabel 5.5	Perhitungan Skala Likert 3	61
Tabel 5.6	Perhitungan Skala Likert 4	62
Tabel 5.7	Jumlah Penduduk Terlayani.....	63
Tabel 5.8	Data Penduduk Kelurahan Sememi.....	64
Tabel 5.9	Nilai Korelasi Metode Aritmatik	65
Tabel 5.10	Nilai Korelasi Metode Geometrik.....	65
Tabel 5.11	Nilai Korelasi Metode <i>Least Square</i>	66
Tabel 5.12	Jumlah Penduduk Hasil Proyeksi.....	66
Tabel 5.13	Jumlah Fasilitas Umum Kelurahan Sememi	67
Tabel 5.14	Proyeksi Fasilitas Umum Kelurahan Sememi	68
Tabel 5.15	Pembagian Blok Pelayanan	70
Tabel 5.16	Debit Air Limbah	72
Tabel 5.17	Pembebanan Saluran Perpipa-an Air Limbah	73
Tabel 5.18	Jenis dan Jumlah Manhole Daerah Pelayanan.....	84
Tabel 6.1	Kualitas Air Limbah Domestik	86
Tabel 6.2	Efisiensi Removal Unit	87
Tabel 6.3	Alternatif Pengolahan 1	89
Tabel 6.4	Alternatif Pengolahan 2	89
Tabel 6.5	Alternatif Pengolahan 3	90
Tabel 6.6	Matriks Pemilihan Biaya Investasi dan O.M	91
Tabel 6.7	Matriks Pemilihan Kebutuhan Lahan	92

Tabel 6.8	Matriks Pemilihan Kebutuhan SDM	92
Tabel 6.9	Kualitas Influen Limbah Unit Bak Pengendap 1	93
Tabel 6.10	Massa Influen Limbah Unit Bak Pengendap 1	93
Tabel 6.11	Massa Removal Limbah Unit Bak Pengendap 1	93
Tabel 6.12	Kualitas Efluen Limbah Unit Bak Pengendap 1	94
Tabel 6.13	Kualitas Influen Limbah Unit ABR	94
Tabel 6.14	Massa Influen Limbah Unit ABR	94
Tabel 6.15	Massa Removal Limbah Unit ABR	94
Tabel 6.16	Kualitas Efluen Limbah Unit ABR	95
Tabel 6.17	Kualitas Influen Limbah Unit Aerobik Biofilter	95
Tabel 6.18	Massa Influen Limbah Unit Aerobik Biofilter	95
Tabel 6.19	Massa Removal Limbah Unit Aerobik Biofilter	95
Tabel 6.20	Kualitas Efluen Limbah Unit Aerobik Biofilter	96
Tabel 6.21	Karakteristik Air Limbah	110
Tabel 7.1	Jumlah Pipa Tiap Blok	133
Tabel 7.2	Bill of Quantity Manhole	137
Tabel 7.3	HSPK 1 Unit Manhole Tipikal	138
Tabel 7.4	HSPK 1 Unit Bak Kontrol Tipikal	138
Tabel 7.5	RAB Bangunan Pelengkap	139
Tabel 7.6	Standar Urugan Galian yang Diperkenankan	140
Tabel 7.7	Analisis HSPK Sistem Penyaluran Air Limbah	142
Tabel 7.8	RAB SPAL	147
Tabel 7.9	RAB Sumur Pengumpul	152
Tabel 7.10	RAB Barscreen	152
Tabel 7.11	RAB Bak Pengendap	152
Tabel 7.12	RAB ABR	153
Tabel 7.13	RAB ABF	154
Tabel 7.14	RAB Desinfeksi	154

Tabel 7.15	RAB Unit IPAL Total	155
Tabel 7.16	Total RAB SPAL dan IPAL	155
Tabel 7.17	Biaya Operasional SPAL dan IPAL	156

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Peak Factor.....	11
Gambar 2.2	Grafik Average Infiltration Rate Allowance.....	13
Gambar 2.3	Grafik <i>Hydraulic Ratios for Circular Cross Section</i>	16
Gambar 2.4	<i>Layout Grease Trap</i> (a) dengan Pipa Penyalur (b) Tanpa Pipa Penyalur.....	25
Gambar 2.5	Skema Anaerobik Baffled Reactor	27
Gambar 2.6	Biofilter Aerobik Satu Kompartemen	30
Gambar 2.7	Biofilter Anaerobik Satu Kompartemen	30
Gambar 3.1	Peta Batas Kecamatan dan Kelurahan Kota Surabaya	39
Gambar 3.2	Peta Penggunaan Lahan Surabaya	40
Gambar 3.3	Detail Peta Penggunaan Lahan IPAL Kelurahan Sememi.....	40
Gambar 3.4	Saluran drainase di Kelurahan Sememi.....	41
Gambar 3.5	Kondisi Jalan di Kelurahan Sememi.....	42
Gambar 3.4	Peta Lokasi Perencanaan IPAL di Kelurahan Sememi.....	43
Gambar 4.1	Kerangka Perencanaan	48
Gambar 4.1	Kerangka Perencanaan	48
Gambar 5.1	Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kelurahan Sememi.....	54
Gambar 5.2	Komposisi Pendidikan Masyarakat Kelurahan Sememi.....	54
Gambar 5.3	Komposisi Penghasilan Masyarakat Kelurahan Sememi.....	55
Gambar 5.4	Kepemilikan Jamban Pribadi Kelurahan Sememi.....	56
Gambar 5.4	Kepemilikan Tangki Septik Kelurahan Sememi	56
Gambar 5.5	Waktu Pengurusan Tangki Septik Kelurahan Sememi.....	57
Gambar 5.6	Biaya Retribusi Pengolahan Air Limbah.....	62
Gambar 5.7	Grafik Peak Factor.....	71

Gambar 5.8	Grafik <i>Hydraulic Ratios for Circular Cross Section</i>	80
Gambar 6.1	Diagram Alir Alternatif Pengolahan IPAL (a) Alternatif Pengolahan 1 (b) Alternatif Pengolahan 2 (c) Alternatif Pengolahan 3	87
Gambar 6.1	Grafik Hubungan Debit dan Head Pompa	100
Gambar 6.2	Grafik Persen Penyisihan BOD dan TSS	111
Gambar 6.3	Grafik Hubungan antara HRT dengan Faktor COD Removal.....	112
Gambar 6.4	Grafik <i>Effect of Organic Over Loading in BOD</i>	116
Gambar 6.5	Grafik <i>BOD Removal According to Strength</i>	117
Gambar 6.6	Grafik <i>BOD Removal Relative to Temperature</i>	117
Gambar 6.7	Grafik <i>BOD Removal Relative to Number of Upflow Chamber</i>	118
Gambar 6.8	Grafik <i>BOD Removal Relative to Number of Upflow Chamber</i>	118
Gambar 6.9	Grafik <i>Efficiency Ratio COD removal to BOD removal</i>	119
Gambar 6.10	Grafik <i>Efficiency Ratio COD removal to BOD removal</i>	121
Gambar 7.1	Galian normal Pipa penyalur Air Limbah	139
Gambar 7.2	Bentuk Galian yang direncanakan Sepanjang Saluran.....	140

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar telah menimbulkan permasalahan di bidang sanitasi lingkungan yaitu peningkatan jumlah air limbah domestik. Buruknya kondisi sanitasi akan berdampak negatif di banyak aspek kehidupan, mulai dari turunnya kualitas lingkungan hidup masyarakat, tercemarnya sumber air minum bagi masyarakat, meningkatnya jumlah kejadian diare dan munculnya beberapa penyakit (Kementerian Kesehatan, 2017). *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan sebuah kesepakatan pembangunan baru pengganti *Millennium Development Goals* (MDGs) dengan masa berlaku 2015-2030 memiliki salah satu tujuan di bidang sanitasi, yaitu pengolahan limbah rumah tangga yang diolah sesuai standar nasional (Hoelman dkk, 2015).

Kota Surabaya sebagai salah satu kota di Jawa Timur yang telah melaksanakan program Percepatan Sanitasi dan Permukiman (PPSP) dengan hasil yaitu dari 154 kelurahan di Kota Surabaya terdapat 62 kelurahan dari 154 kelurahan atau sebesar 40,26% termasuk ke dalam kategori kelurahan Beresiko Tinggi. Dari 64 kelurahan ini, Kelurahan Sememi termasuk ke dalam kelurahan dengan klasifikasi Beresiko Tinggi sehingga perlu mendapatkan perhatian dan prioritas dari Pemerintah Surabaya dalam pembangunan program dan kegiatan yang terkait dengan sanitasi (EHRA, 2015).

Kelurahan Sememi memiliki jumlah penduduk sebesar 36.194 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 8.806 jiwa/Km² (Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2018). Peningkatan jumlah penduduk akan menyebabkan peningkatan kuantitas dan intensitas pembuangan limbah domestik. Hal ini mengakibatkan proses penguraian limbah secara alami (*self purification*) menjadi tidak seimbang (Setjo et al., 2016). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, masyarakat di Kelurahan Sememi masih membuang limbah non kakus (grey water) melalui saluran drainase karena belum memiliki saluran penyaluran dan pengolahan air limbah. Berdasarkan Profil

Kesehatan Kota Surabaya (2016), kondisi eksisting prasarana air limbah di Kelurahan Sememi yaitu terdapat 15.542 buah jamban leher angsa yang telah memenuhi syarat dengan jumlah pengguna yaitu 55.943 jiwa. Perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah di Kelurahan Sememi sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah yang bertujuan mengendalikan air limbah guna menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu kualitas air melalui upaya pencegahan dan penganggulan pencemaran air serta pemulihan kualitas air dengan menetapkan Rencana Induk Sistem Pengolahan Air Limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka beberapa permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Bagaimana sistem penyaluran air limbah domestik?
2. Bagaimana sistem pengolahan air limbah domestik?
3. Berapa biaya investasi dan operasional yang diperlukan untuk sistem pengolahan air limbah domestik?
4. Bagaimana Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk operasional dan perbaikan SPAL dan IPAL?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) untuk permukiman di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya
2. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk permukiman di Kelurahan Sememi
3. Menentukan *Bill of Quantity* (BOQ), Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta biaya investasi dan operasional sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik

4. Menentukan Standar Operasional Prosedur (SOP) di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari tugas akhir ini meliputi :

1. Daerah studi adalah Kelurahan Sememi yang merupakan permukiman padat penduduk termasuk ke dalam kelurahan dengan klasifikasi Beresiko Tinggi.
2. Perencanaan air limbah meliputi *black water* dan *grey water*.
3. Parameter yang digunakan adalah pH, BOD₅, COD, TSS, minyak dan lemak, NH₃-N dan total *coliform*.
4. Baku mutu *effluent* air limbah domestik yang digunakan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik.
5. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan aspek finansial
6. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2018

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi: dapat memberikan informasi ilmiah dalam pemilihan opsi sistem dan teknologi sanitasi sektor air limbah domestik pada Kota Surabaya khususnya Kelurahan Sememi.
2. Masyarakat: memberikan wawasan terkait pengolahan limbah domestik serta sanitasi lingkungan sektor air limbah di Kelurahan Sememi.
3. Pemerintah: mendukung program pemerintah dalam upaya pengembangan sanitasi sektor air limbah dimulai dari jangka pendek sampai jangka panjang di Kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air.

Air limbah domestik berasal dari kombinasi limbah cair yang dihasilkan dari permukiman, institusi, kawasan komersial serta industri dengan air lainnya. Air lainnya dapat berasal dari air tanah, air permukaan, maupun air hujan. Air limbah yang tidak diolah mengandung sejumlah mikroba patogen yang dapat tinggal di dalam usus manusia. (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

2.1.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Menurut Sugiharto (2008), air limbah mempunyai sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian besar, diantaranya sifat fisik, sifat kimiawi, dan sifat biologis.

1. Karakteristik fisik

a. Padatan tersuspensi

Konsentrasi padatan tersuspensi pada air limbah domestik berada antara 50-300 mg/l, namun dapat mencapai 1.500 mg/l pada kasus tertentu. Konsentrasi tertinggi padatan tersuspensi umumnya ditemukan pada air limbah dari dapur dan cucian. Observasi yang dilakukan di Nepal, Malaysia, Israel, Vietnam, dan Amerika menyatakan bahwa beban rata-rata padatan tersuspensi adalah 10-30 gram/orang.hari, jumlah tersebut berkontribusi 25-35% dari total beban harian padatan tersuspensi dalam air limbah domestik, termasuk air limbah toilet (Morel *et al.*, 2006).

b. Kekeruhan

Makanan, minyak dan partikel tanah dari dapur, atau rambut dan serat dari cucian dapat menyebabkan tingginya kandungan solid dalam air limbah domestik. Partikel tersebut dan koloid dapat menyebabkan kekeruhan di dalam air dan mengakibatkan penyumbatan fisik pada pipa, pompa dan filter yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah domestik. Terutama serat *non-biodegradable* dari pakaian (*polyester*, nilon, dan *polyetilen*), detergen dan sabun bubuk, serta koloid adalah penyebab utama penyumbatan. (Morel *et al.*, 2006).

c. Warna

Warna dibedakan menjadi *true color* dan *apparent color*. Warna yang bisa diukur adalah *true color*, yaitu warna yang disebabkan oleh buangan terlarut pada air limbah tersebut. Sedangkan *apparent color* disebabkan oleh bahan yang terlarut maupun tersuspensi (Mubin *et al.*, 2016). Air limbah domestik yang baru dihasilkan memiliki warna coklat/abu-abu muda. Seiring dengan waktu penyalurannya air limbah berubah warna dari abu-abu muda menjadi abu-abu tua dan akhirnya menjadi hitam. Ketika air limbah berwarna hitam dapat dikatakan air limbah dalam kondisi septik (Tchobanoglous *et al.*, 2014).

d. Bau

Bau timbul karena adanya kegiatan mikroorganisme yang menguraikan zat-zat organik yang menghasilkan gas-gas tertentu juga adanya reaksi kimia yang menimbulkan gas. Standar bau dinyatakan dalam bilangan ambang bau (*Threshold Odor Number*) yang menunjukkan pengenceran maksimum dari contoh air (limbah) hingga dihasilkan campuran yang tidak berbau lagi (Mubin *et al.*, 2016).

e. Temperatur

Temperatur air limbah domestik umumnya lebih tinggi daripada temperatur air baku dan bervariasi pada 18-30°C. Temperatur yang lebih tinggi dapat menyebabkan

peningkatan pertumbuhan bakteri dan penurunan solubilitas CaCO_3 , yang dapat menyebabkan presipitasi dalam tangki penyimpanan atau sistem perpipaan (Morel *et al.*, 2006).

2. Karakteristik kimia

a. Bahan organik

Bahan organik terdiri dari kandungan karbon, hidrogen, dan oksigen serta nitrogen. Kadang terdapat pula elemen lainnya seperti belerang, fosfor, dan besi. Pada umumnya kandungan bahan organik pada air limbah berisi 40-60% protein, 25-50% karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak (Sugiharto, 2008).

b. Bahan anorganik

Bahan anorganik dalam air antara lain adalah ion hidrogen (dinyatakan sebagai pH), hidroksida, karbonat, dan bikarbonat (dinyatakan sebagai alkalinitas), nitrogen, fosfor, belerang, dan beberapa logam, khususnya logam berat. Beberapa logam berat yang penting adalah nikel (Ni), mangan (Mn), timbal (Pb), krom (Cr), kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), dan air raksa (Hg) (Masduqi *et al.*, 2016).

c. Gas

Banyak gas-gas yang terdapat di dalam air, oksigen (O_2) adalah gas yang penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan untuk pernafasan mikro-organisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada pada ambang yang rendah, maka bau-bauan akan dihasilkan sebab unsur karbon berubah menjadi metan termasuk CO_2 dan sulfur. Belerang akan menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadi nitrit (Mubin, 2016).

3. Karakteristik biologi

Karakteristik biologi yang penting adalah keberadaan mikroba, khususnya yang bersifat patogen. Mikroba yang terdapat dalam air limbah antara lain bakteri, alga, protozoa, fungi, dan virus (Masduqi *et al.*, 2016).

2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang menetapkan batas maksimum untuk tiap parameter air limbah domestik seperti tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	Konsentrasi
pH	-	6 - 9
BOD ₅	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	MPN/100mL	3000

Sumber : Lampiran 1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016

2.2 Sistem Penyaluran Air Limbah

2.2.1 Sistem Konvensional

Sistem konvensional merupakan sistem pembuangan air limbah yang didesain dengan banyak cabang untuk menyalurkan padatan dan cairan (*greywater* dan hujan). Sistem ini dibagi menjadi saluran primer (sistem perpipaan utama di jalan raya), sekunder dan tertier (sistem perpipaan di tingkat lingkungan dan perumahan) (Tilley *et al*, 2014).

2.2.2 Sistem *Shallow Sewer*

Sistem *shallow sewer* merupakan sistem perpipaan yang dibangun dengan menggunakan pipa berdiameter kecil, ditanam pada kedalaman yang rendah dan dataran dengan kemiringan yang lebih landai dibandingkan dengan sistem konvensional.

Sistem shallow sewer merupakan sistem pembuangan air limbah yang dengan sistem perpipaan yang di desain untuk menyalurkan campuran limbah cair kakus dan non kakus berupa padatan dan cairan (Tilley *et al*, 2014).

2.2.3 Sistem Small Bore Sewer

Sistem *small bore sewer* didesain untuk menyalurkan cairan dari air limbah domestik untuk pengolahan *off-site* dan pembuangan. Partikel grit, lemak dan padatan lain yang dapat menghambat di dalam saluran dipisahkan dari penyaluran limbah dengan menggunakan tangki interseptor yang dipasang pada awal setiap saluran (Otis *et al*, 1985).

2.3 Debit Air Limbah Domestik

2.3.1 Kecepatan Air Dalam Pipa

Prinsip pengaliran air limbah pada umumnya adalah gravitasi tanpa tekanan, sehingga pada aliran seperti pola aliran pada saluran terbuka. Dengan demikian ada bagian dari penampang pipa yang kosong. Pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup agar menjamin berlangsungnya pembersihan sendiri (*self cleansing*) pada saluran, dapat dihitung menggunakan persamaan Manning berikut.

$$v = 1/n \times R^{0,667} \times S^{0,5} \quad (2.1)$$

Di mana :

V = kecepatan dalam pipa (m/s)

n = koefisien manning

R = radius hidrolis (m)

S = slope (m/m)

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.2)$$

Di mana :

R = radius hidrolis (m)

A = Luas penampang basah (m²)

P = Keliling basah

2.3.2 Fluktuasi Aliran

Menurut Metcalf *et al* (2003), dari hasil perkiraan besarnya debit penggunaan air bersih untuk rumah tangga, bangunan umum, institusional dan sebagainya, tidak seluruhnya akan mengalir sebagai air limbah. Kehilangan ini terjadi karena adanya evaporasi, penyiraman tanaman, minum, yang besarnya diperkirakan sebesar 15%-40%. Dengan kata lain, debit air limbah rata-rata harian merupakan jumlah dari debit air limbah domestik dan debit air limbah non domestik. Persamaan untuk menghitung debit air limbah rata-rata harian ada pada persamaan berikut.

1. Debit air limbah domestik

$$Q_d = (60\%-85\%) \times q_d \quad (2.3)$$

2. Debit air limbah non domestik

$$Q_{nd} = (60\%-85\%) \times q_{nd} \quad (2.4)$$

3. Debit air limbah rata-rata per harinya

$$Q_{ave} = Q_d + Q_{nd} \quad (2.5)$$

Di mana :

Q_d = debit air limbah domestik (L/det)

Q_{nd} = debit air limbah non domestik (L/det)

Q_{ave} = debit rata-rata air limbah per hari (L/det)

q_d = kebutuhan air bersih domestik (L/orang/hari)

q_{nd} = kebutuhan air bersih non domestik (L/orang/hari)

Menurut Metcalf *et al* (2003), fluktuasi air limbah tergantung pada fluktuasi pemakaian air bersih. Pada waktu pemakaian air bersih memuncak, besarnya debit air limbah pun akan meningkat. Hal yang sama akan berlaku apabila pemakaian air bersih berada dalam debit minimum.

Debit air limbah puncak

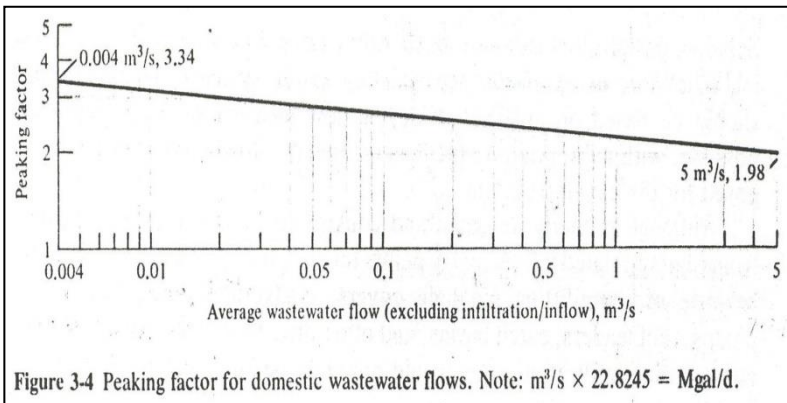
$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{ave} \quad (2.6)$$

Di mana :

Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/det)

Q_{ave} = debit air limbah rata-rata (L/det)

f_{peak} = faktor puncak



Gambar 2.1 Grafik Peak Factor

Sumber : Metcalf *et al*, 2003

4. Debit air limbah minimum

$$Q_{\min} = 1/5 \times (P/1000)^{1,2} \times Q_r \quad (2.7)$$

Di mana :

Q_{\min} = debit air limbah minimum (L/det)

Q_{ave} = debit air limbah rata-rata (L/det)

P = penduduk

2.3.2 Debit Air Infiltrasi Air Tanah dan Air Hujan

Menurut Metcalf *et al* (2003), jika digunakan sistem terpisah, harus diperhitungkan pula debit air yang masuk ke dalam jalur perpipaan, yaitu infiltrasi air tanah dan air hujan. Infiltrasi ini tidak dapat dihindarkan karena hal tersebut disebabkan oleh :

- a. Pekerjaan sambungan pipa yang kurang sempurna.
- b. Jenis material saluran dan perlengkapan yang dipakai.
- c. Kondisi air tanah dan fluktuasi muka tanah.
- d. Celah-celah yang terdapat pada permukaan saluran (*manhole*) dari bangunan pelengkap saluran.

1. Debit rata-rata infiltrasi

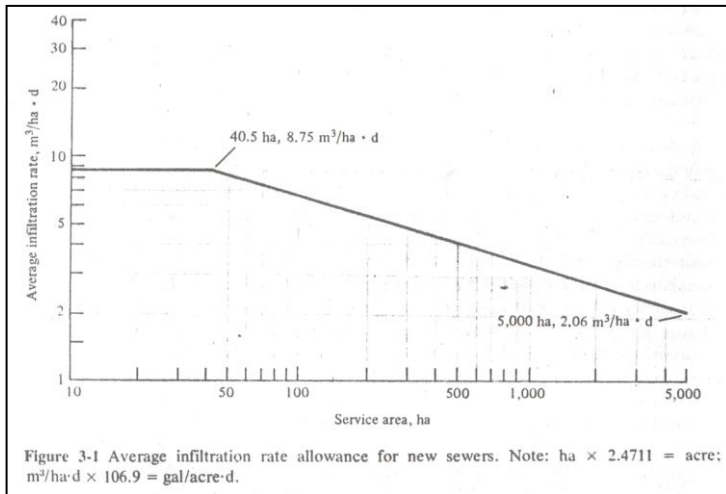
$$Q_{\text{ave inf}} = (F_{\text{inf}} \times \text{Luas Area}) / 86400 \quad (2.8)$$

Di mana :

$Q_{\text{ave inf}}$ = debit rata-rata infiltrasi (L/det)

F_{inf} = faktor infiltrasi (dari grafik *average infiltration allowance*)

Luas Area = luas area pelayanan (Ha)



Gambar 2.2 Grafik Average Infiltration Rate Allowance
 Sumber : Metcalf et al, 2003

2. Debit puncak infiltrasi

$$Q_{\text{peak inf}} = f_{\text{peak inf}} \times Q_{\text{ave inf}} \quad (2.9)$$

Di mana:

$$Q_{\text{peak inf}} = \text{debit puncak infiltrasi (L/det)}$$

$$f_{\text{peak inf}} = \text{faktor puncak infiltrasi (dari grafik } \textit{peak infiltration allowance})$$

2.3.3 Dimensi Pipa Air Limbah Domestik

Perhitungan dimensi pipa air limbah domestik dilaksanakan berdasarkan pembebanan debit pada tiap jalur pipa yang berasal dari berbagai sumber air limbah. Desain kapasitas pada setiap bagian pipa ditentukan berdasarkan perhitungan debit rata-rata, debit minimal, dan debit puncak dari pemukiman.

Langkah-langkah perhitungan dimensi pipa air limbah sebagai berikut.

1. Menghitung slope medan berdasarkan elevasi medan

$$S = \Delta H / L \quad (2.10)$$

Di mana: S = slope (m/m)

ΔH = beda elevasi (m)

L = panjang pipa (m)

2. Menentukan nilai d/D untuk mendapatkan nilai Q_{peak}/Q_{full} . Nilai d/D kemudian diplotkan pada grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section* sehingga didapatkan nilai Q_{peak}/Q_{full}
3. Menghitung nilai Q_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{Q_{peak}/Q_{full}} \quad (2.11)$$

Dimana :

Q_{full} = Debit di dalam pipa saat penuh

Q_{peak} = Debit puncak air limbah

4. Menghitung diameter pipa dengan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

Dimana :

Q_{full} = Debit di dalam pipa saat penuh ($m^3/detik$)

D = Diameter pipa (m)

S = Slope (m/m)

5. Menghitung cek nilai Q_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

Dimana :

Q_{full} = Debit air limbah ($m^3/detik$)

D = Diameter pipa (m)

S = Kemiringan pipa

N = Koefisien kekasaran Manning

6. Menghitung cek nilai V_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \quad (2.14)$$

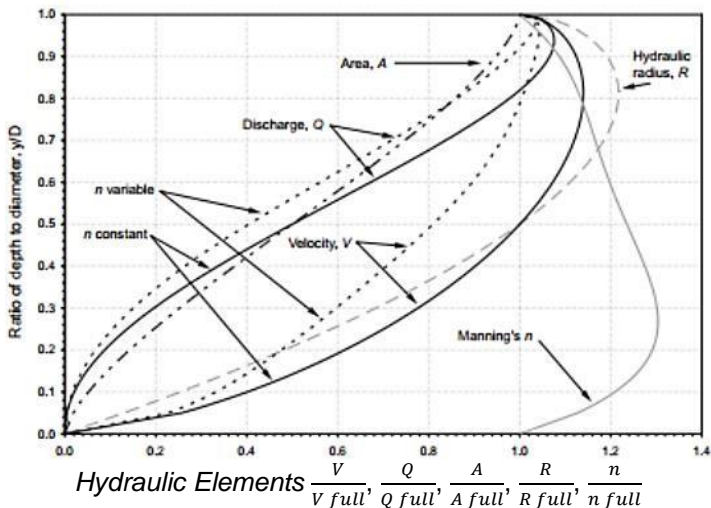
Dimana :

V_{full} = Kecepatan di dalam pipa saat penuh (m/detik)

7. Menghitung cek nilai Q_{min}/Q_{full}

$$Q_{min}/Q_{full} = \frac{Q_{min}}{Q_{full}} \quad (2.15)$$

Menentukan nilai d_{min}/D dan V_{min}/V_{full} menggunakan grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section*. Nilai d_{min}/D didapatkan dengan cara menarik garis nilai Q_{min}/Q_{full} ke garis *discharge* Q kemudian ditarik ke sumbu Y.. Nilai V_{min}/V_{full} didapatkan dari sumbu Y yang ditarik garis ke kanan hingga memotong grafik *velocity* (v).



Gambar 2.3 **Grafik Hydraulic Ratios for Circular Cross Section**
Sumber : Systems dkk, 2007

2.4 Perencanaan Saluran Air Limbah Domestik

2.4.1 Kecepatan Pengaliran

Menurut Metcalf *et al* (2003), kecepatan pengaliran dalam sistem penyaluran air limbah harus berada dalam batasan – batasan kecepatan tertentu, sebagai berikut:

- **Kecepatan Minimum**

Kecepatan ini didasarkan pada kemampuan pengaliran untuk memberikan daya pembilasan sendiri saluran tersebut terhadap endapan-endapan. Kecepatan minimum yang biasa digunakan dalam perencanaan penyaluran air limbah adalah 0,5 m/dt. Disamping itu juga terdapat kecepatan minimum menurut kebutuhannya, misalnya :

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

- **Kecepatan Maksimum**

Kecepatan ini didasarkan pada kemampuan saluran terhadap adanya kemungkinan gerusan-gerusan yang terjadi oleh aliran yang mengandung partikel kasar. Agar tidak terjadi penggerusan, maka kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 2,5 - 3,0 m/dt. Meskipun harus diingat pula bahwa penggerusan bisa disebabkan karena proses alam.

2.4.2 Kemiringan Saluran Penanaman Pipa

Untuk kondisi medan yang relatif datar, dibutuhkan penanaman jaringan pipa dengan kemiringan minimal yang dapat memberikan kecepatan pengaliran dengan daya pembilasan sendiri dengan nilai kekasaran *Manning*, $n = 0,013$ dan $n = 0,015$ (Metcalf *et al*, 2003). Berikut merupakan *slope* minimum berdasarkan diameter pipa yang tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Slope Minimum Berdasarkan Diameter Pipa

Diameter Pipa (mm)	Diameter Pipa (inch)	$n = 0,013$	$n = 0,015$
200	8	0,0033	0,0044
250	10	0,0025	0,0033
300	12	0,0019	0,0026
375	15	0,0014	0,0019
450	18	0,0011	0,0015
525	21	0,0009	0,0012
600	24	0,0008	0,001
675	27	0,0007	0,0009
750	30	0,0006	0,0008
900	36	0,0004	0,0006

Sumber : Metcalf *et al*, 2003

2.4.3 Dimensi Pipa

Berdasarkan Metcalf *et al* (2003), perhitungan dimensi sistem penyaluran air limbah didasarkan pada kebutuhan sampai pada akhir periode desain yang direncanakan. Batasan-batasan yang dijadikan pedoman dalam merencanakan diameter saluran air limbah :

- V_{MAKS} dalam pipa tidak melebihi 2,5 m/dt.
- V_{MIN} dalam pipa tidak kurang dari 0,3 m/dt (pada saat debit minimum).

- c. Tinggi renang pada saat Q_{MAKS} antara 60% sampai 80% dari diameter pipa.
- d. Nilai d/D ditentukan berdasarkan pada grafik perbandingan $Q_{\text{MIN}}/Q_{\text{FULL}}$ atau juga dapat digunakan nilai d/D antara 0,6-0,8

2.4.4 Prasarana dan Sarana Pelengkap

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017, prasarana dan sarana pelengkap berfungsi untuk mendukung penyaluran air limbah domestik dari sumber ke sub-sistem pengolahan terpusat. Prasarana dan sarana pelengkap yang dimaksud antara lain *manhole*, bangunan penggelontor, terminal pembersihan (*clean out*), pipa perlintasan (*siphon*), dan sistem pemompaan.

1. Manhole

Manhole merupakan lubang yang bertujuan sebagai tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran pipa. Penentuan lokasi manhole :

- a. Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu bergantung diameter saluran, tetapi perlu disesuaikan terhadap panjang peralatan pembersih yang akan dipakai.
- b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- c. Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) 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

Diameter (mm)	Jarak antar Manhole (m)
1000	100 – 150

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2017

Berdasarkan Metcalf et al (2003), konstruksi *manhole* dapat terbuat dari beton. Lubang *manhole* harus dapat dimasuki orang yang akan memeriksa saluran tersebut. Diameter minimumnya adalah 60 cm. Macam-macam *manhole* :

- a. *Manhole* lurus
- b. *Manhole* Belokan
- c. *Manhole* Tiga saluran

2. Bangunan Terjunan

Bangunan terjunan atau *drop manhole* digunakan bila perbedaan tinggi antara dua saluran lebih dari 0,5 m dan pada saluran yang *slopenya* memotong *slope* medan.

3. Bangunan Penggelontor

Bila pada tempat tertentu terdapat kecepatan minimum dan tinggi renang dalam saluran tidak terpenuhi akan dapat menimbulkan pengendapan, sehingga perlu dilakukan penggelontoran untuk mengatasinya. Bangunan penggelontor direncanakan sedemikian rupa sehingga mampu untuk melakukan penggelontoran sebagaimana diperlukan. Air yang digunakan untuk menggelontor bersumber dari air sungai atau air hujan. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan ini adalah:

- a. Penggelontoran tidak boleh merusak saluran yang sudah ada (erosi, pengikisan, penggerusan terhadap dinding saluran).
- b. Tidak boleh mengotori saluran.
- c. Air yang digunakan harus mencukupi kuantitasnya dan tidak boleh berpasir atau berlumpur.

d. Air penggelontor adalah air tawar dan netral.

Metode yang digunakan pada proses penggelontoran adalah :

a. Secara Kontinyu

Penggelontoran secara kontinyu merupakan penggelontoran yang dilakukan secara terus-menerus. Air yang digunakan biasanya air sungai dan langsung digelontorkan ke saluran tanpa adanya ruang khusus.

b. Secara Periodik

Penggelontoran yang dilakukan pada waktu-waktu tertentu secara periodik.

4. Sistem pemompaan

Sistem pemompaan bertujuan untuk menyalurkan air limbah menuju ke unit pengolahan dengan bantuan pompa menuju unit. Pompa digunakan apabila kondisi elevasi tanah yang datar guna menghindari galian penanaman pipa yang dalam dan memberikan tekanan yang cukup untuk proses pengolahan. Stasiun pompa sebagai stasiun angkat (lift station), dipasang pada setiap jarak tertentu pada jaringan perpipaan yang sudah cukup dalam agar air tetap dapat mengalir. Kapasitas pompa direncanakan berdasarkan aliran puncak air limbah.

Pompa yang digunakan untuk mengalirkan air limbah adalah jenis pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal umum digunakan untuk memompa air limbah karena tidak mudah tersumbat. Pemakaian pompa redam (*submersible pump*) untuk air limbah lebih baik karena dapat mencegah terjadinya kavitasi (Chapin, 2006). Pompa submersible adalah pompa yang dirancang khusus, dimana motor dan komponen lainnya tertutup rapat, karena pada penggunaannya nanti seluruh permukaan pompa ini akan terendam ke dalam cairan. Pompa redam diletakkan di dalam cairan dan mendorong cairan melalui pipa-pipa salurannya.

Perhitungan head pompa dan daya dapat dilihat pada persamaan berikut.

1. Head Pompa
= Head statis + Head sistem + Head sisa tekan **(2.16)**

2. Head Sistem
= Head mayor + Head minor + $\frac{v^2}{2g}$ **(2.17)**

3. Head Mayor
= $\left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]$ **(2.18)**

4. Head minor
= $n \times K \frac{v^2}{2g}$ **(2.19)**

Di mana :

Head statis = jarak dari muka air sampai pipa tertinggi (m)

Head sistem = *headloss* mayor dan minor (m)

Head sisa tekan = debit air limbah rata-rata (L/det)

Q = debit air limbah (L/s)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (cm)

L = panjang pipa (m)

K = koefisien aksesoris pipa

n = jumlah aksesoris pipa

v = kecepatan aliran air dalam pipa (m/s)

5. Daya Pompa (E_p)

$$= \frac{\eta \cdot Q \cdot H_t}{P_t} \quad (2.20)$$

Di mana :

E_p = efisiensi pompa

P_t = daya pompa (kW)

Q = debit air limbah (m^3/s)

H_t = head total (m)

2.5 Pengolahan Air Limbah Domestik

Pengolahan air limbah merupakan upaya untuk mencegah terjadinya pencemaran kandungan limbah cair ke lingkungan sehingga lingkungan tetap dapat dijaga kelestariannya. Proses yang digunakan untuk menyisihkan polutan limbah cair pengolahan ikan didasarkan pada karakteristik air limbah dan jumlah polutan yang terkandung didalamnya. Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologis.

1. Pengolahan Fisik

Pengolahan secara fisik merupakan pemisahan butiran pasir atau partikel yang lebih besar dengan proses fisik tanpa menggunakan zat kimia. Pengolahan limbah cair secara fisik dapat dilakukan dengan cara penyaringan menggunakan *screen*, pemisahan endapan material menggunakan sedimentasi, penyaringan dengan filtrasi, dan proses adsorpsi menggunakan adsorben.

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia merupakan pengolahan yang ditujukan untuk menghilangkan partikel yang sulit untuk mengendap. Pengolahan limbah cair secara kimia dapat dilakukan dengan koagulasi dan flokulasi, netralisasi asam basa, dan ozonasi.

3. Pengolahan Biologis

Pengolahan secara biologis merupakan pengolahan air limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik. Pengolahan biologis efektif untuk menurunkan polutan organik dan memiliki biaya operasional yang paling murah. Air limbah yang dapat diolah menggunakan pengolahan biologis memiliki sifat *biodegradable* dan $BOD/COD \geq 5$ (Kindsigo dan Juha, 2006).

Pengolahan biologis dibagi menjadi dua, yaitu proses anaerobik dan proses aerobik. Proses anaerobik merupakan pengolahan yang menggunakan aktivitas mikroorganisme tanpa membutuhkan oksigen. Bakteri yang dapat hidup dalam kondisi anaerobik diantaranya yaitu bakteri hidrolisa, bakteri asetonogenik, dan bakteri metanogenik. Proses aerobik merupakan pengolahan yang melewati dua proses utama, yaitu oksidasi dan fermentasi. Proses oksidasi dilakukan untuk menguraikan bahan organik, sedangkan proses fermentasi melalui enzim yang dikeluarkan oleh bakteri. Perbandingan antara proses anaerobik dan aerobik dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perbandingan Proses Anaerobik dan Aerobik

No	Parameter	Anaerobik	Aerobik
1	Kebutuhan energi	Rendah	Tinggi
2	Efisiensi pengolahan	Sedang (60%-90%)	Tinggi (>95%)
3	Produksi lumpur	Rendah	Tinggi
4	Waktu startup	2 - 4 bulan	2 - 4 minggu
5	Kebutuhan nutrien	Rendah	Tinggi
6	Bau	Ya	Tidak
7	Produksi biogas	Ya	Tidak

Sumber : Eckenfelder dkk, 1988

2.6 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik

2.6.1 Barscreen

Barscreen merupakan saringan yang berfungsi untuk menghilangkan partikel berukuran besar seperti sampah berupa tulang ikan, sisik, daun, dan partikel lainnya di dalam air limbah yang terbawa aliran air sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Prinsip utama penyaringan menggunakan barscreen adalah untuk menghindari kerusakan alat, meningkatkan kinerja atau efektivitas pengolahan biologis, dan mencegah kontaminasi aliran air. Barscreen atau saringan kasar digunakan sebagai pengolahan fisik paling awal sebelum air limbah diolah lebih lanjut.

Barscreen atau saringan kasar ditinjau dari segi operasionalnya dibagi menjadi 2, yaitu saringan kasar manual dan menggunakan mesin. Saringan kasar manual dilakukan pembersihan dengan besi panjang atau penggaruk. Kriteria desain barscreen dapat dilihat pada Tabel 2.5.

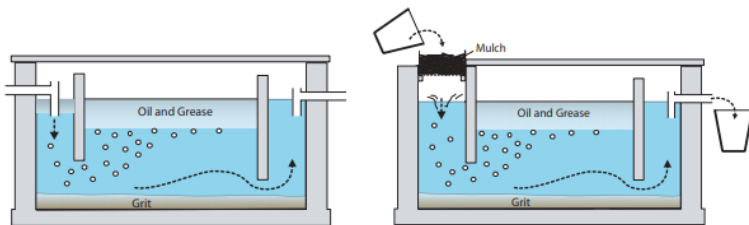
Tabel 2.5 Kriteria Desain *Barscreen*

Parameter	Satuan	Metode Pembersihan	
		Manual	Mekanika
<i>Bar size</i>			
<i>Width</i>	mm	5 - 15	5 - 15
<i>Depth</i>	mm	25 - 38	25 - 38
<i>Space between bars</i>	mm	25 - 50	15 - 75
<i>Slope</i>	<i>deg</i>	30 - 45	0-30
<i>Velocity</i>			
<i>Maximum</i>	m/s	0,3 - 0,6	0,6 - 1,0
<i>Minimum</i>	m/s		0,3 - 0,5
<i>Headloss max</i>	mm	150	150 - 600

Sumber : (Metcalf dan Eddy, 2014)

2.6.2 Grease Trap

Grease trap mampu menyisahkan komponen-komponen ringan seperti minyak dan lemak yang terakumulasi di permukaan air. Unit ini digunakan sebagai unit pengolahan primer untuk sumber limbah spesifik seperti limbah dapur dan restoran. *Grease trap* harus dirancang untuk menyesuaikan dua kriteria dasar untuk pemisahan minyak dan lemak secara efektif yaitu waktu/suhu dan turbulensi. Waktu retensi *grease trap* harus cukup untuk mengemulsi minyak dan lemak untuk penurunan suhu. Hal tersebut juga dilakukan untuk memisahkan dan mengapungkan ke permukaan perangkap. Turbulensi harus dikurangi untuk menghindari suspensi minyak dan padatan (Morel *et al*, 2006)



Gambar 2.4 *Layout Grease Trap* (a) dengan Pipa Penyalur (b) Tanpa Pipa Penyalur

Sumber : Morel *et al*, 2006

2.6.3 Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi merupakan bak yang menampung variasi debit dari air limbah sehingga air limbah yang masuk ke dalam unit pengolahan dapat dialirkan secara konstan. Bak ekualisasi dapat disusun secara *in-line* maupun *off-line*. Pada susunan *in-line*, semua debit melewati bak ekualisasi. Penyusunan ini dapat digunakan untuk mencapai jumlah pengecilan konsentrasi konstituen dan debit. Pada susunan *off-line* hanya debit yang melimpah yang dialirkan menuju bak ekualisasi. Kebutuhan pompa diminimisasi pada susunan ini, namun jumlah pengecilan

konsentrasi unsumnya berkurang. Ekualisasi secara off-line biasanya digunakan untuk menangkap bilasan pertama dari sistem pengumpulan kombinasi (Tchobanoglous, 2003).

2.6.4 Bak Pengendap I

Fungsi utama dari bak pengendap 1 ialah untuk mengendapkan partikel diskrit. Pemisahan partikel diskrit dari suspensi melalui pengendapan bebas. Bak Pengendap 1 juga berfungsi untuk menurunkan kadar BOD/COD dalam aliran sehingga menurunkan beban pengolahan biologis pada tahapan pengolahan berikutnya.

Tabel 2.6 Kriteria Desain Bak Pengendap 1

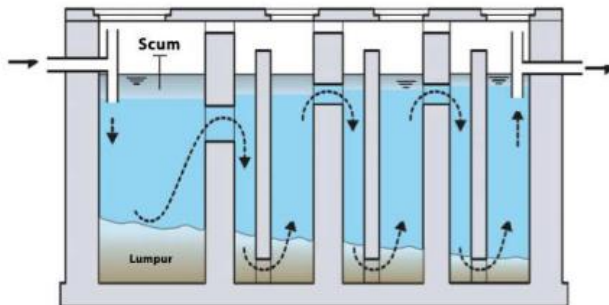
Parameter	Satuan	Range	Tipikal
Waktu Detensi	jam	1,5 - 2,5	2
Overflow Rate			
Debit Rata Rata	m ³ /m ² .hari	30 - 50	40
Debit Puncak	m ³ /m ² .hari	60 - 120	100
Weir Loading	m ³ /m.hari	125 - 500	250
Dimensi Bak Persegi			
Kedalaman	m	3 - 4,9	4,3
Panjang	m	15 - 90	24 - 40
Lebar	m	3 - 24	4,9 - 9,9

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

2.6.5 Reaktor Bersekat Anaerobik (*Anaerobic Baffled Reactor /ABR*)

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan unit pengolahan biologis dengan metode suspended growth dengan memanfaatkan sekat (*baffle*). Sekat pada ABR berfungsi sebagai pengaduk untuk meningkatkan kontak antara air limbah domestik dan mikroorganisme. Kelebihan unit ABR yaitu pengoperasian

ABR tidak membutuhkan energi listrik dan memiliki efisiensi penyisihan beban organik yang cukup baik. Sedangkan kekurangan unit ABR yaitu rendahnya reduksi bakteri patogen dan nutrisi, efluen air limbah masih membutuhkan pengolahan tambahan, dan membutuhkan *pre-treatment* untuk mencegah terjadinya *clogging*. Aliran yang terjadi dalam ABR merupakan aliran *upflow* dan *downflow* (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017).



