



TUGAS AKHIR – RE 141581

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN SIMOKERTO
KOTA SURABAYA**

**RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022**

**Dosen Pembimbing
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



TUGAS AKHIR – RE 141581

**DESIGN OF DOMESTIC WASTEWATER
TREATMENT PLANT IN SIMOKERTO, SURABAYA
CITY**

**RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022**

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

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

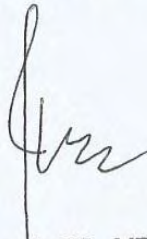
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RAGIL TRI SETIAWATI

NRP. 3312 100 022

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD.

NIP. 19711114 200312 2 001



PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN SIMOKERTO KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Ragil Tri Setiawati
NRP : 3312100022
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

ABSTRAK

Pada Kecamatan Simokerto tercatat 1.186 kepala keluarga atau sekitar 26,6% masih membuang air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) langsung ke badan air atau saluran drainase tanpa ada pengolahan. Kondisi sanitasi di Kecamatan Simokerto dapat dikatakan belum sesuai dengan target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019, salah satunya yakni 100% sanitasi yang layak. Oleh sebab itu, perlu adanya upaya perbaikan sanitasi yaitu merencanakan instalasi pengolahan air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) di Kecamatan Simokerto dan biaya yang dibutuhkan.

Instalasi pengolahan air limbah domestik yang digunakan untuk Kecamatan Simokerto, yakni *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Perencanaan pemilihan ABR berdasarkan pada kebutuhan lahan, pembangunan, pengoperasian, perawatan, biaya investasi, dan efisiensi. Penentuan debit air limbah berdasarkan hasil survei yakni 146 liter/orang/hari dan kualitas rata-rata air limbah domestik BOD, COD, TSS, dan pH yang digunakan dalam perencanaan yakni 494 mg/l, 799 mg/l, 473 mg/l, dan 6,8 dengan kapasitas pengolahan untuk 100 KK.

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) yang direncanakan memiliki 6 kompartemen dengan diameter pipa inlet 110 mm. Dimensi panjang, lebar, dan kedalaman ABR yakni 13,2 meter, 2,6 meter, dan 2,6 meter. Biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan ABR ini adalah sebesar Rp. 173.700.000,00.

Kata Kunci: *Anaerobic Baffled Reactor*, Air Limbah Domestik, Kecamatan Simokerto, Sanitasi

DESIGN OF DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT IN SIMOKERTO, SURABAYA CITY

Nama Mahasiswa : Ragil Tri Setiawati
NRP : 3312100022
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

ABSTRACT

There are 1,186 householder, or 26.6% population who throw away their domestic wastewater (black water and grey water) to the drainage channel directly without treatment in Simokerto district. Sanitation condition of Simokerto is not satisfy to target of Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 which said 100% good sanitation. Therefore, sanitation system must be improved by installation of wastewater (black water and grey water) treatment in Simokerto district.

Elected installation of domestic wastewater treatment for Simokerto district is *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. Election criterion is based on land requirement, construction, operation, maintenance, investment cost and efficiency. Determination of wastewater debit is based on survey result that 146 L/person/day. Average quality of domestic wastewater (BOD, COD, TSS and pH) is 494 mg/l, 799 mg/l, 473 mg/l and 6.8 with a processing capacity to 100 householder.

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) design has 6 compartment with diameter of inlet pipe is 110 mm. The length, width and depth dimension of ABR are 13,2 meters, 2,6 meters and 2,6 meters respectively. Total cost of ABR construction is Rp. 173.700.000,00.

Keyword: Anaerobic Baffled Reactor, Domestic wastewater, sanitation, Simokerto district.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya”** dapat diselesaikan tepat waktu. Tugas akhir ini dibuat sebagai persyaratan kelulusan Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini, penyusun telah mendapat banyak saran dan motivasi. Oleh karena itu, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan dan saran hingga laporan tugas akhir dapat terselesaikan.
2. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD, Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT. PhD, dan Bapak Ir. Rachmat Boedisantoso, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk laporan tugas akhir ini.
3. Instansi Pemerintah Kota Surabaya yang telah memberikan ijin melakukan penelitian/perencanaan di Kecamatan Simokerto.
4. Mas Agung selaku sanitarian Puskesmas Tambakrejo dan Mas Febri selaku sanitarian Puskesmas Simolawang yang telah meluangkan waktunya dalam pengambilan data di lokasi perencanaan.
5. Kedua orang tua saya, Mas Eko, Mbak Bunga, dan Mas Antok yang selalu memberi doa dan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Dini, Laili, Ricki, Risti, Bias, Hutomo, dan teman-teman Teknik Lingkungan 2012 yang telah memberikan dukungan, selama masa perkuliahan ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan kedepannya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Surabaya, Mei 2016
Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Buangan Domestik.....	5
2.2 Proyeksi Penduduk.....	5
2.3 Sistem Pengolahan Air Buangan Domestik.....	7
2.3.1 Sistem setempat (<i>on-site system</i>).....	7
2.3.2 Sistem terpusat (<i>off-site system</i>).....	8
2.4 Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik.....	8
2.4.1 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR).....	9
2.4.2 Filter Anaerobik (Bio Filter).....	10
2.4.3 <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC).....	11
2.4.4 <i>Aerobic Biofilter</i>	12
2.5 Kriteria Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik.....	13
2.6 Metode Pengumpulan Data.....	14
BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN.....	15
3.1 Gambaran Umum Kecamatan Simokerto.....	15
3.2 Lokasi Wilayah Perencanaan	15
3.3 Kondisi Sanitasi Air Limbah di Wilayah Perencanaan..	18
BAB IV METODE PERENCANAAN	21
4.1 Kerangka Perencanaan.....	21
4.2 Tahapan Perencanaan	23
BAB V HASIL PERENCANAAN	29
5.1 Proyeksi Penduduk Wilayah Perencanaan	29
5.2 Debit Air Limbah	36

5.3	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	38
5.3.1	Kualitas Air Limbah Domestik	38
5.3.2	Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik	39
5.3.3	Perhitungan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR) ...	39
5.3.4	Perhitungan Volume dan Tinggi Lumpur	49
5.3.5	Perhitungan <i>Mass Balance</i>	57
5.3.6	Perhitungan Jumlah Pipa Tiap Kompartemen	59
5.3.7	Perhitungan Profil Hidrolis	61
5.3.8	Perencanaan Pembangunan ABR	62
BAB VI	BOQ DAN RAB	65
6.1	<i>Bill Of Quantity</i> ABR	65
6.1.1	Tahapan Pekerjaan Konstruksi ABR	65
6.1.2	Uraian Harga Bahan/Material dan Upah Pekerja	66
6.1.3	Nilai HSPK Konstruksi ABR	67
6.1.4	Kuantitas dalam Pekerjaan Konstruksi ABR	75
6.2	Rencana Anggaran Biaya ABR	77
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	81
7.1	Kesimpulan	81
7.2	Saran	81
	DAFTAR PUSTAKA	83
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Luas Wilayah, Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Per Kelurahan Tahun 2015	15
Tabel 3.2	Jumlah Kepala Keluarga BABS Tahun 2015	16
Tabel 3.3	Matrik Pemilihan Lokasi Wilayah Perencanaan....	16
Tabel 4.1	Kategori Wilayah Berdasarkan Jumlah Penduduk	25
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk dan Jumlah KK yang BABS Kelurahan Kapasan, Kelurahan Simolawang, dan Kelurahan Tambakrejo.....	25
Tabel 4.3	Tingkat Kepercayaan dan Tingkat Kesalahan Berdasarkan Kategori Wilayah	25
Tabel 4.4	Jumlah Sampling Tiap Kelurahan	26
Tabel 5.1	Jumlah Penduduk Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang.....	29
Tabel 5.2	Rangkuman Nilai Korelasi.....	30
Tabel 5.3	Hasil Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatika	31
Tabel 5.4	Hasil Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometri	32
Tabel 5.5	Hasil Perhitungan Nilai Korelasi Metode <i>Least Square</i>	33
Tabel 5.6	Perhitungan Nilai Menggunakan Metode <i>Least Square</i>	34
Tabel 5.7	Hasil Proyeksi Penduduk Daerah Perencanaan...	35
Tabel 5.8	Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk yang Terlayani.	36
Tabel 5.9	Jumlah Kepala Keluarga yang Terlayani pada Tahun 2020	36
Tabel 5.10	Sumber Air Bersih Wilayah Perencanaan	37
Tabel 5.11	Pemanfaatan Air Bersih Daerah Perencanaan....	38
Tabel 5.12	Matriks Pemilihan Pengolahan Air Limbah Domestik	40
Tabel 5.13	Hasil Perhitungan Dimensi ABR	51
Tabel 5.14	Hasil Perhitungan Lumpur di Kompartemen Selama 2 Tahun.....	56
Tabel 5.15	Kedalaman Penggalan Tanah untuk ABR	63
Tabel 6.1	Uraian Tahapan Pekerjaan Konstruksi ABR.....	65

Tabel 6.2	Uraian Harga Bahan/Material dan Upah Pekerja..	66
Tabel 6.3	Nilai HSPK Konstruksi ABR	68
Tabel 6.4	Rencana Anggaran Biaya Pembangunan ABR	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat	7
Gambar 2.2	Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat	8
Gambar 2.3	Contoh Desain ABR	9
Gambar 2.4	Contoh Desain Filter Anaerobik (Bio Filter).....	11
Gambar 2.5	Contoh Desain RBC	12
Gambar 3.1	Kondisi Jalan Wilayah Perencanaan di Kelurahan Kapasan	17
Gambar 3.2	Kondisi Jalan Wilayah Perencanaan di Kelurahan Tambakrejo	17
Gambar 3.3	Kondisi Jalan Wilayah Perencanaan di Kelurahan Simolawang	18
Gambar 3.4	Contoh kondisi kamar mandi dan jamban di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan.....	19
Gambar 3.5	Kondisi saluran drainase di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan.....	19
Gambar 3.6	Kondisi saluran drainase dan salah satu contoh kondisi kamar mandi di wilayah perencanaan Kelurahan Tambakrejo	20
Gambar 3.7	Kondisi saluran drainase dan salah satu contoh kondisi jamban di wilayah perencanaan Kelurahan Simolawang	20
Gambar 4.1	Kerangka Perencanaan Tugas Akhir	22
Gambar 5.1	Persentase Sumber Air Bersih	37
Gambar 5.2	Faktor Removal COD dengan HRT.....	43
Gambar 5.3	Faktor Efisiensi Rasio BOD dengan Removal COD	43
Gambar 5.4	Persen Removal TSS dan BOD di Tangki Pengendap	44
Gambar 5.5	Faktor Reduksi Volume Lumpur Selama Penyimpanan.....	45
Gambar 5.6	Faktor Removal BOD yang Dipengaruhi oleh <i>Overloading</i>	45
Gambar 5.7	Removal BOD dengan Faktor <i>Strength</i>	46
Gambar 5.8	Hubungan Removal BOD dengan Faktor Temperatur	46

Gambar 5.9 Hubungan Removal BOD dengan Jumlah Kompartemen	47
Gambar 5.10 Faktor Rasio Efisiensi BOD dengan Removal COD	48
Gambar 5.11 <i>Mass Balance</i> ABR.....	60
Gambar 5.12 Panjang Pipa di Kompartemen.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Simokerto merupakan salah satu kecamatan di Kota Surabaya yang memiliki kepadatan penduduk tertinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Surabaya tahun 2015, kepadatan penduduk Kecamatan Simokerto pada hasil sensus penduduk tahun 2010 yakni 30.571 jiwa/km². Kepadatan penduduk tinggi disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk yang tidak diiringi dengan bertambahnya luas wilayah. Akibatnya kepadatan penduduk tinggi menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan (Prameswari, 2014). Hal ini terbukti bahwa berdasarkan Laporan Studi EHRA (*Environmental Health Risk Assessment*) Kota Surabaya 2010, Kecamatan Simokerto berada pada kluster 4 (area beresiko tinggi) terhadap kesehatan lingkungan dan rawan sanitasi.