Gambar 2.5 Skema Anaerobik Baffled Reactor

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017

Menurut Götzenberger (2009), keuntungan penggunaan ABR untuk pengolahan air limbah adalah sebagai berikut :

1. Tidak membutuhkan pengadukan secara mekanis
2. Desain reaktor mudah
3. Harga pembuatan reaktor ekonomis
4. Biaya operasional yang rendah
5. *Clogging* rendah
6. Ekspansi *sludge bed* rendah
7. Lumpur yang dihasilkan sedikit
8. Waktu tinggal lumpur tinggi
9. Tidak membutuhkan pemisahan gas/lumpur yang khusus

10. HRT rendah
11. Stabilitas tinggi untuk *organic shocks*

Kekurangan penggunaan ABR adalah sebagai berikut:

1. Membutuhkan sumber air yang relatif konstan atau stabil
2. Hasil pengolahan (efluen) masih memerlukan pengolahan sekunder
3. Penurunan bakteri patogen rendah

Menurut Borda (2008), berikut adalah performa pengolahan air limbah dengan menggunakan ABR:

1. BOD : 70 - 95%
2. COD : 65 - 90%
3. TSS : <90%
4. Patogen : Rendah

Kriteria desain yang digunakan dalam perencanaan ABR dibagi menjadi 2 yaitu zona tangki pengendap dan zona kompartemen. Kriteria desain zona tangki pengendap dapat dilihat pada Tabel 2.8 sedangkan kriteria desain zona kompartemen ABR pada Tabel 2.9.

Tabel 2.7 Kriteria Desain Zona Tangki Pengendap ABR

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Td	2 - 6	jam
2	Waktu pengurusan	2 - 3	tahun
3	SS/COD	0,35 - 0,45	m/jam

Sumber : Sasse, 1998

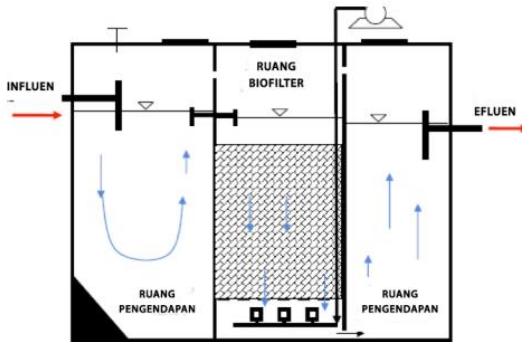
Tabel 2.8 Kriteria Desain Zona Kompartemen ABR

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Hydraulic Retention Time (HRT)	8 - 20	jam
2	Organic Loading rate (OLR)	<3	kg COD/m ³ /hari
3	Kecepatan aliran upflow (v up)	<2	m/jam
4	Panjang kompartemen	50-60%	Dari kedalaman ABR

Sumber : Sasse, 1998

2.6.6 Biofilter Aerobik

Biofilter aerobik dioperasikan dengan tambahan pasokan oksigen melalui injeksi udara menggunakan unit kompresor atau blower dari bagian bawah media filter dengan tekanan tertentu lewat media porous (unit diffuser) atau pipa berlobang (*perforated pipe*). Biofilter aerobik dioperasikan dengan beban pengolahan lebih rendah, oleh karena itu biofilter aerobik umumnya diletakkan setelah proses anaerobik. Pada unit pengolahan biofilter aerobik memungkinkan pengolahan air limbah dengan lapisan biofilm dan juga pengolahan air limbah oleh mikroorganisme tersuspensi. Proses ini akan meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen dan mempercepat proses nitrifikasi (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017).

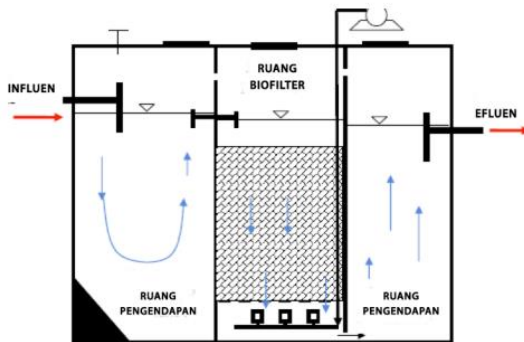


Gambar 2.6 Biofilter Aerobik Satu Kompartemen

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017

2.6.7 Biofilter Anaerobik

Pada unit biofilter anaerobik, pengolahan air limbah domestik mengandalkan mikroorganismе dalam kondisi anaerobik. Biofilter anaerobik memiliki kelebihan mampu mengolah air limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi, tahan terhadap perubahan konsentrasi dan tahan terhadap perubahan debit aliran yang mendadak (*shock loading*).



Gambar 2.7 Biofilter Anaerobik Satu Kompartemen

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017

Kelebihan dari penggunaan biofilter anaerobik sebagai berikut :

1. Padatan biologis akan tersaring oleh filter sehingga tidak terbawa oleh efluen
2. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah terlarut
3. Pemanasan tidak dibutuhkan untuk mempertahankan efisiensi sehingga filter dapat beroperasi pada temperatur rendah
4. Produksi lumpur yang dihasilkan kecil dan efluen tidak mengandung padatan tersuspensi karena telah tertahan oleh media filter

Menurut Götzenberger (2009), kriteria desain untuk pengolahan biofilter anaerobik sebagai berikut :

1. Luas area filter : $80-120 \text{ m}^2/\text{m}^3$
2. Beban organik : $< 4,0 \text{ kg COD}/\text{m}^3/\text{hari}$
3. Hydraulic retention time : 15-20 jam
4. Ukuran filter : 80-140 mm
5. Kecepatan upflow (v_{up}) : $< 2 \text{ m}/\text{jam}$

2.6.8 Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB)

UASB merupakan sistem pengolahan air limbah secara anaerobik dengan memanfaatkan aliran ke atas. Aliran menuju ke atas akan menyebabkan terjadinya kontak antara air limbah dengan lumpur sehingga terbentuk lumpur endapan. UASB memiliki tiga zona, diantaranya zona pengendapan, zona transisi, dan digestion zone. Volume zona pengendapan sebesar 15-20% dari volume total reaktor UASB (Kusumadewi dan Bagastyo, 2016).

Kapasitas beban organik dan kapasitas hidrolis merupakan kriteria desain kritis untuk UASB. Keterbatasan dalam kapasitas pengolahan atau keterbatasan transfer massa menimbulkan proses pencampuran yang kurang optimal di dalam reaktor (Soeprijanto, 2010). Reaktor UASB cocok digunakan untuk pengolahan air limbah dengan biaya rendah. UASB

merupakan reaktor yang menggunakan memiliki desain reaktor yang mudah dan biaya pengoperasian yang rendah dengan efisiensi penyisihan polutan yang efisien (Bhatti et al, 2014).

Menurut Kusumadewi dan Bagastyo (2016), kriteria desain untuk pengolahan UASB sebagai berikut :

1. Organic loading rate (OLR) : 5 - 15 kg COD/m³/hari
2. Hydraulic retention time (HRT) : 4 - 8 jam
3. Upflow velocity (v up) : 0,8-1,25 m/jam

Menurut Kaviyaran (2014), keuntungan dari penggunaan UASB adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan lahan rendah, material tersedia secara umum
2. Tidak membutuhkan sistem aerasi
3. Efisiensi pengolahan tinggi untuk air limbah
4. Lumpur yang dihasilkan sedikit
5. Efluen kaya nutrient sehingga dapat digunakan untuk irigasi pertanian
6. Biogas dapat dimanfaatkan sebagai energi
7. Reduksi emisi CH₄ dan CO₂

Menurut Kaviyaran (2014), kelemahan dari penggunaan UASB adalah sebagai berikut :

1. Membutuhkan staff ahli dalam konstruksi, operasi, dan pemeliharaan
2. Pengolahan tidak stabil dengan variable hydraulic dan organic loads
3. Efluen UASB masih dibutuhkan pengolahan untuk menyisihkan pathogen
4. Dibutuhkan aliran air yang konstan
5. Tidak cocok untuk lingkungan dengan suhu dingin

2.6.10 Tangki Aerasi

Tangki aerasi adalah jenis unit proses *Activated sludge* yang merupakan proses aerobik dengan *suspended-growth*, mampu mengubah hampir semua buangan organik menjadi bentuk inorganik yang lebih stabil atau massa selular. Dalam proses ini, hampir semua bahan organik terlarut dan koloid

tersisa dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida dan air.

Air limbah yang telah diendapkan dibawa ke suatu tangki aerasi dimana oksigen disediakan, baik dengan cara agitasi mekanis atau dengan aerasi yang didifusikan. Bakteri yang tumbuh pada air yang telah diendapkan dihilangkan pada sedimentasi kedua (*secondary clarifier*). Untuk memelihara konsentrasi sel tinggi (2000-8000 mg/L) di dalam tangki aerasi, sebagian lumpur diresirkulasi dari tangki sedimentasi ke *inlet* tangki aerasi. Lumpur sebagian besar berupa padatan (padatan inert), tetapi bakteri yang diresirkulasi adalah yang hidup/aktif, sehingga dinamakan lumpur aktif (*activated sludge*).

Sistem konvensional adalah reaktor aliran sumbat yang dioperasikan dengan siklus ulang sel. Oksigen disediakan pada tingkatan yang seragam di seluruh tangki aerasi, meskipun kebutuhan oksigen menurun bertahap di sepanjang tangki. Untuk membatasi buangan dapat dilakukan pengurangan oksigen secara bertahap di sepanjang tangki (*tapered aeration*), atau efluen ditambahkan dalam beberapa tingkat (*stepped aeration*). Dalam semua sistem, waktu detensi yang biasa adalah 8-12 jam pada debit rata-rata. Padatan akan mengendap pada aliran lumpur aktif yang terjadi di dalam *final clarifier*, kemudian diaerasi selama 2-4 jam, untuk pelarutan dan oksidasi, sehingga mereaktivasi lumpur aktif.

Secara garis besar, proses-proses yang berlangsung dalam *activated sludge* adalah:

- a. Aerasi dari air limbah untuk suspensi mikrobial
- b. Pemisahan padatan dari aliran setelah aerasi
- c. *Discharge* efluen ke *clarifier*
- d. Membuang kelebihan biomassa dan mengembalikan yang tersisa ke tangki aerasi

Kriteria desain tangki aerasi :

1. Kedalaman = 3,0 - 5,0 m
2. Freeboard = 0,3 - 0,6 m
3. Lebar : kedalaman = 1 : 1 – 2,2 : 1
4. Lebar = 3,0 - 11,0 m

2.7 Kelayakan Ekonomi

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017, penilaian kelayakan didasarkan atas hasil perhitungan parameter kelayakan. Investasi disebut layak apabila hasil perhitungan parameter kelayakan tersebut minimal sama dengan batas kelayakan yang ditetapkan. Kelayakan ekonomi dianalisis berdasarkan:

Periode pengembalian pembayaran (*Payback Period*)

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Total investment}}{\text{Cash inflow (net profit)}} \quad (2.11)$$

Keterangan :

Payback Period = jangka waktu pengembalian

Total investment = total investasi atau total proyek

Cash inflow = aliran kas proyek (nilai bersih)

Net Present Value(NPV)

$$\text{FNPV} = \sum_{t=0}^n \frac{I}{(1+r)} + \frac{\text{CF}}{(1+r)^t} \quad (2.12)$$

Keterangan :

NPV = nilai sekarang dari investasi (*Net Present Value*)

I = modal awal (*investment*)

CF = *cash flow* tiap tahunnya

r = tingkat bunga (*interest rate*) %

n = tahun ke-n

Internal rate of Return(IRR)

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{I}{(1+IRR)} + \frac{CF}{(1+IRR)^t} \quad (2.13)$$

Keterangan :

IRR = tingkat bunga kegiatan (*Internal Rate of Return*)

I = modal awal (*investment*)

CF = *cash flow* tiap tahunnya

n = tahun ke-n

Economic Benefit Cost Ratio

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{\text{Benefit}}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{\text{Cost}}{(1+i)^t}}$$

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{PV \text{ cash inflows}}{PV \text{ cash outflows}} \quad (2.14)$$

Keterangan :

PV *cash inflows* = nilai sekarang dari manfaat

PV *cash outflows* = nilai sekarang dari biaya

Membandingkan hasil perhitungan dengan batas kelayakan keuangan yang ditentukan sebelumnya. Penilaian kelayakan membandingkan antara manfaat secara keuangan dengan biaya (modal dan operasional) yang dikeluarkan. Hasil perhitungan disebut positif terhadap batas kelayakan keuangan apabila :

1. *Payback period* maksimal sama dengan jumlah tahun yang ditentukan
2. NPV positif; dan/atau

3. IRR minimal sama dengan nilai yang ditetapkan
4. Benefit Cost Ratio > 1

Maka proyek ini dinyatakan layak secara ekonomi. Proyek layak secara ekonomi artinya proyek ini dapat memberikan manfaat ekonomi yang baik bagi masyarakat.

2.8 Perencanaan Terdahulu

Perencanaan terdahulu merupakan penelitian atau perencanaan yang telah dilakukan oleh peneliti lain guna menunjang perencanaan yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu berfungsi untuk membantu dalam menentukan pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik di wilayah Kota Surabaya. Penelitian-penelitian terdahulu yang telah digunakan terdapat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.9 Perencanaan Terdahulu Terkait Pengolahan Air Limbah Domestik

No	Judul Perencanaan	Author	Teknologi yang Digunakan
1	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) <i>Portable</i> untuk Kegiatan Usaha Pencucian Mobil di Kota Surabaya	Novitrianingsih <i>et al</i> , 2016	Aerobik Biofilter
2	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Kelurahan Kedung Cowek Sebagai Upaya Revitalisasi Kawasan Pesisir Surabaya	Ajakima <i>et al</i> , 2016	Anaerobik Baffled Reactor (ABR)
3	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Dirgantara <i>et al</i> , 2018	Anaerobik Baffled Reactor (ABR) dan Anaerobik Biofilter (ABF)

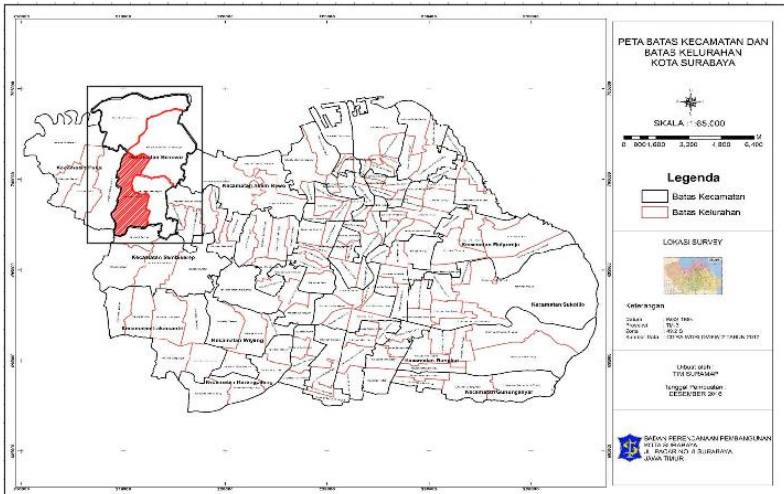
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

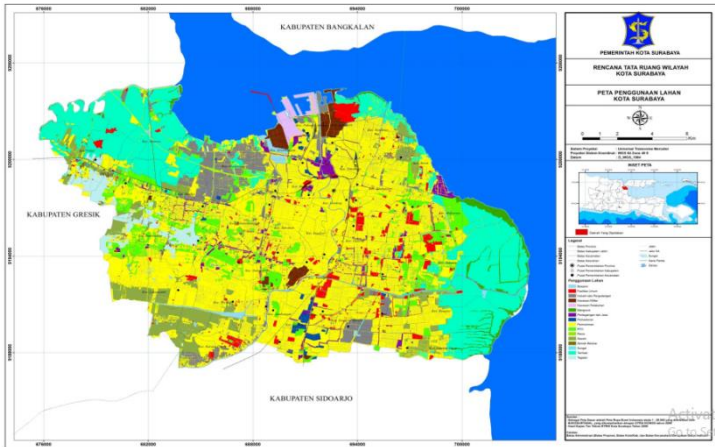
3.1 Kondisi Geografis dan Administratif

Kelurahan Sememi termasuk wilayah geografis Kota Surabaya dengan ketinggian ± 4 meter di atas permukaan laut. Posisi geografis Kelurahan Sememi pada koordinat $112^{\circ}38'26.60''$ BT dan $7^{\circ}14'58.58''$ LS. Berdasarkan Kecamatan Benowo Dalam Angka (2018), Kelurahan Sememi memiliki luas wilayah sebesar $4,11 \text{ km}^2$ dengan jumlah RW dan RT sebanyak 9 dan 68 buah. Secara administratif, wilayah Kelurahan Sememi memiliki batas wilayah sebagai berikut.

1. Sebelah Utara : Kelurahan Tambak Osong Wilangun
2. Sebelah Timur : Kelurahan Kandangan
3. Sebelah Selatan : Desa Pengalangan
4. Sebelah Barat : Kelurahan Babatjerawat



Gambar 3.1 Peta Batas Kecamatan dan Kelurahan Kota Surabaya



Gambar 3.2 Peta Penggunaan Lahan Surabaya



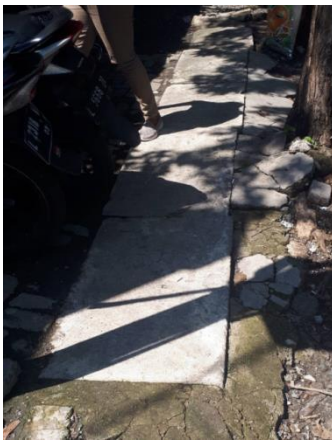
Gambar 3.3 Detail Peta Penggunaan Lahan IPAL Kelurahan Sememi

Berdasarkan peta penggunaan lahan, rencana pembangunan IPAL akan ditempatkan pada lahan milik pemerintah dengan peruntukan fasilitas umum.

Sesuai dengan data hasil registrasi penduduk pada tahun 2017, Kelurahan Sememi memiliki penduduk sebesar 36.194 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 8.806 jiwa/km². Untuk jumlah keluarga yang ada di Kelurahan Sememi yaitu sebesar 10.752 keluarga dengan rata-rata jumlah anggota keluarga sebesar 3 jiwa.

3.2 Kondisi Sanitasi Wilayah Perencanaan

Kondisi sanitasi di wilayah Kelurahan Sememi tergolong kurang baik karena *grey water* langsung dialirkan ke saluran drainase tanpa melalui pengolahan. Berdasarkan hasil pengamatan, saluran drainase di wilayah Kelurahan Sememi berukuran 30-150 cm.



Gambar 3.4 Saluran drainase di Kelurahan Sememi

Masyarakat Kelurahan Sememi seluruhnya sudah memiliki jamban pribadi. Untuk pengolahan *black water*, 98% masyarakat Kelurahan Sememi sudah menggunakan tangki septik dengan waktu pengurusan yang beragam. Hasil wawancara kepada masyarakat menunjukkan bahwa penyakit yang sering muncul adalah diare dan demam berdarah.

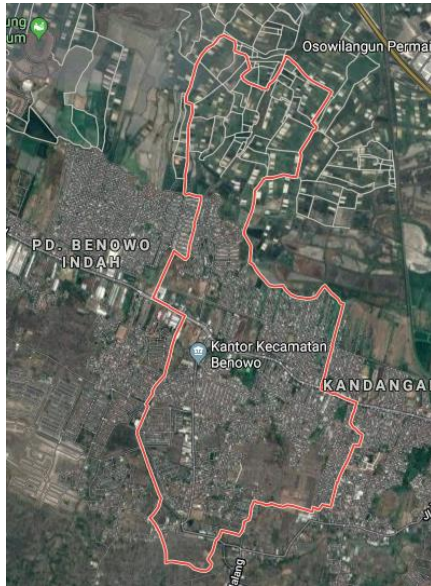
Kebutuhan air bersih di Kelurahan Sememi sudah terlayani oleh PDAM Surya Sembada Surabaya. Untuk akses jalan di wilayah Kelurahan Sememi memiliki lebar rata-rata 1,5 – 5 meter dengan konstruksi jalan paving atau aspal.



Gambar 3.5 Kondisi Jalan di Kelurahan Sememi

3.3 Lokasi Perencanaan IPAL

Lokasi IPAL yang direncanakan dipilih berdasarkan ketersediaan lahan yang memungkinkan untuk dibangun IPAL karena tingkat kepadatan penduduk Kelurahan Sememi yang cukup tinggi. Posisi geografis lokasi perencanaan IPAL pada koordinat $112^{\circ}38'18.05''$ BT dan $7^{\circ}14'08.52''$ LS yang merupakan lahan terbuka. Peta lokasi perencanaan IPAL dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 **Peta Lokasi Perencanaan IPAL di Kelurahan Sememi**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4 METODE PERENCANAAN

4.1 Gambaran Umum Perencanaan

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan terhadap sistem pengolahan air limbah untuk wilayah Kelurahan Sememi, Kota Surabaya. Metode perencanaan ini disusun sebagai pedoman dalam melaksanakan proses perencanaan. Proses perencanaan dimulai dari proses pengumpulan data primer dan sekunder, perencanaan SPAL dan IPAL, serta perhitungan biaya investasi dan O&M SPAL dan IPAL.

Perencanaan ini menggunakan aspek teknis dan aspek finansial. Parameter perencanaan mengacu pada Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu BOD₅, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, ammonia, serta total coliform. Perencanaan ini meliputi perhitungan DED SPAL dan IPAL rencana. Aspek yang dikaji pada perencanaan ini dibagi 2 yaitu aspek teknis dan aspek ekonomi. Aspek teknis meliputi :

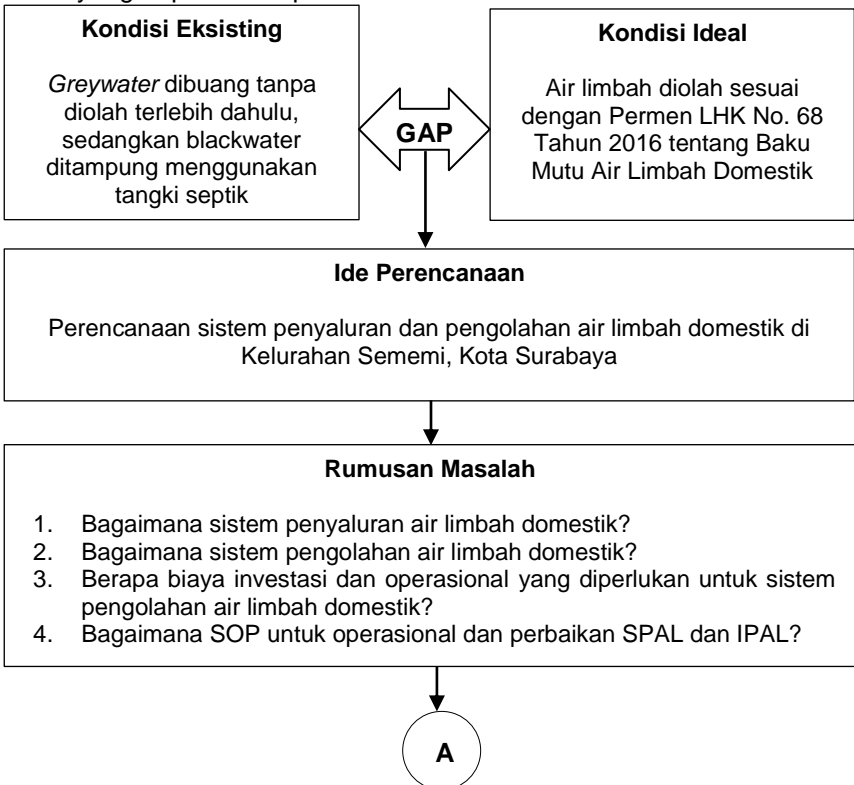
1. Proyeksi penduduk dan fasilitas umum selama 10 tahun perencanaan
2. Penentuan daerah perencanaan
3. Menghitung kebutuhan air bersih dan air limbah
4. Perencanaan SPAL
5. Perencanaan IPAL
6. Menghitung profil hidrolis
7. Menentukan BOQ dan RAB
8. Menentukan Standar Operasional Prosedur (SOP) SPAL dan IPAL

Aspek ekonomi pada perencanaan ini meliputi :

1. Menentukan biaya kelayakan ekonomi pembangunan SPAL dan IPAL di Kelurahan Sememi
2. Menghitung biaya operasional dan pemeliharaan SPAL dan IPAL

4.2 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan gambaran awal mengenai alur perencanaan. Penyusunan kerangka perencanaan yang jelas dan sistematis dapat mempermudah dalam proses pelaksanaan perencanaan. Kerangka perencanaan ini berisi tahapan yang dilakukan dalam perencanaan dari awal hingga akhir yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Tujuan

1. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) untuk permukiman di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya
2. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk permukiman di Kelurahan Sememi
3. Menentukan *Bill of Quantity* (BOQ), Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta biaya investasi dan operasional sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik
4. Menentukan Standar Operasional Prosedur (SOP) di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya

Studi Literatur

1. Karakteristik dan baku mutu air limbah domestik
2. Sistem penyaluran air limbah domestik
3. Pengolahan air limbah domestik
4. Kelayakan ekonomi

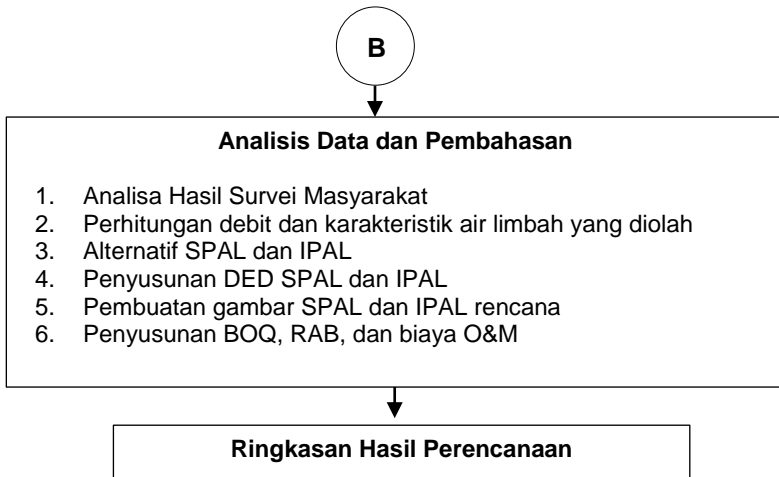
Data Primer

1. Observasi lapangan
2. Wawancara
3. Kuisisioner
4. Sampling air limbah domestik

Data Sekunder

1. Baku Mutu Air Limbah Domestik
2. Debit Penggunaan Air
3. Data Kependudukan
4. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2018
5. Elevasi/kontur

B



Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan

4.3 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

Rangkaian kegiatan perencanaan terdiri dari penjelasan tahapan kegiatan yang dilakukan selama perencanaan ini.

4.3.1 Ide Perencanaan

Ide perencanaan di dapatkan dari adanya *gap* antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya. Kondisi eksisting menunjukkan bahwa air limbah langsung dibuang ke badan air. Idealnya *blackwater* dan *grey water* harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang.

4.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dasar-dasar teori yang digunakan untuk mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Selain itu, manfaat dari studi literatur adalah mendapatkan referensi dari karya ilmiah yang sesuai dengan ide tugas akhir. Beberapa literatur dapat berguna sebagai acuan atau koreksi ketika melakukan perbandingan dengan kondisi yang sekarang. Studi literatur dilakukan dengan cara pencarian studi

literatur yang telah ada. Sumber studi literatur didapatkan melalui *text book*, jurnal penelitian, artikel, peraturan dan laporan tugas akhir. Beberapa literatur yang menunjang perencanaan ini meliputi:

1. Karakteristik dan baku mutu air limbah domestik
2. Sistem penyaluran air limbah domestik
3. Pengolahan air limbah domestik (teknologi pengolahan air limbah domestik, kriteria desain, kelebihan dan kekurangan, dan perhitungan perencanaan penelitian terdahulu)
4. Kelayakan ekonomi

4.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dan sekunder ini membantu penulis untuk memperoleh data terkait data yang akan digunakan dalam perencanaan ini.

a) Pengumpulan data primer

Data primer didapatkan melalui observasi lapangan, wawancara, penyebaran kuisisioner dan *sampling*. Observasi lapangan dilakukan melalui pengamatan langsung ke lokasi perencanaan untuk mengetahui kondisi eksisting lokasi perencanaan serta lahan untuk membangun IPAL. Wawancara dilakukan kepada tokoh masyarakat yang dianggap mewakili dan mengerti kondisi masyarakat Kelurahan Sememi. Penyebaran kuisisioner kepada masyarakat dilakukan terkait kesediaan dibangunnya IPAL serta kesediaan masyarakat membayar retribusi. Kuisisioner dapat dilihat pada Lampiran 1. *Sampling* air limbah dilakukan untuk mengetahui karakteristik air limbah.

Sebelum *sampling* dilakukan, terlebih dahulu dilakukan penentuan waktu debit puncak dicapai. Penentuan debit puncak dilakukan sebagai acuan dalam *sampling* air limbah

agar mendapatkan hasil yang representatif. Waktu debit puncak menunjukkan waktu di saat air yang akan diolah oleh IPAL mencapai maksimum. *Sampling* air limbah dilakukan untuk mengetahui karakteristik air limbah. *Sampling* dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Teknik pengambilan sampel yang dipilih adalah dengan metode *grab sampling*. *Sampling* akan dilakukan pada IPAL eksisting di wilayah Kota Surabaya yang data karakteristik air limbahnya akan dijadikan data karakteristik air limbah domestik tipikal. Titik *sampling* dilakukan di saluran influen sumur pengumpul IPAL. Sampel dibawa ke Laboratorium Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan ITS untuk dianalisis.

Parameter air limbah yang akan di analisis adalah BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, amoniak serta total koliform. Prosedur analisis dapat dilihat pada SNI. Metode analisis parameter air limbah tercantum pada Tabel 4.1.

Parameter	Metode Pengujian	Sumber
BOD	Winkler	SNI 6989.72:2009
COD	Titrimetri	SNI 6989.73:2009
TSS	Gravimetri	SNI 06.6989-3:2004
pH	pH-meter	SNI 06.6989-11:2004
Minyak & Lemak	Gravimetri	SNI 06.6989-10:2004
Amoniak	Spektrofotometer dengan Fenat	SNI 06.6989-30:2005
Total Coliform	Most Probable Number (MPN)	SNI 2332-01.2006

b) Pengumpulan data sekunder

Data sekunder didapatkan melalui peraturan dan dokumen yang mendukung. Data sekunder yang dikumpulkan meliputi baku mutu air limbah domestik, debit pengunaan air,

data kependudukan, serta Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2018.

1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu efluen air limbah disesuaikan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

2. Debit Penggunaan Air

Debit penggunaan air digunakan sebagai acuan perhitungan air limbah yang dihasilkan. Data didapatkan dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

3. Data Kependudukan

Data ini digunakan sebagai acuan alam dalam proyeksi penduduk yang akan dilayani.

4. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2018

HSPK Kota Surabaya tahun 2018 digunakan sebagai acuan perhitungan RAB pada pembangunan SPAL dan IPAL.

4.3.4 Analisis Data dan Pembahasan

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data untuk selanjutnya dilakukan pembahasan. Analisis data dan pembahasan meliputi :

1. Analisa Hasil Survei Masyarakat

Analisis survei masyarakat dari kuisisioner dan wawancara yang telah didapat untuk mengetahui jumlah masyarakat yang setuju dengan perencanaan SPAL dan IPAL di Kelurahan Sememi.

2. Perhitungan debit dan karakteristik air limbah yang diolah

Perhitungan debit air limbah yang akan disalurkan dan diolah di IPAL berdasarkan data penggunaan air bersih. Karakteristik air limbah diperoleh melalui analisis di laboratorium. Hasil analisis ini digunakan dalam perencanaan agar pengolahan dapat memenuhi baku mutu.

3. Alternatif SPAL dan IPAL

Penentuan teknologi SPAL dan IPAL ditentukan dari beberapa alternatif yang tepat untuk diterapkan. Perhitungan efisiensi penyisihan di setiap alternatif digunakan dalam kesetimbangan massa yang terdapat di masing-masing unit pengolahan untuk menentukan jumlah zat pencemar yang disisihkan.

4. Penyusunan DED SPAL dan IPAL

Penyusunan DED berhubungan dengan perhitungan matematis SPAL dan IPAL yang direncanakan. Langkah selanjutnya merupakan perhitungan dimensi dan aspek hidrolika, baik bangunan IPAL maupun saluran dan/atau pipa, serta perlu dilakukan perhitungan pula kebutuhan komponen atau peralatan penunjang.

5. Pembuatan gambar SPAL dan IPAL rencana

Setelah didapatkan masing-masing dimensi unit pengolahan dilakukan penggambaran detail SPAL dan tiap unit IPAL. Gambar detail ini berupa gambar pipa penyaluran air limbah, denah bangunan, dan gambar detail bangunan maupun komponen pendukung IPAL. Penggambaran ini dilakukan dengan menggunakan *software* AutoCAD 2017 dengan skala yang telah disesuaikan. Gambar detail yang tepat dapat mempermudah perhitungan volume pekerjaan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam menghitung BOQ dan RAB.

6. Penyusunan BOQ, RAB, dan biaya O&M

Perhitungan BOQ, RAB, dan biaya O&M pembangunan SPAL dan IPAL mengacu pada HSPK Kota Surabaya tahun 2018 yang dilanjutkan dengan perhitungan kelayakan ekonomi.

4.3.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan hasil dari pembahasan yang menjawab tujuan dan ruang lingkup pada kegiatan perencanaan ini. Saran-saran diberikan untuk memperbaiki studi yang akan dilakukan di masa mendatang.

BAB 5

ANALISIS HASIL SURVEI MASYARAKAT DAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH

5.1 Analisis Survei Masyarakat

Survei masyarakat dimulai dari pelaksanaan pengisian kuisioner yang ditujukan bagi masyarakat di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya. Pengisian kuisioner dilakukan dengan metode wawancara di setiap rumah dengan metode sampel acak berstrata (*stratified random sampling*). Aspek yang dikaji terdiri dari aspek ketersediaan sarana air limbah dan perilaku masyarakat. Penentuan jumlah responden yang dituju menggunakan rumus Slovin dengan galat sebesar 10%. Kelurahan Sememi memiliki penduduk sebesar 36.194 jiwa dengan jumlah KK sebesar 10752 KK.

- Jumlah KK untuk dilakukan survei dengan rumus Slovin

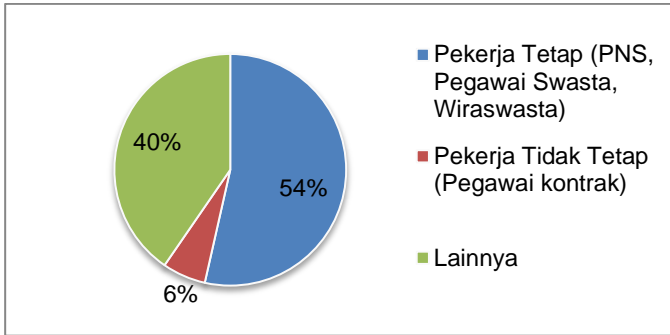
$$= n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{10752}{1 + 10752(0,1)^2} = 99,08 \text{ KK} \approx 99 \text{ KK}$$

Pada perhitungan dengan rumus Slovin didapatkan jumlah responden sebesar 99 KK. Berdasarkan survei yang dilakukan, diketahui profil masyarat di Kelurahan Sememi seperti jumlah anggota keluarga dalam satu rumah, pendidikan, pekerjaan, dan penghasilan. Berikut merupakan profil umur responden.

Tabel 5.1 Profil Umur Responden

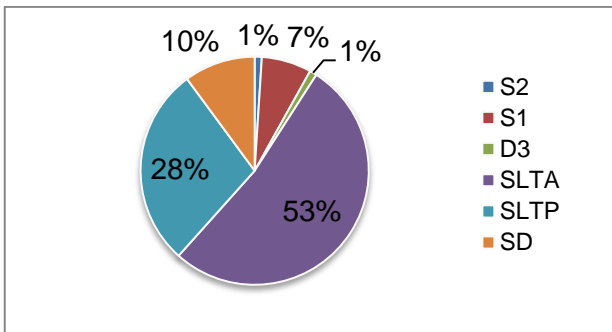
Parameter	<26	26-45	>45
Laki-laki	1	16	13
Perempuan	7	44	18
Total	8	60	31

Umur responden dikategorikan berdasarkan Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2009). Profil umur responden didominasi oleh masyarakat dengan kategori Dewasa (26-45 tahun).



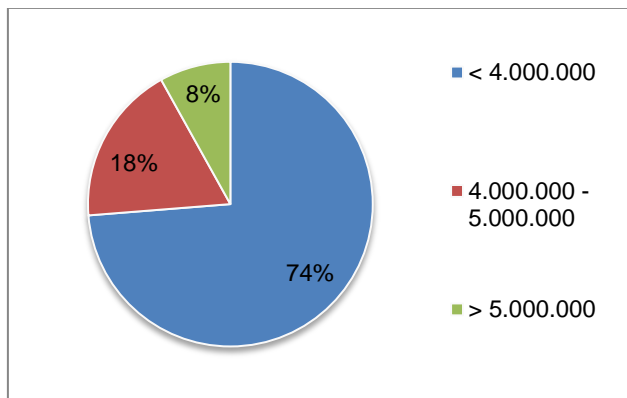
Gambar 5.1 Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kelurahan Sememi

Jenis pekerjaan masyarakat Kelurahan Sememi didominasi oleh masyarakat yang memiliki pekerjaan tetap seperti pegawai negeri sipil (PNS), pegawai swasta, dan wiraswasta sebesar 54%. Tingkatan jenjang pendidikan masyarakat Kelurahan Sememi disajikan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Komposisi Pendidikan Masyarakat Kelurahan Sememi

Pada hasil survei di atas dapat diketahui bahwa mayoritas masyarakat di Kelurahan Sememi memiliki tingkat pendidikan setara SLTA sebesar 53%. Hubungan tingkat pendidikan terhadap sanitasi adalah untuk mengetahui tingkat pengetahuan masyarakat akan pentingnya memperhatikan kondisi kesehatan lingkungan. Survei juga dilakukan untuk mengetahui penghasilan masyarakat Kelurahan Sememi yang dapat dilihat pada gambar berikut.

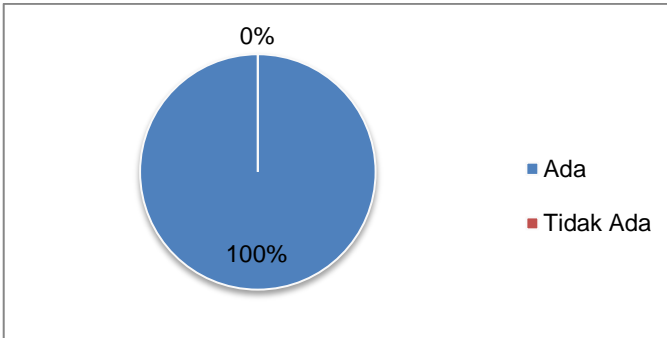


Gambar 5.3 Komposisi Penghasilan Masyarakat Kelurahan Sememi

Tingkat penghasilan yang didapatkan per bulannya mayoritas berada pada rentang Rp 3.000.000 – Rp 4.000.000 sebesar 31%. Penghasilan tertinggi kedua yaitu pada rentang Rp 1.000.000 – Rp 2.000.000 sebesar 22%.

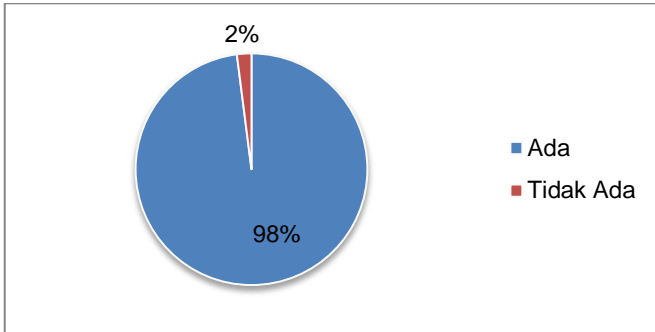
5.1.1 Ketersediaan Sarana Air Limbah

Survei ketersediaan sarana air limbah dilakukan untuk mengetahui kepemilikan jamban pribadi dan tangki septik. Hasil survei terdapat pada gambar berikut ini.



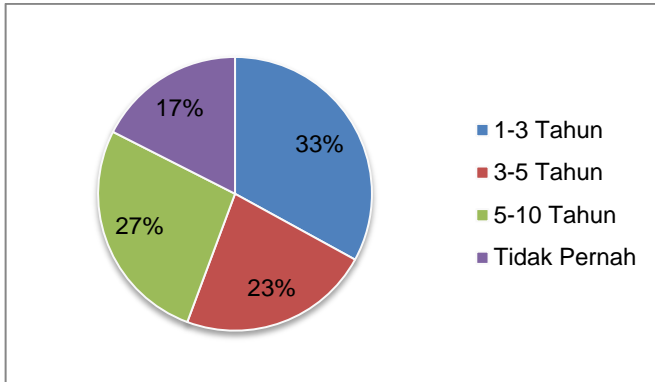
Gambar 5.4 Kepemilikan Jamban Pribadi Kelurahan Sememi

Berdasarkan hasil survei, masyarakat Kelurahan Sememi setiap rumahnya sudah memiliki jamban pribadi sehingga gambar menunjukkan hasil sebesar 100%.



Gambar 5.4 Kepemilikan Tangki Septik Kelurahan Sememi

Kepemilikan tangki septik berdasarkan survei terdapat 2% yang belum memiliki tangki septik yaitu rumah yang terdapat di pinggir sungai sehingga *greywater* dan *blackwater* masih dialirkan langsung ke sungai.



Gambar 5.5 Waktu Pengurasan Tangki Septik Kelurahan Sememi

Rumah yang sudah memiliki tangki septik mayoritas menguras tangki septiknya pada periode 1-3 tahun sekali sebesar 33% dan urutan kedua sebesar 27% pada periode 5-10 tahun sekali.

5.1.2 Sikap Masyarakat

Sikap masyarakat dinilai melalui perhitungan rumus Likert yang merupakan skala untuk mengukur persepsi, sikap, atau pendapat seseorang. Pernyataan yang diajukan untuk mengetahui sikap masyarakat terkait rencana pengolahan air limbah di Kelurahan Sememi. Pengumpulan data dilakukan dengan responden untuk menentukan tingkat persetujuan responden terhadap suatu pernyataan dengan memilih salah satu dari pernyataan yang tersedia. Hasil dari pilihan tersebut kemudian dilakukan skoring sehingga didapatkan kesimpulan mengenai tingkat kesediaan masyarakat dalam pengolahan limbah. Perhitungan dengan skala Likert sebagai berikut.

- **Kesediaan Masyarakat Dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah**

Tabel 5.2 Perhitungan Skala Likert 1

Pernyataan	Skor	Jumlah	Total Skor
Sangat Setuju	5	10	50
Setuju	4	72	288
Netral	3	7	21
Tidak Setuju	2	10	20
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		99	379

Langkah awal perhitungan dengan rumus Likert adalah dengan mengumpulkan data dan skor dari tiap pernyataan.

1. Responden yang menjawab Sangat Setuju (skor 5) berjumlah 10 orang.
2. Responden yang menjawab Setuju (skor 4) berjumlah 72 orang.
3. Responden yang menjawab Netral (skor 3) berjumlah 7 orang.
4. Responden yang menjawab Tidak Setuju (skor 2) berjumlah 10 orang.
5. Responden yang menjawab Sangat Tidak Setuju (skor 1) berjumlah 0 orang.

Langkah kedua yaitu menghitung total skor dengan mengalikan skor dan jumlah dari tiap pernyataan tersebut.

Total skor

$$\text{Total skor} = T \times P_n \quad (5.1)$$

Dimana : T = Total jumlah responden yang memilih

Pn = Pilihan angka skor Likert

Perhitungan rumus di atas mendapatkan hasil sebagai berikut.

1. Responden yang menjawab Sangat Setuju (skor 5) = $10 \times 5 = 50$.
2. Responden yang menjawab Setuju (skor 4) = $72 \times 4 = 288$.
3. Responden yang menjawab Netral (skor 3) = $7 \times 3 = 21$.
4. Responden yang menjawab Tidak Setuju (skor 2) = $10 \times 2 = 20$.
5. Responden yang menjawab Sangat Tidak Setuju (skor 1) = $0 \times 1 = 0$.

Semua hasil dijumlahkan dengan total skor sebesar 379. Hasil dari skala Likert adalah interpretasi, harus diketahui skor tertinggi (Y) dan skor terendah (X) terlebih dahulu untuk item penilaian dengan rumus sebagai berikut.

Y = skor tertinggi Likert x jumlah responden

X = skor terendah Likert x jumlah responden

Kriteria interpretasi berdasarkan interval disajikan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Interval Presentasi Nilai Skala Likert

Tabel Presentasi Nilai	Keterangan
0% - 19,99%	Sangat Tidak Setuju
20% - 39,99%	Tidak Setuju
40% - 59,99%	Netral
60% - 79,99%	Setuju
80% - 100%	Sangat Setuju

Jumlah skor tertinggi (Y) untuk pernyataan Sangat Setuju adalah $5 \times 99 = 495$, sedangkan jumlah skor terendah (X) untuk pernyataan Sangat Setuju adalah $1 \times 99 = 99$.

Indeks (%)

$$\text{Indeks} = \text{Total Skor} / Y \times 100 \quad (5.2)$$

Dimana : Y = skor tertinggi Likert x jumlah responden

Perhitungan dengan rumus indeks (%) didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Indeks (\%)} &= \text{Total Skor} / Y \times 100 \\ &= 379 / 495 \times 100 \\ &= 76,57\% \end{aligned}$$

Pada perhitungan di atas didapatkan hasil dari rumus indeks dengan hasil 76,57% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert, masyarakat Kelurahan Sememi dikategorikan "SETUJU" untuk dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Berdasarkan hasil tersebut, akan dibangun terlebih dahulu penyaluran SPAL untuk 76,57% masyarakat di Kelurahan Sememi, sedangkan 23,43% masyarakat Kelurahan Sememi yang belum setuju akan diberikan sosialisasi yang diharapkan akan menyadarkan masyarakat mengenai pentingnya dibangun sarana SPAL dan IPAL.

- **Kesediaan Air Limbah Dikelola Secara Komunal**

Tabel 5.4 Perhitungan Skala Likert 2

Pernyataan	Skor	Jumlah	Total Skor
Sangat Setuju	5	3	15
Setuju	4	81	324
Netral	3	6	18
Tidak Setuju	2	9	18
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		99	375

Pada perhitungan di atas didapatkan hasil dari rumus indeks dengan hasil 75,76% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert, masyarakat Kelurahan Sememi dikategorikan “SETUJU” untuk mengolah air limbah rumah tangganya secara komunal.

- **Partisipasi Pemeliharaan Sarana dan Prasarana Pengolahan Air Limbah**

Tabel 5.5 Perhitungan Skala Likert 3

Pernyataan	Skor	Jumlah	Total Skor
Sangat Setuju	5	1	5
Setuju	4	72	288
Netral	3	14	42
Tidak Setuju	2	12	24
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		99	359

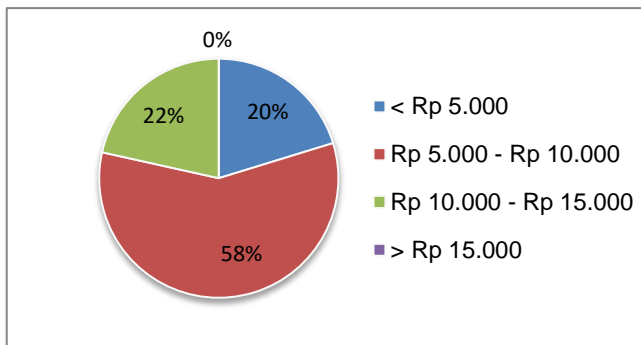
Pada perhitungan di atas didapatkan hasil dari rumus indeks dengan hasil 72,53% dan dikategorikan “SETUJU” untuk bersama-sama memelihara sarana dan prasarana pengolahan air limbah.

- **Kesediaan Masyarakat Membayar Biaya Retribusi Pengolahan Air Limbah**

Tabel 5.6 Perhitungan Skala Likert 4

Pernyataan	Skor	Jumlah	Total Skor
Sangat Setuju	5	1	5
Setuju	4	72	288
Netral	3	6	18
Tidak Setuju	2	20	40
Sangat Tidak Setuju	1	0	0
Total		99	351

Pada perhitungan di atas didapatkan hasil dari rumus indeks dengan hasil 70,91% dan berdasarkan presentasi nilai skala Likert, masyarakat Kelurahan Sememi dikategorikan "SETUJU" untuk turut membayar biaya retribusi pengolahan air limbah.



Gambar 5.6 Biaya Retribusi Pengolahan Air Limbah

Biaya retribusi pengolahan air limbah domestik yang disanggupi oleh masyarakat Kelurahan Sememi dengan persentase tertinggi yaitu 58% bersedia membayar Rp 5.000 – Rp 10.000 setiap bulan.

5.2 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan pelayanan sistem penyaluran air limbah meliputi keseluruhan wilayah Kelurahan Sememi, Kota Surabaya.

5.2.1 Daerah Pelayanan

Berdasarkan Peraturan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional Nomor 7 Tahun 2018 tentang Koordinasi, Perencanaan, Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan Pelaksanaan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, target pemerintah pada tahun 2030 adalah untuk meningkatkan kualitas air dengan mengurangi polusi, menghilangkan pembuangan dan meminimalkan pelepasan material dan bahan kimia berbahaya serta mengurangi proporsi air limbah yang tidak diolah secara global.

Sedangkan hasil kuisisioner masyarakat menunjukkan bahwa hanya 76,57% masyarakat Kelurahan Sememi setuju untuk dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sehingga diperlukan sosialisasi lebih lanjut agar 100% masyarakat setuju dibangun IPAL. Pembangunan 76,57% sambungan penyaluran air limbah dibangun secara bertahap, direncanakan 15% sambungan penyaluran air limbah akan dibangun setiap tahunnya. Perencanaan SPAL dan bangunan IPAL dibuat untuk melayani 100% masyarakat Kelurahan Sememi agar tidak perlu dilakukan penggantian pipa serta dimensi unit terus menerus. Perencanaan akan dibagi 4 blok berdasarkan kondisi geografis wilayah kelurahan yang terbagi jalan raya. Blok dibagi agar memudahkan pelayanan jaringan perpipaan. Jumlah penduduk Kelurahan Sememi terlayani disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Jumlah Penduduk Terlayani

Blok	Luas Blok (m ²)	Luas Blok (Ha)	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	749.353	74,9	18,2	6.599
2	990.153	99,0	24,1	8.720
3	1.592.180	159,2	38,7	14.021

Blok	Luas Blok (m ²)	Luas Blok (Ha)	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
4	778.314	77,8	18,9	6.854
Jumlah	4.110.000	411,0	100,0	36.194

5.3.2 Proyeksi Penduduk

Proyeksi Penduduk dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017 bahwa proyeksi penduduk berdasarkan pada rencana pengembangan daerah dan keseragaman tingkat kepadatan penduduk untuk penyelenggaraan selama 20 tahun mendatang. Data jumlah penduduk disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Data Penduduk Kelurahan Sememi

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Rasio Pertumbuhan
			Jiwa	Persentase (%)	
1	2012	29.003	0	0,00%	0,00000
2	2013	30.840	1837	6,33%	0,00063
3	2014	32.165	1325	4,30%	0,00043
4	2015	33.167	1002	3,12%	0,00031
5	2016	33.753	586	1,77%	0,00018
6	2017	36.194	2441	7,23%	0,00072
Jumlah (Σ)			7191	22,74%	0,00227
Rata - Rata Pertumbuhan					0,03791
Standar Deviasi					0,02250
Deviasi Maksimum					0,01541
Deviasi Minimum					0,06040

Dari data eksisting diperoleh jumlah penduduk Kelurahan Sememi yang akan dipergunakan dalam proyeksi penduduk yaitu pada tahun 2012-2017. Perhitungan proyeksi penduduk terdapat tiga metode yang dapat digunakan, yaitu metode aritmatik, metode geometrik, dan metode *least square*. Diawali dengan mencari koefisien korelasi untuk ketiga metode tersebut kemudian dapat ditentukan metode mana yang akan digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk. Hasil nilai r dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, dan Tabel 5.11.

Tabel 5.9 Nilai Korelasi Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X ²	Y ²	r
2012	29003	0	0	0	0	0	0,4973
2013	30840	1	1837	1837	1	3374569	
2014	32165	2	1325	2650	4	1755625	
2015	33167	3	1002	3006	9	1004004	
2016	33753	4	586	2344	16	343396	
2017	36194	5	2441	12205	25	5958481	
Jumlah	166119	15	7191	22042	55	12436075	

Tabel 5.10 Nilai Korelasi Metode Geometrik

Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X ²	Y ²	r
2012	29003	1	10,2752	10,3	1	105,6	0,9850
2013	30840	2	10,3366	20,7	4	106,8	
2014	32165	3	10,3786	31,1	9	107,7	
2015	33167	4	10,4093	41,6	16	108,4	
2016	33753	5	10,4268	52,1	25	108,7	
2017	36194	6	10,4966	63,0	36	110,2	
Jumlah	166119	21	62,3231	218,8	91	647,4	

Tabel 5.11 Nilai Korelasi Metode *Least Square*

Tahun	Jumlah Penduduk(Y)	X	XY	X ²	Y ²	r
2012	29003	1	29003	1	841174009	0,9849
2013	30840	2	61680	4	951105600	
2014	32165	3	96495	9	1034587225	
2015	33167	4	132668	16	1100049889	
2016	33753	5	168765	25	1139265009	
2017	36194	6	217164	36	1310005636	
Jumlah	166119	20	676772	90	5535013359	

Hasil perhitungan korelasi dengan ketiga metode tersebut, maka nilai koefisien korelasi yang dipilih pada perencanaan ini adalah nilai koefisien korelasi pada metode geometrik dengan nilai r yang paling mendekati 1. Kemudian dapat dihitung proyeksi penduduk Kelurahan Sememi dengan metode geometrik.

Pada Tabel 5.12 tersaji jumlah penduduk Kelurahan Sememi hingga 10 tahun tahun perencanaan.

Tabel 5.12 Jumlah Penduduk Hasil Proyeksi

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2019	36221
2020	36235
2021	36249
2022	36263
2023	36276
2024	36290
2025	36304

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2026	36318
2027	36331
2028	36345
2029	36359
2030	36373

Hasil proyeksi menunjukkan jumlah penduduk Kelurahan Sememi pada tahun 2030 sebesar 36.373 jiwa.

5.3.3 Proyeksi Fasilitas Umum

Fasilitas umum yang tersedia di Kelurahan Sememi berupa fasilitas kesehatan, pendidikan dan tempat ibadah. Jumlah fasilitas umum dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Jumlah Fasilitas Umum Kelurahan Sememi

No	Fasilitas Umum	Jumlah
1	Tempat Ibadah	59
2	Fasilitas Kesehatan	25
3	Fasilitas Pendidikan	5

Proyeksi fasilitas umum perlu dilakukan karena adanya perkembangan penduduk dari tahun ke tahun yang semakin meningkat, maka fasilitas umum yang diperlukan pun ikut meningkat jumlahnya. Untuk memproyeksikan jumlah fasilitas umum yang ada harus mengacu pada rencana tata guna lahan dan perkembangan kepadatan penduduk daerah tersebut. Selain itu proyeksi fasilitas umum juga dipengaruhi oleh jumlah fasilitas umum yang ada dibandingkan dengan jumlah penduduk yang ada saat ini. Dengan adanya perhitungan proyeksi fasilitas umum yang cermat diharapkan nantinya penyediaan air minum dapat berjalan lancar.

Perkiraan jumlah fasilitas dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan perbandingan jumlah penduduk.

$$\frac{\text{Penduduk tahun ke } n}{\text{Penduduk tahun awal}} = \frac{\text{Fasilitas tahun ke } n}{\text{Fasilitas tahun awal}}$$

Berikut adalah proyeksi fasilitas umum Kelurahan Sememi pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 **Proyeksi Fasilitas Umum Kelurahan Sememi**

Tahun	Tempat Ibadah	Fasilitas Kesehatan	Fasilitas Pendidikan
2019	59	25	5
2020	62	26	6
2021	62	26	6
2022	62	26	6
2023	62	26	6
2024	62	26	6
2025	62	26	6
2026	62	26	6
2027	62	26	6
2028	62	26	6
2029	62	26	6
2030	62	26	6

5.3.4 Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah

Kelurahan Sememi merupakan kawasan pemukiman yang padat penduduk. Sistem penyaluran air limbah yang dapat digunakan di Kelurahan Sememi adalah *shallow sewer* dimana perpipaian air limbah domestik lebih dangkal menyalurkan air limbah dengan kemiringan pipa yang lebih landai. Perpipaian air limbah domestik tergantung pada pembilasan air limbah untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara

konvensional yang mengandalkan *self cleansing*. Perpipaian limbah domestik dangkal ini dipertimbangkan untuk pemukiman dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi yang sebagian besar penduduknya sudah memiliki suplai air bersih dan kamar mandi pribadi. Sistem ini melayani air limbah domestik dari kamar mandi, cucian, pipa servis, pipa lateral serta dilengkapi dengan pengolahan air limbah sehingga dapat diterapkan pada wilayah perencanaan.

5.3.5 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didapatkan dari hasil survei terhadap masyarakat Kelurahan Sememi. Jumlah responden yang dibutuhkan dihitung dengan menggunakan rumus Slovin dengan galat sebesar 10%. Kelurahan Sememi saat ini memiliki penduduk sebesar 36.194 jiwa dengan jumlah KK sebesar 10752 KK

- Jumlah KK untuk dilakukan survei dengan rumus Slovin
$$= n = \frac{N}{1 + Ne^2} = \frac{10752}{1 + 10752(0,1)^2} = 99,08 \text{ KK} \approx 99 \text{ KK}$$

Pada perhitungan dengan rumus Slovin didapatkan jumlah responden sebesar 99 KK. Pengisian kuisioner dilakukan dengan metode wawancara di setiap rumah dengan metode sampel acak berstrata (*stratified random sampling*). Data pemakaian air bersih disajikan pada **Lampiran 2**.

Dari data pada Lampiran 2 didapatkan rata-rata pemakaian air bersih di Kelurahan Sememi sebesar 115,38 L/orang.hari. Perhitungan debit air limbah diasumsikan 85% dari penggunaan air bersih di daerah pelayanan karena masyarakat Kelurahan Sememi menggunakan air bersih untuk mandi, cuci, dan kakus sehingga diperoleh debit air limbah sebagai berikut.

- Q rata-rata air limbah *greywater*
$$= \text{Rata-rata debit pemakaian air bersih per orang.hari} \times 85\%$$
$$= 115,38 \text{ L/orang.hari} \times 85\%$$

$$= 98,08 \text{ L/orang.hari}$$

Air limbah yang disalurkan yaitu *greywater* dan *blackwater*. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan Millis F. *et al*, 2014 di beberapa kota di Indonesia, akumulasi lumpur tinja yang terbentuk berkisar 13 L/orang.tahun – 130 L/orang.tahun. Berikut ini merupakan perhitungan debit air limbah gabungan *greywater* dan *blackwater*.

- Q rata-rata air limbah *greywater* dan *blackwater*
 $= \text{Debit } greywater + \text{Debit } blackwater$
 $= 98,08 \text{ L/orang.hari} + 130 \text{ L/orang.tahun}$
 $= 98,08 \text{ L/orang.hari} + 0,36 \text{ L/orang.hari}$
 $= 98,44 \text{ L/orang.hari}$

Dari perhitungan di atas didapatkan debit air limbah domestik sebesar 98,44 L/orang.hari. Langkah selanjutnya adalah jumlah penduduk setiap blok dikalikan dengan debit air limbah sehingga diperoleh debit rata-rata air limbah, kemudian dihitung debit air limbah puncak dan debit minimum. Pembagian blok berdasarkan kondisi geografis dan agar mempermudah pelayanan terdapat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Pembagian Blok Pelayanan

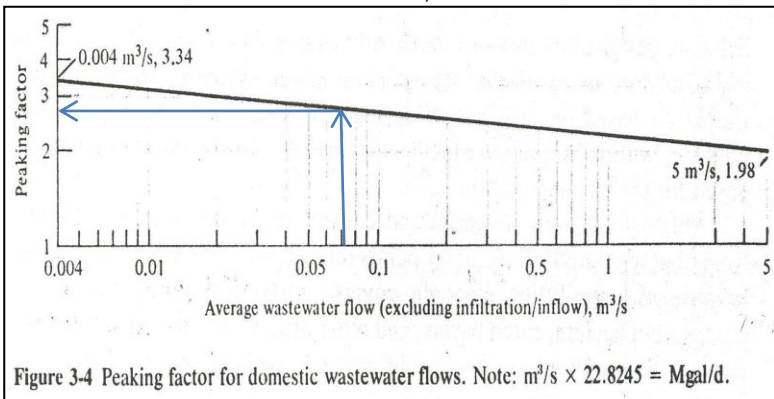
Blok	Luas Blok (m ²)	Luas Blok (Ha)	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	749.353	74,9	18,2	6.599
2	990.153	99,0	24,1	8.720
3	1.592.180	159,2	38,7	14.021
4	778.314	77,8	18,9	6.854
Jumlah	4.110.000	411,0	100,0	36.194

- Contoh perhitungan pada Blok 1
 Jumlah penduduk = 6.559 jiwa
 Qrata-rata air limbah

$$\begin{aligned}
 &= \text{Debit rata-rata air limbah} \times \text{jumlah penduduk} \\
 &= 98,44 \text{ L/orang.hari} \times 6.559 \text{ jiwa} \\
 &= 649.579,16 \text{ L/hari} \\
 &= 649,58 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Debit puncak air limbah dihitung berdasarkan faktor puncak pengaliran air limbah dengan mengacu pada grafik *peak factor*.

- Contoh perhitungan faktor puncak (Fp) pada Blok 1
 Qrata-rata (m³/hari) = 649,58 m³/hari
 = 0,0075 m³/detik



Gambar 5.7 Grafik Peak Factor

Sumber : Metcalf *et al*, 2003

- Faktor puncak (Fp) pada Blok 1 = 2,8
- Debit air limbah puncak
 = Debit rata-rata air limbah x Fp
 = 649,58 m³/hari x 2,8
 = 1.818,82 m³/hari

Sistem pengaliran air limbah ditetapkan infiltrasi apabila menggunakan pipa yang memiliki tingkat permeabilitas yang tinggi seperti pipa beton bertulang sehingga air di luar pipa dapat

masuk ke dalam pipa. Perencanaan ini digunakan pipa PVC khusus air limbah untuk meminimalisi masuknya air dari luar sehingga faktor infiltrasi dianggap tidak ada. Debit minimum digunakan untuk mengetahui pengaliran air disaat minimum yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

- Debit air limbah minimum

$$= \frac{1}{5} \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{1,2} \times Q_{\text{rata-rata}}$$

$$= \frac{1}{5} \times \left(\frac{9.110}{1000} \right)^{1,2} \times 649,58 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1.250,37 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan debit air limbah dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Debit Air Limbah

Blok	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata-rata (L/hari)	Qrata-rata (m ³ /hari)
1	18,23	6.599	649.579,16	649,58
2	24,09	8.720	858.317,45	858,32
3	38,74	14.021	1.380.186,57	1.380,19
4	18,94	6.854	674.684,10	674,68
Jumlah	100,00	36.194	3.562.767	3.562,77

Lanjutan Tabel 5.16 Debit Air Limbah

Fp	Qpuncak (m ³ /hari)	Qmin (m ³ /hari)
2,80	1.818,82	1.250,37
3,05	2.617,87	2.308,21

Fp	Qpuncak (m ³ /hari)	Qmin (m ³ /hari)
3,10	4.278,58	3.563,15
3,10	2.091,52	1.359,16
	10.806,79	8.480,89

5.4 Pembebanan Saluran Perpipaan Air Limbah

Penyaluran air limbah dari daerah pelayanan menuju IPAL menggunakan saluran yang berupa pipa-pipa, dimulai dari pipa tersier, pipa sekunder, dan pipa primer. Tiap blok dibagi menjadi beberapa jalur pipa yang dapat dilihat pada **Lampiran Gambar**.

Kemudian dilakukan perhitungan pembebanan jalur pipa yang diperoleh dari persen pelayanan tiap saluran sehingga diketahui jumlah penduduk terlayani dan debit rata-rata tiap saluran. Hasil perhitungan pembebanan saluran perpipaan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Pembebanan Saluran Perpipaan Air Limbah

No	Jalur Pipa	Saluran	Blok	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata-rata (m ³ /hari)
Blok 1						
1	Z1-Z2	Primer	1	10	663	65,28
2	A1-Z2	Sekunder	1	8	531	52,22
3	A2-Z3	Sekunder	1	11	729	71,81
4	A13-Z3	Sekunder	1	4	265	26,11
5	A3-Z4	Sekunder	1	11	729	71,81
6	A14-Z4	Sekunder	1	5	332	32,64
7	A4-Z5	Sekunder	1	12	796	78,33

No	Jalur Pipa	Saluran	Blok	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qratarata (m ³ /hari)
8	A7-A6	Sekunder	1	10	663	65,28
9	A9-A8	Sekunder	1	13	862	84,86
10	A11-A10	Sekunder	1	9	597	58,75
11	A5-A12	Sekunder	1	7	464	45,70
12	A6-Z6	Sekunder	Akumulasi No. 11-14	39	2.586	254,59
13	Z2-Z6	Primer	Akumulasi Total	100	6.632	652,79
Blok 2						
1	B1-B2	Sekunder	2	7	613	60,38
2	B2-B4	Sekunder	(+) Akumulasi No.1	10	876	86,26
3	B3-B4	Sekunder	2	9	789	77,63
4	B4-Z15	Sekunder	Akumulasi No. 2-3	39	3.417	336,40
5	B4-B5	Sekunder	2	1	88	8,63
6	B5-Z16	Sekunder	2	4	351	34,50
7	B6-Z17	Sekunder	2	3	263	25,88
8	B7-Z19	Sekunder	2	5	438	43,13
9	B8-Z20	Sekunder	2	8	701	69,00
10	B9-Z21	Sekunder	2	6	526	51,75
11	B10-Z22	Sekunder	2	6	526	51,75
12	B13-B11	Sekunder	2	6	526	51,75
13	B11-B12	Sekunder	(+) Akumulasi No. 12	11	964	94,88
14	B14-B12	Sekunder	2	4	351	34,50

No	Jalur Pipa	Saluran	Blok	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata-rata (m ³ /hari)
15	B12-Z18	Sekunder	Akumulasi No. 13-14	15	1.314	129,38
16	B12-B16	Sekunder	2	4	351	34,50
17	B15-B16	Sekunder	2	5	438	43,13
18	B16-Z23	Sekunder	Akumulasi No.16-17	9	789	77,63
19	B17-Z24	Sekunder	2	5	438	43,13
20	Z15-Z14	Primer	Akumulasi Total	100	8.763	862,56
Blok 3						
1	C1-Z25	Sekunder	3	40	5.636	554,80
2	C2-C7	Sekunder	3	25	3.523	346,75
3	C3-C5	Sekunder	3	17	2.395	235,79
4	C4-C6	Sekunder	3	18	2.536	249,66
5	C5-C7	Sekunder	Akumulasi No.3-4	35	4.932	485,45
6	C7-Z26	Sekunder	Akumulasi No. 2, 5	60	8.454	832,20
Blok 4						
1	D1-Z7	Sekunder	4	5	344	33,90
2	D41-D35	Sekunder	4	4	276	27,12
3	D33-D-35	Sekunder	4	2	138	13,56
4	D35-D36	Sekunder	Akumulasi No. 2-3	6	413	40,68
5	D33-D34	Sekunder	4	2	138	13,56
6	D34-D36	Sekunder	(+) Akumulasi No.-6	4	276	27,12
7	D41-D42	Sekunder	4	1	69	6,78

No	Jalur Pipa	Saluran	Blok	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata-rata (m ³ /hari)
8	D39-D40	Sekunder	4	2	138	13,56
9	D37-D38	Sekunder	4	3	207	20,34
10	D42-D36	Sekunder	Akumulasi No.7-9	6	413	40,68
11	D36-Z8	Sekunder	Akumulasi No. 4,6,10	16	1.102	108,48
12	D1-D9	Sekunder	4	4	276	27,12
13	D2-D10	Sekunder	4	4	276	27,12
14	D3-D11	Sekunder	4	4	276	27,12
15	D4-D12	Sekunder	4	2	138	13,56
16	D5-D13	Sekunder	4	2	138	13,56
17	D6-D14	Sekunder	4	2	138	13,56
18	D32-D29	Sekunder	4	1	69	6,78
19	D32-D28	Sekunder	4	1	69	6,78
20	D31-D27	Sekunder	4	1	69	6,78
21	D30-D26	Sekunder	4	1	69	6,78
22	D28-D23	Sekunder	Akumulasi No.19-21	3	207	20,34
23	D29-D17	Sekunder	(+) Akumulasi No. 18	6	413	40,68
24	D17-D8	Sekunder	4	4	276	27,12
25	D18-D9	Sekunder	4	4	276	27,12
26	D19-D10	Sekunder	4	4	276	27,12
27	D20-D11	Sekunder	4	4	276	27,12
28	D21-D12	Sekunder	4	4	276	27,12
29	D22-D13	Sekunder	4	4	276	27,12

No	Jalur Pipa	Saluran	Blok	Pelayanan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Qrata-rata (m ³ /hari)
30	D23-D14	Sekunder	4	4	276	27,12
31	D24-D15	Sekunder	4	4	276	27,12
32	D25-D16	Sekunder	4	4	276	27,12
33	D7-Z11	Sekunder	Akumulasi No. 12-17, 24-32	54	3.719	366,13
34	D44-Z9	Sekunder	4	4	276	27,12
35	D45-Z10	Sekunder	4	3	207	20,34
36	D46-Z12	Sekunder	4	5	344	33,90
37	D47-D52	Sekunder	4	5	344	33,90
38	D48-D53	Sekunder	4	2	138	13,56
39	D49-D54	Sekunder	4	2	138	13,56
40	D50-D55	Sekunder	4	2	138	13,56
41	D51-D56	Sekunder	4	2	138	13,56
42	D52-D56	Sekunder	Akumulasi No. 37-40	11	758	74,58
43	D56-Z13	Sekunder	Akumulasi No. 41-42	13	895	88,14
44	Z6-Z14	Primer	Akumulasi Total	100	6.888	678,02
Pipa Menuju IPAL						
1	Z14-Z25	Primer	Akumulasi pipa Z1-Z25	37	13.520	1330,80
2	Z25-Z26	Primer	Akumulasi pipa Z1-Z25, C1-Z25	77	27.918	2748,16
3	Z26-X	Primer	Akumulasi pipa Z25-Z26, C7-Z26	100	36.373	3580,36

5.5 Dimensi Perpipaan Air Limbah

Perhitungan dimensi pipa air limbah domestik dilaksanakan berdasarkan pembebanan debit pada tiap jalur pipa yang berasal dari berbagai sumber air limbah. Desain kapasitas pada setiap bagian pipa ditentukan berdasarkan perhitungan debit rata-rata, debit minimal, dan debit puncak dari pemukiman. Langkah-langkah perhitungan dimensi pipa air limbah sebagai berikut.

- **Jalur Z1 - Z2**

Diketahui :

- Panjang Pipa = 413,5 m
- Qrata-rata = 65,28 m³/hari
- Qpuncak = 182,78 m³/hari
- Qminimal = 7,98 m³/hari
- Koef. Manning PVC (n) = 0,012

1. Menghitung slope medan berdasarkan elevasi medan

$$S = \frac{\Delta H}{L} = 0,0002$$

Dari perhitungan di atas didapat nilai slope medan yaitu 0,0002 sehingga agar air dalam pipa tetap mengalir, slope direncanakan menjadi 0,002

2. Menentukan nilai d/D untuk mendapatkan nilai Qpeak/Qfull. Nilai d/D direncanakan sebesar 0,8. Nilai d/D kemudian diplotkan pada grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section* sehingga didapatkan nilai Qpeak/Qfull sebesar 0,975.
3. Menghitung nilai Qfull dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{Q_{peak}/Q_{full}} = \frac{181,88 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,975} = 187,47 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4. Menghitung diameter pipa dengan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,00056 \text{ m}^3/\text{detik} = \frac{0,3117}{0,012} \times D^{\frac{8}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

Dari perhitungan di atas dihasilkan diameter sebesar 0,077 m. Kemudian dicari diameter pipa pasarnya sehingga digunakan pipa dengan diameter dalam sebesar 0,104 m.

5. Menghitung cek nilai Q_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} Q_{full} &= \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{0,3117}{0,012} \times 0,104^{\frac{8}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \\ &= 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

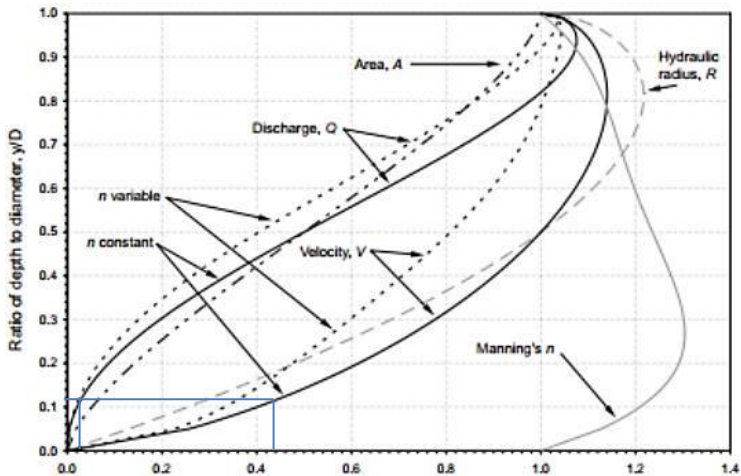
6. Menghitung cek nilai V_{full} dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,104^2} = \frac{0,003 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,104^2} = 0,011 \text{ m/detik}$$

7. Menghitung cek nilai Q_{min}/Q_{full}

$$Q_{min}/Q_{full} = \frac{Q_{min}}{Q_{full}} = \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,005 \text{ m}^3/\text{detik}} = 0,0332$$

8. Menentukan nilai d_{min}/D dan V_{min}/V_{full} menggunakan grafik *Geometric and Hydraulic Ratios for Circular Cross Section*. Nilai d_{min}/D didapatkan dengan cara menarik garis nilai Q_{min}/Q_{full} ke garis *discharge* Q kemudian ditarik ke sumbu Y . Nilai d_{min}/D didapatkan sebesar 0,12. Nilai V_{min}/V_{full} didapatkan dari sumbu Y yang ditarik garis ke kanan hingga memotong grafik *velocity* (v). Nilai V_{min}/V_{full} didapatkan sebesar 0,43.



$$\text{Hydraulic Elements } \frac{V}{V_{full}}, \frac{Q}{Q_{full}}, \frac{A}{A_{full}}, \frac{R}{R_{full}}, \frac{n}{n_{full}}$$

Gambar 5.8 Grafik Hydraulic Ratios for Circular Cross Section

9. Menghitung nilai V_{min} dengan persamaan berikut.

$$V_{min} = \frac{V_{min}}{V_{full}} \times V_{full} = 0,43 \times 0,011 = 0,0072 \text{ m/detik}$$

Kecepatan minimum pipa hasil perhitungan didapatkan 0,0072m/detik. Kriteria desain kecepatan pipa minimum ditetapkan sebesar 0,6 m/detik sehingga pada perhitungan di atas belum memenuhi. Perpipaan air limbah domestik dengan sistem *shallow sewer* bergantung pada pembilasan air limbah untuk mengangkut buangan padat jika dibandingkan dengan cara konvensional yang mengandalkan *self cleansing*.

10. Menghitung volume penggelontoran

Penggelontoran dilaksanakan saat debit dan kecepatan aliran minimal, yang kedalaman renang air limbah tidak cukup untuk membersihkan tinja/endapan padat. Volume air yang

dibutuhkan untuk penggelontoran dihitung dengan persamaan berikut.

- Volume air penggelontoran
 $H_{min} = d_{min}/D \times D_{pakai}$
 $= 0,12 \times 0,104 \text{ m} = 0,0125 \text{ m}$
Syarat $H_{min} = 0,05 \text{ m}$
- ΔA gelontor
 $= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times h_{min} \text{ syarat}^2\right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times h_{min}^2\right)$
 $= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,05^2\right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,0125^2\right)$
 $= 0,0018 \text{ m}^2$
- Q gelontor
 $= \Delta A \text{ gelontor} \times V_{min} \text{ syarat}$
 $= 0,0018 \text{ m}^2 \times 0,6 \text{ m/detik}$
 $= 0,00110 \text{ m}^3/\text{detik}$
- V gelontor
 $= Q \text{ gelontor} \times (\text{Panjang pipa} / V_{min} \text{ syarat})$
 $= 0,00110 \text{ m}^3/\text{detik} \times (413,5 \text{ m} / 0,6 \text{ m/detik})$
 $= 0,76 \text{ m}^3$

Penggelontoran dilakukan pada masing-masing blok di titik terjauhnya agar pengoperasian efisien. Penggelontoran dilakukan pada saat terjadi debit minimum setiap harinya dengan truk tangki air dengan debit 15 L/detik selama 10-15 menit di setiap bloknya. Hasil perhitungan dimensi perpipaan disajikan pada **Lampiran 3**.

5.6 Penanaman Perpipaan Air Limbah

Perencanaan penanaman pipa dilaksanakan dengan mempertimbangkan persyaratan teknis yaitu kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, biaya konstruksi, dan kedalaman pipa. Penanaman pipa disesuaikan dengan *slope* pipa yang telah diperhitugakan agar air limbah dapat mengalir secara gravitasi sehingga sedapat mungkin pemompaan tidak diperlukan. Kedalaman maksimal pipa 1,5 m atau dipilih kedalaman ekonomis atas pertimbangan biaya dan kemudahan atau resiko penggalian dan pemasangan pipa. Pompa digunakan

apabila penanaman pipa telah melebihi 1,5 meter. Berikut contoh perhitungan penanaman pipa pada jalur Z1-Z2.

- **Jalur Pipa Z1-Z2**

Diketahui :

- Elevasi tanah awal : 6,94 m
- Elevasi tanah akhir : 6,80 m
- Panjang pipa (L) : 413,5 m
- Slope pipa (S) : 0,002
- Diameter luar pipa : 0,110 m
- Kedalaman penanaman awal : 0,4 m

1. Elevasi atas pipa

- Elevasi awal = Elevasi medan awal – 0,6 m
= 6,94 m – 0,4 m = 6,54
- Elevasi akhir = Elevasi awal atas pipa – hL
= 6,54 m – 0,83 m = 5,71 m

2. Elevasi bawah pipa

- Elevasi awal = Elevasi awal atas pipa – Dluar
= 6,54 m – 0,110 m = 6,43
- Elevasi akhir = Elevasi akhir atas pipa – hL
= 6,43 m – 0,83 m = 5,60 m

3. Kedalaman penanaman

- Awal = Elevasi medan awal - Elevasi awal bawah pipa
= 6,94 m – 6,43 m = 0,51 m
- Akhir = Elevasi medan akhir- Elevasi akhir bawah pipa
= 6,80 m – 5,60 m = 1,20 m

Perhitungan penanaman pipa dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

5.7 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap pada jaringan perpipaan air limbah berfungsi untuk menunjang dan menjamin sistem perpipaan berjalan dengan baik. Bangunan pelengkap pada perencanaan ini adalah *manhole*.

5.7.1 Bak Kontrol

Bak kontrol merupakan prasarana pendukung sub-sistem pelayanan yang berfungsi sebagai prasarana untuk menahan

sampah atau benda yang dapat menyumbat pipa pengumpulan limbah. Perencanaan bak kontrol dipasang sesuai jumlah rumah terlayani. Bak kontrol sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T_d &= 30 \text{ menit} \\
 \text{Kedalaman} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Qrata-rata} &= 98,44 \text{ L/orang.hari} \times 3,37 \text{ orang/KK} \\
 &= 331,74 \text{ L/KK.hari} \\
 \text{Faktor peak} &= 3,3 \\
 \text{Qpeak} &= 331,74 \text{ L/KK.hari} \times 3,3 \\
 &= 1094,75 \text{ L/KK.hari} = 0,046 \text{ m}^3/\text{KK.jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak kontrol} &= Q_{\text{peak}} \times T_d \\
 &= 0,046 \text{ m}^3/\text{KK.jam} \times 0,5 \text{ jam} \\
 &= 0,228 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Asurface bak kontrol} &= \frac{\text{Volume bak}}{\text{Kedalaman bak}} \\
 &= \frac{0,228 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 0,076 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar bak kontrol} = 0,28 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak kontrol} = 0,3 \text{ m}$$

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

5.7.2 Manhole

Manhole merupakan lubang tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran. Lokasi penempatan *manhole* sebagai berikut :

- a. Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak 50m.
- b. Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- c. Pada lokasi sambungan, persilangan atau bangunan lain

Jenis dan jumlah manhole pada daerah pelayanan terdapat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.18 Jenis dan Jumlah Manhole Daerah Pelayanan

No	Daerah Pelayanan	Jenis Manhole					Total
		Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Drop	
1	Blok 1	4	3	8	2	4	21
2	Blok 2	11	12	7	2	3	35
3	Blok 3	4	9	5	0	1	19
4	Blok 4	12	8	34	9	9	72
5	Pipa Menuju IPAL	0	3	1	0	0	4

BAB 6

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

6.1 Tahap Perencanaan Awal

Tahapan awal ini merupakan tahapan umum perencanaan yang bertujuan untuk menentukan proses dan unit pengolahan yang akan diterapkan pada IPAL dengan memperhatikan kesesuaiannya terhadap luas lahan.

6.1.1 Periode Perencanaan IPAL

Proses perencanaan suatu instalasi pengolahan air limbah ada dua, yaitu :

- a. *Initial years* adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan konstruksi bangunan dan bangunan yang siap beroperasi
- b. *Design years* adalah tahun dimana bangunan mencapai kapasitas yang direncanakan

Perencanaan penyelenggaraan IPAL jangka panjang merupakan rangkaian dari keseluruhan penyelenggaraan di sektor air limbah domestik untuk jangka waktu 10 (sepuluh) tahun. Periode perencanaan yang digunakan adalah 10 tahun mulai tahun 2020 sampai tahun 2030. *Initial years* direncanakan selama 2 tahun termasuk waktu untuk perencanaan, masa tender, dan waktu pembangunan instalasi yang dimulai pada tahun 2019.

6.1.2 Kuantitas dan Kualitas Air Limbah

Kuantitas air limbah yang akan diolah pada instalasi pengolahan air limbah sebagai berikut :

- Debit rata-rata = $0,0412 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Debit puncak = $0,1251 \text{ m}^3/\text{detik}$

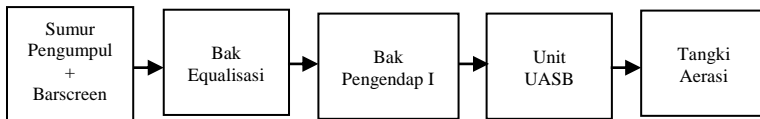
Debit yang digunakan pada perencanaan proses pengolahan air limbah adalah debit rata-rata agar kapasitas IPAL dapat menampung beban yang cukup.

Tabel 6.1 Kualitas Air Limbah Domestik

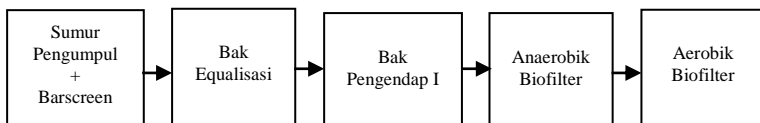
Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu
pH	-	7,5	6, - 9
BOD ₅	mg/L	494	30
COD	mg/L	799	100
TSS	mg/L	473	30
Minyak dan Lemak	mg/L	12	5
Ammonia	mg/L	35,8	10
Total Coliform	MPN/100mL	6x10 ⁸	3000

6.1.3 Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah yang Direncanakan

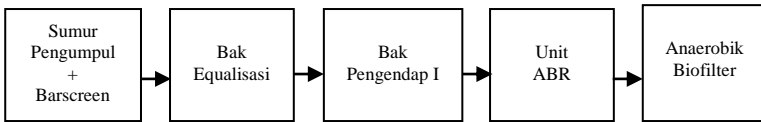
Alternatif teknologi pada instalasi pengolahan air limbah yang direncanakan terdiri dari 3 alternatif. Alternatif pertama menggunakan unit UASB dan unit tangki aerasi. Alternatif kedua menggunakan unit anaerobik biofilter dan unit aerobik biofilter. Alternatif ketiga menggunakan unit ABR dan unit aerobik biofilter. Pemilihan alternatif disesuaikan dengan karakteristik air limbah domestik



(a)



(b)



(c)

Gambar 6.1 Diagram Alir Alternatif Pengolahan IPAL (a) Alternatif Pengolahan 1 (b) Alternatif Pengolahan 2 (c) Alternatif Pengolahan 3

6.1.3 Pemilihan Jenis Pengolahan

Efisiensi removal sistem pengolahan perlu diketahui agar dapat diketahui apakah jenis pengolahan yang akan dipilih efektif dan efisien untuk mengolah air limbah dengan kualitas tertentu. Efisiensi pengolahan disajikan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Efisiensi Removal Unit

Unit Pengolahan	Efisiensi Removal (%)			
	BOD ₅	COD	TSS	Ammonia
Sumur Pengumpul	-	-	-	-
Barscreen	-	-	-	-
Bak Pengendap	30-50 ^b	30-50 ^b	40-60 ^b	10-20 ^a
UASB	75 ^c	88 ^c	75 ^c	25 ^c
Tangki Aerasi	75-95 ^a	80-85 ^a	80-90 ^a	15-50 ^a
Aerobik Biofilter	11-57 ^d	10-57 ^d	21-73 ^d	-
Anaerobik Biofilter	87,33 ^e	83,33 ^e	95	82,5 ^e
ABR	95 ^a	80 ^a	95 ^a	-

Sumber : ^aTchobanoglous et al,2003 ; ^bQasim,2013 ; ^cJ.T. de Sousa et al,1997 ; ^dEndah S., 2014 ; ^eR. Permatasari et al, 2018

Efisiensi removal dari masing-masing unit kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan karakteristik air limbah yang akan diolah pada Tabel 6.3 hingga Tabel 6.5.

Tabel 6.3 Alternatif Pengolahan 1

Parameter	Satuan	Input Air Limbah	Unit Pengolahan						Baku Mutu
			Bak Pengendap I		UASB		Tangki Aerasi		
			% Removal	Efluen	% Removal	Efluen	% Removal	Efluen	
BOD	mg/l	494	30%	345,8	75%	86,5	75%	21,6	30
COD	mg/l	799	30%	559,3	88%	67,1	80%	13,4	100
TSS	mg/l	473	50%	236,5	75%	59,1	80%	11,8	30
Total N	mg/l	35,8	10%	32,22	25%	24,2	15%	20,5	10

Tabel 6.4 Alternatif Pengolahan 2

Parameter	Satuan	Input Air Limbah	Unit Pengolahan						Baku Mutu
			Bak Pengendap I		Anaerobik Biofilter		Aerobik Biofilter		
			% Removal	Efluen	% Removal	Efluen	% Removal	Efluen	
BOD	mg/l	494	30%	345,8	87%	43,9	11%	39,1	30
COD	mg/l	799	30%	559,3	83%	93,4	10%	84,1	100
TSS	mg/l	473	50%	236,5	95%	11,8	21%	9,3	30
Total N	mg/l	35,8	10%	32,22	83%	5,6		5,6	10

Tabel 6.5 Alternatif Pengolahan 3

Parameter	Satuan	Input Air Limbah	Unit Pengolahan						Baku Mutu
			Bak Pengendap I		ABR		Aerobik Biofilter		
			% Removal	Efluen	% Removal	Efluen	% Removal	Efluen	
BOD	mg/l	494	30%	345,8	95%	17,3	11%	15,4	30
COD	mg/l	799	30%	559,3	80%	111,9	15%	95,1	100
TSS	mg/l	473	50%	236,5	95%	11,8	21%	9,3	30
Total N	mg/l	35,8	10%	32,22		32,2	80%	6,4	10

Perbandingan alternatif di atas disamakan menggunakan 2 pengolahan biologis. Sebagai pengolahan fisik digunakan *barscreen* dan bak pengendap I. Penyisihan lemak direncanakan dengan pemasangan *grease trap* yang dipasang di setiap bak kontrol SR sehingga dapat dilakukan penyisihan hingga 80%. Pengolahan akhir menggunakan unit desinfeksi untuk penyisihan total koliform agar efluen air limbah sesuai dengan baku mutu. Proses pengolahan yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan dua aspek antara lain aspek teknis dan aspek non teknis. Aspek teknis yaitu kemudahan pengoperasian, ketersediaan SDM, kualitas efluen. Aspek non teknis yaitu ketersediaan lahan dan ketersediaan biaya investasi dan pengoperasian. Metode pemilihan pengolahan dilakukan dengan cara membuat matriks keunggulan dan kerugian dari masing-masing unit pengolahan.

Tabel 6.6 Matriks Pemilihan Biaya Investasi dan O.M

Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
	1	2	3	4	
					1. Membutuhkan biaya investasi dan biaya O.M yang tinggi
Alternatif 1		v			2. Membutuhkan biaya investasi yang tinggi, namun biaya O.M yang rendah
Alternatif 2	v				3. Membutuhkan biaya investasi yang rendah, namun biaya O.M yang tinggi
Alternatif 3		v			4. Membutuhkan biaya investasi dan biaya O.M yang rendah

Tabel 6.7 Matriks Pemilihan Kebutuhan Lahan

Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
	1	2	3	4	
					1. Lahan yang dibutuhkan luas
Alternatif 1		v			2. Beberapa unit dapat dijadikan satu bangunan
Alternatif 2	v				3. Hampir semua unit pengolahan dapat dijadikan satu bangunan
Alternatif 3	v				4. Bangunan terintegrasi, lahan kecil

Tabel 6.8 Matriks Pemilihan Kebutuhan SDM

Alternatif	Rating Performance				Performance Factor
	1	2	3	4	
					1. SDM yang banyak, membutuhkan keahlian khusus
Alternatif 1			v		2. SDM yang banyak, non keahlian khusus
Alternatif 2		v			3. SDM yang sedikit, keahlian khusus
Alternatif 3		v			4. SDM yang sedikit, non keahlian khusus

Dari ketiga alternatif pengolahan tersebut, dipilih pengolahan kombinasi antara Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dengan Aerobic Biofilter (ABF) karena efisiensi penurunan bahan organiknya yang cukup besar. Selain itu ABR dan ABF cocok digunakan untuk semua jenis air limbah dan juga cocok digunakan di daerah kecil, serta biaya investasi, operasi dan pemeliharaan tidak terlalu besar daripada dikombinasikan dengan unit pengolahan lainnya. Maka ditetapkan bahwa alternatif ketiga adalah jenis pengolahan yang akan digunakan dalam pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Sememi.