Berdasarkan data Puskesmas Tambakrejo dan Simolawang (2015), bahwa di Kecamatan Simokerto tercatat 1.186 kepala keluarga atau sekitar 26,6% yang masih membuang air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) langsung ke badan air atau saluran drainase tanpa ada pengolahan terlebih dahulu. Apabila jumlah air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) yang dibuang berlebihan, melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya, maka akan terjadi kerusakan lingkungan (Wulandari, 2014) dan dapat meningkatkan potensi masyarakat terkena penyakit diare dan demam berdarah (Khairina, 2015). Berdasarkan data Dinas Kesehatan Kota Surabaya tahun 2013 di Puskesmas Tambakrejo dan Simolawang tercatat 2.213 orang yang terkena penyakit diare dan 45 orang terkena penyakit demam berdarah. Penanggulangan penyakit diare dan demam berdarah dapat dilakukan dengan upaya perbaikan sanitasi (Umiati, 2009). Hal ini juga belum sesuai dengan target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019 yakni 100 : 0 : 100, dimana 100% dalam pelayanan air bersih, 0% kawasan permukiman kumuh, dan 100% sanitasi yang layak. Oleh karena itu, pentingnya upaya perbaikan sanitasi dalam pemenuhan salah satu target RPJMN 2015-2019 maka

dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Teknologi pengolahan air limbah domestik yang sesuai untuk pemukiman di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan teknologi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan teknologi pengolahan air limbah domestik yang sesuai untuk pemukiman di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya.
2. Menghitung biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan teknologi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Daerah studi perencanaan di Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang Kota Surabaya.
2. Air limbah yang diolah yakni *grey water* dan *black water*.
3. Data primer meliputi observasi lapangan, wawancara, dan pengambilan sampel air limbah domestik (3 kali pengambilan sampel). Data sekunder meliputi peta wilayah studi, data penduduk, data sanitasi, dan HSPK Kota Surabaya 2015.
4. Parameter yang digunakan BOD, COD, TSS, dan pH.
5. Baku mutu efluen air limbah domestik yang digunakan sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 pada Lampiran III poin 4 tentang baku mutu air limbah domestik, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, perhotelan, dan asrama.
6. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan aspek biaya.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini yakni sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam upaya meminimalkan kebiasaan warga Kecamatan Simokerto yang masih buang air besar sembarangan dan jumlah warga yang terkena penyakit akibat sanitasi yang belum baik.
2. Sebagai bahan masukan kepada Pemerintah Kota Surabaya terkait pembiayaan teknologi pengolahan air limbah domestik untuk mewujudkan Kecamatan Simokerto bebas buang air besar sembarangan.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Buangan Domestik

Air buangan domestik adalah air yang telah digunakan oleh masyarakat yang mengandung material-material organik maupun anorganik dari air bekas memasak, mandi, cuci, dan kakus (Widiana dkk., 2012). Air buangan domestik dibagi menjadi dua kategori, dimana kategori pertama adalah air buangan dari kakus atau *Water Closet (WC)* yang disebut *black water* dengan kandungan organik tinggi dan kategori kedua adalah air buangan bekas mandi, cuci, dan air limbah dapur *non* kakus (*grey water*) yang biasanya tercampur dengan deterjen bekas air cucian dan terdapat kandungan organik yang cukup tinggi (Syafudin dkk., 2012).

Karakteristik air buangan domestik menurut Wisjnuprpto (2007) yakni sebagai berikut:

- BOD = 100 – 300 mg/l
- COD = 160 – 500 mg/l
- TSS = 200 – 1000 mg/l

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, baku mutu efluen air buangan domestik pemukiman yakni sebagai berikut:

- BOD = 30 mg/l
- COD = 50 mg/l
- TSS = 50 mg/l
- pH = 6-9

2.2 Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk, menurut Rivai dkk (2006) terdapat beberapa macam metode, antara lain:

a. Metode aritmatik

Rumus:

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o) \quad (2.1)$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar

T_o = Tahun dasar

T_n = Tahun ke-n

Ka = Rata-rata pertumbuhan penduduk tiap tahun

b. Metode Geometris

Rumus:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (2.2)$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

n = Jumlah interval tahun

r = Laju pertumbuhna penduduk per tahun

c. Metode *Least Square*

Rumus:

$$P_n = a + bx \quad (2.3)$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

x = Jumlah interval tahun

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum P \cdot \sum x}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.4)$$

$$b = \frac{N \cdot \sum (P \cdot x) - \sum P \cdot \sum x}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.5)$$

N = Jumlah data (harus ganjil)

Penentuan metode proyeksi penduduk yang paling mendekati kenyataan dari ketiga macam metode matematis diatas, setelah dilakukan perhitungan dengan ketiga metode diatas, maka perlu dihitung koefisien korelasinya (k) yang paling tepat yaitu nilai yang mendekati satu.

$$k = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{[n \cdot (\sum Y^2 - (\sum Y)^2)^{0,5} \cdot [n \cdot (\sum X^2 - (\sum X)^2)^{0,5}]} \quad (2.6)$$

Dimana:

k = Koefisien korelasi

X = Nomor data

Y = Data penduduk per tahun

n = Jumlah data

Metode yang mempunyai harga koefisien korelasi paling mendekati 1 adalah yang paling tepat.

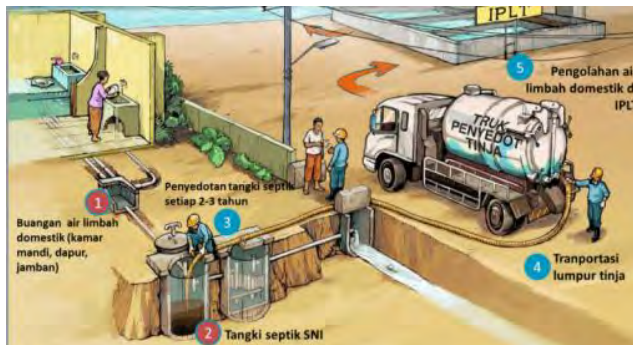
2.3 Sistem Pengolahan Air Buangan Domestik

Sistem pengelolaan air buangan domestik dikelompokkan menjadi 2 yakni:

- Sistem setempat, dimana air buangan (*black water* dan *grey water*) langsung diolah setempat.
- Sistem terpusat, dimana air buangan (*black water* dan *grey water*) dialirkan melalui perpipaan ke IPAL.

2.3.1 Sistem setempat (*on-site system*)

Sistem setempat adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima. Sistem ini biasanya digunakan dalam skala kecil/keluarga (Fajarwati, 2000). Berdasarkan Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi (2010), sistem setempat yakni dimana kotoran manusia dan air limbah (*grey water*) dikumpulkan dan diolah didalam lahan milik pribadi. Sistem sanitasi setempat memerlukan pembuangan endapan tinja/pengurasan secara berkala (2-4 tahun). Endapan tinja selanjutnya diangkut dan diolah ke Instalasi Pengelolaan Lumpur Tinja (IPLT). Sistem sanitasi setempat atau sistem pengelolaan air limbah domestik setempat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat
Sumber: Arianto dkk., 2016

2.3.2 Sistem terpusat (off-site system)

Sistem terpusat adalah sistem pembuangan air buangan domestik (mandi, cuci, dapur, dan limbah kotoran) yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan yang selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima (Fajarwati,2000). Berdasarkan Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi (2010), sistem terpusat yakni air kotoran manusia (*black water*) dan air limbah rumah tangga (*grey water*) digabungkan di satu tempat (bak kontrol) dan dibuang ke saluran melalui satu sambungan rumah. Sistem terpusat memerlukan adanya Sistem Penyalur Air Limbah (SPAL) yang tujuannya untuk mengalirkan air limbah (*black water* dan *grey water*) ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sistem sanitasi terpusat atau sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



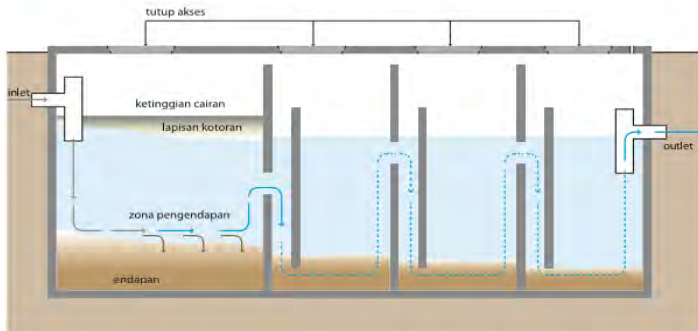
Gambar 2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat
Sumber: Iskandar dkk., 2016

2.4 Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik

Penanganan air buangan domestik, perlu dilakukan perencanaan teknologi pengolahan air buangan domestik. Teknologi pengolahan air buangan domestik tergantung pada kebutuhan atau kapasitas pengolahan, kondisi lingkungan, ketersediaan lahan, dan kemampuan pengguna dalam mengoperasikan dan memeliharanya (Herrari, 2015).