6.1.4 Kesetimbangan Massa

Perhitungan kesetimbangan massa dilakukan pada alternatif pengolahan limbah yang telah dipilih, yaitu alternatif ketiga.

Tabel 6.9 Kualitas Influen Limbah Unit Bak Pengendap 1

Parameter	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Q Inff BP I	3580,4	m ³ /hari		
BOD	494,0	mg/Lt	0,49	kg/m ³
COD	799,0	mg/Lt	0,80	kg/m ³
TSS	473,0	mg/Lt	0,47	kg/m ³
Total Nitrogen	35,8	mg/Lt	0,04	kg/m ³

Tabel 6.10 Massa Influen Limbah Unit Bak Pengendap 1

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
BOD	$Q_{inff} \times [BOD]$	1768,7	kg/hari
COD	$Q_{inff} \times [COD]$	2860,7	kg/hari
TSS	$Q_{inff} \times [TSS]$	1693,5	kg/hari
Total Nitrogen	$Q_{inff} \times [N]$	16,9	kg/hari

Tabel 6.11 Massa Removal Limbah Unit Bak Pengendap 1

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
BOD	35	$35\% \times [M \text{ BOD}]$	619,0	kg/hari
COD	37,5	$37,5\% \times [M \text{ COD}]$	1072,8	kg/hari
TSS	58,8	$58,8\% \times [M \text{ TSS}]$	996,2	kg/hari
Total Nitrogen	0,10	$10\% \times [M \text{ N}]$	1,7	kg/hari

Tabel 6.12 Kualitas Efluen Limbah Unit Bak Pengendap 1

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
BOD	[M BOD inf] - [M BOD rem.]	1149,7	kg/hari
COD	[M COD inf] - [M COD rem.]	1787,9	kg/hari
TSS	[M TSS inf] - [M TSS rem.]	697,3	kg/hari
Total Nitrogen	[M N inf] - [M N rem.]	15,2	kg/hari

Tabel 6.13 Kualitas Influen Limbah Unit ABR

Parameter	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Q inff ABR	3482,74	m ³ /hari		
[TSS]	200,34	mg/Lt	0,20	kg/m ³
[BOD]	330,10	mg/Lt	0,33	kg/m ³
[COD]	513,37	mg/Lt	0,51	kg/m ³
[Total Nitrogen]	33,12	mg/Lt	0,03	kg/m ³

Tabel 6.14 Massa Influen Limbah Unit ABR

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	Q _{inff} x [TSS]	697,73	kg/hari
[BOD]	Q _{inff} x [BOD]	1149,65	kg/hari
[COD]	Q _{inff} x [COD]	1787,94	kg/hari
[Total Nitrogen]	Q _{inff} x [N]	115,36	kg/hari

Tabel 6.15 Massa Removal Limbah Unit ABR

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	95%	95% x [M TSS]	662,84	kg/hari
[BOD]	80%	80% x [M BOD]	919,72	kg/hari
[COD]	95%	95% x [M COD]	1698,55	kg/hari
[Total Nitrogen]	0%		0,00	kg/hari

Tabel 6.16 Kualitas Efluen Limbah Unit ABR

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	[M TSS inf] - [M TSS rem.]	34,89	kg/hari
[BOD]	[M BOD inf] - [M BOD rem.]	229,93	kg/hari
[COD]	[M COD inf] - [M COD rem.]	89,40	kg/hari
[Total Nitrogen]	[M N inf] - [M N rem.]	115,36	kg/hari

Tabel 6.17 Kualitas Influen Limbah Unit Aerobik Biofilter

Parameter	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Q inff ABF	3481,81	m ³ /hari		
[TSS]	10,02	mg/Lt	0,01	kg/m ³
[BOD]	66,02	mg/Lt	0,07	kg/m ³
[COD]	25,67	mg/Lt	0,03	kg/m ³
[Total Nitrogen]	33,12	mg/Lt	0,03	kg/m ³

Tabel 6.18 Massa Influen Limbah Unit Aerobik Biofilter

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	Q _{inff} x [TSS]	34,88	kg/hari
[BOD]	Q _{inff} x [BOD]	229,87	kg/hari
[COD]	Q _{inff} x [COD]	89,37	kg/hari
[Total Nitrogen]	Q _{inff} x [N]	115,33	kg/hari

Tabel 6.19 Massa Removal Limbah Unit Aerobik Biofilter

Parameter	Removal	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	87,3%	87,3% x [M TSS]	30,45	kg/hari
[BOD]	83,3%	83,3% x [M BOD]	191,48	kg/hari
[COD]	95,0%	95% x [M COD]	84,90	kg/hari
[Total Nitrogen]	82,5%	82,5% X [M N]	95,15	kg/hari

Tabel 6.20 Kualitas Efluen Limbah Unit Aerobik Biofilter

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
[TSS]	$[M \text{ TSS} / Q \text{ eff}] * 1000$	1,27	mg/Lt
[BOD]	$[M \text{ BOD} / Q \text{ eff}] * 1000$	11,02	mg/Lt
[COD]	$[M \text{ COD} / Q \text{ eff}] * 1000$	1,28	mg/Lt
[Total Nitrogen]	$[M \text{ N} / Q \text{ eff}] * 1000$	5,80	mg/Lt

6.1.5 Kriteria Perencanaan

a. Saluran Pembawa

Kecepatan = 0,3 – 0,9 m/detik

Sudut kemiringan = 0,01 m/m

b. Sumur Pengumpul

$T_d \leq 10$ menit

c. Barscreen

Pembersihan manual (sumber : Qasim, 1985)

Kecepatan melalui bar (v) = 0,3 – 0,6 m/detik

Lebar bar (w) = 4,0 – 8,0 m

Kedalaman bar (D) = 25 – 50 mm

Jarak antar batang = 25 – 75 mm

Slope vertikal = 45° – 60°

Headloss = 150 mm

Headloss max = 800 mm

Pembersihan mekanik (sumber : Qasim, 1985)

Kecepatan melalui bar (v) = 0,6 – 1,0 m/detik

Lebar bar (w) = 8,0 – 10,0 m

Kedalaman bar (D) = 50 – 75 mm

Jarak antar batang = 10 – 50 mm

Slope vertikal = 75° – 85°

Headloss = 150 mm

Headloss max = 800 mm

Faktor bentuk bar (β)

Tipe bar :

Sharp-edged rectangular = 2,42

Rectangular with semicircular upstream face = 1,83

Rectangular with semicircular upstream and downstream face = 1,67

Circular = 1,79

Tear shape = 0,76

d. Bak Pengendap I

(sumber : Metcalf and Eddy, 2003)

Rectangular

Kedalaman = 3 – 4,9 m (tipikal : 4,3 m)

Panjang = 15 – 90 m (tipikal : 24 - 40 m)

Lebar = 3 – 24 m (tipikal : 4,9 – 9,8 m)

Flight speed = 0,6 – 1,2 m/menit (tipikal : 0,9 m/menit)

e. ABR

Td = 2 – 6 jam

Waktu pengurasan = 2 – 3 tahun

Hydraulic Retention Time (HRT) = 8 – 20 jam

Organic Loading Rate <3 kg COD/m³.hari

Kecepatan aliran upflow <2 m/jam

Panjang kompartemen = 50-60% dari kedalaman ABR

f. Aerobik Biofilter

Beban BOD : 0,5 – 4 kgBOD/m³ media

Waktu tinggal total : 6 – 8 jam

Tinggi ruang lumpur : 0,5 m

Tinggi bed media : 1,2 m

Tinggi air di atas bed media : 20 cm

6.2 Tahap Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Tahapan ini merupakan tahap perencanaan dengan tujuan untuk menghitung proses dan unit pengolahan yang diterapkan pada IPAL.

6.2.1 Sumur Pengumpul dan Barscreen

Sumur pengumpul merupakan unit yang berfungsi untuk mengumpulkan dan menampung air limbah sebelum di pompa menuju ke pengolahan berikutnya.

Barscreen merupakan unit saringan yang berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar (contoh : plastik, kertas, atau daun) ke dalam unit pengolahan air limbah domestik, yang dapat mengakibatkan gangguan pada pengolahan air limbah, terutama unit pompa.

Perencanaan sumur pengumpul

1. Berbentuk segiempat
2. Waktu detensi (td) ≤ 10 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan lumpur
3. Qrata-rata = $0,041 \text{ m}^3/\text{detik}$
4. Qpuncak = $0,126 \text{ m}^3/\text{detik}$
5. Panjang : Lebar sumur = 1 : 1
6. Kedalaman sumur = 4 m

Pompa sumur pengumpul

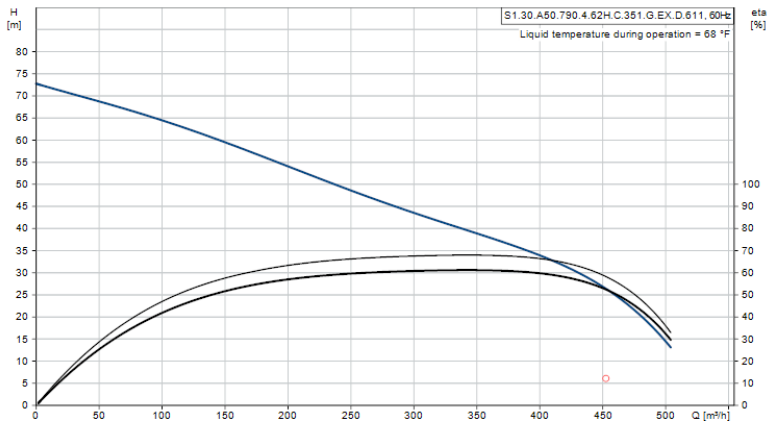
Air limbah yang dimasukkan ke dalam sumur pengumpul dinaikan menuju bangunan pengolahan air limbah dengan menggunakan pompa. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa yang tidak akan tersumbat oleh partikel terbesar dari air limbah atau kepekatan lumpur.

Perhitungan pompa

1. Diameter pipa pembawa = 30 cm
2. Panjang pipa pembawa ke sumur pengumpul = 5 m
3. Pemompaan
 - Jumlah pompa = 2 buah (dioperasikan bergantian)

- Q tiap pompa = 0,041 m³/detik
 - Head statis = 6 m (dari muka air sumur)
4. Mayor Losses
- Hf discharge = $\left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C.D^{2/63}} \right]^{1,85} \times L$
 = $\left[\frac{0,125 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,00155 \cdot 120 \cdot 30^{2/63}} \right]^{1,85} \times 5 \text{ m}$
 = 0,1 m
5. Headloss total
- Hf total = Head statis + Hf mayor
 = 6 m + 0,1 m
 = 6,1 m
6. Power pompa
- Densitas = 1000 kg/m³
 - Power pompa
 = g x Qtiap pompa x Hf total x densitas
 = 9,81 x 0,041 m³/detik x 6,1 m x 1000 kg/m³
 = 2453,5 watt
 - Efisiensi pompa = 60%
 = 2453 watt / 60%
 = 4089,2 watt
7. Tipe pompa
- Qtiap pompa = 0,126 m³/detik x 3600 detik
 = 452,5 m³/jam
 - Hf total = 6,1 m

Pada perencanaan ini digunakan pompa dengan pemilihan tipe pompa, head, dan debit dicari pada situs Groundfos diperoleh tipe pompa **S1.30.A50.790.4 62H.C.351.G.EX.D.611**



Gambar 6.1 Grafik Hubungan Debit dan Head Pompa

Perhitungan sumur pengumpul

1. Qpuncak = 0,126 m³/detik
2. Diameter pompa = 0,579 m
3. Kedalaman sumur = 4 m
4. Volume sumur = Qpuncak x Td
= 0,1251 m³/detik x 600 detik
= 16 m³
5. Asurface sumur = $\frac{\text{Volume bak}}{\text{Kedalaman bak}} = \frac{16 \text{ m}^3}{4 \text{ m}} = 4 \text{ m}^2$
6. Dimensi sumur
 - Lebar sumur = 2 m
 - Panjang sumur = 2 m
 - Kedalaman = 4 m
 - Freeboard = 0,5 m
 - Kedalaman total = 4 m + 0,5 m = 4,5 m

Perencanaan barscreen

1. Qpuncak = 0,126 m³/detik
- 100

2. Jumlah *barscreen* = 1 unit
3. Lebar *screen* = 2 m
4. Pembersihan dilakukan secara mekanik
5. Bentuk bar persegi panjang dengan keempat ujung-nya melingkar/tumpul
6. *Slope screen* = 45°
7. Jarak antar batang (b) = 50 mm
8. Kecepatan melalui celah = 0,6 m/detik
9. Lebar bar (w) = 15 mm

Perhitungan *barscreen*

1. Jumlah bar (n)
 Lebar (B) = $(n \times w) + ((n+1) \times b)$
 $2 \text{ m} = (n \times 0,015) + ((n+1) \times 0,05)$
 $2 \text{ m} = 0,015n + 0,05n + 0,05$

Jumlah bar (n) = 30 bar

2. Jumlah bukaan antar bar (s)
 $s = 30 + 1 = 31$ bukaan
3. Lebar bukaan antar bak total (Lt)
 $Lt = b \times (n+1) = 0,05 \times (30+1) = 1,55 \text{ m}$
4. Panjang kisi yang terendam air (Ls) = 1,5 m
5. Koefisien efisiensi (η)

$$\eta = \frac{L_t}{B} \times 100\% = \frac{1,55 \text{ m}}{2 \text{ m}} \times 100\% = 78\%$$

6. Headloss normal (saat bersih)

$$hL \text{ normal} = \beta \times \left[\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right]^4 \times \frac{v_s^2}{2g} \times \sin \alpha$$

$$= 2,3 \times \left[\frac{0,015 \times 30}{0,05 \times (30+1)} \right]^4 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \times \sin 45$$

$$= 0,0069 \text{ m}$$

7. Headloss saat clogging
 Clogging yaitu 50% bar screen tersumbat

$$\begin{aligned} \text{Lebar bukaan antar bar total (Lt)} &= 50\% \times 1,55 \text{ m} \\ &= 0,8 \text{ m} \\ \text{Kecepatan aliran melalui kisi (vs)} &= 50\% \times 0,6 \text{ m} \\ &= 0,3 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

6.2.2 Bak Pengendap I

Unit bak pengendap I berfungsi untuk mengendapkan partikel diskrit dari suspensi melalui pengendapan bebas (*unhindered settling*). Bak pengendap I juga berfungsi menurunkan BOD/COD dalam aliran sehingga menurunkan beban pengolahan biologis pada tahapan berikutnya.

a. Zona Pengendapan

Perencanaan zona pengendapan

1. Q rata-rata = $0,0414 \text{ m}^3/\text{s} = 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari}$
2. TSS inf = $473,00 \text{ mg/L}$
3. BOD₅ inf = $494,00 \text{ mg/L}$
4. COD inf = $799,00 \text{ mg/L}$
5. Total N inf = $35,80 \text{ mg/L}$
6. Persen penyisihan BOD = 35%
7. Jumlah unit = 2 buah (1 cadangan)
8. Suhu air = 23°C
9. $\mu = 0,9403 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Perhitungan zona pengendapan

1. $td = \frac{\%R \times a}{(1-(b \times \%R))} = \frac{35\% \times 0,018}{(1-(0,02 \times 35\%))} = 2,5 \text{ jam}$
2. Persen penyisihan TSS = $\frac{td}{a+(b \times td)} = \frac{2,5}{0,0075+(0,014 \times 2,5)} = 58,8\%$
3. Q tiap unit = $0,0414 \text{ m}^3/\text{s}$
4. Volume bak (V) = $Q \times td$
 $= 0,0414 \text{ m}^3/\text{s} \times 2,5 \text{ jam} \times 60 \times 60$
 $= 932,4 \text{ m}^3$
5. Luas permukaan(As) = $\frac{Q}{OFR} \times td = \frac{0,0414}{40} \times 86400 = 89,5 \text{ m}^2$

6. Perbandingan panjang dan lebar adalah $P = 3L$
7. Dimensi bak
- Lebar bak(L) $= A_s/P = 5,5 \text{ m}$
 - Panjang bak(P) $= 3 \times L = 16,5 \text{ m}$
 - Tinggi bak (H) $= \frac{Q \times t_d}{A_s}$
 $= \frac{0,0414 \times 2,5 \times 60 \times 60}{89,5}$
 $= 4,2 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m}$
8. Freeboard $= 0,5 \text{ m}$
9. Kecepatan horizontal(Vh) $= Q/A_c$
 $= 0,0414 \text{ m}^3/\text{s} / 5,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$
 $= 0,002 \text{ m/s}$
10. Kecepatan scoring (Vsc) : (k = 0,04 : f = 0,02)
- $V_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{0,0414}{89,5} = 0,0005 \text{ m/s}$
 - d partikel $= [((18 \times V_s \times \mu) / (g (S_g - 1)))]^{1/2}$
 $= [((18 \times 0,0005 \times 0,9403 \cdot 10^{-6}) / (9,81 (1,02 - 1)))]^{1/2}$
 $= 0,00006 \text{ m}$
 - $V_{sc} = [(8k (S_g - 1) \times d \times g) / f]^{1/2}$
 $= [(8 \times 0,04 (1,02 - 1) \times 0,00006 \times 9,81) / 0,02]^{1/2}$
 $= 0,0141 \text{ m/s}$
11. $V_h < V_{sc}$ (memenuhi) tidak terjadi penggerusan
12. Kontrol Nre dan Nfr
- Jari-jari hidrolis (R) $= (h \times b) / (2b + b)$
 $= (4,5 \times 5,5) / ((2 \times 5,5) + 5,5)$
 $= 1,6 \text{ m}$
 - Nre $= (V_h \times R) / \mu$
 $= (0,002 \times 1,6) / 0,9403 \cdot 10^{-6}$
 $= 29376 > 2000$ (tidak memenuhi)
 - Nfr $= V_h^2 / (g \times R)$
 $= (0,002)^2 / (9,81 \times 1,6)$
 $= 0,0000002 < 10^{-5}$ (tidak memenuhi)

Pada perhitungan di atas didapatkan hasil Nre lebih besar dari 2000 dan Nfr lebih kecil dari 10^{-5} , maka perlu dipasang perforated baffle pada inlet untuk mencegah aliran pendek dan

agar aliran menjadi lebih laminar sehingga partikel memiliki waktu mengendap yang lebih lama.

b. Zona Inlet

Perhitungan saluran pembawa

1. Q saluran = 0,0414 m³/s
2. Jumlah saluran pembawa = 1 buah
3. Vh rencana = 0,6 m/s
4. Panjang saluran = 3 m
5. Ac = Q/Vh = 0,0414 m³/s / 0,6 m/s = 0,0691 m²
6. Perbandingan panjang dan kedalaman saluran, L = 2H
7. Dimensi saluran
 - Kedalaman(H) = 0,19 m ≈ 0,2 m
 - Lebar(L) = 0,37 m ≈ 0,4 m
8. Cek vh = Q / (H x L) = 0,0414 / (0,2 x 0,4) = 0,52 m/s
9. N saluran = 0,015
10. Luas penampang basah (A) = Kedalaman x Lebar
 - = 0,2 m x 0,4 m
 - = 0,08 m²
11. Keliling basah (P) = (2 x Kedalaman) + Lebar
 - = (2 x 0,2 m) + (0,4 m)
 - = 0,8 m
12. Menghitung slope menggunakan rumus Manning
($v = 1/n \times R^{0,667} \times S^{0,5}$)
 - $R = \frac{A}{P} = \frac{0,08}{0,8} = 0,01 \text{ m}$
 - $v = 1/n \times R^{0,667} \times S^{0,5}$
 0,52 m/s = 1/0,015 x (0,01 m)^{0,667} x S^{0,5}
 0,013 m = S
 - Slope = 0,013 m
13. Hf saluran = Panjang saluran x Slope
 - = 3 m x 0,013 m
 - = 0,004 m
14. Hv saluran = $\frac{v^2}{2g}$

$$= \frac{(0,52)^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,014 \text{ m}$$

$$15. \text{ HL total} = 0,004 \text{ m} + 0,014 \text{ m} = 0,19 \text{ m}$$

Perhitungan pintu air

1. Lebar pintu rencana (B) = Lebar saluran pembawa

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

2. Q pintu air = Q tiap bak = 0,0414 m³/s

3. Tinggi pintu air (H)

$$H = \left(\frac{Q \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2g} \times C_d \times B} \right)^{2/3} = \left(\frac{0,0414 \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2 \times 9,81} \times 0,6 \times 0,2} \right)^{2/3} = 0,24 \text{ m} \approx 0,25 \text{ m}$$

4. Headloss di pintu air

$$H_f = \left(\frac{Q}{\mu \times B \times H} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = \left(\frac{0,0414}{0,9403 \times 0,2 \times 0,25} \right)^2 \times \frac{1}{2 \times 9,81} = 0,0396 \text{ m}$$

Perhitungan perforated baffle

1. Diameter rencana = 10 cm = 0,1 m
2. Lebar baffle(b) = Lebar bak = 5,5 m
3. Tinggi baffle (h) = Tinggi bak = 4,5 m
4. Kecepatan melalui lubang = 0,5 m/s
5. *Perforated baffle* diletakkan 1 m di depan pintu inlet
6. Tebal baffle = 0,2 m
7. Luas tiap lubang (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,1^2 = 0,008 \text{ m}^2$
8. Luas baffle yang terendam = b x h = 5,5 x 4,5 = 24,8 m²
9. Luas lubang total = 40% x A baffle
= 40% x 24,8 m²
= 9,9 m²
10. Jumlah lubang (n) = A total / Luas tiap lubang
= 9,9 m² / 0,008 m²
= 1261 buah
11. Q lubang = $\frac{Q_{\text{bak}}}{n} = \frac{0,0414}{1261} = 0,000033 \text{ m}^3/\text{s}$
12. Susunan antar lubang = P : H = 2 : 1

13. Jumlah lubang horizontal
- Jumlah lubang = $2x \cdot x$
1261 buah = $2x^2$
 x = 25 buah
 $2x$ = $2 \times 25 = 50$ buah
 - Lubang vertikal = 25 buah
 - Lubang horizontal = 50 buah
14. Jarak vertikal antar lubang
= [(tinggi baffle – (jumlah lubang x d)) / (jumlah lubang +1)]
= [(4,5 – (1261 x 0,1)) / (1261 +1)]
= 0,08 m
15. Jarak horizontal antar lubang
= [(lebar baffle – (jumlah lubang x d)) / (jumlah lubang +1)]
= [(5,5 – (1261 x 0,1)) / (1261 +1)]
= 0,01 m
16. Cek nilai Nre dan Nfr pada tiap lubang
- $(V_h \times R) / \mu = (Q / A) \cdot (A / \pi \times D) / \mu$
 - Nre = $(Q / \pi \times D) / \mu$
= $(0,000033 / \pi \times 0,1) / 0,90403 \cdot 10^{-6}$
= $11 < 2000$ (memenuhi)
 - Nfr = $(Q / A)^2 / (g \times (A / \pi \times D))$
= $(0,000033 / 0,008)^2 / (9,81 \times (0,008 / \pi \times 0,1))$
= $0,000071 > 10^{-5}$ (memenuhi)

c. Zona Lumpur

Perencanaan zona lumpur

1. Ruang lumpur berbentuk limar terpancung dengan periode pengurasan 1 hari sekali
2. Persen penyisihan TSS = 58,8%
3. TSS inf = 473,00 mg/L
4. Konsentrasi diskrit = 90% x Konsentrasi SS
5. Kadar air dalam lumpur = 99%
6. Kadar SS kering dalam lumpur = 1%
7. Berat jenis SS = 2650 kg/m^3
8. Berat jenis air = $995 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ gr/cm}^3$
9. Sg = $1,02 \text{ gr/cm}^3$

Perhitungan zona lumpur

1. Konsentrasi diskrit = 90% x Konsentrasi SS
= 90% x 473,0 mg/L
= 425,7 mg/L
2. *Sludge* terendapkan = 58,8% x Konsentrasi diskrit
= 58,8% x 425,7 mg/L
= 250,4 mg/L
3. *Sludge* lolos = 425,7 mg/L - 250,4 mg/L
= 175,3 mg/L
4. Berat lumpur terendapkan
= *Sludge* terendapkan x Q
= 250,4 mg/L x 0,0414 m³/s x 86400/1000
= 896,6 kg/hari
5. Berat jenis lumpur
= [berat jenis SS x 1%] + [berat jenis air x 99%]
= [2650 x 1%] + [995 x 99%]
= 1011,55 kg/m³
6. Berat air
= (99% / 1%) x berat lumpur terendapkan
= (99% / 1%) x 896,6 kg/hari
= 88759,97 kg/hari
7. Debit lumpur =
$$\frac{\text{Massa lumpur}}{\text{Sg x } \rho_{\text{air}} \text{ x \%lumpur x 1000}}$$
$$= \frac{896,6 \text{ kg/hari}}{1,02 \times 1 \times 1\% \times 1000}$$
$$= 87,9 \text{ m}^3/\text{hari}$$
8. Debit efluen BP 1 = Debit influen – Debit lumpur
= 3580,4 m³/hari - 87,9 m³/hari
= 3492,5 m³/hari
9. Volume ruang lumpur
= (berat lumpur + berat air) / berat jenis lumpur
= (896,6 kg/hari + 88759,97 kg/hari) / 1011,55 kg/m³
= 88,6 m³/hari
10. Volume bak lumpur = 88,6 m³/hari x 1 hari = 88,6 m³
11. Lebar atas zona lumpur (L1) = lebar bak = 5,5 m
12. Panjang atas zona lumpur (P1) = 5,5 m
13. Lebar dasar zona lumpur (L1) = 4,5 m

14. Panjang dasar zona lumpur (P1) = 4,5 m
15. Luas atas zona lumpur (A1) = P1 x L1
= 5,5 m x 5,5 m
= 30,3 m²
16. Luas dasar zona lumpur (A2) = P2 x L2
= 4,5 m x 4,5 m
= 20,3 m²
17. Kedalaman ruang lumpur (h)
- Volume bak lumpur = $\frac{1}{3} \times h \times (A1+A2+\sqrt{(A1 + A2)})$
88,6 m³ = $\frac{1}{3} \times h \times (30,3+20,3+\sqrt{(30,3 + 20,3)})$
3,5 m = h
 - Kedalaman ruang lumpur (h) = 3,5 m

Perhitungan pengurasan

1. Pengurasan dilakukan tiap 1 hari sekali dengan volume lumpur sebesar 88,6 m³. Lama waktu pengurasan direncanakan 20 menit dengan kecepatan pengurasan direncanakan 1,5 m/s.
2. Q pompa = $\frac{\text{volume lumpur}}{\text{waktu pengurasan}} = \frac{88,6}{20 \text{ menit} \times 60} = 0,0739 \text{ m}^3/\text{s}$
3. V rencana pipa = 1,5 m/s
4. Luas pipa (A) = Q lumpur / v pipa
= 0,0739 m³/s / 1,5 m/s
= 0,049 m²
5. Diameter pipa penguras = $[(4 \times A) / \pi]^{1/2}$
= $[(4 \times 0,049) / \pi]^{1/2}$
= 0,25 m
= digunakan pipa 300 mm
= 0,3 m
6. V cek = Q / A
= 0,0414 m³/s / ($\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$)
= 0,0414 m³/s / ($\frac{1}{4} \times \pi \times 0,3^2$)
= 1,05 m/s (memenuhi)
7. Head pompa
= tingg pipa penguras + angka keamanan

$$= 8 \text{ m} + 2 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

8. Daya pompa (efisiensi 60%)

$$P = \frac{p \times H \times Q}{\text{efisiensi}} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \text{ m} \times 0,0414 \text{ m}^3/\text{s}}{60} = 12,4 \text{ kW}$$

d. Zona Outlet

Perencanaan weir dan gutter

1. Weir Loading Rate (WLR) = $186 \text{ m}^3/\text{m.hari}$
= $0,002153 \text{ m}^3/\text{m.s}$
2. Q per unit = $0,0414 \text{ m}^3/\text{s}$
3. Jumlah gutter (n) = 6 buah

Perhitungan weir dan gutter

1. Panjang total weir (L_{total}) = Q / WLR
= $0,0414 \text{ m}^3/\text{s} / 0,002153 \text{ m}^3/\text{m.s}$
= $19,25 \text{ m}$
2. Lebar bak = $6,5 \text{ m}$
3. Tebal weir (t) = $0,1 \text{ m}$
4. Jarak antar weir (b) = $0,5 \text{ m}$
5. Lebar gutter (s)
(w = lebar bak : a = lebar gutter ; t = tebal weir)
w = $(n \times a) + (n - 1) b + [(n \times 2 - 2] \times t$
 $6,5 \text{ m} = (6 \times a) + (6 - 1) 0,5 + [(6 \times 2 - 2] \times 0,1$
 $3 = 6a$
a = $0,5 \text{ m}$
6. Panjang tiap weir (c)
L = $(2 \times n) a + (2n - 2) c$
 $19,25 \text{ m} = (2 \times 6) 0,5 + (2 \times 6 - 2) c$
 $13,25 = 10 c$
c = $1,33 \text{ m}$
7. Tinggi air di atas weir (c) ; $C_d = 0,6$
Q = $(\frac{2}{3} \times C_d \times L \times \sqrt{2 \times 9,81}) \times h^{2/3}$
 $0,0414 = (\frac{2}{3} \times 0,6 \times 1,33 \times \sqrt{2 \times 9,81}) \times h^{2/3}$

$$h = 0,07 \text{ m}$$

8. Dimensi saluran gutter

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,6 \text{ m/s} = \frac{1}{0,015} \times R^{2/3} \times 0,001^{1/2}$$

$$R = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari hidrolis}(R) = (h \times a) / (2h + a)$$

$$0,15 \text{ m} = (h \times 0,5) / (2h + 0,5)$$

$$h = 0,22 \text{ m}$$

6.2.3 Anaerobic Baffled Reactor

Unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR) digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD/COD pada air limbah. Unit ABR dipilih berdasarkan nilai ekonomis dan desain yang mudah diterapkan untuk pengolahan air limbah domestik.

a. Kompartemen I (Pengendapan lumpur)

Perencanaan Kompartemen I (Pengendapan lumpur)

1. Jumlah unit = 1 unit
2. Q_{inf} = 0,041 m³/detik = 3580,4 m³/hari
3. Upflow velocity = 1,1 m/jam = 0,000305556 m/detik
4. HRT = 12 jam

Tabel 6.21 Karakteristik Air Limbah

Parameter	Air Limbah	Satuan
[BOD]	321,1	mg/l
[COD]	513,4	mg/l
[TSS]	194,8	mg/l

Perhitungan Ruang Lumpur

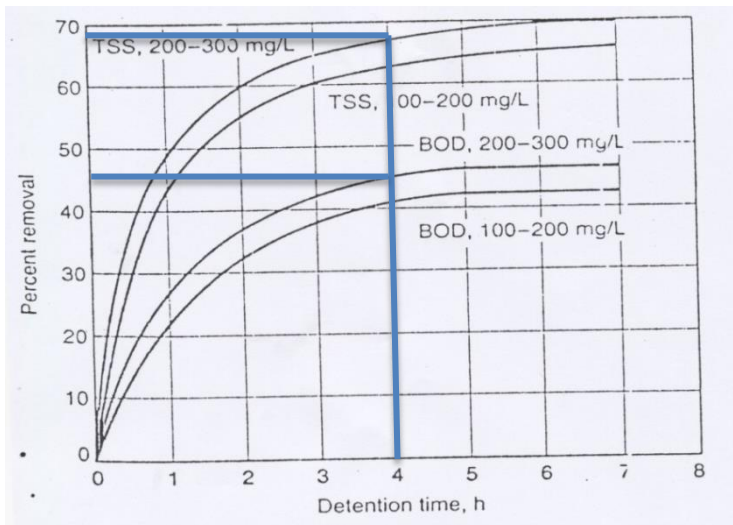
1. Massa

$$\begin{aligned} - \text{BOD} &= \frac{328,7 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000} = 1149,7 \text{ kg/hari} \\ - \text{COD} &= \frac{513,4 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000} = 1838,1 \text{ kg/hari} \\ - \text{TSS} &= \frac{199,4 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000} = 697,3 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

2. Persen penyisihan parameter

Dari data yang sudah ada dapat diketahui persen penyisihan BOD, COD, dan TSS untuk mengetahui besar parameter yang dapat dihilangkan pada kompartemen 1. Besar persen penyisihan dapat dicari melalui grafik berikut :

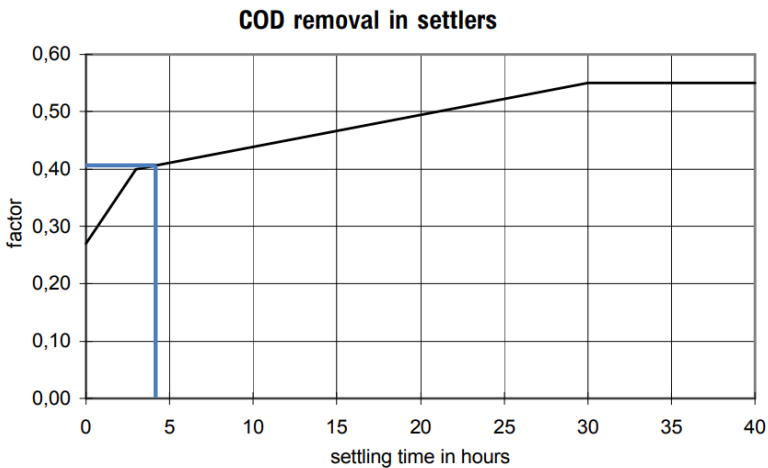
Direncanakan $t_d = 4$ jam



Gambar 6.2 Grafik Persen Penyisihan BOD dan TSS

Dari grafik tersebut didapatkan data persen penyisihan sebagai berikut :

- BOD = 46%
- TSS = 69%



Gambar 6.3 Grafik Hubungan antara HRT dengan Faktor COD Removal

- COD = berdasarkan BOD yang diketahui (Gambar 6.3)
- HRT = 4 jam
- faktor = $(\text{HRT} - 3) \times 0,15/27 + 0,4$
- = $(4 - 3) \times 0,15/27 + 0,4$
- = 40,6%
- COD = 40,6 %

3. Penyisihan tiap parameter

Selanjutnya dihitung besar penurunan konsentrasi dan massa tiap parameter pada kompartemen 1 dengan td 4 jam, perhitungan penyisihan sebagai berikut,

a. BOD

- Konsentrasi tersisih = $46\% \times 321,1 \text{ mg/l}$
= 147,7 mg/l
- Konsentrasi efluen = $321,1 \text{ mg/l} - 147,7 \text{ mg/l}$
= 173,4 mg/l
- Massa tersisih = $46\% \times 1149,7 \text{ kg/hari}$
= 528,8 kg/hari
- Massa efluen = $1149,7 \text{ kg/hari} - 528,8 \text{ kg/hari}$
= 620,8 kg/hari

b. COD

- Konsentrasi tersisih = $40,6\% \times 513,4 \text{ mg/l}$
= 208,2 mg/l
- Konsentrasi efluen = $513,4 \text{ mg/l} - 208,2 \text{ mg/l}$
= 305,2 mg/l
- Massa tersisih = $40,6\% \times 1838,1 \text{ kg/hari}$
= 745,4 kg/hari
- Massa efluen = $1838,1 \text{ kg/hari} - 745,4 \text{ kg/hari}$
= 1092,6 kg/hari

c. TSS

- Konsentrasi tersisih = $69\% \times 194,8 \text{ mg/l}$
= 134,4 mg/l
- Konsentrasi efluen = $194,8 \text{ mg/l} - 134,4 \text{ mg/l}$
= 60,4 mg/l
- Massa tersisih = $69\% \times 697,3 \text{ kg/hari}$
= 418,2 kg/hari
- Massa efluen = $697,3 \text{ kg/hari} - 418,2 \text{ kg/hari}$
= 216,2 kg/hari

4. Durasi pengurasan = 3 tahun sekali

5. Produksi lumpur TSS
= Lumpur TSS x durasi pengurasan
= 216,2 kg/hari x 3 tahun x 365 hari
= 526866,6 kg/3 tahun

6. Stabilisasi lumpur =

Stabilisasi lumpur adalah proses sampai lumpur stabil. Dimana stabilisasi lumpur bertujuan untuk menghindari terjadinya pembusukan lumpur, mencegah bau yang mengganggu, serta untuk mengurangi konsentrasi materi volatil dan kandungan patogen di dalam lumpur. Untuk ABR memiliki kriteria lumpur *mesophilic* 80%.

Stabilisasi lumpur

$$= \frac{(100 - \% \text{stabilisasi})}{100} \times \text{Produksi lumpur}$$

$$= \frac{(100 - 80)}{100} \times 526866,6 = 105373,3 \text{ kg/3 tahun}$$

7. Densitas lumpur

- Thickening = 5%

- Massa jenis padat = 2,65 kg/l

- Massa jenis air = 1 kg/l

- Densitas lumpur = $\frac{(5\% \times \rho_{\text{solid}}) + (95\% \times \rho_{\text{air}})}{100\%}$
= $\frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%}$
= 1,08 kg/l

8. Volume lumpur = $\frac{\text{Stabilisasi lumpur}}{\text{Densitas lumpur}}$

$$= \frac{105373,3}{1,08}$$

$$= 97342,6 \text{ l/3 tahun} = 97,3 \text{ m}^3/3 \text{ tahun}$$

9. Dimensi ruang lumpur

- Freeboard = 0,3 m

- Plat dasar = 0,1 m

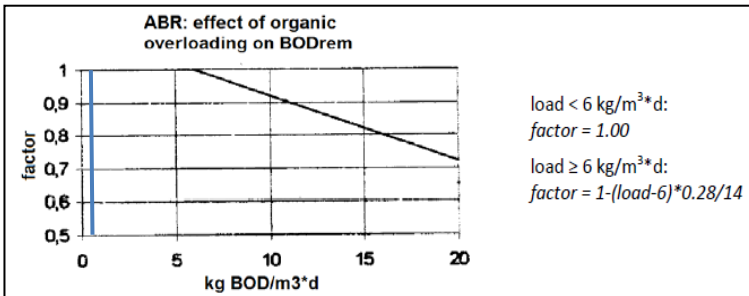
- Kedalaman ABR = 4 - 0,3 - 0,1 = 3,6 m

- Kedalaman ruang lumpur = $\frac{1}{3} \times H \text{ ABR} = \frac{1}{3} \times 3,6 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$
 - Luas (As) = $\frac{\text{volume lumpur}}{H \text{ ruang lumpur}} = \frac{97,3}{1,2} = 81,1 \text{ m}^2$
 - Lebar (L) = 15 m
 - Panjang (P) = $\frac{As}{L} = \frac{81,1}{15} = 5,4 \text{ m} \approx 6,0 \text{ m}$
10. Bak pengendap
- Kedalaman (H) = $\frac{2}{3} \times H \text{ ABR} = \frac{2}{3} \times 3,6 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$
 - Volume (V) = $Q_{\text{inf}} \times t_d$
 $= 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 4 \text{ jam} \times \frac{1}{24}$
 $= 596,7 \text{ m}^3$
 - Luas = $\frac{V \text{ bak pengendap}}{H \text{ bak pengendap}} = \frac{596,7}{2,4} = 248,6 \text{ m}^2$
 - Panjang = $\frac{\text{Luas bak pengendap}}{L \text{ bak pengendap}} = \frac{428,6}{15} = 16,6 \text{ m} \approx 17 \text{ m}$
11. Panjang ruang lumpur > panjang bak pengendap, maka digunakan panjang ruang lumpur
- $$H \text{ lumpur} = \frac{\text{volume lumpur}}{A \text{ ruang lumpur}} = \frac{97,3}{15 \times 17} = 0,38 \text{ m}$$

Perhitungan Kompartemen ABR

1. Volume total = $Q_{\text{inf}} \times \text{HRT}$
 $= 0,041 \text{ m}^3/\text{detik} \times 12 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik}$
 $= 1790,2 \text{ m}^3$
2. Luas permukaan (As) = $\frac{Q_{\text{inf}}}{V_{\text{upflow}}} = \frac{0,041}{0,00030556} = 135,6 \text{ m}^2$
3. Tinggi rencana (H) = 3,6 m
4. Lebar (L) = 15 m
5. Panjang (P) = $\frac{As}{L} = \frac{135,6}{15} = 9 \text{ m}$
6. Volume kompartemen = $P \times L \times H = 9 \times 15 \times 3,6 = 486,0 \text{ m}^3$
7. Jumlah kompartemen = $\frac{\text{Volume total}}{\text{Volume kompartemen}} = 3,7 \approx 4 \text{ kompartemen}$
8. Cek HRT = $\frac{P \times L \times H \times \text{Jumlah kompartemen}}{Q \text{ tiap unit}}$
 $= \frac{9 \times 15 \times 3,6 \times 4}{3580,4}$

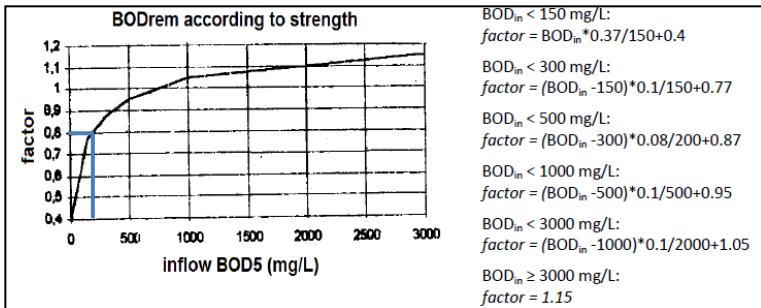
- = 0,543 hari = 13,0 jam (12-14 jam, memenuhi)
9. Cek Vup = $\frac{Q \text{ tiap unit}}{\frac{P \times L}{3580,4}}$
 = $\frac{9 \times 15}{9 \times 15}$
 = 26,5 m³/m².hari
 = 1,1 m/jam ≤ 1,1 jam (memenuhi)
10. Gasphase (Freeboard) = 0,3 m
11. Tebal dinding = 0,1 m
12. Panjang kompartemen ABR
 = (panjang per kompartemen x jumlah kompartemen) +
 (tebal dinding x jumlah kompartemen +1)
 = (4 m x 9) + (0,1 m x 5) = 36,5 m
13. Panjang total ABR
 = panjang Bak Pengendap + panjang kompartemen ABR +
 tebal dinding
 = 17 m + 36,5 + 0,1 = 53,6 m
14. Produksi Lumpur (Efluen dari kompartemen 1)
 - BOD = 173,4 mg/l = 620,8 kg/hari
 - COD = 305,2 mg/l = 1092,6 kg/hari
 - TSS = 60,4 mg/l = 216,2 kg/hari
15. Penentuan faktor untuk besar penyisihan BOD
 - BOD load = $\frac{Q_{ind} \times \text{Konsentrasi BOD}}{V \text{ total ABR}} = 0,32 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$



Gambar 6.4 Grafik Effect of Organic Over Loading in BOD

- Load < 6 kg/m³.hari
- Faktor = 1,00

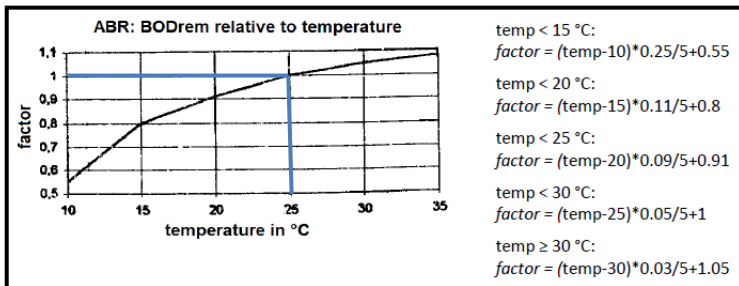
16. Faktor dari grafik *BODrem according to strength*



Gambar 6.5 Grafik *BOD Removal According to Strength*

- $BOD_{in} < 300 \text{ mg/l}$
- Faktor = $(BOD_{in} - 150) \times \frac{0,1}{150} + 0,77$
 $= (187,4 - 150) \times \frac{0,1}{150} + 0,77$
 $= 0,79$

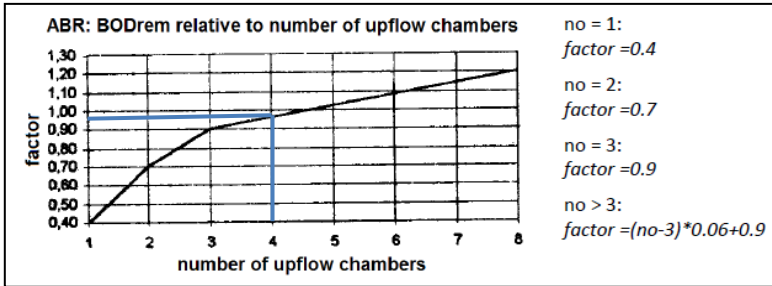
17. Faktor dari grafik *BODrem relative to temperature*



Gambar 6.6 Grafik *BOD Removal Relative to Temperature*

- Temperatur = 25°C
- Faktor = $(temp - 20) \times \frac{0,09}{5} + 0,91 = 1$

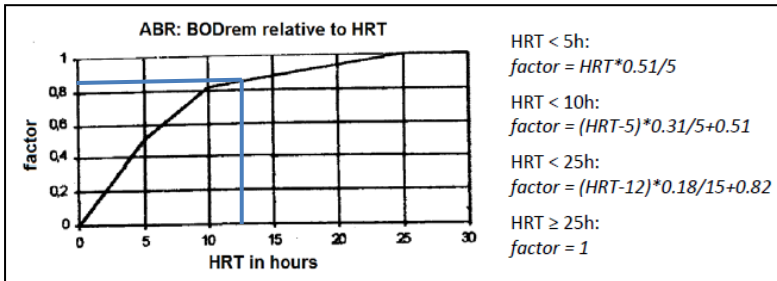
18. Faktor dari grafik *BODrem relative to number of upflow chamber*



Gambar 6.7 Grafik *BOD Removal Relative to Number of Upflow Chamber*

- Total kompartemen ABR = 4 kompartemen
- Faktor = (no - 3) x 0,06 + 0,9
= 0,96

19. Faktor dari grafik *BODrem relative to HRT*

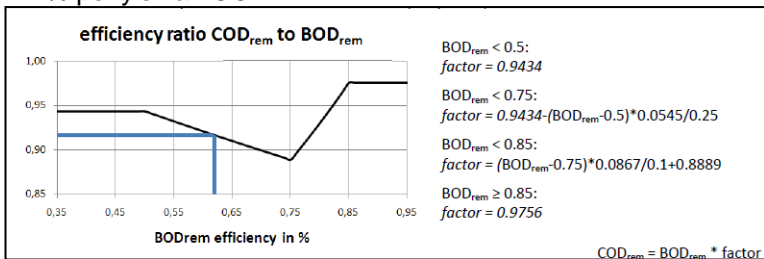


Gambar 6.8 Grafik *BOD Removal Relative to Number of Upflow Chamber*

- HRT = 13 jam
- Faktor = (HRT - 12) x $\frac{0,18}{15}$ + 0,82
= 0,83

20. % penyisihan BOD = 1 x 0,79 x 1 x 0,96 x 0,83 = 62,8%

21. Produksi lumpur BOD
- Range koefisien yield : $\gamma = 0,05 - 1$ (yang digunakan 0,08)
 - $P_x = \gamma \times \% \text{ penyisihan BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times Q_{in}$
 $= 0,08 \times 0,628 \times 173,4 \text{ mg/l} \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^{-3}$
 $= 31,2 \text{ kg/hari}$
22. Produksi lumpur TSS
- $$= (\text{Konsentrasi TSS} - \text{Baku mutu}) \times Q_{in}$$
- $$= (60,4 \text{ mg/l} - 50 \text{ mg/l}) \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{detik} \times 10^{-3}$$
- $$= 108,8 \text{ kg/hari}$$
23. Total lumpur = Lumpur BOD + Lumpur TSS
- $$= 31,2 \text{ kg/hari} + 108,8 \text{ kg/hari}$$
- $$= 139,9 \text{ kg/hari}$$
24. % penyisihan COD



Gambar 6.9 Grafik Efficiency Ratio COD removal to BOD removal

- BODrem < 0,75
 - Faktor = 0,9434 - (BODrem - 0,5) $\times \frac{0,0545}{0,25}$
 $= 0,9434 - (0,628 - 0,5) \times \frac{0,0545}{0,25}$
 $= 0,92$
 - % penyisihan COD = BODrem x faktor
 $= 0,628 \times 0,92$
 $= 57,5\%$
25. Kualitas efluen ABR
- Efluen BOD
 $= (100\% - \% \text{ penyisihan BOD}) \times \text{Konsentrasi influen BOD}$
 $= (100\% - 62,8\%) \times 173,4 \text{ mg/l}$

- = 65 mg/l
- Efluen COD
 - = (100% - % penyisihan COD) x Konsentrasi influen COD
 - = (100% - 57%) x 305,2 mg/l
 - = 130 mg/l
- Efluen TSS
 - = Konsentrasi influen TSS – Baku mutu TSS
 - = 60 mg/l – 30 mg/l
 - = 30 mg/l

Dari hasil kualitas efluen apabila dibandingkan dengan baku mutu, kualitas efluen BOD dan COD belum memenuhi baku mutu limbah domestik. Dengan hasil kualitas efluen BOD sebesar 65 mg/l masih melebihi baku mutu yaitu 30 mg/l dan kualitas efluen COD sebesar 130 mg/l masih melebihi baku mutu yaitu 100 mg/l. Sedangkan untuk TSS sudah memenuhi dengan kualitas efluen sebesar 30 mg/l sudah dibawah baku mutu yaitu 30 mg/l. Dengan perhitungan efluen ABR yang belum memenuhi baku mutu perlu adanya tambahan pengolahan berupa aerobik biofilter untuk menurunkan kualitas efluen BOD dan COD menjadi dibawah baku mutu dan aman untuk dibuang ke lingkungan

6.2.4 Aerobik Biofilter

Unit anaerobik biofilter dipilih untuk menurunkan konsentrasi parameter air limbah domestik agar memenuhi baku mutu.

Perencanaan Kompartemen ABF

1. $Q_{inf} = 0,041 \text{ m}^3/\text{detik} = 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari}$
2. Karakteristik Air Limbah
 - BOD = 65 mg/l
 - COD = 130 mg/l

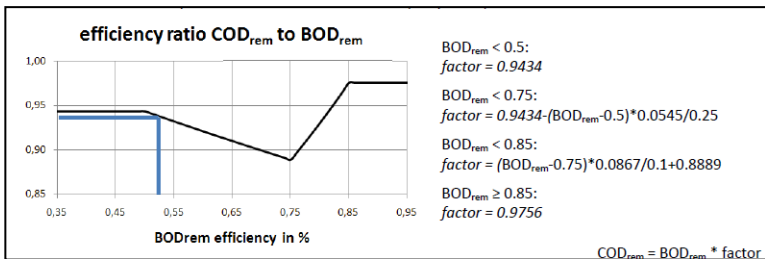
Perhitungan Kompartemen ABF

1. Massa
 - BOD = Konsentrasi BOD x Q_{inf}

$$\begin{aligned}
 &= 65 \text{ mg/l} \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^{-3} \\
 &= 231,1 \text{ kg/hari} \\
 - \text{ COD} &= \text{Konsentrasi COD} \times \text{Qinf} \\
 &= 130 \text{ mg/l} \times 3580,4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 464,7 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Persen penyisihan BOD} &= \frac{\text{Konsentrasi BOD-baku mutu BOD}}{\text{Konsentrasi BOD}} \\
 &= \frac{65 - 30}{65} \\
 &= 53,5 \%
 \end{aligned}$$

3. Persen penyisihan COD



Gambar 6.10 Grafik Efficiency Ratio COD removal to BOD removal

$$\begin{aligned}
 - \text{ BODrem} &= 0,535 < 0,75 \\
 - \text{ Faktor} &= 0,9434 - (\text{BODrem} - 0,5) \times \frac{0,0545}{0,25} \\
 &= 0,9434 - (0,535 - 0,5) \times \frac{0,0545}{0,25} \\
 &= 0,94 \\
 - \% \text{ penyisihan COD} &= \text{BODrem} \times \text{faktor} \\
 &= 0,535 \times 0,94 \\
 &= 50,1\%
 \end{aligned}$$

4. Penyisihan tiap parameter

a. BOD

$$- \text{ Konsentrasi tersisih} = 53,5\% \times 65 \text{ mg/l}$$

- = 34,5 mg/l
 - Konsentrasi efluen = 65 mg/l – 34,5 mg/l
= 30 mg/l
 - Massa tersisih = 53,5% x 231,1 kg/hari
= 123,7 kg/hari
 - Massa efluen = 231,1 kg/hari - 123,7 kg/hari
= 107,4 kg/hari
- b. COD
 - Konsentrasi tersisih = 50,1% x 130 mg/l
= 65 mg/l
 - Konsentrasi efluen = 130mg/l – 60 mg/l
= 64,8 mg/l
 - Massa tersisih = 50,1% x 464,7 kg/hari
= 232,7 kg/hari
 - Massa efluen = 464,7 kg/hari - 232,7 kg/hari
= 231,9 kg/hari
- 5. Beban BOD = $Q_{inf} \times \text{Konsentrasi BOD}$
= 3580,4 m³/hari x 65 mg/l x 10⁻³
= 231,1 kg/hari
- 6. Jumlah BOD tersisihkan
= Beban BOD x % penyisihan BOD
= 231,1 kg/hari x 53,5%
= 123,7 kg/hari
- 7. Beban BOD per media = 0,5 kg/m³.hari
- 8. Volume media = Beban BOD / Beban BOD per media
= 231,1 kg/hari / 0,5 kg/m³.hari
= 462,2 m³
- 9. Volume media = 0,4 x volume reaktor
462,2 m³ = 0,4 x volume reaktor
Volume reaktor = 1155,5 m³
- 10. Waktu tinggal (td) = $\frac{\text{Volume reaktor}}{Q_{inf}} \times 24 \text{ jam/hari} = 7,7 \text{ jam}$

11. Dimensi reaktor ABF
 - a. Ruang aerasi
 - Kedalaman (H) = 4 m
 - Lebar (L) = 15 m
 - Panjang (P) = 14 m
 - Freeboard (fb) = 0,5 m
 - b. Ruang bed media
 - Kedalaman (H) = 4 m
 - Lebar (L) = 15 m
 - Panjang (P) = 14 m
 - Freeboard (fb) = 0,5 m
12. Total volume efektif = $H \times L \times P$ total
 = 4 m x 15 m x 28 m
 = 1680 m³
13. Tebal dinding = 0,1 m
14. Media
 - Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
 - Tinggi bed pembiakan mikroba = 1,3 m
 - Tinggi air di atas bed media = 20 cm
 - Volume total media = $L \times P \times$ tinggi bed
 = 15 m x 14 m x 1,2 m
 = 252 m³
 - Cek BOD loading per volume media
 = Beban BOD / Volume total media
 = 231,1 kg/hari / 252 m³
 = 0,92 kgBOD/m³.hari

Perencanaan Kebutuhan Oksigen

1. Kebutuhan teoritis = Jumlah BOD yang tersisih
 = 123,7 kg/hari
2. Faktor keamanan = 1,5

Perhitungan Kebutuhan Oksigen

1. Kebutuhan oksigen teoritis
 = Kebutuhan teoritis x faktor keamanan

- = 185,5 kg/hari
2. Temperatur udara rata-rata = 28°C
 3. Berat udara pada suhu 28°C = 1,1725 kg/m³
 4. Jumlah O₂ dalam udara = 23,2%
 5. Jumlah kebutuhan udara teoritis = 682 m³/hari
 6. Efisiensi blower = 3%
 7. Kebutuhan udara aktual
 = Jumlah kebutuhan udara teoritis / 0,05
 = 682 m³/hari / 0,05
 = 13640,8 m³/hari
 = 9,5 m³/menit
 = 9473 l/menit
 8. Blower yang diperlukan
 - Tipe = CFA-H220
 - Kapasitas = 10 m³/menit
 - Jumlah unit = 2 buah
 - Power = 0,75 kW
 - <2/jam)
 9. Diffuser udara
 - Total transfer udara = 10 m³/menit
 - Diffuser udara menggunakan diffuser tipe "fine bubble diffuser" dengan spesifikasi :
 - Ukuran gelembung = 1,8 – 2,0 mm
 - Flow rate = 20 m³/jam
 - Jumlah diffuser yang diperlukan
 = Kebutuhan udara aktual / flow rate
 = 9,5 m³/menit / $\frac{20 \text{ m}^3/\text{jam}}{60}$
 = 28,4 buah ≈ 30 buah

6.2.5 Desinfeksi

Desinfeksi berfungsi untuk mematikan organisme patogen. Klor merupakan bahan yang paling umum digunakan sebagai desinfektan karena efektif pada konsentrasi rendah, murah dan membentuk sisa klor jika diterapkan pada dosis yang mencukupi. Dosis klor adalah jumlah klor yang ditambahkan pada air untuk menghasilkan residu spesifik pada akhir waktu kontak. Hasil sisa (residu) adalah dosis dikurangi kebutuhan klor yang digunakan oleh komponen dan materi organik yang ada dalam air.

Perencanaan desinfeksi

1. Desinfektan yang dipakai adalah kaporit [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$]
2. Kadar klor dalam kaporit = 60%
3. Berat jenis kaporit = 0,86 kg/L
4. Konsentrasi larutan, Cl = 5%
5. Daya pengikat klor = 1,2 mg/l
6. Sisa klor = 0,3 mg/l
7. Dosis klor optimum (BPC) = 2 mg/l
8. Dosis klor = Sisa klor + BPC = 0,3 + 2 = 2,3 mg/l
9. Qinf = 3497,4 m³/hari = 40,5 L/detik

Perhitungan desinfeksi

1. Kebutuhan kaporit = $\frac{100}{60} \times \text{dosis klor} \times \text{Qinf}$
= $\frac{100}{60} \times 2,3 \text{ mg/l} \times 40,5 \text{ L/detik}$
= 155,3 mg/detik
2. Volume kaporit = $\frac{\text{kebutuhan kaporit}}{\text{berat jenis kaporit}} = \frac{155,3 \text{ mg/detik}}{0,86 \text{ kg/L}} = 181 \text{ l/hari}$
3. Volume pelarut = $\frac{(100\%-5\%)}{5\%} \times \text{volume kaporit}$
= $\frac{(100\%-5\%)}{5\%} \times 181 \text{ l/hari}$
= 3439 l/hari = 3,4 m³/hari
4. Volume larutan kaporit
= Volume kaporit + Volume pelarut
= 181 l/hari + 3439 l/hari
= 3620 l/hari
= 2,5 l/menit

5. Dimensi bak sama besarnya dengan volume pelarut, yaitu $3,4 \text{ m}^3 \approx 5 \text{ m}^3$

6.3 Standar Operasional Prosedur Pengoperasian dan Pemeliharaan IPAL

Pengoperasian jaringan SPAL dan IPAL akan berjalan dengan baik apabila tata cara pengoperasian air limbah yang masuk ke dalam jaringan perpipaan diperhatikan secara penuh. Standar Operasional Prosedur (SOP) dibutuhkan sebagai petunjuk dalam pengoperasian dan pemeliharaan jaringan SPAL dan bangunan IPAL. Petunjuk ditujukan untuk pengguna dan pemelihara yaitu masyarakat dan operator IPAL.

6.3.1 Sistem Penyaluran Air Limbah Pengoperasian

1. Pengoperasian jaringan perpipaan

Pengoperasian jaringan pipa pengumpulan air limbah domestik yang harus diperhatikan yaitu kondisi pengaliran air limbah domestik. Ketersediaan air penggelontor yang sedikit dapat menyebabkan transportasi tinja dalam pipa tidak dapat berlangsung dengan baik, melainkan sebagian mengendap, tertinggal dan melekat pada dinding pipa. Hal yang perlu diperhatikan dalam mengoperasikan pengaliran pada pipa adalah sebagai berikut :

- a. Memasang saringan untuk menjaga agar kotoran dari luar tidak terbawa masuk ke dalam inlet
- b. Melakukan pengecekan ketersediaan air bersih untuk melakukan penggelontoran
- c. Kegiatan pemeliharaan pipa dilaksanakan secara rutin dan terjadwal

2. Pengoperasian lubang kontrol (*Manhole*)

Pengoperasian *manhole* diperhatikan agar fungsinya tidak terganggu dan tidak menghambat pengaliran air limbah menuju unit IPAL. Hal yang perlu diperhatikan dalam mengoperasikan sebagai berikut :

- a. Melakukan pengecekan berkala sambungan pipa pada manhole agar tetap terjaga dengan baik
 - b. Menjaga agar manhole selalu tertutup dan dikunci sehingga tidak terjadi kebocoran
 - c. Menjaga pipa vent pada manhole agar tidak tersumbat sehingga gas dapat keluar
3. Pengoperasian penggelontoran
- Pengelontoran dilaksanakan saat debit aliran minimal, yaitu saat kedalaman renang air limbah tidak cukup untuk membersihkan tinja/endapan padat. Sumber air yang digunakan berasal dari air PDAM. Volume air pada bak penggelontor disesuaikan dengan volume air yang dibutuhkan untuk penggelontoran sesuai dengan perhitungan perencanaan. Melalui pipa air penggelontor dari truk tangki air dapat dimasukkan ke dalam terminal pembersihan (*terminal cleanout*), selama 5 - 15 menit, dan sesuai perencanaan.

Pemeliharaan

1. Pengoperasian jaringan perpipaan
 - a. Inventarisasi bagian jalur pipa yang sering mengalami gangguan
 - b. Analisis dan pengecekan tingkat keberhasilan perbaikan yang telah dilaksanakan
2. Pengoperasian lubang kontrol (*Manhole*)

Manhole harus terbuat dari beton pracetak atau jenis lain dan harus tahan air. Inlet dan outlet pipa harus disambung ke lubang saluran dengan koneksi yang fleksibel dan kedap air. Penutup manhole yang kedap air harus digunakan ketika kondisi penempatan manhole rawan terjadi banjir.
3. Pompa

Pemeliharaan pompa perlu dilakukan setiap hari, berkala dan perlu dilakukan pemeriksaan langsung apabila terjadi kondisi yang tidak normal

 - a. Tekanan pompa

Tekanan isap dan tekanan keluar dari pompa perlu diperiksa setiap hari untuk mengetahui apakah pompa bekerja

normal. Perubahan tekanan isap atau tekanan keluar merupakan indikasi adanya kelainan dalam instalasi. Ini dapat disebabkan oleh tersumbatnya pipa atau masuknya udara pada pipa masuk ke pompa.

b. Arus listrik

Untuk pompa yang digerakkan oleh motor listrik, arus listrik yang digunakan dapat digunakan sebagai salah satu indikasi adanya kelainan dalam pengoperasian. Jika pada panel listrik pengatur motor listrik tersebut dipasang meter pengukur arus (ampere meter), cara yang praktis dengan memberi tanda pada kaca penutup meter tersebut nilai arus pada keadaan normal.

c. Tegangan listrik

Tegangan listrik yang tersedia harus sesuai dengan yang dituntut oleh motor listrik penggerak pompa. Pemeriksaan tegangan listrik secara teratur untuk mencegah motor terbakar apabila tegangan melewati batas yang diperbolehkan.

d. Tingkat kebisingan dan getaran

Pengamatan dan pemeriksaan perlu dilakukan pada waktu pompa bekerja, apakah timbul suara bising atau getaran yang tidak wajar. Dengan bertambah ausnya bagian pompa maupun motor listrik, maka tekanan keluar pompa dan arus listrik masuk ke dalam pompa akan berubah pula.

6.3.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah Pengoperasian

1. Unit pengolahan fisik

a. Pengoperasian saringan sampah perlu memperhatikan sampah yang terakumulasi pada saringan. Sampah yang terakumulasi pada *conveyor belt* sampah dipisahkan dan dimasukkan ke dalam pengumpul sampah

b. Pompa utama dan pompa cadangan dioperasikan secara bergantian setiap bulan

c. Memasang lampu *indicator level* agar pompa tidak mudah rusak

d. Memeriksa *control panel* dan lampu *indicator level* menyala selama pengoperasian

e. Memastikan aliran air dari sumur pengumpul kontinyu dan pompa menyala

f. Pemeliharaan dan pemeriksaan pompa dilakukan secara berkala setiap bulan

2. Bak pengendap

Akumulasi padatan yang tersuspensi pada bak pengendap perlu dikuras secara berkala. Pengoperasian bak pengendap dengan peralatan mekanik dilaksanakan dengan tahap berikut :

a. Listrik pada bak pengendap dihidupkan di kontrol panel

b. Pompa lumpur dihidupkan sekali atau dua kali setiap harinya

c. Bak dibersihkan dari kotoran/sampah yang mungkin terbawa

d. Lakukan pembuangan lumpur dari bak pengendap sesuai dengan periode waktu yang telah ditentukan dalam perencanaan atau tergantung pada kondisi air

e. Ketinggian muka air diperhatikan apakah sesuai dengan yang direncanakan

f. Aliran dalam bak diperhatikan apakah merata atau ada bagian yang terlalu lambat/cepat. Bilamana ada aliran yang tidak merata, maka hal ini merupakan indikasi adanya pembebanan yang tidak merata pada seluruh bidang bak pengendap

3. ABR

a. 1 kali setiap minggu bak kontrol dapat diperiksa, jika terdapat kotoran padat/sampah keluarkan kotoran tersebut, kemudian buang di tempat sampah

b. 1 kali setiap 6 bulan buang kotoran padat dan kotoran yang mengapung tepat di bawah *manhole*. Mulai dari inlet, kompartemen 1 dilanjutkan ke kompartemen berikutnya

c. Ambil kotoran tepat dibawah *manhole* dan gunakan pengeruk manual untuk mengumpulkan kotoran

d. Keluarkan semua kotoran yang terkumpul hingga tidak tersisa

e. Perbaiki semua kebocoran secepat mungkin dan lihat penyebabnya sehingga masalah dapat segera diatasi

f. 1 kali setiap bulan lakukan tes kualitas air limbah domestik, dengan cara mengambil 2 sampel air limbah dari inlet dan outlet, setiap 2 liter dalam botol terpisah, selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan

4. ABF

Dalam mengoperasikan unit anerobik biofilter, padatan akan tersaring pada rongga media filter. Selain itu, massa bakteri yang tumbuh akan menjadi terlalu tebal dan akan pecah sehingga akan menyumbat rongga media filter

a. Ketika efisiensi filter berkurang, maka media filter dan filter harus dibersihkan

b. Pembersihan filter dilaksanakan dengan menjalankan sistem dalam mode aliran terbalik (*backwash*) untuk menghilangkan akumulasi biomassa dan partikel yang melekat pada filter atau dilakukan dengan cara mengeluarkan media dari filter kemudian mencuci media secara manual

Pemeliharaan

1. Sumur pengumpul

Pemeliharaan yang dilakukan untuk sumur pengumpul antara lain, memantau tinggi permukaan air melalui alat pemeriksaan *water level*. Selain itu memantau tingkat kebocoran, dengan mengetahui tinggi muka air dalam sumur pengumpul dengan melakukan pengecekan debit limbah. Dilakukan pula pengecekan kondisi pompa secara berkala.

2. Barscreen

Pemeliharaan ini dilakukan untuk memeriksa dan memperbaiki (dilakukan seminggu sekali). Dilakukan pemeriksaan apakah platform berdiri sesuai dengan kondisi perencanaan serta pengecekan *conveyor belt* sampah apakah berjalan sesuai dengan fungsinya.

3. Bak ekualisasi

Pemeliharaan yang dilakukan untuk sumur pengumpul antara lain, memantau tinggi permukaan air melalui alat pemeriksaan *water level*. Selain itu memantau tingkat kebocoran, dengan mengetahui tinggi muka air dalam sumur pengumpul

dengan melakukan pengecekan debit limbah. Dilakukan pula pengecekan kondisi pompa secara berkala.

4. Bak pengendap

Pemeliharaan rutin yang paling penting adalah pembersihan luapan pelimpah (*weir*) setiap hari dan hasil penyapuan (*scrappings*) setiap minggu, serta membersihkan dinding. Secara berkala perlu dilakukan pemeriksaan peralatan yang sudah terkorosi.

5. ABR

Pemeriksaan perlu dijadwalkan secara rutin dan harus dilakukan sesuai dengan instruksi. Operator harus memeriksa peralatan sehari-hari untuk melihat bahwa unit berfungsi dengan baik.

6. ABF

Pemeriksaan perlu dijadwalkan secara rutin dan harus dilakukan sesuai dengan instruksi. Operator harus memeriksa peralatan sehari-hari untuk melihat bahwa unit berfungsi dengan baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 7 BILL OF QUANTITY DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Bill of quantity (BOQ) adalah perhitungan suatu bahan atau material untuk mengetahui jumlah atau volume yang dibutuhkan, sedangkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan suatu bahan atau bangunan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan melalui Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK).

7.1 Perpipaan

Perencanaan ini menggunakan pipa PVC khusus air limbah yang setiap variasi diameternya memiliki panjang 6 m. Berikut adalah rincian jumlah pipa yang dibutuhkan setiap jalurnya.

Tabel 7.1 Jumlah Pipa Tiap Blok

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter pipa (m)	Jumlah Pipa
Blok 1				
1	Z1-Z2	413,5	0,11	69
2	A1-Z2	275,65	0,11	46
3	A2-Z3	91,99	0,11	15
4	A13-Z3	122	0,11	20
5	A3-Z4	281	0,11	47
6	A14-Z4	267,8	0,11	45
7	A4-Z5	302	0,11	50
8	A7-A6	199	0,11	33
9	A9-A8	198	0,11	33
10	A11-A10	134,2	0,11	22
11	A5-A12	98	0,11	16
12	A6-Z6	260,9	0,2	43

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter pipa (m)	Jumlah Pipa
13	Z2-Z6	393,4	0,2	66
Blok 2				
1	B1-B2	314,8	0,11	52
2	B2-B4	178,3	0,11	30
3	B3-B4	293,4	0,11	49
4	B4-Z15	215	0,2	36
5	B4-B5	78,7	0,11	13
6	B5-Z16	249	0,11	42
7	B6-Z17	165,9	0,11	28
8	B7-Z19	257,8	0,11	43
9	B8-Z20	327,6	0,11	55
10	B9-Z21	328	0,11	55
11	B10-Z22	328,7	0,11	55
12	B13-B11	328,7	0,11	55
13	B11-B12	185,3	0,11	31
14	B14-B12	201,1	0,11	34
15	B12-Z18	56	0,11	9
16	B12-B16	231,9	0,11	39
17	B15-B16	248,2	0,11	41
18	B16-Z23	74,7	0,11	12
19	B17-Z24	234,5	0,11	39
20	Z15-Z14	1120	0,25	187
Blok 3				
1	C1-Z25	1190	0,2	198
2	C2-C7	594,1	0,2	99

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter pipa (m)	Jumlah Pipa
3	C3-C5	242	0,11	40
4	C4-C6	211,7	0,11	35
5	C5-C7	353,2	0,2	59
6	C7-Z26	196,2	0,2	33
Blok 4				
1	D1-Z7	70	0,11	12
2	D41-D35	147,1	0,11	25
3	D33-D-35	30,6	0,11	5
4	D35-D36	154	0,11	26
5	D33-D34	126,4	0,11	21
6	D34-D36	125	0,11	21
7	D41-D42	124,6	0,11	21
8	D39-D40	123,3	0,11	21
9	D37-D38	98	0,11	16
10	D42-D36	99,7	0,11	17
11	D36-Z8	557,3	0,11	93
12	D1-D9	241	0,11	40
13	D2-D10	511,6	0,11	85
14	D3-D11	87,6	0,11	15
15	D4-D12	56	0,11	9
16	D5-D13	54,7	0,11	9
17	D6-D14	57,4	0,11	10
18	D32-D29	78	0,11	13
19	D32-D28	76,6	0,11	13

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter pipa (m)	Jumlah Pipa
20	D31-D27	75,3	0,11	13
21	D30-D26	77,7	0,11	13
22	D28-D23	135,5	0,11	23
23	D29-D17	432	0,11	72
24	D17-D8	187,6	0,11	31
25	D18-D9	187,6	0,11	31
26	D19-D10	187,6	0,11	31
27	D20-D11	187,6	0,11	31
28	D21-D12	187,6	0,11	31
29	D22-D13	187,6	0,11	31
30	D23-D14	187,6	0,11	31
31	D24-D15	187,6	0,11	31
32	D25-D16	187,6	0,11	31
33	D7-Z11	1123,5	0,20	187
34	D44-Z9	111,8	0,11	19
35	D45-Z10	93,4	0,11	16
36	D46-Z12	299	0,11	50
37	D47-D52	385	0,11	64
38	D48-D53	260,6	0,11	43
39	D49-D54	245,7	0,11	41
40	D50-D55	203,4	0,11	34
41	D51-D56	176,5	0,11	29
42	D52-D56	222,2	0,11	37
43	D56-Z13	38,8	0,11	6
44	Z6-Z14	529,82	0,32	88

No	Pipa	Panjang Pipa (m)	Diameter pipa (m)	Jumlah Pipa
Pipa Menuju IPAL				
1	Z14-Z25	404,8	0,4	67
2	Z25-Z26	80,3	0,4	13
3	Z26-X	26,9	0,4	4

7.2 Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap yang digunakan pada SPAL adalah *manhole* dan bak kontrol yang diletakkan di setiap rumah.

7.2.1 Manhole

Manhole yang digunakan yaitu *manhole* lurus, *manhole* belokan, *manhole* pertigaan, *manhole* perempatan, dan *drop manhole*. Jumlah keseluruhan *manhole* seperti disajikan pada Tabel 7.2. Setelah diketahui jumlah yang dibutuhkan maka dapat ditentukan HSPK *manhole* yang disajikan pada Tabel 7.3.

Tabel 7.2 Bill of Quantity Manhole

No	Daerah Pelayanan	Jenis Manhole					Total
		Lurus	Belokan	Pertigaan	Perempatan	Drop	
1	Blok 1	4	3	8	2	4	21
2	Blok 2	11	12	7	2	3	35
3	Blok 3	4	9	5	0	1	19
4	Blok 4	12	8	34	9	9	72
5	Pipa Menuju IPAL	0	3	1	0	0	4

Tabel 7.3 HSPK 1 Unit Manhole Tipikal

No	Uraian	Satuan	Harga	
			Bahan	Upah
1	Galian Tanah	m ³	-	Rp120.750
2	Pas Urug	m ³	Rp168.720	Rp48.300
3	Pekerjaan Beton K-225	m ³	Rp835.423	Rp306.165
4	Lantai Kerja K-100	m ³	Rp643.121	Rp222.600
5	Dinding Beton Bertulang	m ³	Rp5.107.860	Rp1.301.785
6	Tutup Beton Bertulang	m ³	Rp287.807	Rp103.341
Total			Rp9.145.872	

7.2.2 Bak Kontrol

Perencanaan bak kontrol dipasang sesuai jumlah rumah terlayani sebanyak 10752 sambungan rumah. Berikut merupakan HSPK dari unit bak kontrol yang didesain sama untuk seluruh rumah yang disajikan pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4 HSPK 1 Unit Bak Kontrol Tipikal

No	Uraian	Satuan	Harga	
			Bahan	Upah
1	Galian Tanah	m ³	-	Rp120.750
2	Pas Urug	m ³	Rp168.720	Rp48.300
3	Pemasangan Dinding Batu Bata Merah	m ³	Rp182.805	Rp129.600
4	Lantai Kerja K-100	m ³	Rp643.121	Rp222.600
6	Tutup Beton Bertulang	m ³	Rp287.807	Rp103.341
Total			Rp1.907.044	

7.2.3 RAB Bangunan Pelengkap

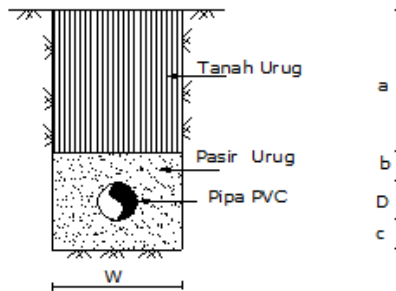
Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk kebutuhan bangunan pelengkap disesuaikan dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2019 disajikan pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5 RAB Bangunan Pelengkap

Unit	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah Harga
Manhole	413	Rp9.145.872	Rp3.781.225.419
Bak Kontrol	10752	Rp1.907.044	Rp9.364.911.412
Total			Rp24.146.136.831

7.3 Galian dan Urugan Pipa

Penggalian pipa disesuaikan pada keadaan tanah di wilayah perencanaan yang cenderung stabil atau normal. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan perhitungan penanaman pipa yang telah dihitung sebelumnya. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 7.1.



GALIAN NORMAL

Gambar 7.1 Galian normal Pipa penyalur Air Limbah

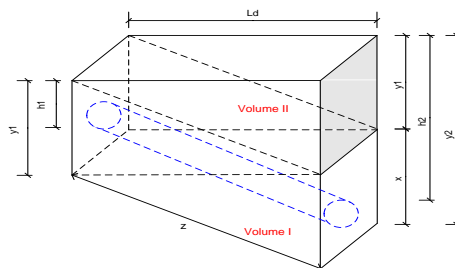
Nilai a, b, c, d dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum untuk dimensi saluran yang direncanakan yang dapat dilihat melalui Tabel 7.6.

Tabel 7.6 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan

D	abcd	w	a	b	c
(mm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
50-100	100-115	55-60	65-75	15	15
150-200	120-125	65-70	75	15	15
250-300	130-135	75-80	75	15	15
350-400	140-150	85-95	75	15	15
500-600	160-170	100-110	75	15	15

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Berdasarkan peraturan di atas maka dapat ditentukan dimensi setiap saluran. Direncanakan standar urugan galian sesuai dengan pipa sekunder dan pipa primer. Bentuk galian yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2 Bentuk Galian yang direncanakan Sepanjang Saluran

Berdasarkan gambar bentuk galian yang direncanakan sepanjang pipa, maka dapat dihitung untuk galian pipa sebagai berikut :

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

Contoh perhitungan BOQ galian pipa pada saluran Z1-Z2 adalah sebagai berikut :

- D = 104 mm = 0,104 m
- Panjang saluran = L pipa = 413,5 m
- $h_1 = 0,71$ m, $h_2 = 3,05$
- $y_1 = 0,96$ m
- $y_2 = 3,31$ m
- $x = y_2 - y_1 = 3,31 - 0,96 = 2,34$ m
- $Z = [(0,96^2) + (413,5^2)]^{1/2} = 414$ m
- Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times Ld$
= $[(0,3 \times 2) + 0,104] \times 0,96 \times 413,5$
= $280,6 \text{ m}^3$
- Volume galian II = $1/2 [(0,3 \times 2) + D] \times x \times Ld$

$$= 1/2 [(0,3 \times 2) + 0,104] \times 2,34 \times 413,5$$

$$= 340,7 \text{ m}^3$$

- Volume galian total
 = Volume galian I + Volume galian II
 = 280,6 + 340,7
 = 621,4 m³
- Volume pipa
 = $1/4 \times \pi \times D^2 \times Ld$
 = $1/4 \times \pi \times (0,104)^2 \times 413,5$
 = 3,5 m³
- Volume urugan pasir
 = $[(D + (0,3 \times 2)) \times (b + D + c) \times Ld] - \text{Volume Pipa}$
 = $[0,104 + (0,3 \times 2) \times (0,15 + 0,104 + 0,15) \times 413,5] - (3,5)$
 = 114,1 m³
- Volume Sisa Tanah Galian
 = Volume galian total – Volume urugan pasir.
 = 621,4 – 114,1
 = 507,3 m³

Untuk perhitungan BOQ galian dan urugan pipa pada saluran selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran 5. Berikut merupakan hasil analisa HSPK yang digunakan untuk pekerjaan SPAL yang disajikan pada Tabel 7.7.

Tabel 7.7 Analisis HSPK Sistem Penyaluran Air Limbah

No	Urutan kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Pembongkaran Paving Dipakai Kembali				
	Upah				
	Tenaga Kasar	0,04	Orang Hari	Rp155.000	Rp6.200
				Jumlah	Rp6.200
				Nilai HSPK	Rp6.200
2	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi				

No	Urutan kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,025	Orang Hari	Rp180.000	Rp4.500
	Pembantu Tukang	0,75	Orang Hari	Rp155.000	Rp116.250
				Jumlah	Rp120.750
				Nilai HSPK	Rp120.750
3	Pengurangan Pasir (PADAT)				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,01	Orang Hari	Rp180.000	Rp1.800
	Pembantu Tukang	0,3	Orang Hari	Rp155.000	Rp46.500
				Jumlah	Rp48.300
	Bahan				
	Pasir Urug	1,2	m ³	Rp176.000	Rp211.200
				Jumlah	Rp211.200
4				Nilai HSPK	Rp259.500
	Pengurangan Tanah Kembali untuk Konstruksi				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,05	Orang Hari	Rp180.000	Rp9.000
	Pembantu Tukang	0,5	Orang Hari	Rp155.000	Rp77.500
				Jumlah	Rp86.500
				Nilai HSPK	Rp86.500
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek				
	Upah				
	Pembantu Tukang	0,25	Orang Hari	Rp155.000	Rp38.750
				Jumlah	Rp38.750
	Sewa Peralatan				
	Sewa Dump Truck 5 ton	0,25	Jam	Rp70.000	Rp17.500

No	Urutan kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
				Jumlah	Rp17.500
				Nilai HSPK	Rp56.250
6	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4"				
	Upah				
	kepala Tukang/Mandor	0,0041	Orang Hari	Rp180.000	Rp738
	kepala Tukang/Mandor	0,0135	Orang Hari	Rp180.000	Rp2.430
	Tukang	0,135	Orang Hari	Rp165.000	Rp22.275
	Pembantu Tukang	0,081	Orang Hari	Rp155.000	Rp12.555
				Jumlah	Rp37.998
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 4 inchi	0,3	Batang	Rp86.300	Rp25.890
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 4 inchi	0,105	Batang	Rp86.300	Rp9.062
				Jumlah	Rp34.952
				Nilai HSPK	Rp72.950
7	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 5"				
	Upah				
	kepala Tukang/Mandor	0,0041	Orang Hari	Rp180.000	Rp738
	kepala Tukang/Mandor	0,0135	Orang Hari	Rp180.000	Rp2.430
	Tukang	0,135	Orang Hari	Rp165.000	Rp22.275
	Pembantu Tukang	0,081	Orang Hari	Rp155.000	Rp12.555
				Jumlah	Rp37.998
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 5 inchi	0,3	Batang	Rp395.700	Rp118.710

No	Urutan kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 5 inchi	0,105	Batang	Rp395.700	Rp41.549
				Jumlah	Rp160.259
				Nilai HSPK	Rp198.257
8	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 6"				
	Upah				Rp0
	kepala Tukang/Mandor	0,0041	Orang Hari	Rp180.000	Rp738
	kepala Tukang/Mandor	0,0135	Orang Hari	Rp180.000	Rp2.430
	Tukang	0,135	Orang Hari	Rp165.000	Rp22.275
	Pembantu Tukang	0,081	Orang Hari	Rp155.000	Rp12.555
				Jumlah	Rp37.998
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 6 inchi	0,3	Batang	Rp574.300	Rp172.290
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 6 inchi	0,105	Batang	Rp574.300	Rp60.302
				Jumlah	Rp232.592
				Nilai HSPK	Rp270.590
9	Pengerukan Pasir Untuk Paving				
	Upah				Rp0
	kepala Tukang/Mandor	0,01	Orang Hari	Rp180.000	Rp1.800
	Pembantu Tukang	0,3	Orang Hari	Rp155.000	Rp46.500
				Jumlah	Rp48.300
	Bahan				
	Pasir Urug	1,2	m ³	Rp176.000	Rp211.200
				Jumlah	Rp211.200
				Nilai HSPK	Rp257.700

No	Urutan kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
10	Pemasangan Paving Stone (Blok) Tbl. 6 cm Abu-2 Empat Persegi Panjang				
	Upah				Rp0
	kepala Tukang/Mandor	0,05	Orang Hari	Rp180.000	Rp9.000
	Tukang	0,5	Orang Hari	Rp165.000	Rp82.500
	Pembantu Tukang	0,25	Orang Hari	Rp155.000	Rp38.750
				Jumlah	Rp130.250
	Bahan/Material				
	Paving Stone Abu-abu Persegi Panjang Tebal 6 cm	1,01	m ²	Rp77.800	Rp78.578
				Jumlah	Rp78.578
				Nilai HSPK	Rp208.828

Perhitungan BOQ selesai dilakukan kemudian analisis Harga Satuan Pokok Kegiatan SPAL, maka dapat diketahui RAB SPAL wilayah perencanaan yang disajikan pada Tabel 7.8.

Tabel 7.8 RAB SPAL

No	Uraian Pekerjaan	Unit	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pembongkaran Paving	m ³	12403,1	Rp6.200	Rp76.898.947
2	Galian	m ³	39341,2	Rp120.750	Rp4.750.454.742
3	Urugan Tanah Kembali	m ³	32918,6	Rp86.500	Rp2.847.455.485
4	Pembuangan Tanah	m ³	32918,6	Rp56.250	Rp1.851.669.030
5	Pemasangan Pipa 4"	m ³	122,0	Rp72.950	Rp8.899.328
6	Pemasangan Pipa 5"	m ³	122,0	Rp198.257	Rp24.185.903
7	Pemasangan Pipa 6"	m ³	122,0	Rp270.590	Rp33.010.022
8	Pasir Paving	m ³	6422,7	Rp257.700	Rp1.655.124.527
9	Pemasangan Paving	m ³	12403,1	Rp208.828	Rp2.590.105.378
Jumlah					Rp13.837.803.363

7.4 BOQ dan RAB IPAL

BOQ IPAL terdiri dari Sumur Pengumpul, Barscreen, Bak Pengendap I, ABR, ABF, dan Desinfeksi.