2.4.1 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Bangunan ABR memiliki kegunaan menampung kotoran dan air penggelontor (*black water*) dari kakus/jamban dan air bekas mandi, cuci, dan air limbah dapur *non* kakus (*grey water*). Aliran air di ABR yakni turun naik yang diakibatkan adanya *baffle*. Penurunan COD dalam ABR yakni mencapai rentang 85% - 90% dan penurunan BOD sekitar 70% - 95% (Gutterer dkk., 2009). Pengolahan air limbah domestik dengan ABR akan menghasilkan gas dan endapan lumpur yang harus dibuang setiap 2-3 tahun menggunakan truk penyedot tinja (Soedjono, 2010). Komposisi gas yang dihasilkan pada proses anaerobik berkisar antara 60% - 70% gas metan dan 30% - 40% karbon dioksida (Nguyen dkk., 2010). Contoh desain *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh Desain ABR
Sumber: Tilley, 2008

ABR cocok diterapkan di lingkungan kecil dan ABR cocok digunakan untuk mengolah berbagai jenis air limbah dengan konsentrasi BOD >150 mg/l. Kelebihan ABR adalah sebagai berikut:

- Efisiensi pengolahan tinggi.
- Lahan yang dibutuhkan sedikit.
- Biaya pembangunan kecil dan
- Biaya pengoperasian dan perawatan murah dan mudah.

- *Grey water* dan *black water* dapat dikelola secara bersamaan.
- Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material lokal.

Kekurangan ABR yakni sebagai berikut:

- Penurunan zat patogen rendah.
- Tukang ahli diperlukan untuk pekerjaan plester kualitas tinggi.
- Memerlukan sumber air yang konstan.

(Pamsimas, 2011)

Kriteria desain *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) menurut Sasse (1998) yakni sebagai berikut:

- Removal COD = 65% - 95%
- Removal BOD = 70% - 95%
- Kecepatan *upflow* = < 2,0 m/jam
- Beban organik (OLR) = < 3,0 kg COD/m³.hari
- HRT = > 8 jam
- Panjang kompartemen = 50%-60% kedalaman ABR.

2.4.2 Filter Anaerobik (Bio Filter)

Filter anaerobik yakni tangki septik yang terdiri dari satu atau lebih kompartemen (ruang) yang dipasang filter. Filter terbuat dari bahan alami seperti kerikil, sisa arang, bambu, batok kelapa atau plastik yang dibentuk khusus. Pada unit ini, terdapat bakteri aktif untuk memicu proses. Bakteri aktif didapatkan dari lumpur tinja tangki septik dan disemprotkan pada materi filter, namun diperlukan 6-9 bulan untuk menstabilkan bakteri diawal proses. Pemeliharaan pada filter anaerobik yakni dengan pembersihan filter karena semakin lama penggunaan filter anaerobik maka padatan dan biomassa menebal dan dapat menyumbat pori-pori filter, sehingga menurunkan efisiensi removalnya (Soedjono, 2010). Contoh desain filter anaerobik dapat dilihat pada Gambar 2.4.

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

- Tidak perlu energi listrik.
- Umur pelayanannya panjang.
- Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material lokal.

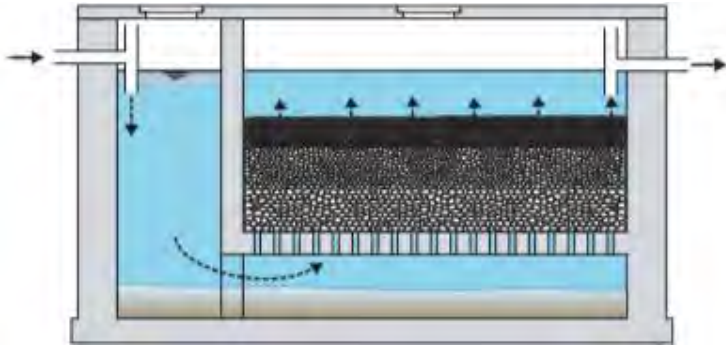
Kekurangan *Anaerobic Filter* (AF) adalah sebagai berikut:

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

(Morel dan Diener, 2006)

Kriteria desain *Anaerobic Filter* (AF) menurut Gutterer dkk., (2009) yakni sebagai berikut:

- Panjang chamber = < kedalaman air
- Beban organik = 4 – 5 kg COD/m³.hari
- *Hydraulic retention time* = 1,5 – 2 hari



Gambar 2.4 Contoh Desain Filter Anaerobik (Bio Filter)
Sumber: Morel dan Diener, 2006

2.4.3 *Rotating Biological Contactor* (RBC)

RBC adalah salah satu contoh unit pengolahan aerobik untuk air limbah. Pada RBC, terdapat pertumbuhan biomassa yang menempel pada permukaan piringan. Piringan di unit RBC selalu berputar terus-menerus yang tujuannya memberikan kesempatan kontak biomassa dengan air limbah/zat organik, bergantian dengan kontak udara untuk penyerapan oksigen. Perputaran piringan juga menghilangkan kelebihan biomassa yang menempel pada piringan dengan penghilangan secara mekanis. Pemeliharaan pada unit RBC yakni dengan pembersihan lumpur yang mengendap setiap bulan atau dua bulan, pelumasan dengan minyak pelumas untuk bagian peralatan yang bergerak, dan penyucian dengan cara

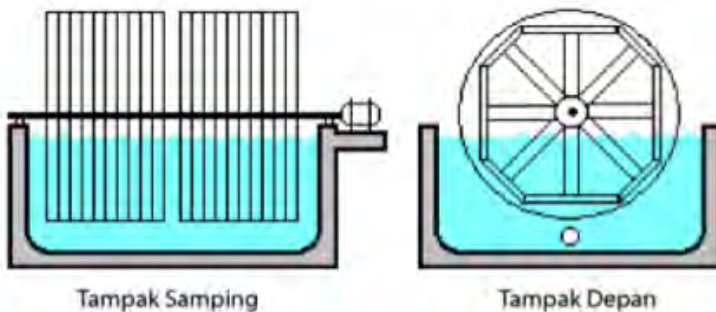
penyemprotan piringan yang mengandung biomassa berlebihan setiap 1-2 bulan. Contoh desain RBC dapat dilihat pada Gambar 2.5. Kelebihan RBC adalah sebagai berikut:

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

Kekurangan RBC adalah sebagai berikut:

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

(Soedjono, 2010).



Gambar 2.5 Contoh Desain RBC
Sumber: Soedjono, 2010

2.4.4 **Aerobic BioFilter**

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

pada permukaan media, dan dapat meremoval secara fisik partikel yang terlarut (Xing dkk., 2010). Konfigurasi aliran yang digunakan *Aerobic Biofilter* ada 2 jenis yakni aliran *upflow* dan aliran *downflow*. Aliran *upflow* yakni aliran air limbah yang mengalir dari bagian bawah reaktor, sedangkan aliran *downflow* air limbah dialirkan melalui atas reaktor (Hasan dkk., 2009). Menurut Barnard dan Stensel (2012), desain *Aerobic Biofilter* sebagai berikut:

- BOD loading rate = 250-300 ppd/1000 cf
- HLR = 2-4 gpm/sf
- Menggunakan *fine bubble aeration*
- NH₄-N loading rate = 60-90 ppd/1000 cf

Kelebihan *Aerobic Biofilter* adalah sebagai berikut:

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

Kekurangan *Aerobic Biofilter* adalah sebagai berikut:

- Peralatannya lebih kompleks.
- Perlu instrument yang bagus.
- Membutuhkan operator yang memiliki kemampuan dalam pengoperasiannya.
- Biaya operasi besar.
- Mudah terjadi penyumbatan ketika SS influen tinggi.

(Barnard dan Stensel, 2012)

2.5 Kriteria Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Buangan Domestik

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

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

8. Penggunaan bisa untuk air buangan domestik yang beban BOD nya tinggi.

Berdasarkan Buku Opsi Sanitasi yang Terjangkau untuk Daerah Spesifik (2009), dalam pemilihan teknologi air buangan domestik perlu memperhatikan rendahnya biaya pembangunan, kemudahan dalam pembangunan dan ketersediaan material di pasar lokal. Selain itu, pemilihan teknologi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat ekonomi masyarakat, muka air tanah dan topografi daerah studi perencanaan (Zuliyanto, 2011).

2.6 Metode Pengumpulan Data

Salah satu metode pengumpulan data yakni dengan wawancara. Wawancara merupakan angket lisan, artinya responden atau *interviewer* mengemukakan informasinya secara lisan dalam hubungan tatap muka, sehingga responden tidak perlu menuliskan jawabannya dan informasi-informasi penting dapat diperoleh. Teknik wawancara dapat dilakukan peneliti untuk merangsang responden agar memiliki wawasan pengalaman yang lebih luas. Selain itu, peneliti juga dapat menggali soal-soal penting yang belum terpikirkan dalam rencana penelitiannya (Sunyono, 2011). Menurut Ulya (2014), wawancara dilakukan terhadap warga masyarakat dan tokoh masyarakat yang dianggap lebih paham dengan kondisi masyarakatnya.

BAB III

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Gambaran Umum Kecamatan Simokerto

Kecamatan Simokerto merupakan salah satu kecamatan yang berada di wilayah Surabaya Pusat dengan luas wilayah $\pm 2,67 \text{ km}^2$. Secara geografis, Kecamatan Simokerto memiliki empat batas wilayah yang berdekatan. Bagian utara Kecamatan Simokerto berbatasan dengan Kecamatan Semampir dan Kecamatan Kenjeran. Bagian timur berbatasan dengan Kecamatan Tambaksari. Bagian selatan berbatasan dengan Kecamatan Genteng, dan bagian barat dengan Kecamatan Pabean Cantikan. Peta Kecamatan Simokerto dapat dilihat pada Lampiran 1.