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,025	Orang Hari	Rp180.000	Rp4.500
	Pembantu Tukang	0,75	Orang Hari	Rp155.000	Rp116.250
				Jumlah	Rp120.750
				Nilai HSPK	Rp120.750
2	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + Bekisting)				
	Upah				

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Kepala Tukang/Mandor	0,262	Orang Hari	Rp180.000	Rp47.160
	Tukang	1,3	Orang Hari	Rp165.000	Rp43.230
	Tukang	0,275	Orang Hari	Rp165.000	Rp214.500
	Tukang	1,05	Orang Hari	Rp165.000	Rp45.375
	Pembantu Tukang	5,3	Orang Hari	Rp155.000	Rp162.750
				Jumlah	Rp513.015
				Nilai HSPK	Rp513.015
3	Pemasangan Batu Kali Kosongan Tebal 20 cm				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,017	Orang Hari	Rp180.000	Rp3.060
	Kepala Tukang/Mandor	0,015	Orang Hari	Rp180.000	Rp2.700
	Tukang	0,15	Orang Hari	Rp165.000	Rp24.750
	Pembantu Tukang	0,35	Orang Hari	Rp155.000	Rp54.250
				Jumlah	Rp84.760
	Bahan				
	Batu Kali Belah 15/20	1,2	m ³	Rp451.000	Rp541.200
				Jumlah	Rp541.200
				Nilai HSPK	Rp625.960
4	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,0075	Orang Hari	Rp180.000	Rp1.350
	Pembantu Tukang	0,15	Orang Hari	Rp155.000	Rp23.250
				Jumlah	Rp24.600

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
				Nilai HSPK	Rp24.600
5	Pengangkutan Tanah Keluar Proyek				
	Upah				
	Pembantu Tukang	0,25	Orang Hari	Rp155.000	Rp38.750
				Jumlah	Rp38.750
	Sewa Peralatan				
	Sewa Dump Truck 5 ton	0,25	Jam	Rp70.000	Rp17.500
				Jumlah	Rp17.500
				Nilai HSPK	Rp56.250
6	Pekerjaan Beton K-225				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,028	Orang Hari	Rp180.000	Rp5.040
	Tukang	0,275	Orang Hari	Rp165.000	Rp45.375
	Pembantu Tukang	1,65	Orang Hari	Rp155.000	Rp255.750
				Jumlah	Rp306.165
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	9,275	Zak	Rp63.000	Rp584.325
	Pasir Cor	0,43625	m ³	Rp265.300	Rp115.737
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,55105	m ³	Rp243.300	Rp134.071
	Biaya Air	215	Liter	Rp6	Rp1.290
				Jumlah	Rp835.423
				Nilai HSPK	Rp1.141.588
7	Pengurangan Pasir (PADAT)				
	Upah				

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	kepala Tukang/Mandor	0,01	Orang Hari	Rp180.000	Rp1.800
	Pembantu Tukang	0,3	Orang Hari	Rp155.000	Rp46.500
				Jumlah	Rp48.300
	Bahan				
	Pasir Urug	1,2	m ³	Rp176.000	Rp211.200
				Jumlah	Rp211.200
				Nilai HSPK	Rp259.500
8	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos/Ulir)				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,0007	Orang Hari	Rp180.000	Rp126
	Tukang	0,007	Orang Hari	Rp165.000	Rp1.155
	Pembantu Tukang	0,007	Orang Hari	Rp155.000	Rp1.085
				Jumlah	Rp2.366
	Bahan				
	Besi Beton Polos	1,05	Kg	Rp13.500	Rp14.175
	Kawat Beton	0,015	Kg	Rp25.900	Rp389
				Jumlah	Rp14.564
				Nilai HSPK	Rp16.930
9	Pekerjaan Bekisting Sloof				
	Upah				
	Kepala Tukang/Mandor	0,026	Orang Hari	Rp180.000	Rp4.680
	Tukang	0,26	Orang Hari	Rp165.000	Rp42.900
	Pembantu Tukang	0,52	Orang Hari	Rp155.000	Rp80.600
				Jumlah	Rp128.180

No	Uraian Kegiatan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Bahan				
	Paku Usuk	0,3	Kg	Rp14.800	Rp4.440
	Kayu Meranti Bekisting	0,045	m ³	Rp3.622.500	Rp163.013
	Minyak Bekisting	0,1	Liter	Rp30.100	Rp3.010
				Jumlah	Rp170.463
				Nilai HSPK	Rp298.643
10	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 6"				
	Upah				Rp0
	kepala Tukang/Mandor	0,0041	Orang Hari	Rp180.000	Rp738
	kepala Tukang/Mandor	0,0135	Orang Hari	Rp180.000	Rp2.430
	Tukang	0,135	Orang Hari	Rp165.000	Rp22.275
	Pembantu Tukang	0,081	Orang Hari	Rp155.000	Rp12.555
				Jumlah	Rp37.998
	Bahan				
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 6 inchi	0,3	Batang	Rp574.300	Rp172.290
	Pipa Plastik PVC Tipe C Uk.. 6 inchi	0,105	Batang	Rp574.300	Rp60.302
				Jumlah	Rp232.592
				Nilai HSPK	Rp270.590

Tabel 7.9 RAB Sumur Pengumpul

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	3011	Rp120.750	Rp363.578.250
2	Pengurangan pasir dengan pemadatan	m ³	26	Rp259.500	Rp6.747.000
3	Pekerjaan Beton K-225	m ³	165	Rp1.141.588	Rp188.362.073
4	Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)	kg	6600	Rp16.930	Rp111.734.700
5	Pekerjaan Bekisting Sloof	m ³	2,4	Rp298.643	Rp716.742
6	Pemasangan Pipa 6"	m ³	6	Rp270.590	Rp1.623.537
7	Pengadaan Pompa	m ³	2	Rp20.000.000	Rp40.000.000
Jumlah					Rp712.762.302

Tabel 7.10 RAB Barscreen

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Besi Screen	set	Rp15.000.000	Rp15.000.000
Jumlah				Rp15.000.000

Tabel 7.11 RAB Bak Pengendap

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Zona Pengendap					
1	Volume Beton	m ³	83	Rp1.141.588	Rp94.751.831
2	Volume Galian	m ³	961	Rp24.600	Rp23.640.600
Zona Lumpur					
1	Volume Beton	m ³	35	Rp1.141.588	Rp39.955.591
2	Volume Galian	m ³	194,5	Rp24.600	Rp4.784.700

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
3	Pipa Lumpur D 150 mm	m ³	2	Rp262.744	Rp525.488
4	Pompa Penguras Lumpur	buah	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
5	Aksesoris Pipa	set	2	Rp100.000	Rp200.000
Perforated Baffle					
1	Volume Beton	m ³	10	Rp1.141.588	Rp11.415.883
Saluran Pembawa					
1	Volume Beton	m ³	7,5	Rp1.141.588	Rp8.561.912
2	Volume Galian	m ³	12	Rp24.600	Rp295.200
Jumlah					Rp204.131.205

Tabel 7.12 RAB ABR

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Zona Pengendap					
1	Volume Beton	m ³	103	Rp1.141.588	Rp117.583.597
2	Volume Galian	m ³	1035	Rp24.600	Rp25.461.000
Zona Lumpur					
1	Volume Beton	m ³	178	Rp1.141.588	Rp203.202.721
2	Volume Galian	m ³	344	Rp24.600	Rp8.462.400
3	Pipa Lumpur D 150 mm	m ³	4	Rp262.744	Rp1.050.976
4	Pompa Penguras Lumpur	buah	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
5	Aksesoris Pipa	set	4	Rp100.000	Rp400.000
Jumlah					Rp396.160.694

Tabel 7.13 RAB ABF

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Zona Pengendap					
1	Volume Beton	m ³	254	Rp1.141.588	Rp289.963.433
2	Volume Galian	m ³	1035	Rp24.600	Rp25.461.000
Zona Lumpur					
1	Volume Beton	m ³	178	Rp1.141.588	Rp203.202.721
2	Volume Galian	m ³	344	Rp24.600	Rp8.462.400
3	Pipa Lumpur D 150 mm	m3	4	Rp262.744	Rp1.050.976
4	Pompa Penguras Lumpur	buah	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
5	Aksesoris Pipa	set	4	Rp100.000	Rp400.000
Jumlah					Rp568.540.530

Tabel 7.14 RAB Desinfeksi

No	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Profil Tank 5000 Liter	5	Unit	Rp2.000.000	Rp10.000.000
2	Dosing Pump	1	Unit	Rp5.000.000	Rp5.000.000
Jumlah					Rp15.000.000

RAB IPAL

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk kebutuhan unit IPAL disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya 2019 disajikan pada Tabel 7.15.

Tabel 7.15 RAB Unit IPAL Total

No	Uraian	Harga
1	Sumur Pengumpul	Rp712.762.302
2	Barscreen	Rp15.000.000
3	Bak Pengendap	Rp204.131.205
4	ABR	Rp396.160.694
5	ABF	Rp568.540.530
6	Desinfeksi	Rp15.000.000
Jumlah		Rp1.911.594.731

7.5 Total RAB SPAL dan IPAL

Untuk menghitung biaya pembangunan, perhitungan RAB SPAL, Bangunan Pelengkap serta IPAL ditotal jumlahnya yang disajikan pada Tabel 7.16.

Tabel 7.16 Total RAB SPAL dan IPAL

No	Uraian	Harga
1	SPAL	Rp13.837.803.363
2	Bangunan Pelengkap	Rp24.285.762.507
3	IPAL	Rp1.911.594.731
Jumlah		Rp40.035.160.601

Total biaya yang harus dikeluarkan pada perencanaan SPAL dan IPAL di Kelurahan Sememi membutuhkan biaya Rp40.035.160.601. Biaya ini dijadikan biaya investasi awal pada pembangunan SPAL dan IPAL.

7.5 Biaya Operasional

Biaya operasional dihitung sebagai biaya yang dikeluarkan untuk pengoperasian dan pemeliharaan IPAL. Biaya operasional sepenuhnya dibebankan kepada masyarakat dalam bentuk biaya retribusi yang dirancang berdasarkan prinsip

keadilan, keterjangkauan, dan mutu pelayanan sehingga masyarakat turut berkontribusi dalam kepedulian terhadap lingkungan. Berikut adalah rincian pengeluaran biaya operasional disajikan pada Tabel 7.17.

Tabel 7.17 Biaya Operasional SPAL dan IPAL

No	Uraian	Biaya	Total biaya/bulan
1	Penggelontoran / hari	Rp300.000	Rp9.000.000
2	Pemeriksaan sample / bulan	Rp100.000	Rp100.000
3	Operasional pompa/ hari	Rp100.000	Rp3.000.000
4	Perawatan taman / hari	Rp50.000	Rp1.500.000
5	Biaya personil ahli (2) / bulan	Rp7.000.000	Rp7.000.000
6	Biaya personil (3) / bulan	Rp9.000.000	Rp9.000.000
7	Pemeliharaan kantor / hari	Rp50.000	Rp1.500.000
8	Biaya listrik PLN / bulan	Rp10.000.000	Rp10.000.000
9	Pemeliharaan unit IPAL / hari	Rp150.000	Rp4.500.000
Jumlah			Rp45.600.000
retribusi per KK			Rp4.241

Dari perhitungan di atas didapatkan rata-rata biaya retribusi sebesar Rp 4.241. Maka setiap keluarga akan dikenakan biaya retribusi sebesar Rp 5000.

7.6 Analisis Ekonomi

Pada analisis perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Sememi dihitung menggunakan benefit-cost ratio analysis yang merupakan metode untuk membandingkan manfaat (benefit) dan dana yang dibutuhkan (cost). Skema pendanaan yang digunakan pada perencanaan SPAL dan IPAL Kelurahan Sememi adalah investasi dari pemerintah daerah tanpa adanya pengembalian dana investasi yang dikeluarkan, namun biaya operasional dan pemeliharaan dibebankan kepada masyarakat sehingga analisis

ekonomi ini memperhitungkan kelayakan dari manfaat yang dihasilkan dengan biaya yang dikeluarkan.

Manfaat yang diperoleh pada perencanaan adalah biaya retribusi, biaya kesehatan, kenaikan kinerja/produktivitas, subsidi obat, dan perbaikan lingkungan.

– Biaya retribusi

Biaya retribusi yang dibayarkan masyarakat sebesar Rp5.000,00 per bulan, maka total benefit dari retribusi yang didapat per tahunnya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \textit{Benefit} &= \text{Jumlah SR} \times \text{biaya retribusi (bulan)} \times 12 \text{ bulan} \\ &= 10752 \text{ SR} \times \text{Rp}5.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp}537.600.000,00 / \text{tahun} \end{aligned}$$

– Biaya kesehatan

Biaya kesehatan yang didapatkan dari manfaat IPAL Kelurahan Sememi adalah Rp 50.000,00 per orang.tahun. Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \textit{Benefit} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{biaya kesehatan} \\ &= 36194 \times \text{Rp} 50.000,00 \\ &= \text{Rp} 1.809.700.000,00 / \text{tahun} \end{aligned}$$

– Kenaikan kinerja/produktivitas

Perencanaan IPAL Kelurahan Sememi menaikkan kinerja masyarakat karena kualitas lingkungan yang semakin terjaga. Kenaikan kinerja yang didapatkan sebesar Rp100.000 / orang.tahun. Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \textit{Benefit} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{Biaya kenaikan kinerja} \\ &= 36194 \times \text{Rp} 100.000,00 \\ &= \text{Rp} 3.619.400.000,00 / \text{tahun} \end{aligned}$$

– Subsidi obat

Jumlah subsidi obat yang dibutuhkan dengan adanya IPAL Kelurahan Sememi menjadi berkurang karena jumlah penderita penyakit diare dan demam berdarah menurun. Biaya subsidi obat yang dikeluarkan per tahunnya Rp 50.000,00/orang.tahun. Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \textit{Benefit} &= \text{Jumlah jiwa} \times \text{Biaya subsidi obat} \\ &= 36194 \times \text{Rp} 50.000,00 \\ &= \text{Rp} 1.809.700.000,00 / \text{tahun} \end{aligned}$$

- Perbaikan lingkungan

Biaya perbaikan lingkungan yang ditimbulkan dengan adanya IPAL Kelurahan Sememi sebesar Rp 10.000,00 m². Total benefit yang didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \textit{Benefit} &= \text{Luas} \times \text{Biaya perbaikan lingkungan} \\ &= 4,11 \text{ km}^2 \times 10^6 \times \text{Rp } 10.000,00 \\ &= \text{Rp } 40.000.000.000,00 / \text{tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan manfaat secara ekonomi setiap tahunnya dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Kemudian dapat dihitung Benefit Cost Ratio untuk menentukan apakah proyek ini layak secara ekonomi.

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{PV \text{ cash inflows}}{PV \text{ cash outflows}}$$

$$= \frac{\text{Rp } 588.067.800.625}{\text{Rp } 45.600.000}$$

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} > 1$$

Berdasarkan hasil perhitungan analisa ekonomi, Benefit Cost Ratio proyek ini >1 sehingga dapat dinyatakan layak secara ekonomi.

BAB 8

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini antara lain :

1. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah
 - a. Daerah pelayanan yaitu Kelurahan Sememi, Kota Surabaya dengan luas wilayah 4,11 km², dan jumlah penduduk terlayani diproyeksi hingga tahun 2030 sebesar 36.373 jiwa dengan 10752 KK
 - b. Sistem penyaluran menggunakan shallow sewer yang dapat menyalurkan *grey water* dan *blackwater*
 - c. Biaya yang diperlukan pada perencanaan SPAL sebesar Rp 13.837.803.363,00
2. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah
 - a. Unit IPAL yang digunakan antara lain Sumur Pengumpul, Barscreen, Bak Pengendap, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Anaerobic Biofilter (ABF), dan Desinfeksi.
 - b. Biaya yang diperlukan pada perencanaan SPAL sebesar Rp1.911.594.731,00
3. Biaya pembangunan untuk perencanaan SPAL dan IPAL ini sebesar Rp40.035.160.601,00 sedangkan biaya operasionalnya sebesar Rp45.600.000,00. Biaya operasional akan dibebankan sepenuhnya kepada masyarakat sebagai biaya retribusi sebesar Rp 5.000,00.
4. Standar Operasional Prosedur (SOP) yang dibuat ditujukan kepada masyarakat serta operator IPAL agar IPAL dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya

8.2 Saran

Saran yang diberikan setelah dilakukan perencanaan adalah:

1. Biaya retribusi oleh masyarakat diharuskan tetap sama setiap bulannya yaitu Rp5.000,00/KK.bulan – Rp10.000/KK.bulan, agar dapat menimbulkan persepsi positif di masyarakat bahwa menjaga lingkungan tidaklah mahal
2. Perlu adanya sosialisasi dan penyuluhan kesehatan untuk semua masyarakat Kelurahan Sememi terutama untuk masyarakat yang belum setuju akan pembangunan IPAL.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2018. **Kecamatan Benowo Dalam Angka Tahun 2018**. Surabaya : Badan Pusat Statistik.
- Bhatti, Z.A., Maqbool, F., Malik, A, H., dan Mehmood, Q. 2014. *UASB Reactor Startup for The Treatment of Municipal Wastewater Followed by Advaced Oxidation Process. Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 31 (3), hal : 715-726. Brazil : Institute of Information Technology Abbottabad
- Chapin, J., 2006. Municipal Wastewater Pump Station Design Problems and Solutions. Proceedings of the Water Environment Federation, 2158-2164
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. 2015. Studi Environmental Health Risk Assesment (EHRA). Surabaya : Dinas Kesehatan Kota Surabaya.
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. 2016. Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2016. Jakarta : Dinas Kesehatan Kota Surabaya.
- Eckenfelder, W. W., Patoczka, J. B., Pulliam, G. W. 1988. *Anaerobic vs Aerobic Treatment in The U.S.A.* Nashville: WARE Incorporated.

- Götzenberger, J. 2009. **Praxis-oriented Training Manual Decentralized Wastewater Treatment Systems (DEWATS)**. New Delhi: BORDA.
- Hoelmann, M. B., Parhusip, B. T. P., Eko, S., Bahagijo, S., Santono, H. 2015. **Panduan SDGs untuk Pemerintah Daerah (Kota dan Kabupaten) dan Pemangku Kepentingan Daerah**. Jakarta : INFID.
- Masduqi, A., Assomadi, A. F. 2016. **Operasi & Proses Pengolahan Air**. Surabaya : ITS Press.
- Metcalf, Eddy. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse Fourth Edition**. New York : Mc Graw Hill Companies, Inc.
- Morel, A., Diener S. 2006. **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods**. Switzerland : Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf.
- Mubin, F., Binilang A., dan Halim, F. 2016. "Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado". **Jurnal Sipil Statik** Vol. 4 (3) : 211-223. Manado : Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2016. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kusumadewi,R.Y dan Bagastyo, A.Y. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu. Jurnal Teknik ITS, 5(2) : hal D98-D102

Otis, R. J., Mara, D. D. 1985. **The Design of Small Bore Sewer Systems**. Washington : United Nations Development Programme.

Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12. 2016. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4. 2017. Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68. 2016. Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Razif,M dan Mahatyanta,A. 2016. Alternative Design of Wastewater Treatment Plant with Anaerobic Baffled Reactor and Anaerobic Filter for Romokalisari Flats

Surabaya. International Journal of ChemTech Research, 9(11) : hal 195-200

Sasse, L. 1998. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries. Bremen: BORDA.

Setjo, T. G., Saptomo, S. K., dan Warasembada., Y. C. 2016. "Perencanaan Tangki Septik Komunal di Desa Suwaru, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang, Jawa Timur". **Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan**. Vol. 1 (3) : 159-160. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Soeprijanto, Ismail, T., Lastuti, M.D., Niken, B. 2010. Pengolahan Vinasse Dari Air Limbah Industri Alkohol Menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor UASB. *Jurnal Purifikasi*, 11(1) : hal 11-20. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sugiharto. 2008. **Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah**. Jakarta : Universitas Indonesia.

Tchobanoglous, G., Button, F. L., dan Stensei, H. D. 2003. **Wastewater Engineering : Treatment dan Resource Recovery, 4th Edition**. New York : Mc Graw Hill.

Tilley, E., Luthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., dan Schertenleib, R. 2014. **Compendium of Sanitation System and Technologies 2nd Revised Edition**. Swiss : Dubendorf.



Penulis lahir pada 21 tahun yang lalu di Jakarta. Penulis mengenyam pendidikan dasar di SDI AL- Azhar 15 Pamulang. Kemudian dilanjutkan dengan di SMP Labschool Kebayoran, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 70 Jakarta. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211540000112.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia berbagai kegiatan HMTL. Berbagai pelatihan dan seminar nasional maupun internasional di bidang teknik lingkungan juga diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis juga dapat dihubungi via email oliviaaldisa@gmail.com.

LEMBAR KUESIONER DOMESTIK

Identitas Responden

1. Nama :
2. Nama Kepala Keluarga :
3. Jumlah Anggota Keluarga :
4. Umur :
5. Jenis Kelamin : L / P
6. Apa pekerjaan utama Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Pegawai Negeri Sipil (PNS)
 - b. Pegawai Swasta
 - c. Wiraswasta
 - d. Serabutan
 - e. Lainnya.....
7. Apa pendidikan terakhir Bapak/Ibu/Saudara/i:
 - a. S1
 - b. D3
 - c. SLTA
 - d. SLTP
 - e. Sekolah DasarLainnya :
8. Berapa penghasilan Bapak/Ibu/Saudara/i? (Biaya yang dikeluarkan setiap bulan)
 - a. < 4.000.000/bulan
 - b. 4.000.000 – 5.000.000/bulan
 - c. Lebih dari 5.000.000/bulan
9. Apa status kepemilikan rumah Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. Sewa bulanan
 - b. Sewa tahunan
 - c. Milik sendiri - keluarga
 - d. Lainnya.....

Ketersediaan Sanitasi

1. Darimanakah sumber air bersih Bapak/Ibu/Saudara/i?
 - a. PDAM
 - b. Air tanah/sumur
 - c. Air sungai
 - d. Lainnya.....
2. Berapa kebutuhan air bersih yang Bapak/Ibu/Saudara/i setiap bulan?
 - a. $<10\text{ m}^3$
 - b. $10\text{ m}^3 -15\text{ m}^3$
 - c. $15\text{ m}^3 -25\text{ m}^3$
 - d. $>10\text{ m}^3$

3. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat jamban?

- a. Ada
- b. Tidak ada (WC umum dll)

4. Apakah jenis jamban pribadi yang Bapak/Ibu/Saudara/i gunakan?

- a. Leher angsa
- b. Cubluk
- c. Plengsengan
- d. Lainnya.....

5. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat septic tank?

(Septictank = tempat untuk menampung kotoran manusia dan air limbah, dilindungi bata atau beton)

- a. Ada
- b. Tidak ada

6. Kapan waktu pengurasan tangki septik Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan?

- a. 1 - 3 tahun sekali
- b. 3 - 5 tahun sekali
- c. 5 – 10 tahun sekali
- d. Tidak pernah

7. Berapa biaya yang dikeluarkan Bapak/Ibu/Saudara/i untuk sedot tinja/ 3 tahun?

- a. <400.000
- b. 400.000-500.000
- c. 500.000-600.000
- d. 600.000-1.000.000

8. Apa yang Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan dalam menangani air bekas mandi/cuci/dapur ?

- a. Tidak ada, dibiarkan tergenang
- b. Ada, diresapkan ke tanah
- c. Ada, dialirkan ke selokan terbuka

Kesehatan Masyarakat

1. Apakah penyakit yang sering Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga alami?

- a. Diare
- b. Demam berdarah
- c. Tipus
- d. Gatal-gatal/Penyakit kulit
- e. Lainnya.....

2. Berapa kali Bapak/Ibu/Saudara/i atau keluarga mengalami Diare dalam setahun?

- a. 1 kali
- b. 2 kali
- c. 3 kali
- d. >3 kali

3. Berapa rata-rata biaya pembelian obat dan/dokter yang Bapak/Ibu/Saudara/i keluarkan dalam sekali sakit ?

- a. <50.000
- b. 50.000-100.000
- c. 100.000-200.000
- d. 200.000-300.000
- e. >300.000

Sikap Masyarakat

(SS = Sangat Setuju ; S = Setuju ; N = Netral ; TS = Tidak Setuju ; STS = Sangat Tidak Setuju)

No	Pertanyaan	Jawaban	Keterangan
1	Apakah anda setuju bila di Kelurahan Sememi dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	SS S N TS STS	
2	Apakah anda setuju apabila air limbah dari rumah anda diolah secara komunal/bersama-sama	SS S N TS STS	
3	Apakah anda bersedia berpartisipasi dalam kegiatan pemeliharaan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah di lingkungan anda?	SS S N TS STS	
4	Apakah anda bersedia membayar iuran sebulan sekali untuk biaya pengolahan air limbah/air bekas?	SS S N TS STS	
5	Berapa besar nominal yang bersedia Anda bayarkan untuk pengolahan air limbah/ air bekas?		a. < 5 ribu/bulan b. 5 ribu-10 ribu/bulan c. 10 ribu-15 ribu/bulan d. >15 ribu/bulan

TABEL PEMAKAIAN AIR BERSIH

No	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
1	10	333,33	4	83,33
2	17	555,56	5	111,11
3	10	333,33	5	66,67
4	10	333,33	5	66,67
5	10	333,33	4	83,33
6	12	388,89	2	194,44
7	13	416,67	4	104,17
8	10	333,33	4	83,33
9	10	333,33	4	83,33
10	27	888,89	3	296,30
11	10	333,33	4	83,33
12	13	444,44	4	111,11
13	10	333,33	4	83,33
14	16	527,78	4	131,94
15	10	333,33	5	66,67
16	10	333,33	5	66,67
17	17	555,56	4	138,89
18	25	833,33	3	277,78
19	10	333,33	4	83,33
20	10	333,33	4	83,33
21	10	333,33	5	66,67
22	10	333,33	5	66,67
23	12	388,89	3	129,63
24	10	333,33	4	83,33
25	17	555,56	5	111,11
26	17	555,56	5	111,11
27	10	333,33	3	111,11
28	10	333,33	6	55,56
29	10	333,33	3	111,11
30	17	555,56	5	111,11
31	10	333,33	2	166,67
32	13	416,67	6	69,44
33	20	666,67	5	133,33
34	10	333,33	6	55,56
35	13	444,44	6	74,07
36	17	555,56	4	138,89
37	17	555,56	3	185,19
38	13	444,44	3	148,15
39	25	833,33	7	119,05
40	22	722,22	8	90,28

No	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
41	10	322,22	5	64,44
42	13	444,44	4	111,11
43	10	333,33	4	83,33
44	11	361,11	9	40,12
45	17	555,56	4	138,89
46	13	444,44	5	88,89
47	10	333,33	5	66,67
48	17	555,56	2	277,78
49	10	333,33	2	166,67
50	29	972,22	5	194,44
51	10	333,33	6	55,56
52	25	833,33	4	208,33
53	10	333,33	2	166,67
54	10	333,33	6	55,56
55	10	333,33	5	66,67
56	10	333,33	5	66,67
57	17	555,56	7	79,37
58	17	555,56	4	138,89
59	17	555,56	4	138,89
60	17	555,56	3	185,19
61	10	333,33	4	83,33
62	12	388,89	3	129,63
63	42	1388,89	4	347,22
64	12	388,89	4	97,22
65	33	1111,11	4	277,78
66	17	555,56	5	111,11
67	17	555,56	3	185,19
68	10	333,33	4	83,33
69	17	555,56	5	111,11
70	10	333,33	5	66,67
71	10	333,33	5	66,67
72	10	333,33	4	83,33
73	12	388,89	2	194,44
74	13	416,67	4	104,17
75	10	333,33	4	83,33
76	10	333,33	4	83,33
77	27	888,89	3	296,30
78	10	333,33	4	83,33
79	13	444,44	4	111,11
80	10	333,33	4	83,33
81	16	527,78	4	131,94
82	10	333,33	5	66,67

No	Debit (m ³)	Debit per Hari (L)	Jiwa/Rumah	Debit per Orang.Hari (L)
83	10	333,33	5	66,67
84	17	555,56	4	138,89
85	13	444,44	3	148,15
86	10	333,33	4	83,33
87	10	333,33	4	83,33
88	10	333,33	5	66,67
89	10	333,33	5	66,67
90	10	333,33	3	111,11
91	10	333,33	4	83,33
92	17	555,56	5	111,11
93	17	555,56	5	111,11
94	10	333,33	3	111,11
95	10	333,33	6	55,56
96	10	333,33	5	66,67
97	17	555,56	4	138,89
98	17	555,56	3	185,19
99	10	333,33	4	83,33
Rata-rata Pemakaian Air				115,38
Rata-rata Air Limbah				98,08

TABEL DIMENSI PIPA

No.	Jalur Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata-rata	Qpeak	Qmin	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	n	D Hitung	D Pakai	Qfull	Vfull	Qmin/ Qfull	d min /D	Vmin/ Vfull	V min	V Gelontor
			(m ³ /hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)			(m ³ /hari)		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m/s)				(m/s)	(m ³)
Blok 1																		
1	Z1-Z2	0,002	65,28	182,78	7,98	0,8	0,975	187,47	0,012	0,077	0,104	0,003	0,011	0,0332	0,12	0,43	0,0047	0,76
2	A1-Z2	0,002	52,22	146,22	4,88	0,8	0,975	149,97	0,012	0,071	0,104	0,003	0,011	0,0203	0,11	0,04	0,0004	0,51
3	A2-Z3	0,002	71,81	201,06	9,84	0,8	0,975	206,21	0,012	0,080	0,104	0,003	0,011	0,0410	0,13	0,49	0,0054	0,17
4	A13-Z3	0,002	26,11	73,11	1,06	0,8	0,975	74,99	0,012	0,055	0,104	0,003	0,011	0,0044	0,05	0,03	0,0003	0,24
5	A3-Z4	0,002	71,81	201,06	9,84	0,8	0,975	206,21	0,012	0,080	0,104	0,003	0,011	0,0410	0,13	0,49	0,0054	0,51
6	A14-Z4	0,002	32,64	91,39	1,74	0,8	0,975	93,73	0,012	0,059	0,104	0,003	0,011	0,0072	0,05	0,31	0,0034	0,05
7	A4-Z5	0,002	78,33	219,34	11,91	0,8	0,975	224,96	0,012	0,083	0,104	0,003	0,011	0,0496	0,12	0,43	0,0047	0,56
8	A7-A6	0,002	65,28	182,78	7,98	0,8	0,975	187,47	0,012	0,077	0,104	0,003	0,011	0,0332	0,12	0,43	0,0047	0,37
9	A9-A8	0,002	84,86	237,61	14,20	0,8	0,975	243,71	0,012	0,085	0,104	0,003	0,011	0,0592	0,15	0,51	0,0056	0,35
10	A11-A10	0,002	58,75	164,50	6,33	0,8	0,975	168,72	0,012	0,074	0,104	0,003	0,011	0,0263	0,11	0,04	0,0004	0,25
11	A5-A12	0,002	45,70	127,95	3,64	0,8	0,975	131,23	0,012	0,067	0,104	0,003	0,011	0,0152	0,05	0,03	0,0003	0,02
12	A6-Z6	0,002	254,59	712,84	159,25	0,8	0,975	731,12	0,012	0,129	0,190	0,014	0,041	0,1330	0,21	0,63	0,0255	0,19
13	Z2-Z6	0,002	652,79	1827,81	1.264,00	0,8	0,975	1874,67	0,012	0,183	0,190	0,014	0,041	1,0556	0,83	1,12	0,0454	2,60
Blok 2																		
1	B1-B2	0,002	60,38	169,06	6,72	0,8	0,975	173,40	0,012	0,075	0,104	0,003	0,011	0,0280	0,11	0,04	0,0004	0,59
2	B2-B4	0,002	86,26	241,52	14,72	0,8	0,975	247,71	0,012	0,086	0,104	0,003	0,011	0,0613	0,17	0,54	0,0059	0,31
3	B3-B4	0,002	77,63	217,36	11,68	0,8	0,975	222,94	0,012	0,082	0,104	0,003	0,011	0,0486	0,13	0,49	0,0054	0,53
4	B4-Z15	0,002	336,40	941,91	293,98	0,8	0,975	966,06	0,012	0,143	0,190	0,014	0,041	0,2455	0,34	0,82	0,0332	0,00
5	B4-B5	0,002	8,63	24,15	0,09	0,8	0,975	24,77	0,012	0,036	0,104	0,003	0,011	0,0004	0,05	0,03	0,0003	0,01
6	B5-Z16	0,002	34,50	96,61	1,96	0,8	0,975	99,08	0,012	0,061	0,104	0,003	0,011	0,0082	0,05	0,03	0,0003	0,04
7	B6-Z17	0,002	25,88	72,45	1,04	0,8	0,975	74,31	0,012	0,055	0,104	0,003	0,011	0,0043	0,05	0,03	0,0003	0,03
8	B7-Z19	0,002	43,13	120,76	3,20	0,8	0,975	123,85	0,012	0,066	0,104	0,003	0,011	0,0133	0,05	0,03	0,0003	0,48
9	B8-Z20	0,002	69,00	193,21	9,01	0,8	0,975	198,17	0,012	0,079	0,104	0,003	0,011	0,0375	0,05	0,03	0,0003	0,61

No.	Jalur Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata-rata	Qpeak	Qmin	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	n	D Hitung	D Pakai	Qfull	Vfull	Qmin/ Qfull	d min /D	Vmin/ Vfull	V min	V Gelontor
			(m ³ /hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)			(m ³ /hari)		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m/s)				(m/s)	(m ³)
10	B9-Z21	0,002	51,75	157,85	4,79	0,8	0,975	161,90	0,012	0,073	0,104	0,003	0,011	0,0199	0,11	0,04	0,0004	0,61
11	B10-Z22	0,002	51,75	157,85	4,79	0,8	0,975	161,90	0,012	0,073	0,104	0,003	0,011	0,0199	0,11	0,04	0,0004	0,61
12	B13-B11	0,002	51,75	157,85	4,79	0,8	0,975	161,90	0,012	0,073	0,104	0,003	0,011	0,0199	0,11	0,04	0,0004	0,61
13	B11-B12	0,002	94,88	289,39	18,16	0,8	0,975	296,81	0,012	0,092	0,104	0,003	0,011	0,0756	0,05	0,03	0,0003	0,36
14	B14-B12	0,002	34,50	105,23	1,96	0,8	0,975	107,93	0,012	0,063	0,104	0,003	0,011	0,0082	0,05	0,03	0,0003	0,03
15	B12-Z18	0,002	129,38	394,62	35,92	0,8	0,975	404,74	0,012	0,103	0,104	0,003	0,011	0,1496	0,11	0,04	0,0004	0,10
16	B12-B16	0,002	34,50	105,23	1,96	0,8	0,975	107,93	0,012	0,063	0,104	0,003	0,011	0,0082	0,05	0,03	0,0003	0,04
17	B15-B16	0,002	43,13	131,54	3,20	0,8	0,975	134,91	0,012	0,068	0,104	0,003	0,011	0,0133	0,05	0,03	0,0003	0,04
18	B16-Z23	0,002	77,63	236,77	11,68	0,8	0,975	242,84	0,012	0,085	0,104	0,003	0,011	0,0486	0,13	0,49	0,0054	0,14
19	B17-Z24	0,002	43,13	131,54	3,20	0,8	0,975	134,91	0,012	0,068	0,104	0,003	0,011	0,0133	0,05	0,03	0,0003	0,04
20	Z15-Z14	0,002	862,56	2630,80	2.333,36	0,8	0,975	2698,25	0,012	0,210	0,238	0,025	0,066	1,0687	0,83	1,12	0,0739	0,00
Blok 3																		
1	C1-Z25	0,002	554,80	1719,88	883,80	0,8	0,975	1763,98	0,012	0,179	0,190	0,014	0,041	0,7381	0,18	0,57	0,0231	1,24
2	C2-C7	0,002	346,75	1074,93	314,26	0,8	0,975	1102,49	0,012	0,150	0,190	0,014	0,041	0,2624	0,34	0,82	0,0332	0,00
3	C3-C5	0,002	235,79	730,95	134,53	0,8	0,975	749,69	0,012	0,130	0,190	0,014	0,041	0,1123	0,11	0,04	0,0016	0,39
4	C4-C6	0,002	249,66	773,95	152,55	0,8	0,975	793,79	0,012	0,133	0,190	0,014	0,041	0,1274	0,11	0,04	0,0016	0,34
5	C5-C7	0,002	485,45	1504,90	658,82	0,8	0,975	1543,49	0,012	0,170	0,190	0,014	0,041	0,5502	0,50	1,00	0,0405	0,00
6	C7-Z26	0,002	832,20	2579,83	2.156,51	0,8	0,975	2645,98	0,012	0,208	0,190	0,014	0,041	1,8009	0,83	1,12	0,0454	0,00
Blok 4																		
1	D1-Z7	0,002	33,90	105,09	1,89	0,8	0,975	107,79	0,012	0,063	0,104	0,003	0,011	0,0079	0,05	0,03	0,0003	0,01
2	D41-D35	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,02
3	D33-D-35	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,01
4	D35-D36	0,002	40,68	126,11	2,82	0,8	0,975	129,34	0,012	0,067	0,104	0,003	0,011	0,0117	0,05	0,03	0,0003	0,02
5	D33-D34	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,02
6	D34-D36	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,02

No.	Jalur Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata-rata	Qpeak	Qmin	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	n	D Hitung	D Pakai	Qfull	Vfull	Qmin/ Qfull	d min /D	Vmin/ Vfull	V min	V Gelontor
			(m ³ /hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)			(m ³ /hari)		(m)	(m)						(m ³ /s)	(m/s)
7	D41-D42	0,002	6,78	21,02	0,05	0,8	0,975	21,56	0,012	0,034	0,104	0,003	0,011	0,0002	0,05	0,03	0,0003	0,02
8	D39-D40	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,02
9	D37-D38	0,002	20,34	63,06	0,61	0,8	0,975	64,67	0,012	0,052	0,104	0,003	0,011	0,0026	0,05	0,03	0,0003	0,02
10	D42-D36	0,002	40,68	126,11	2,82	0,8	0,975	129,34	0,012	0,067	0,104	0,003	0,011	0,0117	0,05	0,03	0,0003	0,02
11	D36-Z8	0,002	108,48	336,30	24,38	0,8	0,975	344,92	0,012	0,097	0,104	0,003	0,011	0,1016	0,05	0,03	0,0003	0,09
12	D1-D9	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,04
13	D2-D10	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,08
14	D3-D11	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,01
15	D4-D12	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,01
16	D5-D13	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,01
17	D6-D14	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,01
18	D32-D29	0,002	6,78	21,02	0,05	0,8	0,975	21,56	0,012	0,034	0,104	0,003	0,011	0,0002	0,05	0,03	0,0003	0,01
19	D32-D28	0,002	6,78	21,02	0,05	0,8	0,975	21,56	0,012	0,034	0,104	0,003	0,011	0,0002	0,05	0,03	0,0003	0,01
20	D31-D27	0,002	6,78	21,02	0,05	0,8	0,975	21,56	0,012	0,034	0,104	0,003	0,011	0,0002	0,05	0,03	0,0003	0,01
21	D30-D26	0,002	6,78	21,02	0,05	0,8	0,975	21,56	0,012	0,034	0,104	0,003	0,011	0,0002	0,05	0,03	0,0003	0,01
22	D28-D23	0,002	20,34	63,06	0,61	0,8	0,975	64,67	0,012	0,052	0,104	0,003	0,011	0,0026	0,05	0,03	0,0003	0,02
23	D29-D17	0,002	40,68	126,11	2,82	0,8	0,975	129,34	0,012	0,067	0,104	0,003	0,011	0,0117	0,05	0,03	0,0003	0,07
24	D17-D8	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
25	D18-D9	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
26	D19-D10	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
27	D20-D11	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
28	D21-D12	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
29	D22-D13	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
30	D23-D14	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
31	D24-D15	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03

No.	Jalur Pipa	Slope Pipa Rencana	Qrata-rata	Qpeak	Qmin	d/D	Qpeak / Qfull	Qfull	n	D Hitung	D Pakai	Qfull	Vfull	Qmin/ Qfull	d min /D	Vmin/ Vfull	V min	V Gelontor
			(m ³ /hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /hari)			(m ³ /hari)		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m/s)				(m/s)	(m ³)
32	D25-D16	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,03
33	D7-Z11	0,002	366,13	1135,00	354,20	0,8	0,975	1164,10	0,012	0,153	0,190	0,014	0,041	0,2958	0,36	0,84	0,0340	0,00
34	D44-Z9	0,002	27,12	84,07	1,15	0,8	0,975	86,23	0,012	0,058	0,104	0,003	0,011	0,0048	0,05	0,03	0,0003	0,02
35	D45-Z10	0,002	20,34	63,06	0,61	0,8	0,975	64,67	0,012	0,052	0,104	0,003	0,011	0,0026	0,05	0,03	0,0003	0,01
36	D46-Z12	0,002	33,90	105,09	1,89	0,8	0,975	107,79	0,012	0,063	0,104	0,003	0,011	0,0079	0,05	0,03	0,0003	0,05
37	D47-D52	0,002	33,90	105,09	1,89	0,8	0,975	107,79	0,012	0,063	0,104	0,003	0,011	0,0079	0,05	0,03	0,0003	0,06
38	D48-D53	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,04
39	D49-D54	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,04
40	D50-D55	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,03
41	D51-D56	0,002	13,56	42,04	0,25	0,8	0,975	43,11	0,012	0,044	0,104	0,003	0,011	0,0010	0,05	0,03	0,0003	0,03
42	D52-D56	0,002	74,58	231,20	10,69	0,8	0,975	237,13	0,012	0,084	0,104	0,003	0,011	0,0445	0,13	0,49	0,0054	0,40
43	D56-Z13	0,002	88,14	273,24	15,44	0,8	0,975	280,25	0,012	0,090	0,104	0,003	0,011	0,0643	0,15	0,51	0,0056	0,01
44	Z6-Z14	0,002	678,02	2101,85	1.374,0	0,8	0,975	2155,74	0,012	0,193	0,238	0,025	0,066	0,6293	0,18	0,57	0,0376	0,28
Pipa Menuju IPAL																		
1	Z14-Z25	0,002	1330,80	4125,49	6.057,6	0,8	0,975	4231,27	0,012	0,248	0,299	0,046	0,108	1,5098	0,83	1,12	0,1212	0,00
2	Z25-Z26	0,002	2748,16	8519,30	29.863,6	0,8	0,975	8737,75	0,012	0,326	0,380	0,088	0,182	3,9167	0,83	1,12	0,2041	0,00
3	Z26-X	0,002	3580,36	11099,13	53.442,8	0,8	0,975	11383,72	0,012	0,360	0,380	0,088	0,182	7,0091	0,83	1,12	0,2041	0,04

TABEL PENANAMAN PIPA

No	Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Tanah		Slope Pipa	hL m	Ddalam m	Dluar m	Elevasi Pipa Atas (m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Blok 1														
1	Z1-Z2	413,5	6,94	6,80	0,002	0,83	0,104	0,110	6,54	5,71	6,43	5,60	0,51	1,20
2	A1-Z2	275,7	6,92	6,80	0,002	0,55	0,104	0,110	6,52	5,97	6,41	5,86	0,51	0,94
3	A2-Z3	92,0	6,93	6,75	0,002	0,18	0,104	0,110	6,53	6,35	6,42	6,24	0,51	0,51
4	A13-Z3	122,0	6,77	6,75	0,002	0,24	0,104	0,110	6,37	6,13	6,26	6,02	0,51	0,73
5	A3-Z4	281,0	6,89	6,72	0,002	0,56	0,104	0,110	6,49	5,93	6,38	5,82	0,51	0,90
6	A14-Z4	267,8	6,78	6,72	0,002	0,54	0,104	0,110	6,38	5,84	6,27	5,73	0,51	0,99
7	A4-Z5	302,0	6,89	6,69	0,002	0,60	0,104	0,110	6,49	5,89	6,38	5,78	0,51	0,91
8	A7-A6	199,0	6,77	6,75	0,002	0,40	0,104	0,110	6,37	5,97	6,26	5,86	0,51	0,89
9	A9-A8	198,0	6,64	6,62	0,002	0,40	0,104	0,110	6,24	5,84	6,13	5,73	0,51	0,89
10	A11-A10	134,2	6,58	6,50	0,002	0,27	0,104	0,110	6,18	5,91	6,07	5,80	0,51	0,70
11	A5-A12	98,0	6,74	6,41	0,002	0,20	0,104	0,110	6,34	6,14	6,23	6,03	0,51	0,38
12	A6-Z6	260,9	6,75	6,34	0,002	0,52	0,190	0,200	5,97	5,45	5,77	5,25	0,98	1,09
13	Z2-Z6	393,4	6,80	6,34	0,002	0,79	0,190	0,200	6,40	5,61	6,20	5,41	0,60	0,93
Blok 2														
1	B1-B2	314,8	6,82	6,78	0,002	0,63	0,104	0,110	6,42	5,79	6,31	5,68	0,51	1,10
2	B2-B4	178,3	6,78	6,75	0,002	0,36	0,104	0,110	5,79	5,43	5,68	5,32	1,10	1,43
3	B3-B4	293,4	6,80	6,75	0,002	0,59	0,104	0,110	6,40	5,81	6,29	5,70	0,51	1,05
4	B4-Z15	215,0	6,80	6,79	0,002	0,29	0,190	0,200	5,81	5,52	5,61	5,32	1,19	1,47
5	B4-B5	78,7	6,75	6,74	0,002	0,16	0,104	0,110	5,81	5,66	5,70	5,55	1,05	1,19
6	B5-Z16	249,0	6,74	6,77	0,002	0,50	0,104	0,110	5,66	5,16	5,55	5,05	1,19	1,72
7	B6-Z17	165,9	6,78	6,75	0,002	0,33	0,104	0,110	6,38	6,05	6,27	5,94	0,51	0,81
8	B7-Z19	257,8	6,77	6,74	0,002	0,52	0,104	0,110	6,37	5,85	6,26	5,74	0,51	1,00
9	B8-Z20	327,6	6,76	6,73	0,002	0,66	0,104	0,110	6,36	5,70	6,25	5,59	0,51	1,14

No	Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Tanah		Slope Pipa	hL m	Ddalam m	Dluar m	Elevasi Pipa Atas (m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
10	B9-Z21	328,0	6,75	6,72	0,002	0,66	0,104	0,110	6,35	5,69	6,24	5,58	0,51	1,14
11	B10-Z22	328,7	6,74	6,71	0,002	0,66	0,104	0,110	6,34	5,68	6,23	5,57	0,51	1,14
12	B13-B11	328,7	6,84	6,80	0,002	0,66	0,104	0,110	6,44	5,78	6,33	5,67	0,51	1,13
13	B11-B12	185,3	6,80	6,76	0,002	0,37	0,104	0,110	5,78	5,41	5,67	5,30	1,13	1,46
14	B14-B12	201,1	6,79	6,76	0,002	0,40	0,104	0,110	6,39	5,99	6,28	5,88	0,51	0,88
15	B12-Z18	56,0	6,76	6,75	0,002	0,11	0,104	0,110	6,36	6,25	6,25	6,14	0,51	0,61
16	B12-B16	231,9	6,76	6,66	0,002	0,46	0,104	0,110	5,41	4,95	5,30	4,84	1,46	1,82
17	B15-B16	248,2	6,78	6,66	0,002	0,50	0,104	0,110	6,38	5,88	6,27	5,77	0,51	0,89
18	B16-Z23	74,7	6,66	6,68	0,002	0,15	0,104	0,110	6,62	6,47	6,51	6,36	0,15	0,32
19	B17-Z24	234,5	6,60	6,59	0,002	0,47	0,104	0,110	6,20	5,73	6,09	5,62	0,51	0,97
20	Z15-Z14	1120,0	6,79	5,72	0,002	1,72	0,238	0,250	6,75	5,03	6,50	4,78	0,29	0,94
Blok 3														
1	C1-Z25	1190,0	7,87	5,13	0,002	3,14	0,190	0,200	7,47	4,33	7,27	4,13	0,60	1,00
2	C2-C7	594,1	6,63	4,82	0,002	2,16	0,190	0,200	6,23	4,07	6,03	3,87	0,60	0,95
3	C3-C5	242,0	4,92	4,57	0,002	0,48	0,19	0,110	4,52	4,04	4,41	3,93	0,51	0,64
4	C4-C6	211,7	4,61	4,57	0,002	0,42	0,19	0,110	4,21	3,79	4,10	3,68	0,51	0,89
5	C5-C7	353,2	4,98	4,82	0,002	0,71	0,190	0,200	4,58	3,87	4,38	3,67	0,60	1,15
6	C7-Z26	196,2	4,82	4,61	0,002	0,39	0,190	0,200	4,07	3,68	3,87	3,48	0,95	1,13
Blok 4														
1	D1-Z7	70,0	6,39	6,22	0,002	0,14	0,104	0,110	5,99	5,85	5,88	5,74	0,51	0,48
2	D41-D35	147,1	6,18	6,18	0,002	0,29	0,104	0,110	5,78	5,49	5,67	5,38	0,51	0,80
3	D33-D-35	30,6	6,18	6,18	0,002	0,06	0,104	0,110	5,78	5,72	5,67	5,61	0,51	0,57
4	D35-D36	154,0	6,18	6,25	0,002	0,31	0,104	0,110	5,49	5,18	5,38	5,07	0,80	1,18
5	D33-D34	126,4	6,18	6,25	0,002	0,25	0,104	0,110	5,78	5,53	5,67	5,42	0,51	0,83
6	D34-D36	125,0	6,18	6,25	0,002	0,25	0,104	0,110	5,53	5,28	5,42	5,17	0,76	1,08
7	D41-D42	124,6	6,18	6,25	0,002	0,25	0,104	0,110	5,78	5,53	5,67	5,42	0,51	0,83

No	Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Tanah		Slope Pipa	hL	Ddalam	Dluar	Elevasi Pipa Atas (m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
8	D39-D40	123,3	6,18	6,25	0,002	0,25	0,104	0,110	5,78	5,53	5,67	5,42	0,51	0,83
9	D37-D38	98,0	6,18	6,25	0,002	0,20	0,104	0,110	5,78	5,58	5,67	5,47	0,51	0,78
10	D42-D36	99,7	6,25	6,22	0,002	0,20	0,104	0,110	5,85	5,65	5,74	5,54	0,51	0,68
11	D36-Z8	557,3	6,22	6,19	0,002	1,11	0,104	0,110	6,18	5,07	6,07	4,96	0,15	1,23
12	D1-D9	241,0	6,39	6,32	0,002	0,48	0,104	0,110	5,99	5,51	5,88	5,40	0,51	0,92
13	D2-D10	511,6	6,38	6,31	0,002	1,02	0,104	0,110	5,98	4,96	5,87	4,85	0,51	1,46
14	D3-D11	87,6	6,37	6,30	0,002	0,18	0,104	0,110	5,97	5,79	5,86	5,68	0,51	0,62
15	D4-D12	56,0	6,36	6,29	0,002	0,11	0,104	0,110	5,96	5,85	5,85	5,74	0,51	0,55
16	D5-D13	54,7	6,35	6,28	0,002	0,11	0,104	0,110	5,95	5,84	5,84	5,73	0,51	0,55
17	D6-D14	57,4	6,34	6,27	0,002	0,11	0,104	0,110	5,94	5,83	5,83	5,72	0,51	0,55
18	D32-D29	78,0	6,01	6,05	0,002	0,16	0,104	0,110	5,61	5,45	5,50	5,34	0,51	0,71
19	D32-D28	76,6	6,01	6,05	0,002	0,15	0,104	0,110	5,61	5,46	5,50	5,35	0,51	0,70
20	D31-D27	75,3	6,01	6,05	0,002	0,15	0,104	0,110	5,61	5,46	5,50	5,35	0,51	0,70
21	D30-D26	77,7	6,01	6,05	0,002	0,16	0,104	0,110	5,61	5,45	5,50	5,34	0,51	0,71
22	D28-D23	135,5	6,02	6,05	0,002	0,27	0,104	0,110	5,46	5,19	5,35	5,08	0,67	0,97
23	D29-D17	432,0	6,02	6,15	0,002	0,86	0,104	0,110	5,62	4,76	5,51	4,65	0,51	1,50
24	D17-D8	187,6	6,15	6,09	0,002	0,38	0,104	0,110	5,75	5,37	5,64	5,26	0,51	0,83
25	D18-D9	187,6	6,13	6,19	0,002	0,38	0,104	0,110	5,37	5,00	5,26	4,89	0,87	1,30
26	D19-D10	187,6	6,11	6,17	0,002	0,38	0,104	0,110	5,71	5,33	5,60	5,22	0,51	0,95
27	D20-D11	187,6	6,10	6,16	0,002	0,38	0,104	0,110	5,70	5,32	5,59	5,21	0,51	0,95
28	D21-D12	187,6	6,08	6,15	0,002	0,38	0,104	0,110	5,68	5,30	5,57	5,19	0,51	0,96
29	D22-D13	187,6	6,06	6,13	0,002	0,38	0,104	0,110	5,66	5,28	5,55	5,17	0,51	0,96
30	D23-D14	187,6	6,04	6,11	0,002	0,38	0,104	0,110	5,64	5,26	5,53	5,15	0,51	0,96
31	D24-D15	187,6	6,03	6,10	0,002	0,38	0,104	0,110	5,63	5,25	5,52	5,14	0,51	0,96
32	D25-D16	187,6	6,02	6,08	0,002	0,38	0,104	0,110	5,62	5,24	5,51	5,13	0,51	0,95
33	D7-Z11	1123,5	7,97	5,07	0,002	3,74	0,190	0,200	7,57	3,83	7,37	3,63	0,60	1,44

No	Pipa	Panjang Pipa	Elevasi Tanah		Slope Pipa	hL	Ddalam	Dluar	Elevasi Pipa Atas (m)		Elevasi Bawah Pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir					Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
34	D44-Z9	111,8	6,17	6,15	0,002	0,22	0,104	0,110	5,77	5,55	5,66	5,44	0,51	0,71
35	D45-Z10	93,4	6,16	6,11	0,002	0,19	0,104	0,110	5,76	5,57	5,65	5,46	0,51	0,65
36	D46-Z12	299,0	6,15	6,05	0,002	0,60	0,104	0,110	5,75	5,15	5,64	5,04	0,51	1,01
37	D47-D52	385,0	6,14	6,07	0,002	0,77	0,104	0,110	5,74	4,97	5,63	4,86	0,51	1,21
38	D48-D53	260,6	6,13	6,06	0,002	0,52	0,104	0,110	5,73	5,21	5,62	5,10	0,51	0,96
39	D49-D54	245,7	6,12	6,05	0,002	0,49	0,104	0,110	5,72	5,23	5,61	5,12	0,51	0,93
40	D50-D55	203,4	6,11	6,05	0,002	0,41	0,104	0,110	5,71	5,30	5,60	5,19	0,51	0,86
41	D51-D56	176,5	6,10	6,04	0,002	0,35	0,104	0,110	5,70	5,35	5,59	5,24	0,51	0,80
42	D52-D56	222,2	6,06	6,04	0,002	0,44	0,104	0,110	5,66	5,22	5,55	5,11	0,51	0,93
43	D56-Z13	38,8	6,04	6,04	0,002	0,08	0,104	0,110	5,22	5,14	5,11	5,03	0,93	1,01
44	Z6-Z14	529,82	6,34	5,72	0,002	1,18	0,238	0,315	5,94	4,76	5,63	4,45	0,72	1,28
Pipa Menuju IPAL														
1	Z14-Z25	404,8	5,72	5,14	0,002	0,81	0,299	0,400	5,03	4,22	4,63	3,82	1,09	1,32
2	Z25-Z26	80,3	5,14	5,11	0,002	0,16	0,380	0,400	4,22	4,06	3,82	3,66	1,32	1,45
3	Z26-X	26,9	5,11	5,05	0,002	0,05	0,380	0,400	4,06	4,01	3,66	3,61	1,45	1,44

TABEL URUGAN PIPA

No	Jalur Pipa	L Pipa	D luar	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Y	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)	Bongkar Paving (m ³)
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II					
Blok 1																
1	Z1-Z2	413,5	0,110	0,51	1,20	0,77	1,46	0,69	414	226,1	100,8	326,9	3,9	116,4	210,5	248,1
2	A1-Z2	275,7	0,110	0,51	0,94	0,77	1,20	0,43	276	150,7	42,2	192,9	2,6	77,6	115,3	165,4
3	A2-Z3	92,0	0,110	0,51	0,51	0,77	0,77	0,00	92	50,3	0,1	50,4	0,9	25,9	24,5	55,2
4	A13-Z3	122,0	0,110	0,51	0,73	0,77	0,99	0,22	122	66,7	9,7	76,4	1,2	34,4	42,0	73,2
5	A3-Z4	281,0	0,110	0,51	0,90	0,77	1,16	0,39	281	153,6	39,1	192,7	2,7	79,1	113,6	168,6
6	A14-Z4	267,8	0,110	0,51	0,99	0,77	1,25	0,48	268	146,4	45,2	191,6	2,5	75,4	116,2	160,7
7	A4-Z5	302,0	0,110	0,51	0,91	0,77	1,17	0,40	302	165,1	43,3	208,4	2,9	85,0	123,4	181,2
8	A7-A6	199,0	0,110	0,51	0,89	0,77	1,15	0,38	199	108,8	26,7	135,5	1,9	56,0	79,5	119,4
9	A9-A8	198,0	0,110	0,51	0,89	0,77	1,15	0,38	198	108,2	26,4	134,7	1,9	55,8	78,9	118,8
10	A11-A10	134,2	0,110	0,51	0,70	0,77	0,96	0,19	134	73,4	9,0	82,3	1,3	37,8	44,6	80,5
11	A5-A12	98,0	0,110	0,51	0,38	0,77	0,64	0,13	98	53,6	4,7	58,2	0,9	27,6	30,6	58,8
12	A6-Z6	260,9	0,200	0,98	1,09	1,33	1,44	0,11	261	277,2	11,7	288,8	8,2	96,2	192,7	156,5
13	Z2-Z6	393,4	0,200	0,60	0,93	0,95	1,28	0,33	393	299,0	51,4	350,4	12,4	145,0	205,4	236,0
Blok 2																
1	B1-B2	314,8	0,110	0,51	1,10	0,77	1,36	0,59	315	172,1	65,9	238,0	3,0	88,6	149,3	188,9
2	B2-B4	178,3	0,110	1,10	1,43	1,36	1,69	0,33	178	172,1	20,7	192,8	1,7	50,2	142,6	107,0
3	B3-B4	293,4	0,110	0,51	1,05	0,77	1,31	0,54	293	160,4	55,9	216,3	2,8	82,6	133,7	176,0
4	B4-Z15	215,0	0,200	1,19	1,47	1,54	1,82	0,28	215	264,3	24,1	288,4	6,8	79,2	209,2	129,0

No	Jalur Pipa	L Pipa	D luar	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Y	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Bongkar Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
5	B4-B5	78,7	0,110	1,05	1,19	1,31	1,45	0,15	79	73,0	4,1	77,1	0,7	22,2	55,0	47,2
6	B5-Z16	249,0	0,110	1,19	1,72	1,45	1,98	0,53	249	257,1	46,7	303,8	2,4	70,1	233,6	149,4
7	B6-Z17	165,9	0,110	0,51	0,81	0,77	1,07	0,30	166	90,7	17,8	108,5	1,6	46,7	61,8	99,5
8	B7-Z19	257,8	0,110	0,51	1,00	0,77	1,26	0,49	258	140,9	44,4	185,4	2,4	72,6	112,8	154,7
9	B8-Z20	327,6	0,110	0,51	1,14	0,77	1,40	0,63	328	179,1	72,7	251,8	3,1	92,3	159,6	196,6
10	B9-Z21	328,0	0,110	0,51	1,14	0,77	1,40	0,63	328	179,3	72,9	252,2	3,1	92,4	159,8	196,8
11	B10-Z22	328,7	0,110	0,51	1,14	0,77	1,40	0,63	329	179,7	73,2	252,9	3,1	92,6	160,3	197,2
12	B13-B11	328,7	0,110	0,51	1,13	0,77	1,39	0,62	329	179,7	72,0	251,7	3,1	92,6	159,2	197,2
13	B11-B12	185,3	0,110	1,13	1,46	1,39	1,72	0,33	185	182,5	21,7	204,3	1,8	52,2	152,1	111,2
14	B14-B12	201,1	0,110	0,51	0,88	0,77	1,14	0,37	201	109,9	26,6	136,5	1,9	56,6	79,9	120,7
15	B12-Z18	56,0	0,110	0,51	0,61	0,77	0,87	0,10	56	30,6	2,0	32,6	0,5	15,8	16,9	33,6
16	B12-B16	231,9	0,110	1,46	1,82	1,72	2,08	0,36	232	282,9	29,9	312,8	2,2	65,3	247,5	139,1
17	B15-B16	248,2	0,110	0,51	0,89	0,77	1,15	0,38	248	135,7	33,2	168,9	2,4	69,9	99,0	148,9
18	B16-Z23	74,7	0,110	0,15	0,32	0,41	0,58	0,17	75	21,7	4,5	26,2	0,7	21,0	5,2	44,8
19	B17-Z24	234,5	0,110	0,51	0,97	0,77	1,23	0,46	235	128,2	38,2	166,4	2,2	66,0	100,4	140,7
20	Z15-Z14	1120,0	0,250	0,29	0,94	0,69	1,34	0,65	1120	656,9	309,4	966,3	55,0	468,7	497,6	672,0
Blok 3																
1	C1-Z25	1190	0,200	0,60	1,00	0,95	1,35	0,40	1190	904,4	190,4	1094,8	37,4	438,6	656,2	714,0
2	C2-C7	594,1	0,200	0,60	0,95	0,95	1,30	0,35	594	451,5	83,2	534,7	18,7	219,0	315,7	356,5
3	C3-C5	242,0	0,110	0,51	0,64	0,77	0,90	0,13	242	132,3	11,5	143,8	2,3	68,1	75,7	145,2
4	C4-C6	211,7	0,110	0,51	0,89	0,77	1,15	0,38	212	115,7	28,8	144,6	2,0	59,6	84,9	127,0
5	C5-C7	353,2	0,200	0,60	1,15	0,95	1,50	0,55	353	268,4	77,2	345,6	11,1	130,2	215,4	211,9
6	C7-Z26	196,2	0,200	0,95	1,13	1,30	1,48	0,18	196	204,0	14,3	218,4	6,2	72,3	146,0	117,7

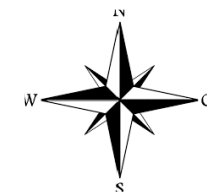
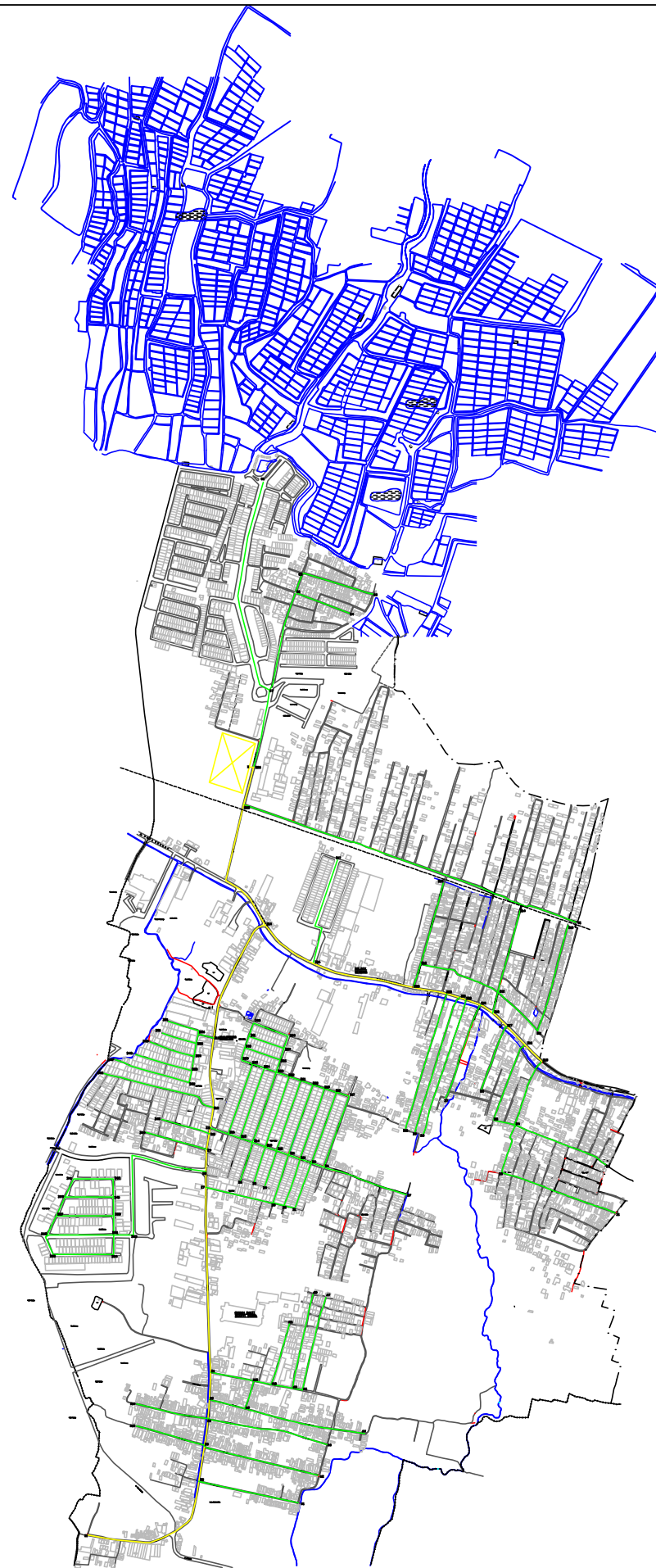
No	Jalur Pipa	L Pipa	D luar	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Y	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Bongkar Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Blok 4																
1	D1-Z7	70,0	0,110	0,51	0,48	0,77	0,74	0,03	70	38,3	0,7	39,0	0,7	19,7	19,3	42,0
2	D41-D35	147,1	0,110	0,51	0,80	0,77	1,06	0,29	147	80,4	15,4	95,8	1,4	41,4	54,4	88,3
3	D33-D35	30,6	0,110	0,51	0,57	0,77	0,83	0,06	31	16,7	0,7	17,4	0,3	8,6	8,8	18,4
4	D35-D36	154,0	0,110	0,80	1,18	1,06	1,44	0,38	154	116,4	20,7	137,0	1,5	43,4	93,7	92,4
5	D33-D34	126,4	0,110	0,51	0,83	0,77	1,09	0,32	126	69,1	14,5	83,6	1,2	35,6	48,0	75,8
6	D34-D36	125,0	0,110	0,76	1,08	1,02	1,34	0,32	125	90,8	14,2	105,0	1,2	35,2	69,8	75,0
7	D41-D42	124,6	0,110	0,51	0,83	0,77	1,09	0,32	125	68,1	14,1	82,2	1,2	35,1	47,2	74,8
8	D39-D40	123,3	0,110	0,51	0,83	0,77	1,09	0,32	123	67,4	13,9	81,3	1,2	34,7	46,5	74,0
9	D37-D38	98,0	0,110	0,51	0,78	0,77	1,04	0,27	98	53,6	9,3	62,8	0,9	27,6	35,2	58,8
10	D42-D36	99,7	0,110	0,51	0,68	0,77	0,94	0,17	100	54,5	6,0	60,5	0,9	28,1	32,4	59,8
11	D36-Z8	557,3	0,110	0,15	1,23	0,41	1,49	1,08	557	162,2	214,6	376,8	5,3	156,9	219,9	334,4
12	D1-D9	241,0	0,110	0,51	0,92	0,77	1,18	0,41	241	131,8	35,2	167,0	2,3	67,9	99,1	144,6
13	D2-D10	511,6	0,110	0,51	1,46	0,77	1,72	0,95	512	279,7	173,1	452,8	4,9	144,1	308,7	307,0
14	D3-D11	87,6	0,110	0,51	0,62	0,77	0,88	0,11	88	47,9	3,3	51,2	0,8	24,7	26,5	52,7
15	D4-D12	56,0	0,110	0,51	0,55	0,77	0,81	0,04	56	30,6	0,8	31,5	0,5	15,8	15,7	33,6
16	D5-D13	54,7	0,110	0,51	0,55	0,77	0,81	0,04	55	29,9	0,8	30,7	0,5	15,4	15,3	32,8
17	D6-D14	57,4	0,110	0,51	0,55	0,77	0,81	0,04	57	31,4	0,9	32,3	0,5	16,2	16,1	34,4
18	D32-D29	78,0	0,110	0,51	0,71	0,77	0,97	0,20	78	42,6	5,4	48,1	0,7	22,0	26,1	46,8
19	D32-D28	76,6	0,110	0,51	0,70	0,77	0,96	0,19	77	41,9	5,3	47,1	0,7	21,6	25,6	46,0
20	D31-D27	75,3	0,110	0,51	0,70	0,77	0,96	0,19	75	41,2	5,1	46,3	0,7	21,2	25,1	45,2
21	D30-D26	77,7	0,110	0,51	0,71	0,77	0,97	0,20	78	42,5	5,4	47,9	0,7	21,9	26,0	46,6
22	D28-D23	135,5	0,110	0,67	0,97	0,93	1,23	0,30	136	89,8	14,5	104,3	1,3	38,2	66,1	81,3

No	Jalur Pipa	L Pipa	D luar	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Y	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Bongkar Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
23	D29-D17	432,0	0,110	0,51	1,50	0,77	1,76	0,99	432	236,2	152,4	388,6	4,1	121,7	267,0	259,2
24	D17-D8	187,6	0,110	0,51	0,83	0,77	1,09	0,32	188	102,6	21,0	123,6	1,8	52,8	70,7	112,6
25	D18-D9	187,6	0,110	0,87	1,30	1,13	1,56	0,44	188	149,9	29,0	178,9	1,8	52,8	126,0	112,6
26	D19-D10	187,6	0,110	0,51	0,95	0,77	1,21	0,44	188	102,6	29,0	131,5	1,8	52,8	78,7	112,6
27	D20-D11	187,6	0,110	0,51	0,95	0,77	1,21	0,44	188	102,6	29,0	131,5	1,8	52,8	78,7	112,6
28	D21-D12	187,6	0,110	0,51	0,96	0,77	1,22	0,45	188	102,6	29,6	132,2	1,8	52,8	79,4	112,6
29	D22-D13	187,6	0,110	0,51	0,96	0,77	1,22	0,45	188	102,6	29,6	132,2	1,8	52,8	79,4	112,6
30	D23-D14	187,6	0,110	0,51	0,96	0,77	1,22	0,45	188	102,6	29,6	132,2	1,8	52,8	79,4	112,6
31	D24-D15	187,6	0,110	0,51	0,96	0,77	1,22	0,45	188	102,6	29,6	132,2	1,8	52,8	79,4	112,6
32	D25-D16	187,6	0,110	0,51	0,95	0,77	1,21	0,44	188	102,6	29,0	131,5	1,8	52,8	78,7	112,6
33	D7-Z11	1123,5	0,200	0,60	1,44	0,95	1,79	0,84	1124	853,9	377,5	1231,4	35,3	414,1	817,2	674,1
34	D44-Z9	111,8	0,110	0,51	0,71	0,77	0,97	0,20	112	61,1	8,1	69,2	1,1	31,5	37,7	67,2
35	D45-Z10	93,4	0,110	0,51	0,65	0,77	0,91	0,14	93	51,1	4,5	55,6	0,9	26,3	29,3	56,0
36	D46-Z12	299,0	0,110	0,51	1,01	0,77	1,27	0,50	299	163,5	52,9	216,3	2,8	84,2	132,1	179,4
37	D47-D52	385,0	0,110	0,51	1,21	0,77	1,47	0,70	385	210,5	95,7	306,2	3,7	108,4	197,7	231,0
38	D48-D53	260,6	0,110	0,51	0,96	0,77	1,22	0,45	261	142,5	41,7	184,2	2,5	73,4	110,8	156,4
39	D49-D54	245,7	0,110	0,51	0,93	0,77	1,19	0,42	246	134,3	36,8	171,1	2,3	69,2	101,9	147,4
40	D50-D55	203,4	0,110	0,51	0,86	0,77	1,12	0,35	203	111,2	25,0	136,2	1,9	57,3	79,0	122,0
41	D51-D56	176,5	0,110	0,51	0,80	0,77	1,06	0,29	177	96,5	18,4	114,9	1,7	49,7	65,1	105,9
42	D52-D56	222,2	0,110	0,51	0,93	0,77	1,19	0,42	222	121,5	33,5	155,0	2,1	62,6	92,4	133,3
43	D56-Z13	38,8	0,110	0,93	1,01	1,19	1,27	0,08	39	32,9	1,1	34,0	0,4	10,9	23,0	23,3
44	Z6-Z14	529,82	0,315	0,72	1,28	1,18	1,74	0,56	530	572,0	135,7	707,8	41,3	256,9	450,9	317,9
Pipa Menuju IPAL																

No	Jalur Pipa	L Pipa	D luar	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Y	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume Sisa Tanah Galian	Bongkar Paving
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
1	Z14-Z25	404,8	0,400	1,09	1,32	1,64	1,87	0,23	405	663,9	46,5	710,3	50,8	232,5	477,8	242,9
2	Z25-Z26	80,3	0,400	1,32	1,45	1,87	2,00	0,13	80	150,1	5,2	155,4	10,1	46,1	109,2	48,2
3	Z26-X	26,9	0,400	1,45	1,44	2,00	1,99	0,01	27	53,8	0,1	53,9	3,4	15,5	38,4	16,1

TABEL ANALISIS EKONOMI

Tahun	Jumlah Penduduk	Biaya Retribusi	Biaya Kesehatan	Kenaikan kinerja/ Produktivitas	Subsidi Obat	Perbaikan Lingkungan	Benefit
2019	36221	Rp 644.892.200	Rp 1.811.072.263	Rp 3.622.144.526	Rp 1.811.072.263	Rp 41.100.000.000	Rp 48.989.181.252
2020	36235	Rp 645.136.659	Rp 1.811.758.785	Rp 3.623.517.569	Rp 1.811.758.785	Rp 41.100.000.000	Rp 48.992.171.798
2021	36249	Rp 645.381.211	Rp 1.812.445.566	Rp 3.624.891.133	Rp 1.812.445.566	Rp 41.100.000.000	Rp 48.995.163.476
2022	36263	Rp 645.625.855	Rp 1.813.132.609	Rp 3.626.265.217	Rp 1.813.132.609	Rp 41.100.000.000	Rp 48.998.156.289
2023	36276	Rp 645.870.592	Rp 1.813.819.911	Rp 3.627.639.823	Rp 1.813.819.911	Rp 41.100.000.000	Rp 49.001.150.237
2024	36290	Rp 646.115.421	Rp 1.814.507.474	Rp 3.629.014.949	Rp 1.814.507.474	Rp 41.100.000.000	Rp 49.004.145.319
2025	36304	Rp 646.360.344	Rp 1.815.195.298	Rp 3.630.390.597	Rp 1.815.195.298	Rp 41.100.000.000	Rp 49.007.141.537
2026	36318	Rp 646.605.359	Rp 1.815.883.383	Rp 3.631.766.766	Rp 1.815.883.383	Rp 41.100.000.000	Rp 49.010.138.890
2027	36331	Rp 646.850.467	Rp 1.816.571.728	Rp 3.633.143.456	Rp 1.816.571.728	Rp 41.100.000.000	Rp 49.013.137.380
2028	36345	Rp 647.095.668	Rp 1.817.260.335	Rp 3.634.520.669	Rp 1.817.260.335	Rp 41.100.000.000	Rp 49.016.137.006
2029	36359	Rp 647.340.962	Rp 1.817.949.202	Rp 3.635.898.404	Rp 1.817.949.202	Rp 41.100.000.000	Rp 49.019.137.770
2030	36373	Rp 647.586.349	Rp 1.818.638.330	Rp 3.637.276.661	Rp 1.818.638.330	Rp 41.100.000.000	Rp 49.022.139.671
Total Benefit							Rp 588.067.800.625



**INSTITUT
TEKNOLOGI
SEPULUH
NOPEMBER**

JUDUL

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA
SURABAYA

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

LEGENDA

- : Pipa Primer
- : Pipa Sekunder

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP. 03211540000112

DOSEN PEMBIMBING

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

DOSEN PENGUJI

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T.
Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T.

JUDUL GAMBAR

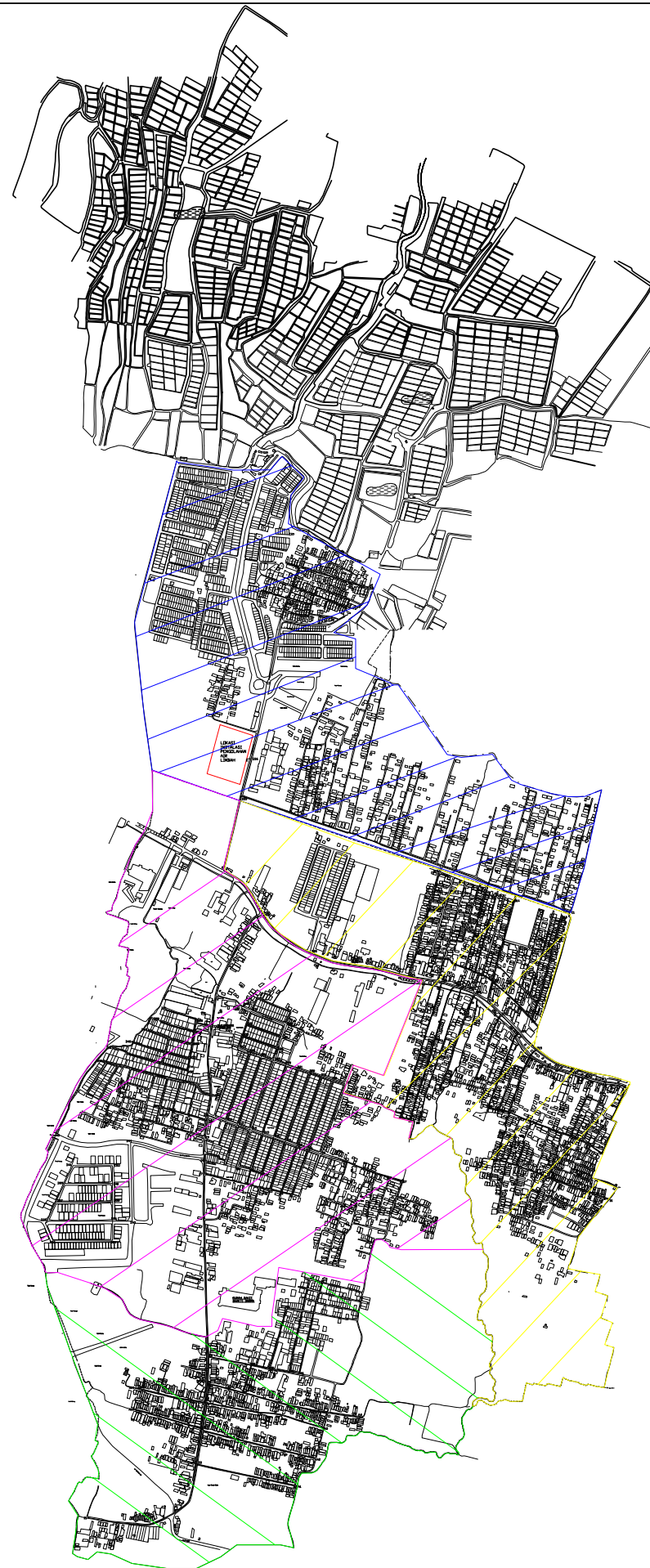
**SPAL KELURAHAN SEMEMI,
KOTA SURABAYA**

KOORDINAT GAMBAR

112°38'26.60"BT
7°14'58.58"LS

NO. GAMBAR

1



**INSTITUT
TEKNOLOGI
SEPULUH
NOPEMBER**

JUDUL

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA
SURABAYA

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

LEGENDA

— : Pipa Primer
— : Pipa Sekunder

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP. 03211540000112

DOSEN PEMBIMBING

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

DOSEN PENGUJI

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T.
Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T.

JUDUL GAMBAR

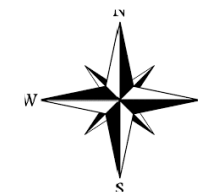
**BLOK SPAL KELURAHAN SEMEMI,
KOTA SURABAYA**

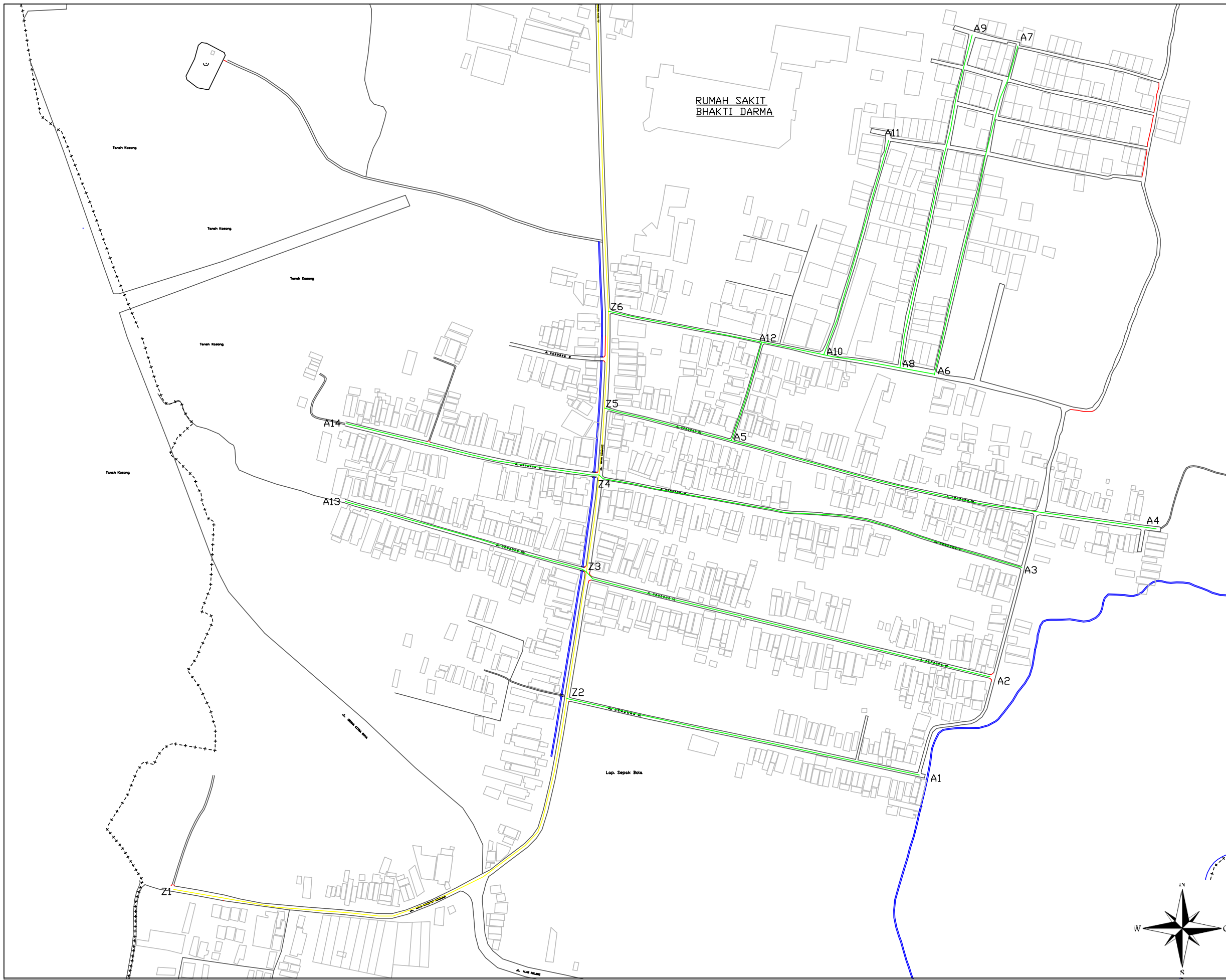
KOORDINAT GAMBAR




112°38'26.60"BT
7°14'58.58"LS

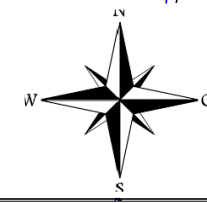
NO. GAMBAR

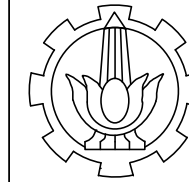
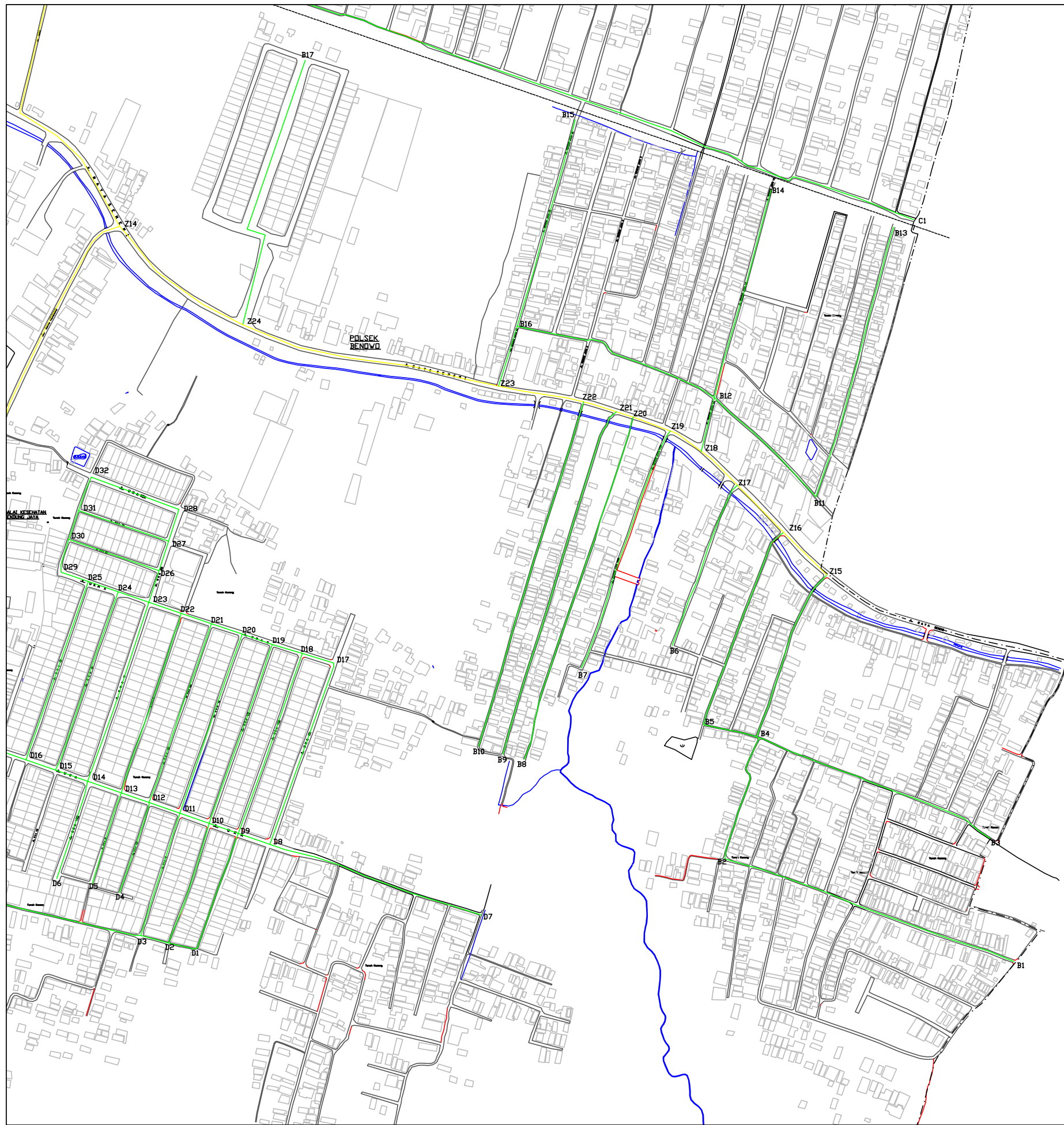
2





 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA SURABAYA	
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER 2019	
LEGENDA  : Pipa Primer  : Pipa Sekunder	
MAHASISWA Natasya Olivia Aldisa NRP. 03211540000112	
DOSEN PEMBIMBING Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D	
DOSEN PENGUJI Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng. Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T. Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T.	
JUDUL GAMBAR SPAL BLOK 1 KELURAHAN SEMEMI, KOTA SURABAYA	
KOORDINAT GAMBAR 112°38'26.60"BT 7°14'58.58"LS	
NO. GAMBAR 3	





**INSTITUT
TEKNOLOGI
SEPULUH
NOPEMBER**

JUDUL

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA
SURABAYA

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

LEGENDA

- : Pipa Primer
- : Pipa Sekunder

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP. 03211540000112

DOSEN PEMBIMBING

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

DOSEN PENGUJI

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T.

Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T.

JUDUL GAMBAR

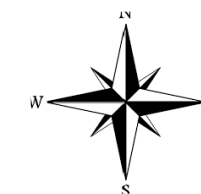
SPAL BLOK 2 KELURAHAN SEMEMI,
KOTA SURABAYA

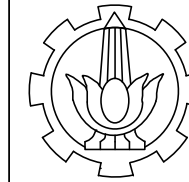
KOORDINAT GAMBAR

112°38'26.60"BT
7°14'58.58"LS

NO. GAMBAR

4





INSTITUT
TEKNOLOGI
SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA
SURABAYA

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

LEGENDA

— : Pipa Primer
— : Pipa Sekunder

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP. 03211540000112

DOSEN PEMBIMBING

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

DOSEN PENGUJI

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T.

Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T.

JUDUL GAMBAR

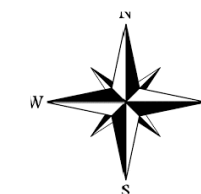
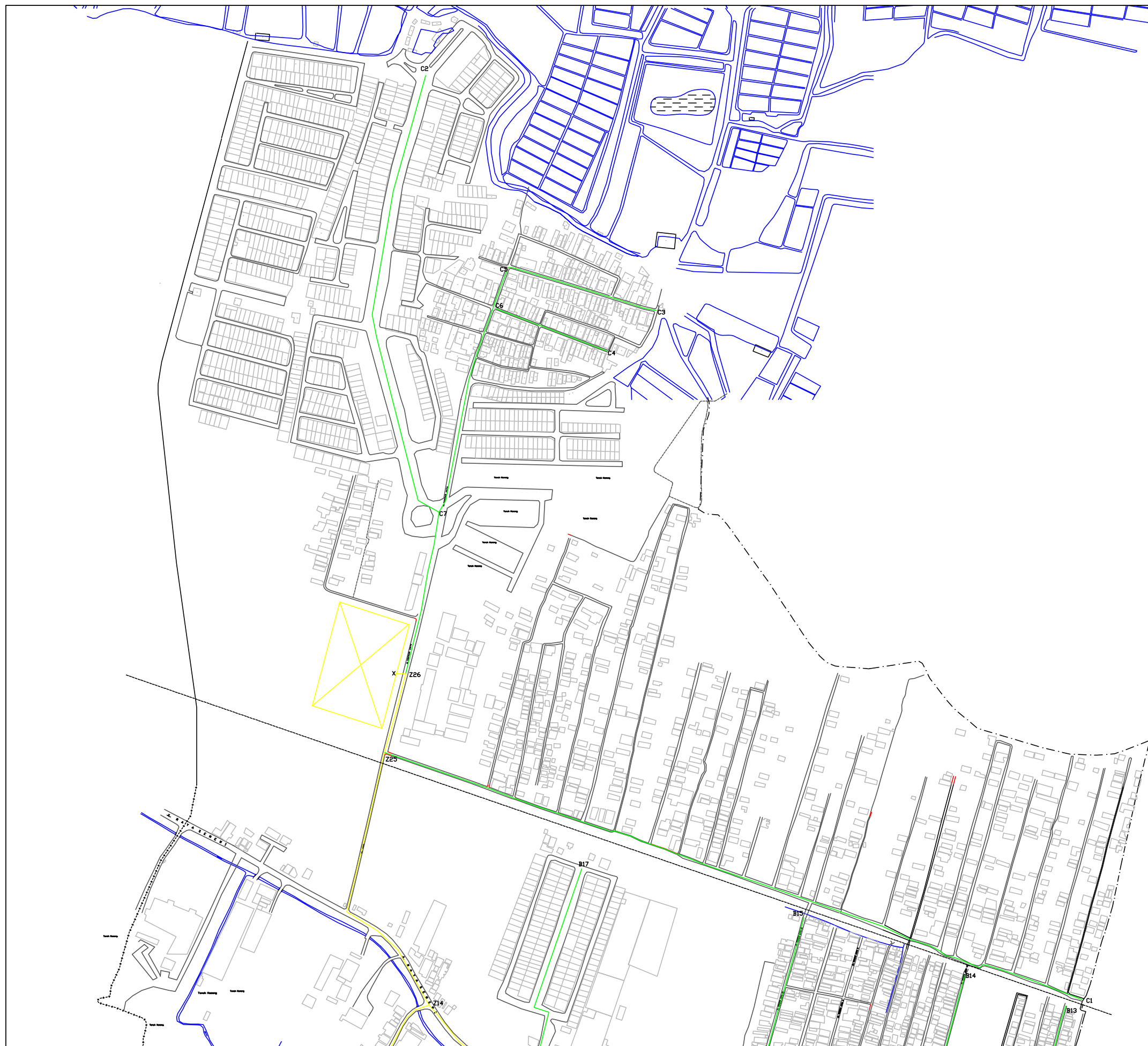
SPAL BLOK 3 KELURAHAN SEMEMI,
KOTA SURABAYA

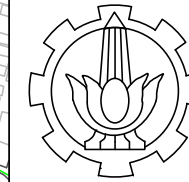
KOORDINAT GAMBAR

112°38'26.60"BT
7°14'58.58"LS

NO. GAMBAR

5





**INSTITUT
TEKNOLOGI
SEPULUH
NOPEMBER**

JUDUL

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEMI, KOTA
SURABAYA

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

LEGENDA

- : Pipa Primer
- : Pipa Sekunder

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP. 03211540000112

DOSEN PEMBIMBING

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

DOSEN PENGUJI

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T.
Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T.