Kecamatan Simokerto terbagi menjadi 5 kelurahan, yakni Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, Kelurahan Simokerto, Kelurahan Sidodadi, dan Kelurahan Simolawang. Luas wilayah, jumlah penduduk, dan kepadatan penduduk di masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Luas Wilayah, Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Per Kelurahan Tahun 2015

No	Kelurahan	Luas Wilayah (km²)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/km²)
1	Kapasan	0,51	17.362	34.043
2	Tambakrejo	0,61	22.256	36.485
3	Simokerto	0,86	24.170	28.104
4	Sidodadi	0,28	17.801	63.575
5	Simolawang	0,41	23.240	56.682

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2015

3.2 Lokasi Wilayah Perencanaan

Berdasarkan data sekunder mengenai kondisi sanitasi di Kecamatan Simokerto tahun 2015, daerah yang masih Buang Air Besar Sembarangan (BABS) terdapat di tiap kelurahan yang dapat dilihat pada Tabel 3.2. Berdasarkan data jumlah KK yang

BABS dilakukan pemilihan lokasi wilayah perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Jumlah Kepala Keluarga BABS Tahun 2015

Kelurahan	Jumlah KK ¹⁾	KK yang BABS ²⁾	Persentase KK yang BABS
Tambakrejo	4.451	370	8,3
Simokerto	4.834	504	10,4
Kapasan	3.472	90	2,6
Sidodadi	3.560	76	2,1
Simolawang	4.648	146	3,1
Total	20.966	1.186	26,6

Sumber: ¹⁾BPS Kecamatan Simokerto, 2015

²⁾Puskesmas Simolawang dan Tambakrejo, 2015

Tabel 3.3 Matrik Pemilihan Lokasi Wilayah Perencanaan

Kelurahan	Kepadatan penduduk (jiwa/km ²) ¹⁾	Tersedia lahan ²⁾	Akses jalan >2meter
Tambakrejo	36.485	di jalan kampung	v
Simokerto	28.104	lahan PJKA	v
Kapasan	34.043	di jalan kampung	v
Sidodadi	63.575	ada lahan	v
Simolawang	56.682	di jalan kampung	v

Sumber: ¹⁾BPS Kecamatan Simokerto, 2015

²⁾Puskesmas Simolawang dan Tambakrejo, 2015

Pada tugas akhir ini ini dipilih lokasi wilayah perencanaan di Kelurahan Kapasan (56 KK di RT 07 RW 05), Kelurahan Tambakrejo (142 KK di sebagian warga RT 01 RW 01, RT 04

RW 09, dan 75 KK di RT 04,05,06,07 RW 03) dan Kelurahan Simolawang (146 KK sebagian warga RT 06 RW 02, RT 01,02 RW 03, RT 03 RW 04). Pada Kelurahan Sidodadi dan Simokerto tidak dilayani karena sudah terdapat perencanaan IPAL oleh pihak lain dan status lahan milik PJKa dan tanah irigasi. Ketiga wilayah perencanaan tersebut merupakan pemukiman yang berada di bantaran kali. Kondisi jalan pada daerah perencanaan di Kelurahan Kapasan dan Kelurahan Tambakrejo yakni memiliki lebar \pm 4 meter dan menggunakan *paving block*. Kondisi jalan tersebut memudahkan akses mobil pengangkut material untuk pembangunan teknologi pengolahan air limbah domestik dan truk tinja untuk melakukan pengurusan terhadap teknologi tersebut. Kondisi jalan pada daerah perencanaan di Kelurahan Kapasan dan Kelurahan Tambakrejo dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Kondisi Jalan Wilayah Perencanaan di Kelurahan Kapasan



Gambar 3.2 Kondisi Jalan Wilayah Perencanaan di Kelurahan Tambakrejo

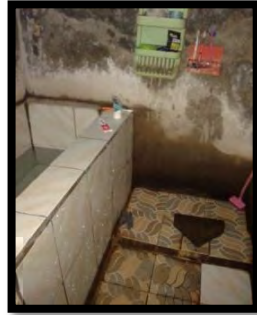
Kondisi jalan pada daerah perencanaan di Kelurahan Simolawang yakni memiliki lebar jalan \pm 14 meter, dimana lebar jalan 5 meter beraspal dan sisanya adalah bahu jalan yakni 4 meter dan 5 meter. Kondisi jalan di daerah perencanaan Kelurahan Simolawang kategori jalan lokal. Kondisi jalan pada daerah perencanaan di Kelurahan Simolawang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kondisi Jalan Wilayah Perencanaan di Kelurahan Simolawang

3.3 Kondisi Sanitasi Air Limbah di Wilayah Perencanaan

Kondisi sanitasi air limbah di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang yang berada di dekat bantaran kali, sebagian besar masyarakatnya membuang air limbah *black water* dan *grey water* ke saluran drainase/kali. Pada wilayah perencanaan di Kelurahan Kapasan, beberapa fasilitas sanitasi (kamar mandi dan jamban) terlihat baik, namun ada beberapa warga yang jambannya hanya berupa lubang kecil dan ditutupi oleh *paving block* atau kayu apabila tidak dipakai. Fasilitas sanitasi (kamar mandi dan jamban) di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan tidak adanya tangki septik, sehingga pembuangan air limbah *black water* dan *grey water* langsung ke saluran drainase yang berada dibawah teras rumah. Hal ini mengakibatkan air di saluran drainase terlihat hitam dan bau. Contoh kondisi kamar mandi dan jamban di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan kondisi saluran drainase di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Contoh kondisi kamar mandi dan jamban di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan



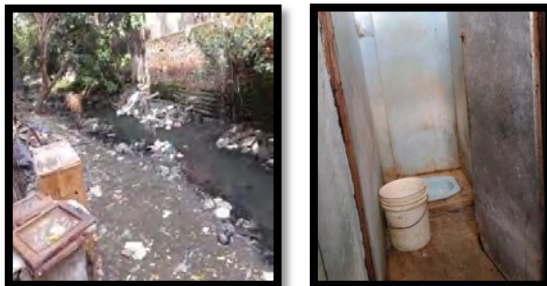
Gambar 3.5 Kondisi saluran drainase di wilayah perencanaan Kelurahan Kapasan

Pada wilayah perencanaan di Kelurahan Tambakrejo pembuangan air limbah *black water* dan *grey water* langsung ke saluran drainase yang letaknya dibelakang rumah. Banyaknya volume air limbah yang dibuang mengakibatkan air di saluran drainase berwarna hitam dan bau. Kondisi saluran drainase dan salah satu contoh kondisi kamar mandi dan jamban di wilayah perencanaan Kelurahan Tambakrejo dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kondisi saluran drainase dan salah satu contoh kondisi kamar mandi di wilayah perencanaan Kelurahan Tambakrejo

Pada wilayah perencanaan di Kelurahan Simolawang, sanitasi air limbahnya terlihat kumuh. Hal ini dapat dilihat dari kondisi saluran drainase yang berada dibelakang rumah dan fasilitas sanitasi (ruang buang air besar) yang sempit dan tidak adanya ventilasi. Pada saluran drainase tersebut, terlihat banyak sampah dan terdapat pipa-pipa buangan *black water* dan *grey water* yang mengarah langsung ke saluran drainase. Kondisi saluran drainase dan salah satu contoh fasilitas sanitasi di wilayah perencanaan Kelurahan Simolawang dapat dilihat pada Gambar 3.7.

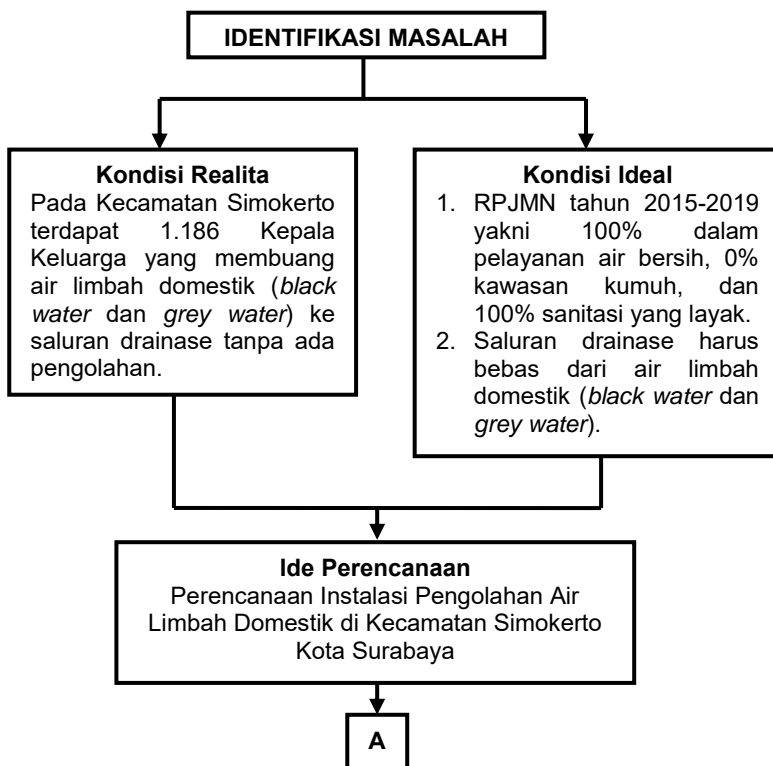


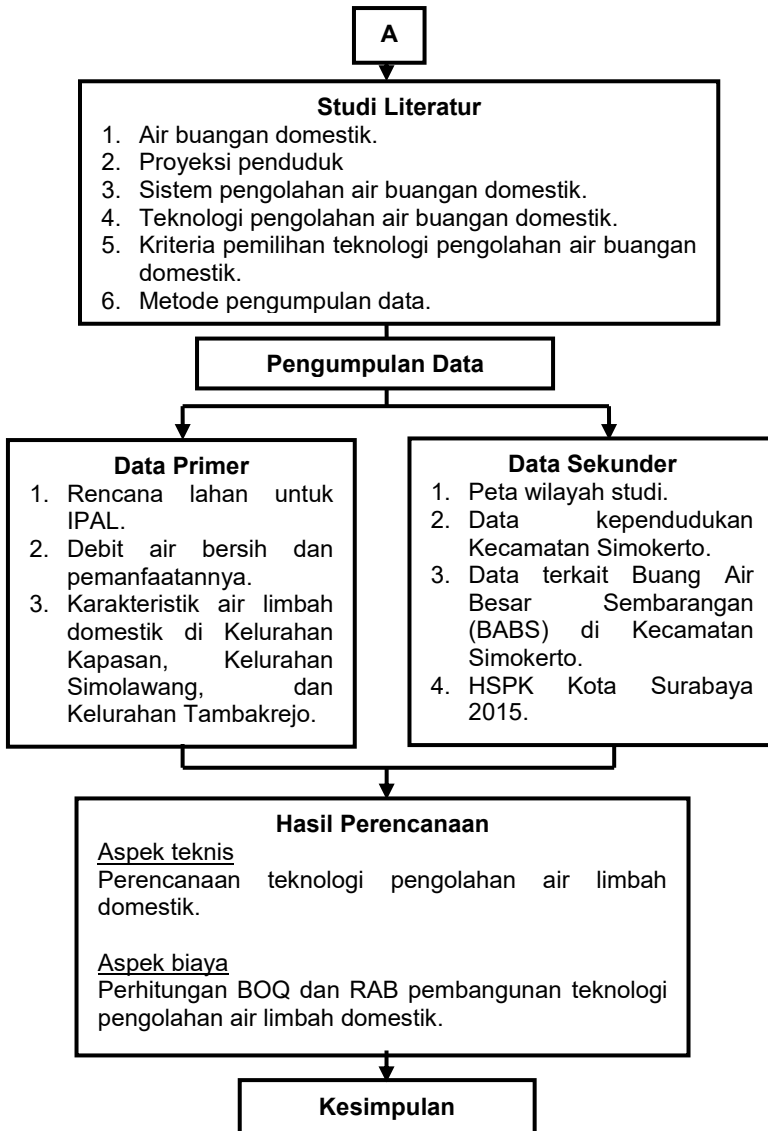
Gambar 3.7 Kondisi saluran drainase dan salah satu contoh kondisi jamban di wilayah perencanaan Kelurahan Simolawang

BAB IV METODE PERENCANAAN

4.1 Kerangka Perencanaan

Pada metode perencanaan dibutuhkan kerangka perencanaan bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang langkah-langkah kegiatan yang akan dilakukan selama proses perencanaan. Perencanaan ini berawal dari membandingkan antara kondisi realita wilayah studi dengan kondisi ideal, sehingga didapatkan masalah yang ada dan ide penelitian. Kerangka perencanaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir

4.2 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan kerangka perencanaan diatas, berikut penjelasan tahapan perencanaanya:

1. Ide perencanaan

Ide perencanaan didapatkan dari kondisi realita di Kecamatan Simokerto, dimana kondisi realitanya tidak sesuai dengan kondisi ideal yang direncanakan oleh pemerintah. Kondisi realita di Kecamatan Simokerto tercatat 1.186 Kepala Keluarga atau sekitar 26,6% yang membuang air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) ke saluran drainase tanpa adanya pengolahan, sedangkan pada kondisi idealnya adalah saluran drainase harus bebas dari air limbah domestik dan salah satu target dari RPJMN 2015-2019 yakni 100% masyarakat memiliki sanitasi yang layak. Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik yang sesuai di Kecamatan Simokerto.

2. Studi literatur

Studi literatur pada tahapan perencanaan ini dibutuhkan sebagai landasan teori dalam melaksanakan perencanaan. Studi literatur didapat dari buku/*handbook*, jurnal nasional dan internasional, peraturan/kebijakan pemerintah yang berlaku, dan laporan. Studi literatur yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain:

- Pengertian air buangan domestik.
- Proyeksi penduduk.
- Sistem pengolahan air buangan domestik.
- Teknologi pengolahan air buangan domestik.
- Kriteria pemilihan teknologi pengolahan air buangan domestik.
- Metode pengumpulan data.

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data dibutuhkan dalam perencanaan ini. Pengumpulan data digunakan untuk mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Data yang dibutuhkan adalah data primer dan data sekunder, yang terdiri dari:

a. Data primer

- Survei Lapangan

Kondisi eksisting pipa penyaluran air limbah domestik (*black water* dan *grey water*), jalan akses (foto kegiatan

pengukuran jalan dapat dilihat pada Lampiran 2), dan lahan kosong/aset pemerintah di daerah perencanaan (Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang).

● Wawancara

Wawancara dilakukan pada aparat pemerintah (Sanitarian dan Lurah), tokoh masyarakat (Ketua RT, Ketua RW, dan Kader lingkungan) dan beberapa warga untuk mengetahui daerah yang masih Buang Air Besar Sembarangan (BABS), data lahan aset pemerintah di Kecamatan Simokerto, ada/tidaknya IPAL komunal pada daerah perencanaan, kebutuhan dan pemanfaatan air bersih, dan rata-rata anggota keluarga dalam 1 KK nya. Kuesioner terhadap warga dapat dilihat pada Lampiran 3. Wawancara terhadap warga dilakukan secara *random sampling*. Jumlah sampel yang diambil mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18 Tahun 2007 tentang Tata Cara Survei, berikut rumus yang digunakan:

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)D+p(1-P)} \quad (4.1)$$

$$D = \frac{B^2}{t^2} \quad (4.2)$$

Dimana :

- n = Jumlah sampel
- N = Jumlah penduduk yang dilayani
- P = Rasio dari unsur dalam sampel yang memiliki sifat yang diinginkan (P=0,5)
- B = *Bound of Error* (tingkat kesalahan tiap sampel) yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.
- t = Tingkat kepercayaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Sebelum dilakukan perhitungan, terlebih dahulu ditentukan jumlah KK yang akan dilayani pada perencanaan ini, dapat dilihat pada Tabel 4.2,

selanjutnya dilakukan perhitungan berdasarkan tingkat kepercayaan dan kesalahan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Kategori Wilayah Berdasarkan Jumlah Penduduk

No.	Kategori Wilayah	Jumlah penduduk (jiwa)
1	Kota Metropolitan	> 1.000.000
2	Kota Besar	500.000 - 1.000.000
3	Kota Sedang	100.000 - 500.000
4	Kota Kecil	10.000 - 100.000

Sumber : Permen PU No. 18 Tahun 2007

Tabel 4.2 Jumlah Penduduk dan Jumlah KK yang BABS Kelurahan Kapasan, Kelurahan Simolawang, dan Kelurahan Tambakrejo

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Kepala Keluarga yang dilayani
1	Kapasan	17.362	56
2	Tambakrejo	22.256	217
3	Simolawang	23.240	146
Total		62.858	419

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2015 dan Puskesmas Tambarejo dan Puskesmas Somolawang, 2015

Tabel 4.3 Tingkat Kepercayaan dan Tingkat Kesalahan Berdasarkan Kategori Wilayah

No.	Kategori Wilayah	Tingkat Kepercayaan	Tingkat Kesalahan
1	Kota Metropolitan	95%	2%
2	Kota Besar	95%	3%
3	Kota Sedang	95%	5%
4	Kota Kecil	95%	6%

Sumber : Permen PU No. 18 Tahun 2007

Berdasarkan Tabel 4.3, maka kategori wilayah perencanaan yakni kategori kecil dengan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat kesalahan 6%. Jadi, jumlah sampel yang diambil untuk wawancara yakni sebagai berikut:

$$D = \frac{B^2}{t^2} = \frac{0,06^2}{0,95^2} = 0,004$$

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)D + p(1-p)} = \frac{419 \times 0,5(1-0,5)}{[(419-1)0,004] + [0,5(1-0,5)]} = 55$$

Maka, warga yang diwawancarai sebanyak 55 KK. Jumlah sampling wawancara tiap kelurahannya dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan foto kegiatan wawancara dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.4 Jumlah Sampling Tiap Kelurahan

No.	Kelurahan	Jumlah sampling (KK)
1	Kapasan	7
2	Tambakrejo	28
3	Simolawang	20
Total		55

Sumber: Hasil Perhitungan

- Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik dilakukan dengan pengambilan sampel air limbah domestik di daerah perencanaan. Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan pada 1 titik di lokasi terpilih dengan frekuensi pengambilan seminggu sekali dalam 3 minggu berturut-turut pada waktu yang sama. Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan pada salah satu pipa outlet rumah warga, dimana foto kegiatan pengambilan sampel air limbah domestik dapat dilihat pada Lampiran 1. Selanjutnya dianalisa karakteristiknya di laboratorium. Parameter yang dianalisa yakni COD, BOD, TSS, dan pH. Hasil kualitas air limbah domestik dalam 3 kali

pengambilan sampel di Kelurahan Simolawang (Lampiran 4) dan Tambakrejo (Lampiran 5).

b. Data sekunder

- Data jumlah penduduk Kecamatan Simokerto dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Peta wilayah Kecamatan Simokerto dari Badan Perencana Pembangunan Kota Surabaya dan Kecamatan Simokerto.
- Kondisi eksisting sanitasi (Buang Air Besar Sembarangan) di Kecamatan Simokerto dari Puskesmas Tambakrejo dan Puskesmas Simolawang.
- HSPK Kota Surabaya 2015.

4. Hasil perencanaan

Hasil dan pembahasan pada perencanaan ini meliputi dua aspek yakni aspek teknis dan aspek biaya. Pada aspek teknis dilakukan perencanaan teknologi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto. Pada aspek biaya yakni menghitung BOQ dan RAB teknologi pengolahan air limbah domestik yang disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015.

5. Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir diperoleh dari hasil dan pembahasan yang merupakan jawaban dari tujuan perencanaan yakni perencanaan teknologi air limbah domestik yang sesuai di Kecamatan Simokerto dan BOQ dan RAB yang dibutuhkan untuk menerapkan teknologi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB V

HASIL PERENCANAAN

5.1 Proyeksi Penduduk Wilayah Perencanaan

Pada perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto, ditetapkan wilayah perencanaan yakni di Kelurahan Kapasan (56 KK di RT 07 RW 05), Kelurahan Tambakrejo (142 KK di sebagian warga RT 01 RW 01, RT 04 RW 09, dan 75 KK di RW 03 RT 04,05,06,07) dan Kelurahan Simolawang (146 KK sebagian warga RT 06 RW 02, RT 01,02 RW 03, RT 03 RW 04). Data yang didapat mengenai tiga kelurahan tersebut yakni data jumlah penduduk dan data survai lapangan (lahan untuk penanaman IPAL). Pada tiga kelurahan tersebut terjadi penambahan penduduk tiap tahunnya, sehingga dalam perencanaan IPAL diperlukan perhitungan proyeksi penduduk untuk mengetahui jumlah penduduk yang akan tinggal di daerah perencanaan. Perhitungan proyeksi penduduk membutuhkan periode desain. Periode desain pada perencanaan ini adalah 5 tahun terhitung dari tahun 2016 hingga tahun 2020. Jumlah penduduk di Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang selama 4 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Jumlah Penduduk Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang

Kelurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)			
	2012	2013	2014	2015
Kapasas	16.980	17.009	17.073	17.362
Tambakrejo	17.668	21.480	21.653	22.256
Simolawang	22.108	22.463	22.629	23.240
Total	56.756	60.952	61.355	62.858

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya

Selanjutnya dilakukan perhitungan proyeksi penduduk. Proyeksi penduduk dilakukan menggunakan 3 metode yaitu metode aritmatika, geometri, dan *least square*. Ketiga metode tersebut tidak digunakan secara bersamaan, namun dilakukan perhitungan nilai korelasi (r) terlebih dahulu untuk menentukan metode yang akan digunakan. Perhitungan nilai korelasi dapat dilakukan dengan persamaan (5.1).

$$r = \frac{n \cdot (\sum x \cdot y) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n \cdot (\sum y^2) - (\sum y)^2][n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{0.5}} \quad (5.1)$$

dimana:

n = Jumlah data

untuk metode aritmatika

x = Urutan data mulai dari angka 1

y = Selisih jumlah penduduk tiap tahun

untuk metode geometri

x = Urutan data mulai angka 1

y = (ln) Jumlah penduduk

untuk metode *least square*

x = Urutan data mulai dari angka 1

y = Jumlah penduduk

Hasil perhitungan nilai korelasi dari ketiga metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2. Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode aritmatika dapat dilihat pada Tabel 5.3. Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode geometri dapat dilihat pada Tabel 5.4. Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode *least square* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.2 Rangkuman Nilai Korelasi