JUDUL GAMBAR

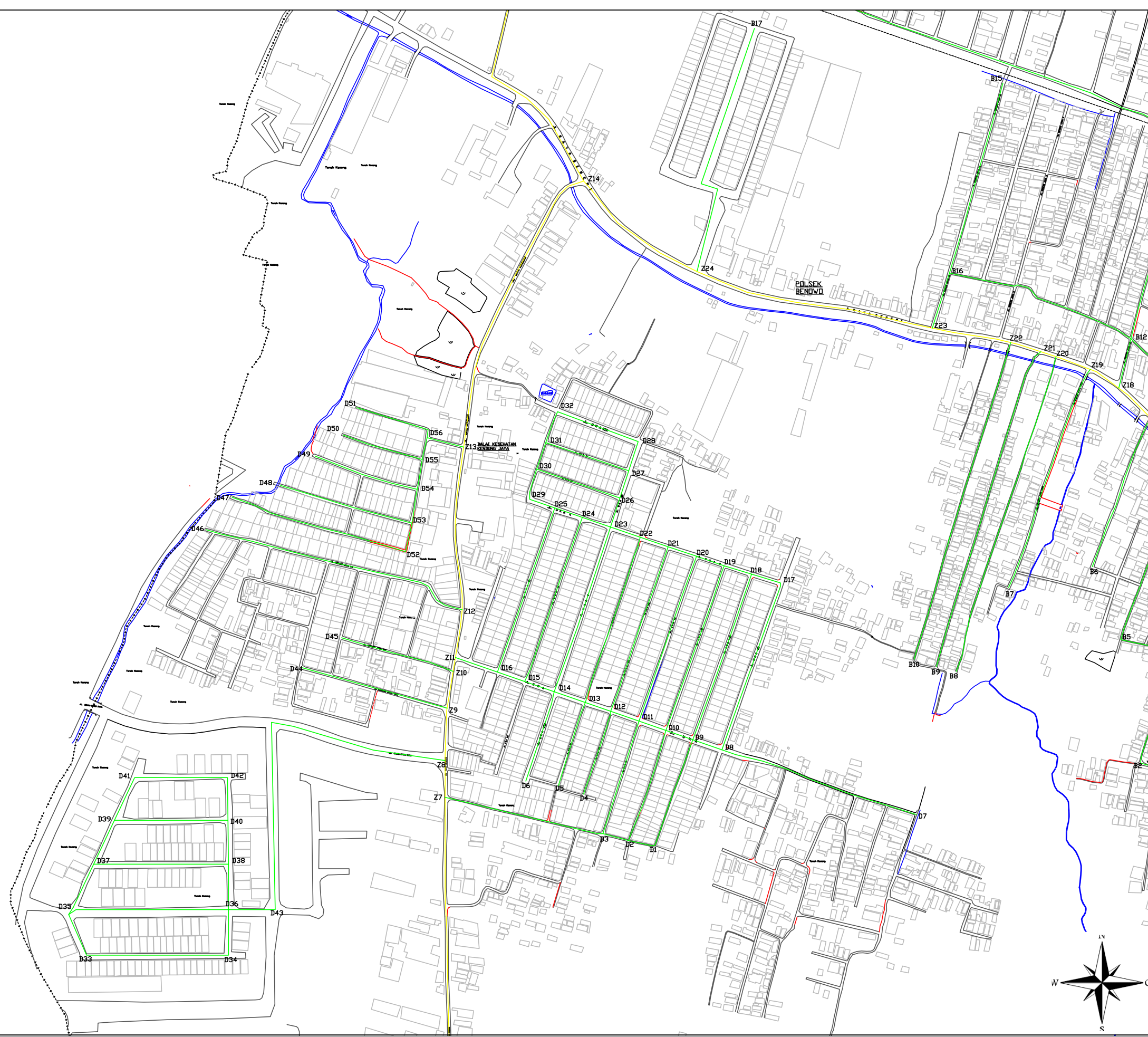
SPAL BLOK 4 KELURAHAN SEMEMI,
KOTA SURABAYA

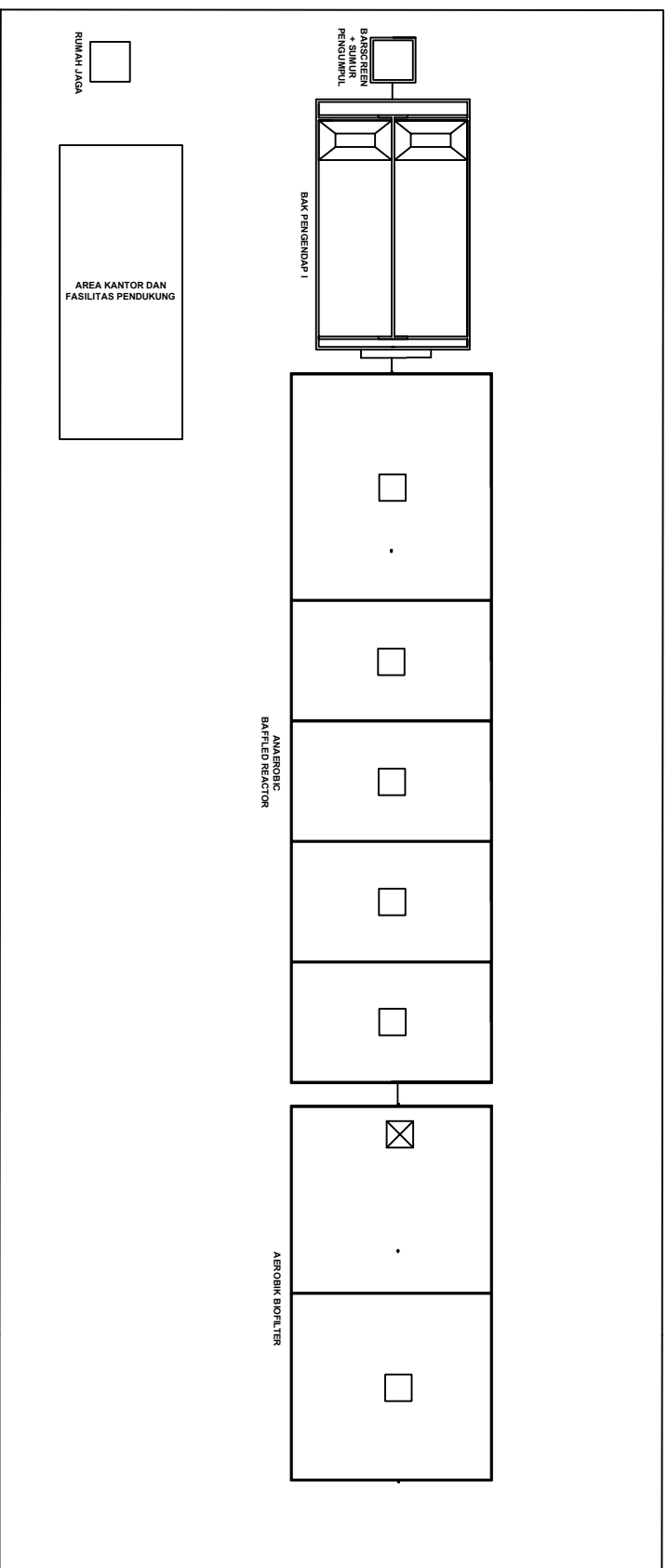
KOORDINAT GAMBAR

112°38'26.60"BT
7°14'58.58"LS

NO. GAMBAR

6





MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP: 0321154000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENKULI

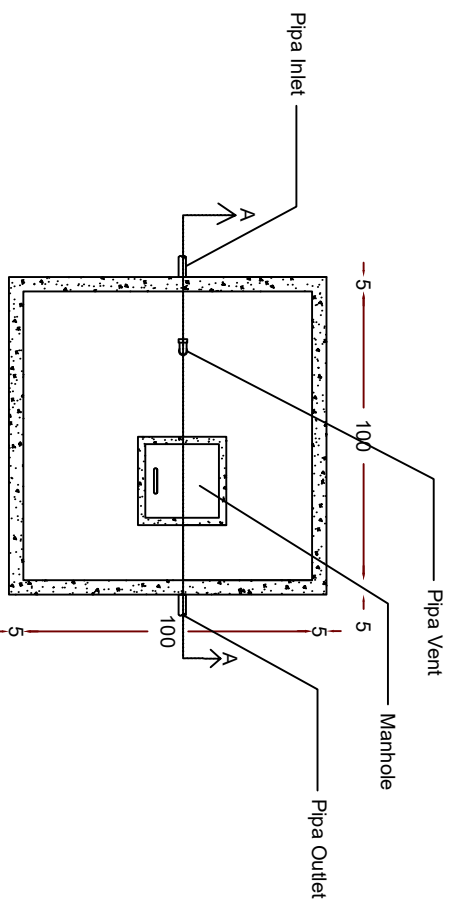
Ir. Bowo Djoko Marsano, M.Eng.
Dr. Ir. Ellina Pardedebe, M.T.
Dr. Ir. Iwan Bagyo S. M.T.

JUDUL GAMBAR

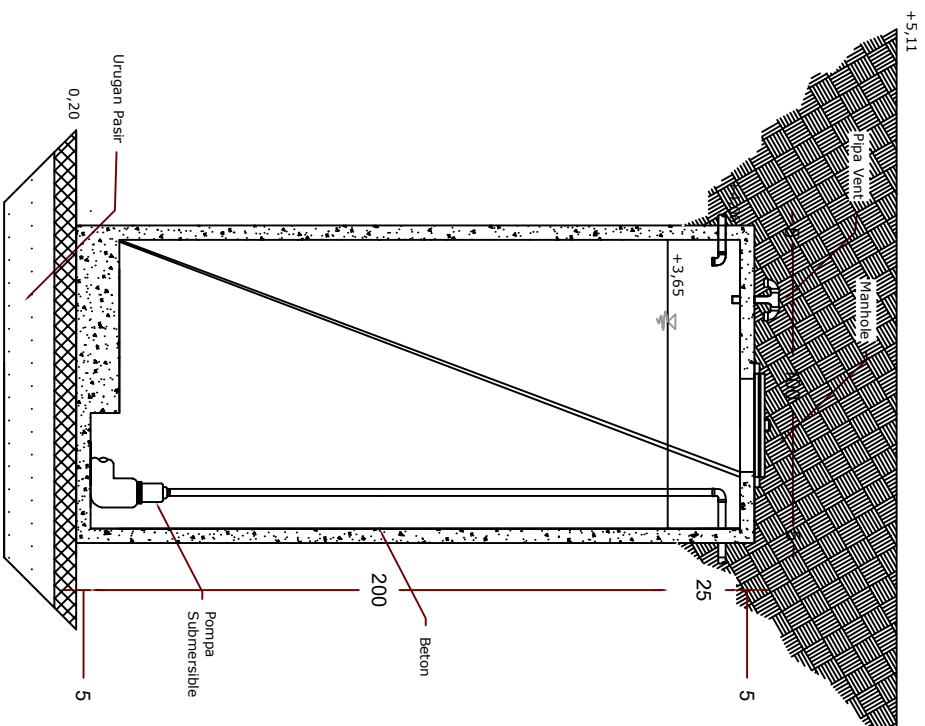
Layout IPAL

NOMOR GAMBAR

7



DENAH SUMUR PENGUMPUL
SKALA 1 : 50



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 50



INSTITUT
TEKNOLOGI
SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN DAN
INSTALASI PENCOLLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DI KELURAHAN SEMEM, KOTA
SURABAYA

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMAHN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019

LEGENDA

MAKASSARA

Natasya Olivia Aldesa
NRP: 03211540000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENKULI

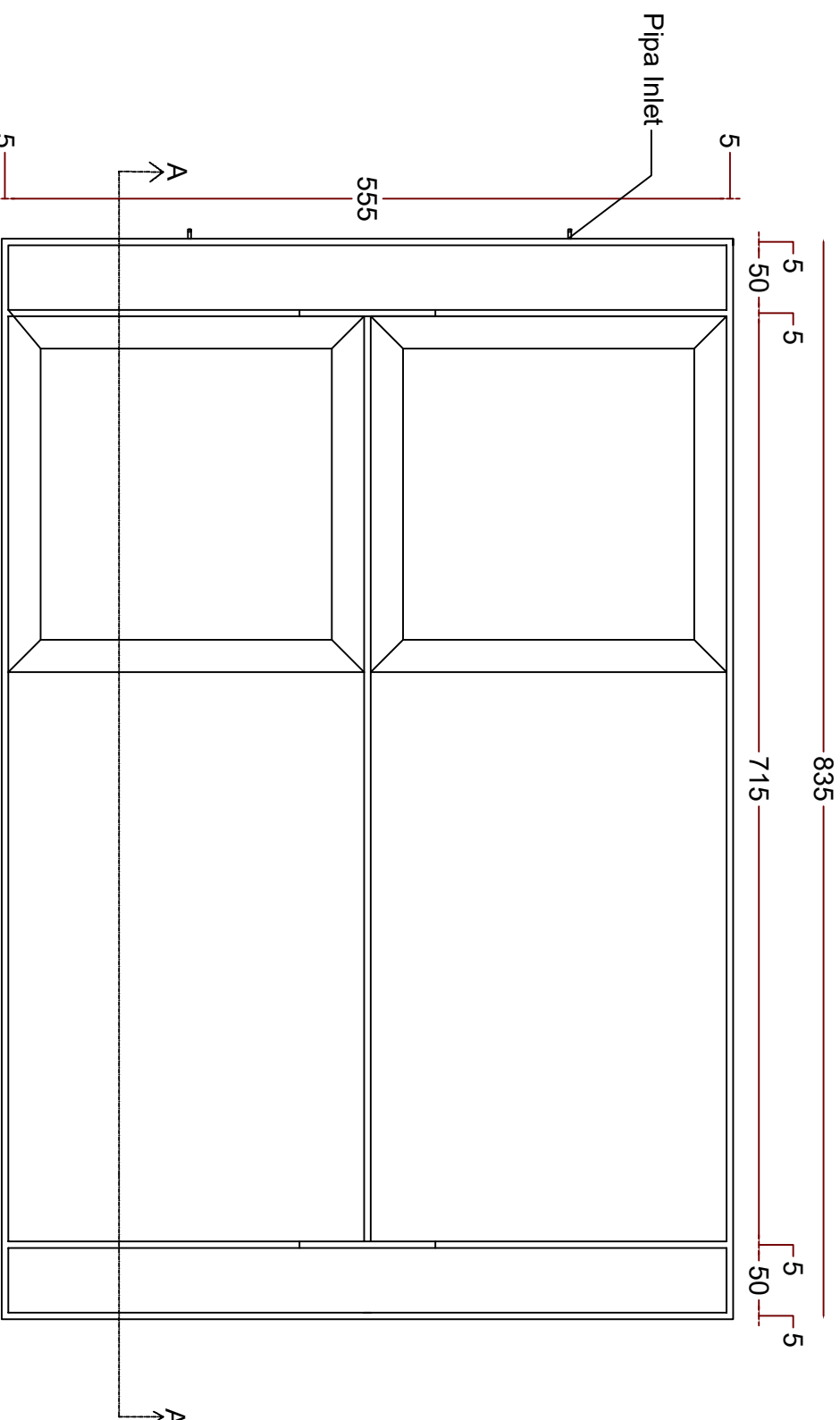
Ir. Bowo Djoko Marsano, M.Eng.
Dr. Ir. Ellina Pardede, M.T.
Dr. Ir. Iwan Bagyo S. M.T.

JUDUL GAMBAR

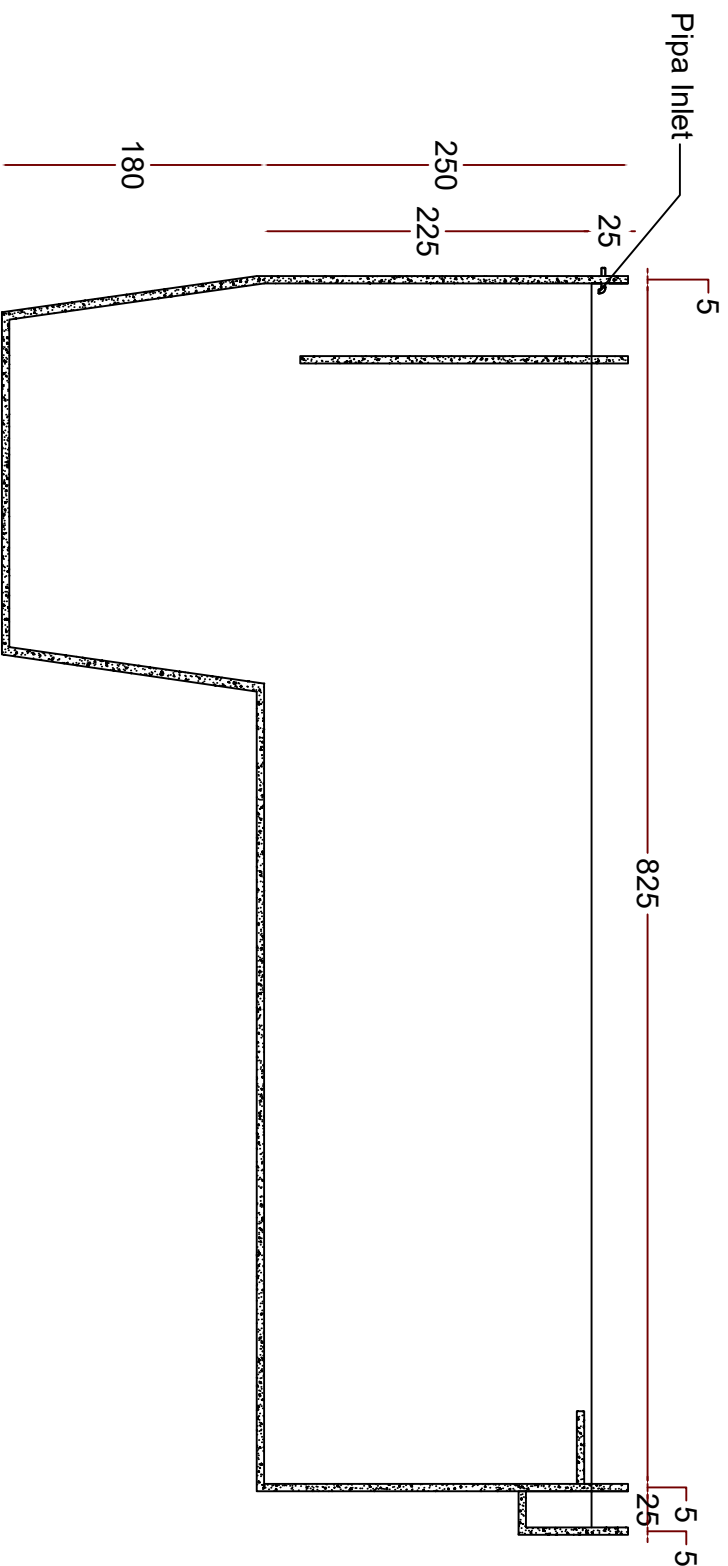
Bak Pengendap

NOJOK GAMBAR

9



BAK PENGENDAP I
SKALA 1 : 50



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

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP: 03211540000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENKULI

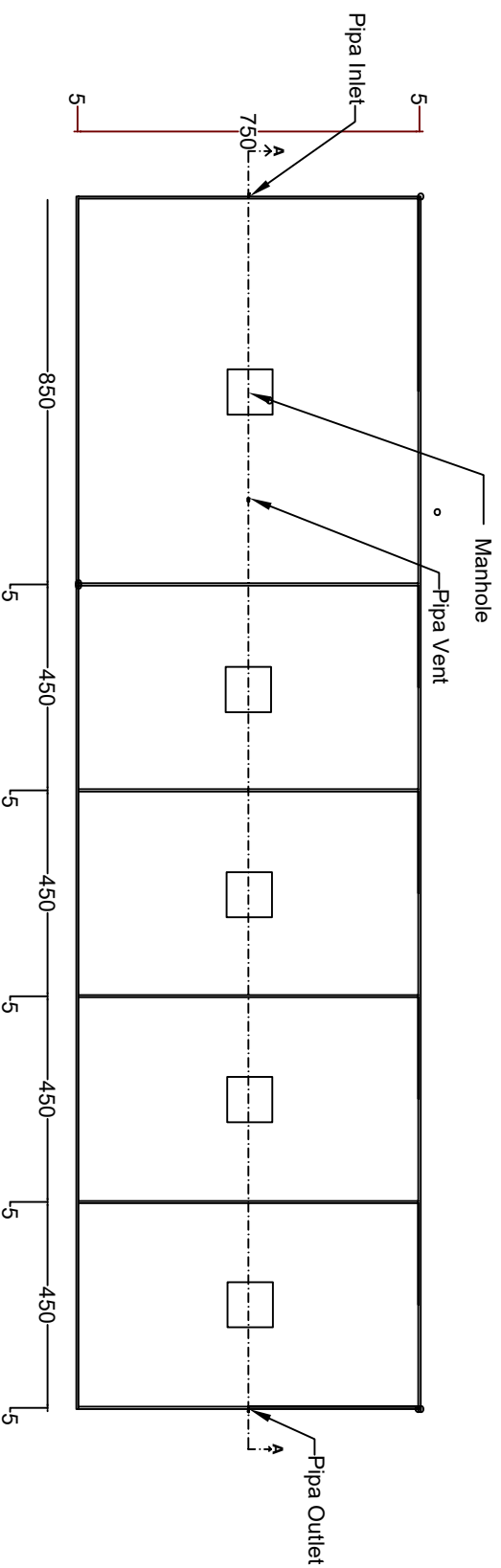
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
Dr. Ir. Ellina Pardesesi, M.T.
Dr. Ir. Iwan Bagyo S. M.T.

JUDUL GAMBAR

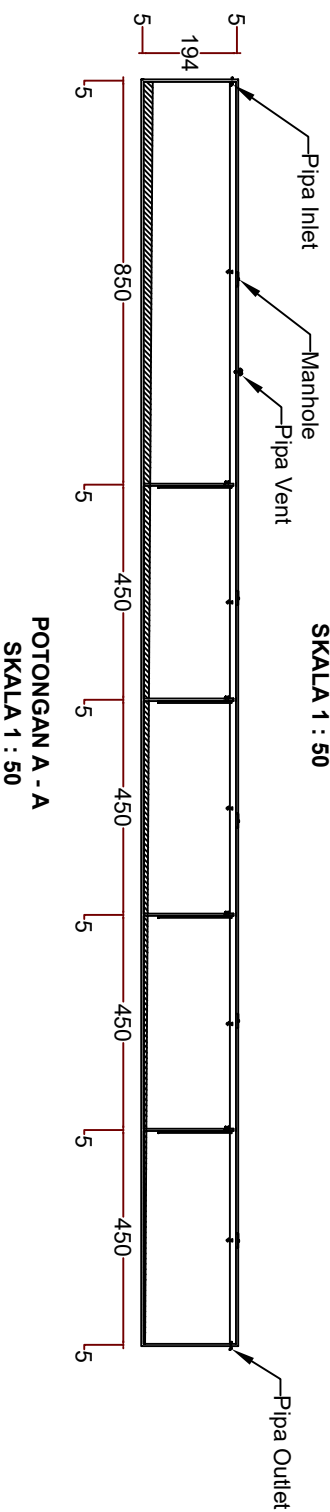
Bak Pengendap
Potongan A - A

NOMOR GAMBAR

10



ANAEROBIC BAFFLED REACTOR
SKALA 1 : 50



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 50

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
NRP: 03211540000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipong Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENKULU

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

Dr. Ir. Ellina Pardesesi, M.T.

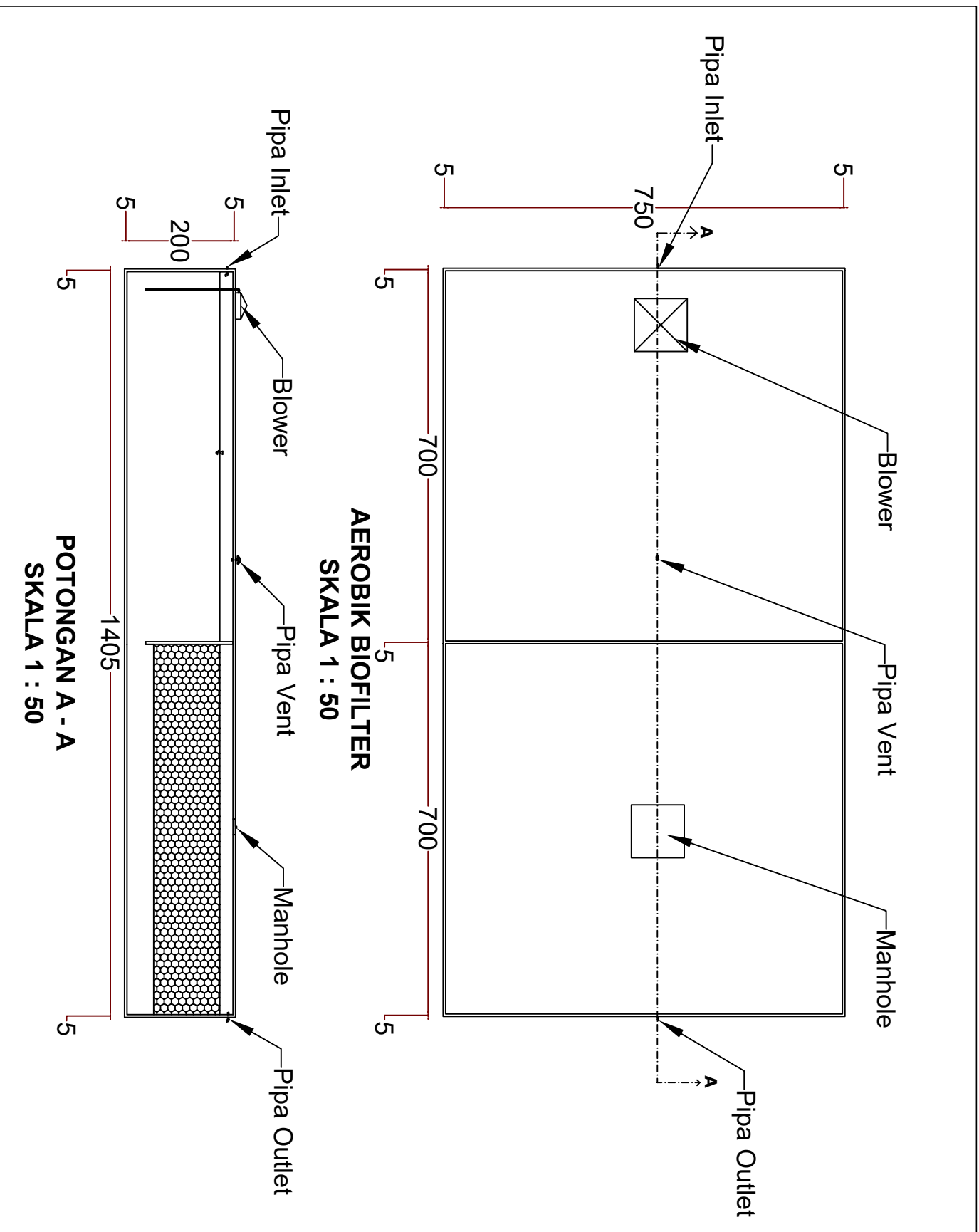
Dr. Ir. Iwan Bayyo S. M.T.

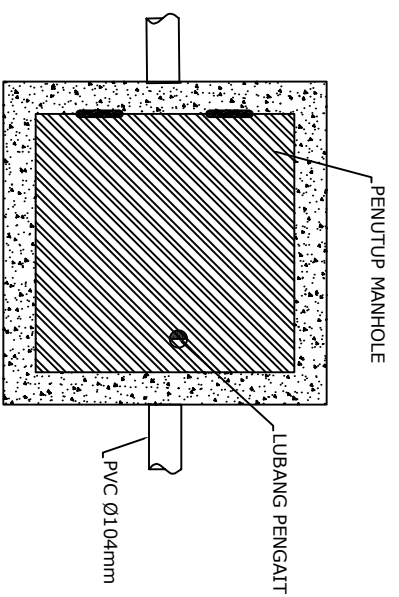
JUDUL GAMBAR

Anaerobic Baffled Reador

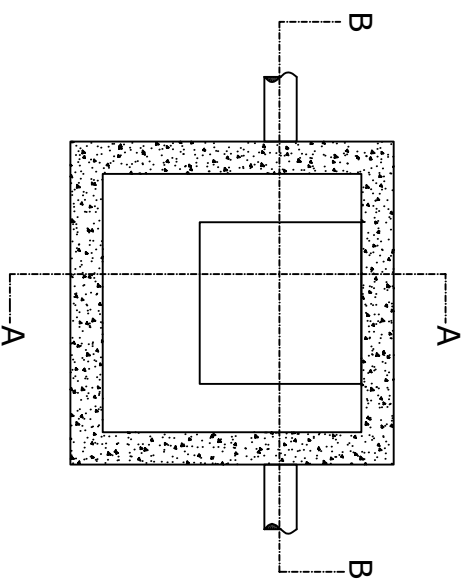
NOMOR GAMBAR

11

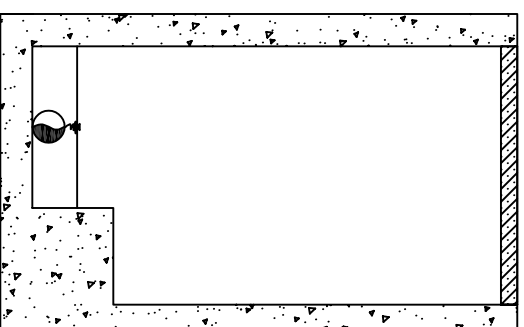




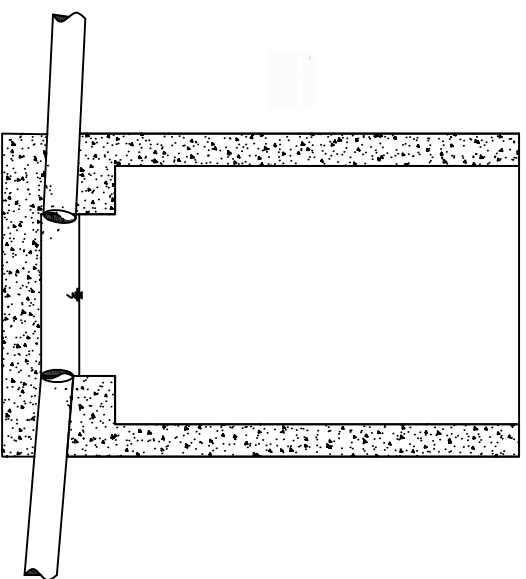
TAMPAK ATAS TANPA TUTUP
SKALA 1 : 15



TAMPAK ATAS TANPA TUTUP
SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 15

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
 NRP- 03211540000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENJULU

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

Dr. Ir. Ellina Pardesesi, M.T.

Dr. Ir. Iwan Bagyo S.M.T.

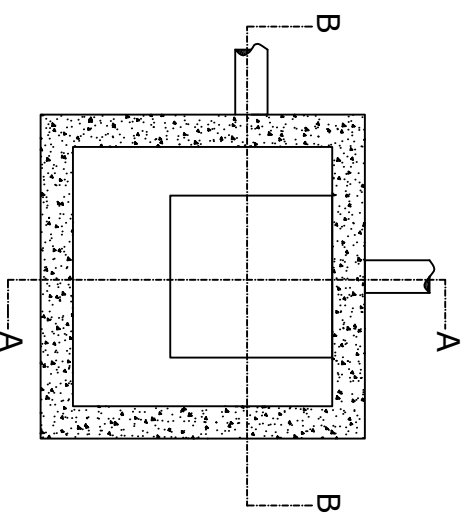
JUDUL GAMBAR

Manhole Lurus

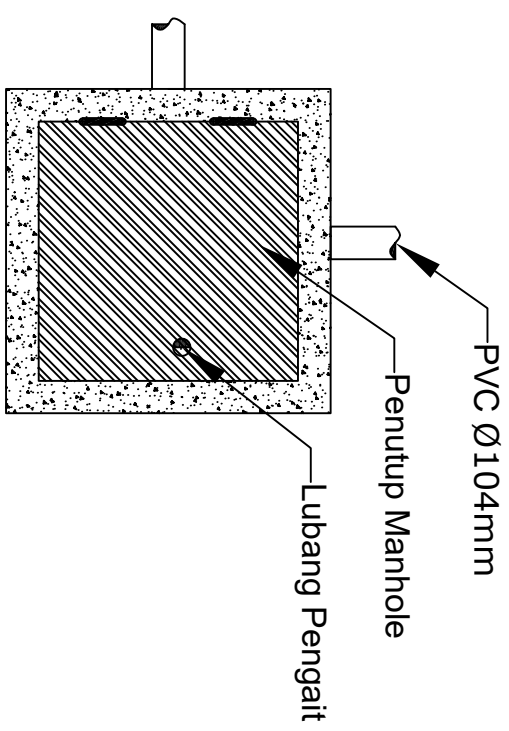
NOMOR GAMBAR

13

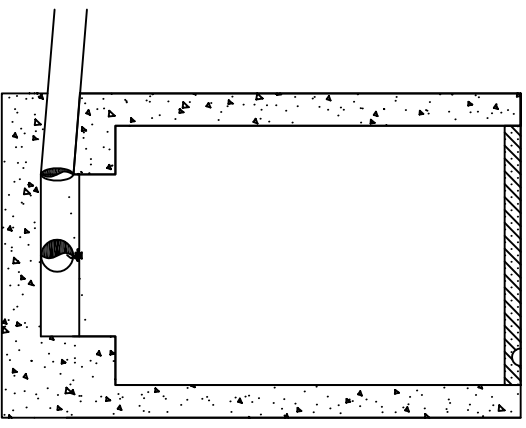
TAMPAK ATAS TANPA TUTUP
SKALA 1 : 15



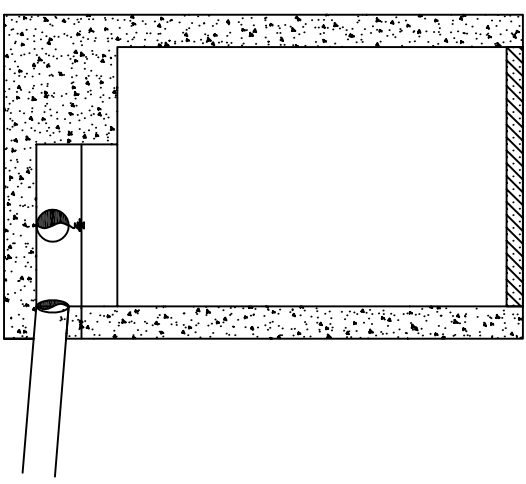
TAMPAK ATAS MANHOLE
SKALA 1 : 15



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15



MAHASISWA
 Natasya Olivia Aldisa
 NRP: 03211540000112

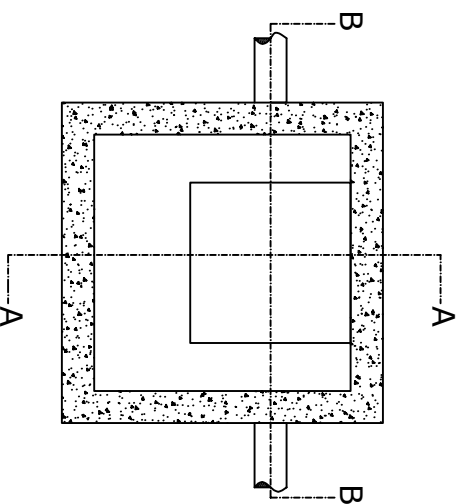
DOSSEN PEMBIMBING
 Iping Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D.

DOSSEN PENKULI
 Ir. Bowo Djoko Marsano, M.Eng.
 Dr. Ir. Ellina Pardedebe, M.T.
 Dr. Ir. Iwan Bagyo S. M.T.

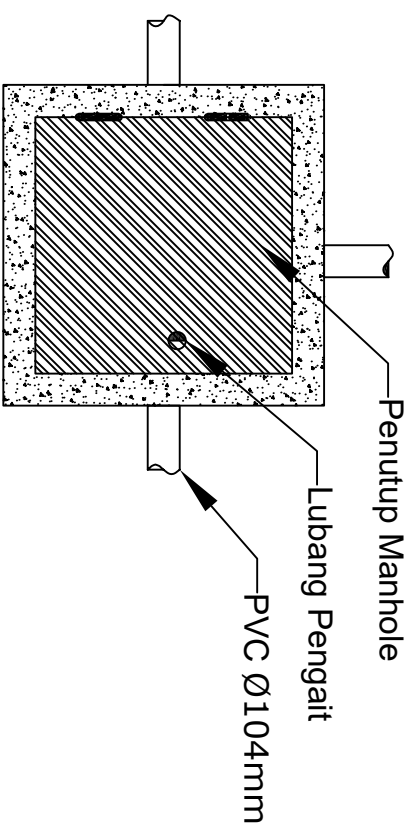
JUDUL GAMBAR

Manhole Belakan

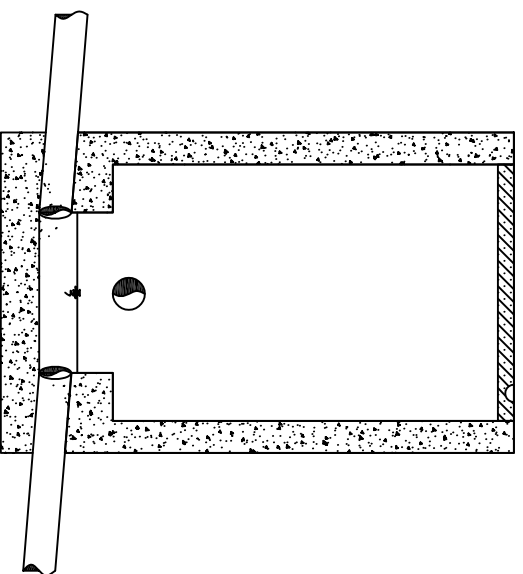
NOGOR GAMBAR



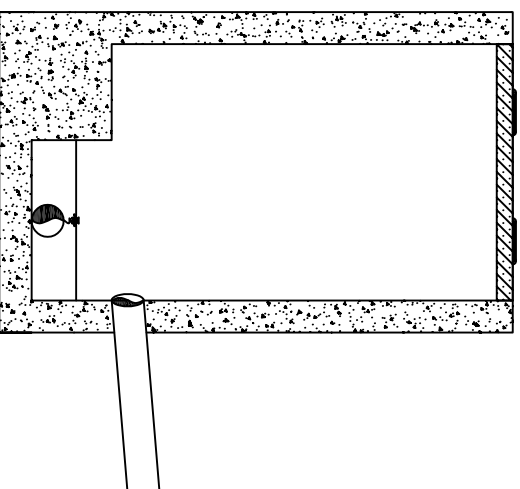
TAMPAK ATAS TANPA TUTUP
SKALA 1 : 15



TAMPAK ATAS MANHOLE
SKALA 1 : 15



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 15



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 15

MAHASISWA

Natasya Olivia Aldisa
 NRP- 03211540000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENKULU

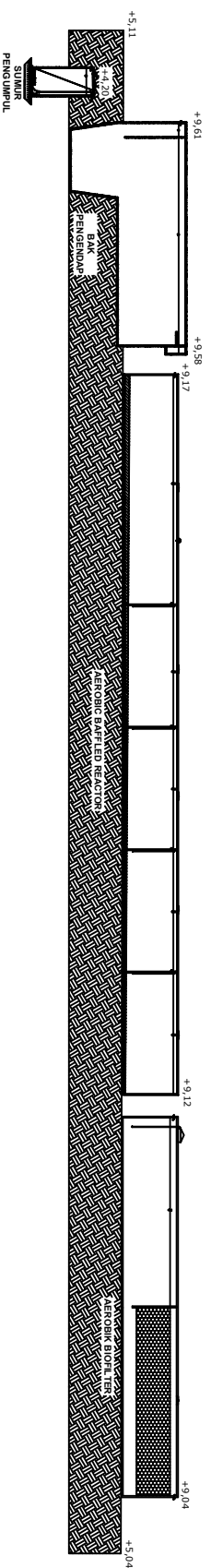
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
 Dr. Ir. Ellina Pardesesi, M.T.
 Dr. Ir. Iwan Bagyo S. M.T.

JUDUL GAMBAR

Manhole Perigaan

NOGOR GAMBAR

15



MAHASISWA

Natasya Olivia Aldesa
 NRP: 03211540000112

DOSSEN PEMBIMBING

Ipung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D

DOSSEN PENJAJI

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
 Dr. Ir. Ellina Pardedebe, M.T.
 Dr. Ir. Iwan Bagyo S. M.T.

JUDUL GAMBAR

Profil Hidroliis

NOMOR GAMBAR

16



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp. 031-5948886, Fax. 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 17 Juli 2019
Pukul : 09.30 - 11.30
Lokasi : TL - 102
Judul : Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Sememi, Kota Surabaya
Nama : Natasya Olivia Aldisa W.A
NRP. : 0321154000112
Topik : Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
-	Semua gambar sudah !!! Paroback !!! Tdk diacc & terry sake !!!
-	Jelaskan, jika paroback tdk memenuhi syarat, apa yg dilakukan ? Bgn cara memilih pipa ?
-	Jelaskan mengapa tingkat pengisian 100% ? Paroback yg setinggi brngnya 70% pdtk ? Bgn skr mengabd level sewer di perencanaan ? Bgn dpt mencapai target 100% ?
-	Target 100% ledeback apa ?
-	Kolam ✓ min tdk memenuhi syarat, mengapa manduk & pipa beton ?
-	letak bakor pengguna tanki sepntr 80% → Bgn krn mengabd dari TS ke sewer ? Sebnarnya 0000 dg sistem apa ? ke ltr
-	Pompa di grnir SPAL harus dpt menaikan level agar pengabd an tdk terlalu sdalam.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

Natasya
(*Handwritten signature*)



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Rabu, 17 Juli 2019
Pukul 09.30 - 11.30
Lokasi TL - 102
Judul Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan
Semem, Kota Surabaya
Nama Natasya Olivia Aldisa W.A.
NRP. 03211540000112
Topik Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
-	Semua gambar sudah !!! perbaikan !!! tdk dicek tdk ketop सब, !!!
-	Jelaskan, jika paku tdk memenuhi syarat, apa yg dilakukan? Bgm cara memilih pipa?
-	Jelaskan mengapa tingkat padangan 100%? Padahal up ketuis hanya 70% pttk? Bgm sks menghub level survey di perencanaan? Bgm dgt mencapai target 100%?
-	Target 100% tersebut apa? ←
-	Kalau v mini tdk memenuhi syarat, mengapa menaruh φ pipa besar?
-	apa yg kudu pergunakan Tanki sepuh 0,2% → Bgm kudu mengamb dari TS ke sewer? Sebenarnya cocok dg sistem apa? ke ltr
-	Pompa di girier SPAL harus dgt menaruh level agar pempe an tdk terlalu bolam.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD

Almasri
(*Al*)



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 50111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Rabu, 17 Juli 2019
Pukul 09.30 - 11.30
Lokasi TL - 102
Judul Perencanaan Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Samemi, Kota Surabaya
Nama Natasya Olivia Adisa WA
NRP. 0321154000112
Topik Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Pertanya Gambar
2.	Analisa Teknis? Seberapa jauh & tinggi? Haul
3.	perhitungan RAB. ↓ Detail. brp. tadul dlm paya dlm.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Irwan Bagyo S. MT

Dosen Pembimbing Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, PhD




FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Natasya Olivia Aldisa Widya Aryani
NRP : 03211540000112
Judul Tugas Akhir :

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Perbaiki gambar teknis	Sudah diperbaiki
2.	Perbaiki anggaran	Sudah diperbaiki
3.	Gambar penanaman pipa	Sudah diperbaiki

Dosen Pembimbing,


Iyung Fitri Purwati, S.T., M.T., Ph.D
NIP 19711114 2003 12 2 001

Mahasiswa Ybs.,


Natasya Olivia Aldisa W.A.
NRP 03211540000112