Metode	Nilai Korelasi
Aritmatika	0,049
Geometri	0,920
<i>Least square</i>	0,924

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatika

No (x)	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (y)	$\Sigma (xy)$	$\Sigma (y^2)$	$(\Sigma y)^2$	$\Sigma (x^2)$	(Σx)	$(\Sigma x)^2$
1	2012	56.756	0	0	0		1	1	
2	2013	60.952	4.196	8.392	17.606.416		4	2	
3	2014	61.355	403	1.209	162.409		9	3	
4	2015	62.858	1.503	6.012	2.259.009		16	4	
Jumlah		241.921	6.102	15.613	20.027.834	37.234.404	30	10	100
r = 0,049									

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometri

No (x)	Tahun	Jumlah Penduduk (y)	Pertumbuhan Penduduk (jiwa)	ln y	$\Sigma (xy)$	$\Sigma (y^2)$	$(\Sigma y)^2$	$\Sigma (x^2)$	(Σx)	$(\Sigma x)^2$
1	2012	56.756	0	10,95	10,95	119,83		1	1	
2	2013	60.962	4.196	11,02	22,04	121,39		4	2	
3	2014	61.355	403	11,02	33,07	121,54		9	3	
4	2015	62.858	1.503	11,05	44,19	122,07		16	4	
Jumlah		241.921	6.102	44,04	110,25	484,83	1939,29	30	10	100

$$r = 0,920$$

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Nilai Korelasi Metode Least Square

No (x)	Tahun	Jumlah Penduduk (y)	Pertumbuhan Penduduk (jiwa)	$\Sigma (xy)$	$\Sigma (y^2)$	$(\Sigma y)^2$	$\Sigma (x^2)$	(Σx)	$(\Sigma x)^2$
1	2012	56.756	0	56.756	3.221.243.536		1	1	
2	2013	60.952	4.196	121.904	3.715.146.304		4	2	
3	2014	61.355	403	184.065	3.764.436.025		9	3	
4	2015	62.858	1.503	251.432	3.951.128.164		16	4	
Jumlah		241.921	6.102	614.157	14.651.954.029	58.525.770.241	30	10	100
r = 0,924									

Pada ketiga metode tersebut, nilai korelasi yang mendekati 1 adalah metode *least square* yakni 0,924. Maka, pada perencanaan ini metode yang digunakan adalah *least square*. Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode *least square* dapat dihitung dengan persamaan (5.2).

$$P_n = a + b(t) \quad (5.2)$$

dimana:

- P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n
- a = konstanta yang diperoleh dari $\Sigma y/n$
- b = parameter yang diperoleh dari $\Sigma xy/\Sigma x^2$
- t = kurun waktu
- n = banyaknya data

Berikut contoh perhitungan proyeksi penduduk tahun 2020 Kelurahan Kapasan pada wilayah perencanaan yakni RT 07 RW 05.

Data perhitungan:

- Jumlah data penduduk (n) = 4
- Jumlah penduduk 4 tahun terakhir (y) = 68.424 jiwa
- Maka, nilai a = $\Sigma y/n$
 $= 68.424 / 4$
 $= 17.106$

Dalam perhitungan nilai b , perlu adanya nilai x . Nilai x pada perhitungan ini adalah nilai media dari data genap yang jdapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Perhitungan Nilai Menggunakan Metode *Least Square*

No	Tahun	Jumlah Penduduk (y)	Tahun ke-(x)	x^2	xy
1	2012	16.980	-3	9	-50.940
2	2013	17.009	-1	1	-17.009
3	2014	17.073	1	1	17.073
4	2015	17.362	3	9	52.086
Total		68.424	0	20	1.210

$$\begin{aligned} \text{Maka, nilai } b &= \Sigma xy / \Sigma x^2 \\ &= 1210 / 20 \\ &= 60,5 \end{aligned}$$

Sehingga proyeksi penduduk di Kelurahan Kapasan pada tahun 2016 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_n &= 17.106 + 60,5 (t) \\ &= 17.106 + 60,5 (9) \\ &= 17.651 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Proyeksi penduduk di Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil Proyeksi Penduduk Daerah Perencanaan

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Kapasas	17.409	17.469	17.530	17.590	17.651
2	Tambakrejo	24.249	24.945	25.642	26.339	27.036
3	Simolawang	23.501	23.679	23.857	24.035	24.213

Berdasarkan hasil survei, rata-rata jumlah anggota keluarga pada wilayah perencanaan dalam 1 KK adalah 5 orang. Tujuan survei mengenai jumlah anggota keluarga adalah untuk mengetahui persentase penduduk yang dilayani di tahun proyeksi (tahun 2020), sehingga dapat diketahui jumlah IPAL yang dibutuhkan.

Pelayanannya jumlah penduduk di Kelurahan Kapasan pada tahun 2015 yang membuang air limbah domestiknya (*black water* dan *grey water*) ke saluran drainase adalah 56 KK atau 1,6% dari jumlah penduduk Kelurahan Kapasan tahun 2015. Berdasarkan Tabel 5.7 dapat diketahui jumlah KK yang akan dilayani pada tahun 2020. Berikut contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penduduk yang dilayani} &= 17.651 \times 1,6\% \\ &= 285 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah KK yang dilayani} &= 285 \text{ jiwa} / 5 \text{ jiwa} \\ &= 57 \text{ KK} \end{aligned}$$

Jumlah penduduk yang dilayani pada perencanaan ini di Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan

Simolawang dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan jumlah KK yang dilayani pada tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.8 Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk yang Terlayani

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Kapasan	281	282	283	284	285
2	Tambakrejo	1.182	1.216	1.250	1.284	1.318
3	Simolawang	738	744	749	755	761

Tabel 5.9 Jumlah Kepala Keluarga yang Terlayani Tahun 2020

No.	Kelurahan	Jumlah KK
1	Kapasan	57
2	Tambakrejo	264
3	Simolawang	153

Berdasarkan Tabel 5.9 dan direncanakan 1 IPAL melayani 100 KK, maka dapat diketahui jumlah IPAL yang dibutuhkan pada perencanaan ini. Pada tahun 2020 Kelurahan Kapasan membutuhkan 1 IPAL, Kelurahan Tambakrejo membutuhkan 3 IPAL, dan Kelurahan Simolawang membutuhkan 2 IPAL. Peletakkan IPAL terletak di bawah jalan dan bahu jalan yang dekat dengan badan air penerima (kali/saluran drainase). Peletakkan IPAL pada Kelurahan Kapasan dapat dilihat pada Lampiran 6. Peletakkan IPAL pada Kelurahan Tambakrejo dapat dilihat pada Lampiran 7. Peletakkan IPAL pada Kelurahan Simolawang dapat dilihat pada Lampiran 8.

5.2 Debit Air Limbah

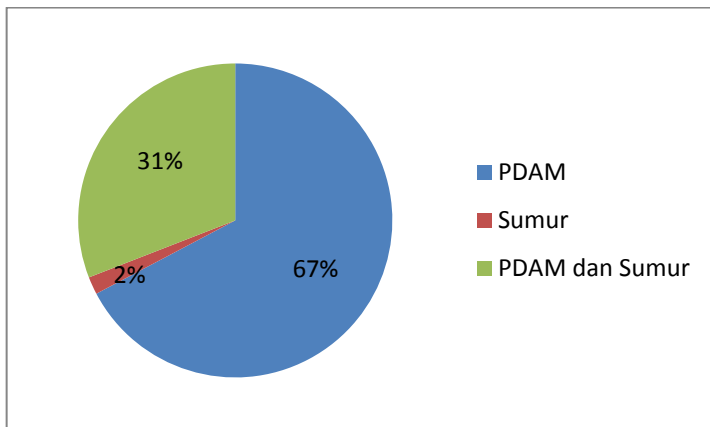
Debit air limbah yang akan diolah ke instalasi pengolahan air limbah domestik yakni berasal dari kebutuhan air bersih yang digunakan tiap harinya. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di daerah perencanaan pada tiga kelurahan (Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang) dari 55 responden yang diwawancarai, sebagian besar sumber

air bersihnya berasal dari PDAM, dimana rata-rata penggunaan dalam 1 harinya adalah 172 liter/orang/hari. Hasil survei sumber air bersih dari 55 responden dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Sumber Air Bersih Wilayah Perencanaan

Sumber Air	Jumlah Pengguna
PDAM	37
Sumur	1
PDAM dan Sumur	17
Total	55

Berdasarkan Tabel 5.10, maka dapat dihitung nilai persentase sumber air bersih yang digunakan di daerah perencanaan. Nilai persentase tertinggi yakni 67% yang bersumber dari PDAM. Diagram persentase sumber air bersih dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Persentase Sumber Air Bersih yang Digunakan Penduduk di Wilayah Perencanaan

Berdasarkan hasil survei, pemanfaatan air bersih yang bersumber dari PDAM digunakan untuk kegiatan mandi, cuci, kakus, minum, masak, dan sebagian kecil untuk dagang/usaha.

Hasil survei pemanfaatan air bersih yang bersumber dari PDAM dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Pemanfaatan Air Bersih Daerah Perencanaan

Pemanfaatan air bersih	Jumlah Pengguna (KK)
MCK	37
Air minum	54
Masak	54
Dagang/usaha	13

Berdasarkan Tabel 5.11, air limbah domestik yang akan diolah adalah air limbah yang berasal dari kegiatan MCK. Sedangkan untuk persentase air limbah didapatkan dari persentase penggunaan air bersih pada kegiatan tersebut. Menurut Fair,dkk (2011) persentase kebutuhan air bersih adalah 41% untuk kakus, 37% untuk mandi, 4% untuk cuci baju, 3% untuk cuci peralatan rumah tangga, dan sisanya untuk minum, masak, dan kegiatan lainnya. Sehingga, air limbah yang dihasilkan tiap orang per harinya adalah 85% dari kebutuhan air bersih.

5.3 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik

Perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik hal yang perlu dilakukan adalah mengetahui kualitas dan kuantitas air limbah domestik dan perhitungan dimensi unit IPAL.

5.3.1 Kualitas Air Limbah Domestik

Kualitas air limbah domestik pada daerah perencanaan yang didapatkan dari data primer adalah sebagai berikut:

Kelurahan Kapasan

BOD = 390 mg/l

COD = 632 mg/l

TSS = 484 mg/l

pH = 7,25

Kelurahan Tambakrejo

BOD = 390 mg/l

COD = 629 mg/l

TSS = 442 mg/l
pH = 6,5
Kelurahan Simolawang
BOD = 703 mg/l
COD = 1135 mg/l
TSS = 492 mg/l
pH = 6,5

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, baku mutu efluen air buangan domestik pemukiman yakni sebagai berikut:

- BOD = 30 mg/l
- COD = 50 mg/l
- TSS = 50 mg/l
- pH = 6-9

5.3.2 Pemilihan Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik

Pemilihan teknologi pengolahan yang akan digunakan berdasarkan pada beberapa kriteria yakni kebutuhan lahan, bahan/material dalam pembangunan unit IPAL, pengoperasian unit IPAL, perawatan unit IPAL, efisiensi, dan biaya investasi. Jenis unit pengolahan yang akan digunakan adalah *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*, *Anaerobic Biofilter*, *Rotating Biological Reactor (RBC)*, dan *Aerobic Biofilter*. Matriks pemilihan teknologi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto dapat dilihat pada Tabel 5.12. Berdasarkan kriteria perencanaan pada Tabel 5.12, pada perencanaan ini teknologi terpilih yang sesuai diterapkan di Kecamatan Simokerto adalah unit *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*.

5.3.3 Perhitungan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

Berdasarkan kriteria pemilihan teknologi pengolahan air limbah domestik, unit yang sesuai diterapkan di daerah perencanaan adalah *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. Kriteria desain ABR menurut Sasse yakni sebagai berikut:

- Kecepatan *upflow* = < 2,0 m/jam
- Beban organik (OLR) = < 3,0 kg COD/m³.hari
- HRT = > 8 jam
- Panjang kompartemen = 50%-60% kedalaman ABR.

Tabel 5.12 Matriks Pemilihan Pengolahan Air Limbah Domestik

Kriteria Pemilihan	ABR	Anaerobik biofilter	RBC	Aerobik biofilter
Lahan	lahan yang dibutuhkan kecil ^(a)	lahan yang dibutuhkan kecil ⁽¹⁾	lahan yang dibutuhkan kecil (18m ²) dan indoor ⁽¹⁾	lahan yang dibutuhkan kecil ^(b)
Pembangunan	dapat dengan material lokal ⁽¹⁾	dapat dengan material lokal ⁽¹⁾	material susah didapatkan di pasar lokal ⁽¹⁾	dapat dengan material lokal ^(b)
Pengoperasian	perlu 3 bulan untuk start up dantidak butuh orang yang berskill ⁽¹⁾	perlu 6-9 bulan untuk menstabilkan biomassa dan butuh orang yang punya skill ⁽¹⁾	perlu energi listrik ⁽¹⁾	perlu energi listrik ^(a)
Perawatan	perlu pengurasan (sedot tinja) 2-3 tahun ⁽¹⁾	perlu pengurasan dan pembersihan filter ⁽¹⁾	pengurasan dan pembersihan piringan ⁽¹⁾	perlu pengurasan dan pembersihan filter ^(b)
Efisiensi	70-95% BOD ⁽¹⁾ , 80-90% TSS ⁽¹⁾ dan 65-90% COD ^(a)	50-80% BOD, 50-80% TSS ^(a) , dan 60-80% COD ^(a)	90-95% BOD ⁽¹⁾	80-96% BOD dan 85-96% TSS ⁽¹⁾

Tabel 5.12 Matriks Pemilihan Pengolahan Air Limbah Domestik

Kriteria Pemilihan	ABR	Anaerobik biofilter	RBC	Aerobik biofilter
Biaya investasi	sedang ¹⁾	Sedang ⁴⁾	tinggi ¹⁾	Tinggi ³⁾
Biaya operasi	biaya pengurangan ¹⁾	biaya pengurangan ¹⁾	biaya pengurangan dan biaya listrik ¹⁾	biaya pengurangan dan biaya listrik ²⁾

Sumber:

¹⁾TTPS,2010

²⁾Sasse, 1988

³⁾Morel dan Diener, 2006

⁴⁾Metcalfe dan Eddy, 2014

⁵⁾Tilley, E. dkk., 2008

⁶⁾EPA, 1983

⁷⁾Qasyim, 1985

⁸⁾Spuhler, 2011

Perhitungan dimensi ABR pada perencanaan berdasarkan Sasse (1998), menggunakan software Ms. Excel yang dapat dilihat pada Tabel 5.13. Perhitungan unit pengolahan yakni sebagai berikut,

Diketahui:

Jumlah penduduk	= 500 jiwa
Q air limbah	= 146,2 m ³ /orang/hari
Q total air limbah	= 73,10 m ³ /hari
BOD rata-rata inf	= 494 mg/l
COD rata-rata inf	= 799 mg/l
TSS rata-rata inf	= 473 mg/l

Direncanakan:

Waktu pengaliran	= 24 jam
Rasio SS/COD	= 0,42 (kriteria desain: 0,35-0,45)
Suhu air limbah	= 28°C
Waktu pengurasan	= 24 bulan
HRT di tangki pengendap	= 3 jam
Lebar unit	= 2 meter
Kedalaman air	= 2 meter
Freeboard	= 0,3 meter
Panjang kompartemen	= 60% x kedalaman
	= 60% x 2 meter
	= 1,2 meter
Jumlah kompartemen	= 6 buah

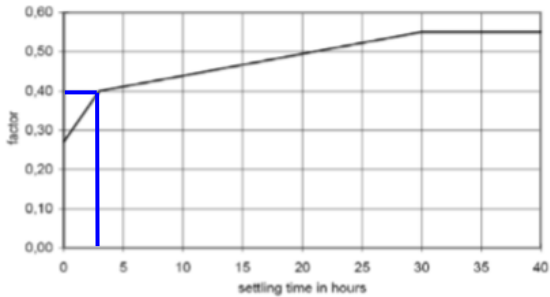
Pada perencanaan ini langkah awal yang dilakukan adalah perkiraan persentase removal COD, BOD, dan TSS di tangki pengendap. Perkiraan persentase removal COD menggunakan persamaan (5.3).

$$\frac{\text{rasio SS/COD}}{0,6} \times \text{faktor removal} \quad (5.3)$$

Faktor removal COD didapatkan dari grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 dengan menggunakan HRT di tangki pengendap yakni 3 jam. Berdasarkan grafik Gambar 5.2 didapatkan faktor removal COD nya adalah 0,4, sehingga persentase removal COD nya sebagai berikut,

$$\text{persentase removal COD} = \frac{\text{rasio SS/COD}}{0,6} \times \text{faktor removal}$$

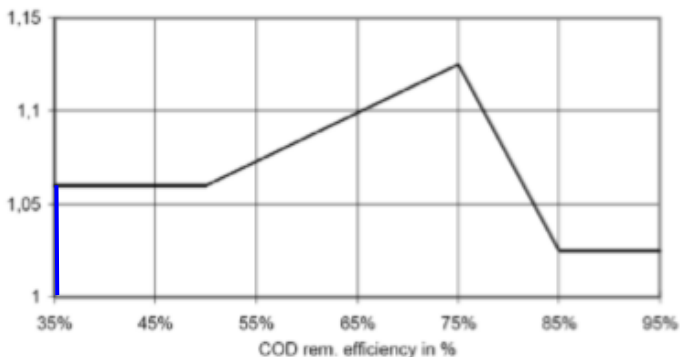
$$\text{persentase removal COD} = \frac{0,42}{0,6} \times 0,4 = 28\%$$



Gambar 5.2 Faktor Removal COD dengan HRT
Sumber: Götzenberger, 2009

Selanjutnya dilakukan perhitungan persen removal BOD dari grafik pada Gambar 5.3 untuk mendapatkan nilai faktor removal dengan menggunakan persentase removal COD. Berdasarkan grafik Gambar 5.3 didapatkan faktor removalnya adalah 1,06. Maka persentase removal BOD di tangki pengendap yakni sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{removal BOD (\%)} &= \text{removal COD(\%)} \times \text{faktor removal} \\ \text{removal BOD (\%)} &= 28\% \times 1,06 = 30\% \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Faktor Efisiensi Rasio BOD dengan Removal COD
Sumber: Götzenberger, 2009

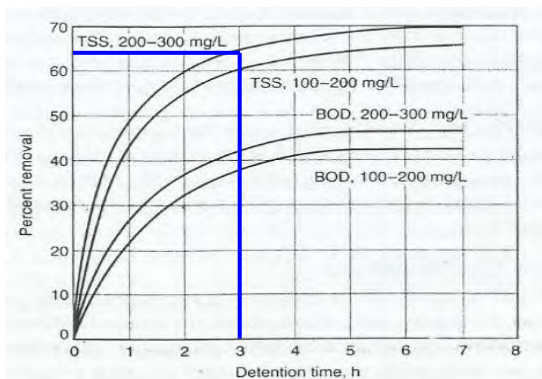
Perhitungan persentase removal TSS di tangki pengendap dapat dilihat pada Gambar 5.4 dengan HRT di tangki pengendap yakni 3 jam. Berdasarkan grafik Gambar 5.4 didapatkan efisiensi removal TSS adalah 65%.

Berdasarkan perhitungan persen removal COD, BOD, dan TSS, maka dapat diketahui konsentrasi (mg/l) efluen air limbah domestik. Berikut konsentrasi BOD efluen, COD efluen, dan TSS efluen dari tangki pengendap,

BOD efluen = 348 mg/l

COD efluen = 575 mg/l

TSS efluen = 151 mg/l

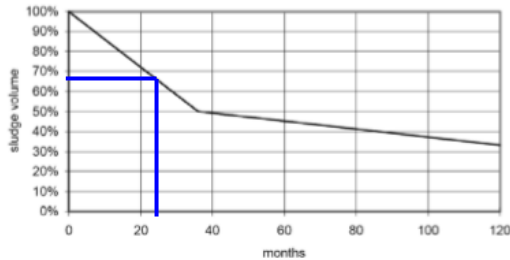


Gambar 5.4 Persen Removal TSS dan BOD di Tangki Pengendap
 Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003

Perhitungan dimensi tangki pengendap berdasarkan faktor debit air limbah tiap hari, pengurasan, konsentrasi BOD, waktu tinggal air limbah, dan laju akumulasi lumpur. Laju akumulasi lumpur dapat dihitung dengan grafik pada Gambar 5.5 dengan menggunakan HRT di tangki pengendap yakni 3 jam. Berdasarkan grafik Gambar 5.4 didapatkan nilai faktor reduksi volume lumpur selama penyimpanan adalah 66,4%. Maka, laju akumulasi lumpur yakni sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Laju akumulasi lumpur (l/g COD)} &= 0,005 \times \text{faktor reduksi lumpur} \\ &= 0,005 \times 66,4\% \\ &= 0,0033 \text{ l/g COD} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan panjang tangki pengendap adalah 4,5 m.



Gambar 5.5 Faktor Reduksi Volume Lumpur Selama Penyimpanan
 Sumber: Götzenberger, 2009

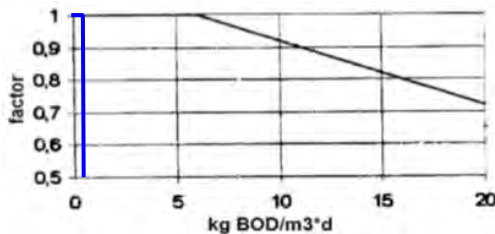
Langkah selanjutnya adalah menentukan persentase removal COD, BOD, dan TSS di kompartemen ABR. Penentuan removal COD yakni perlu diketahui nilai faktor *overloading*, faktor *strength*, faktor temperatur, dan faktor kompartemen. Faktor-faktor tersebut dapat dilihat dari Gambar 5.6 hingga Gambar 5.9. Faktor *overloading* didapatkan dengan memplotkan OLR BOD yang masuk pada kompartemen. *Organic Loading Rate* (OLR) BOD ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$) didapatkan dari perhitungan berikut ini,

$$\text{OLR BOD} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{hari} \right) = \frac{Q \times S_0}{V. \text{kompartemen}}$$

$$\text{OLR BOD} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{hari} \right) = \frac{73,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 348 \text{mg/l}}{1,2\text{m} \times 2\text{m} \times 2\text{m} \times 6}$$

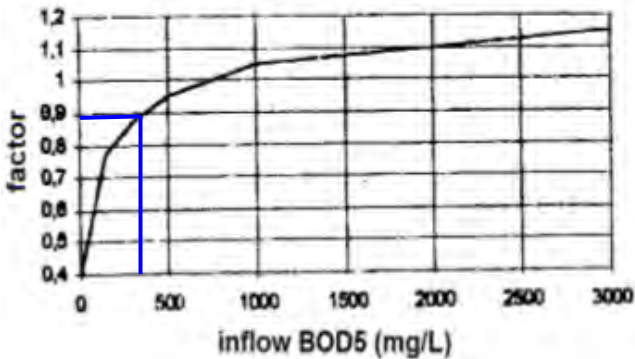
$$\text{OLR BOD} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{hari} \right) = 0,882 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{hari}$$

Berdasarkan perhitungan OLR BOD yang masuk ke kompartemen didapatkan faktor *overloading* nya adalah 1.



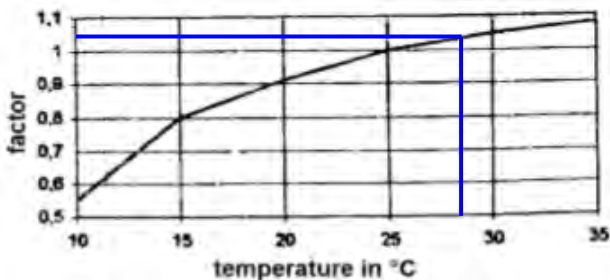
Gambar 5.6 Faktor Removal BOD yang Dipengaruhi oleh *Overloading*
 Sumber: Götzenberger, 2009

Faktor *strength* didapatkan dari grafik pada Gambar 5.7 dengan konsentrasi BOD influen (mg/l). Pada kompartemen nilai konsentrasi BOD influen adalah 348 mg/l. Berdasarkan grafik Gambar 5.7 didapatkan faktor *strength* adalah 0,89.



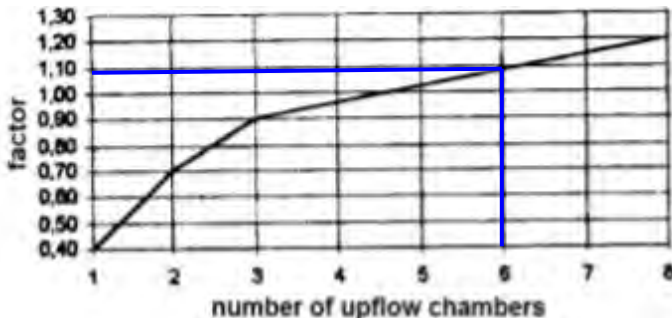
Gambar 5.7 Removal BOD dengan Faktor *Strength*
Sumber: Götzenberger, 2009

Faktor temperatur didapatkan dari grafik pada Gambar 5.8 dengan nilai temperatur air limbah domestik. Pada perencanaan ini, temperatur air limbah domestik yang direncanakan adalah 28°C. Berdasarkan grafik Gambar 5.8 didapatkan nilai faktor temperaturnya adalah 1,03.



Gambar 5.8 Hubungan Removal BOD dengan Faktor Temperatur
Sumber: Götzenberger, 2009

Faktor kompartemen didapatkan dari grafik pada Gambar 5.9 dengan jumlah kompartemen ABR. Jumlah kompartemen yang direncanakan adalah 6 buah. Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 faktor kompartemennya adalah 1,08.



Gambar 5.9 Hubungan Removal BOD dengan Jumlah Kompartemen
Sumber: Götzenberger, 2009

Berdasarkan keempat faktor tersebut, maka nilai removal COD menurut teorinya adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 &= f. \text{overloading} \times f. \text{strength} \times f. \text{temp.} \times f. \text{kompartemen} \\
 &= 1 \times 0,89 \times 1,03 \times 1,08 \\
 &= 99\%
 \end{aligned}$$

Removal COD pada ABR yakni sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 &= \text{teori removal COD} \times (1 - 0,37 \times (\text{teori removal COD} - 0,8)) \\
 &= 99\% \times (1 - 0,37 \times (99\% - 0,8)) \\
 &= 92\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persentase removal COD, maka konsentrasi COD efluen dari kompartemen adalah sebagai berikut,

$$\text{COD efluen} = \text{COD influen} - (\% \text{removal COD} \times \text{COD influen})$$

$$\text{COD efluen} = 575 \text{ mg/l} - (92\% \times 575 \text{ mg/l})$$

$$\text{COD efluen} = 46,10 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka total persentase removal COD} &= 1 - \text{CODout} / \text{COD in} \\
 &= 1 - 46,10 \text{ mg/l} / 799 \text{ mg/l} \\
 &= 94\%
 \end{aligned}$$

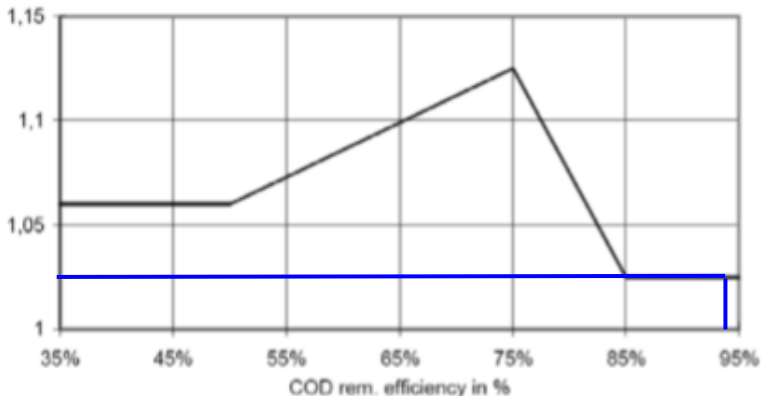
Selanjutnya dihitung total persentase BOD di unit IPAL menggunakan grafik pada Gambar 5.10 dengan total persentase removal COD di unit IPAL. Gambar 5.10 menjelaskan bahwa persentase removal BOD lebih tinggi dari persentase removal

COD, karena unit ABR merupakan pengolahan biologis. Berdasarkan grafik Gambar 5.10 nilai faktor yang didapatkan adalah 1,025. Maka, total persentase removal BOD di unit IPAL yakni,

$$\text{Total removal BOD} = \% \text{ removal COD} \times \text{faktor}$$

$$\text{Total removal BOD} = 94\% \times 1,025$$

$$\text{Total removal BOD} = 97\%$$



Gambar 5.10 Faktor Rasio Efisiensi BOD dengan Removal COD
Sumber: Götzenberger, 2009

Berdasarkan dimensi dan persentase removal yang didapatkan, maka dilakukan cek V_{up} , cek HRT, dan cek OLR COD pada unit IPAL. Berikut adalah perhitungannya,

$$V_{up} = \frac{Q}{A \text{ kompartemen}}$$

$$V_{up} = \frac{73,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 24 \text{hari}}{1,2 \text{ m} \times 2 \text{ m}} = 1,27 \frac{\text{m}}{\text{jam}} \quad (\text{OK} < 2\text{m/jam})$$

$$\text{HRT} = \frac{V. \text{kompartemen}}{Q}$$

$$\text{HRT} = \frac{1,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 6}{\frac{73,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{24} \text{jam}} = 9,5 \text{ jam} \quad (\text{OK} > 8\text{jam})$$

$$\text{OLR COD} = \frac{Q \times S_0}{V_{\text{kompartemen}}}$$

$$\text{OLR COD} = \frac{\frac{73,1 \text{ m}^3}{\text{hari}} \times 575 \frac{\text{mg}}{\text{l}} / 1000}{1,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 6} = 1,460 \text{ kg} \frac{\text{COD}}{\text{m}^3} \cdot \text{hari (OK)}$$

Perhitungan persentase removal TSS di kompartemen dapat dilihat pada Gambar 5.4 dengan HRT di kompartemen yakni sebagai berikut:

$$\text{HRT di tiap kompartemen} = \frac{\text{HRT kompartemen}}{\text{jumlah kompartemen}}$$

$$\text{HRT di tiap kompartemen} = \frac{9,5 \text{ jam}}{6} = 1,6 \text{ jam}$$

Berdasarkan grafik Gambar 5.4 didapatkan efisiensi removal TSS adalah 50%. Berdasarkan perhitungan persen removal COD, BOD, dan TSS yang keluar dari unit IPAL adalah sebagai berikut:

$$\text{BOD efluen} = 16,9 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD efluen} = 46,1 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS efluen} = 2 \text{ mg/l}$$

Desain hasil perencanaan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dapat dilihat pada Lampiran 9. Potongan memanjang (A-A) dan potongan melintang (B-B, C-C, dan D-D) unit ABR dapat dilihat pada Lampiran 10.

5.3.4 Perhitungan Volume dan Tinggi Lumpur

Pada unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) air limbah domestik yang diolah akan menghasilkan lumpur. Berikut perhitungan lumpur di tangki pengendap dan kompartemen pada ABR.

Tangki pengendap

Diketahui:

$$\text{jumlah penduduk} = 500 \text{ jiwa}$$

$$\text{debit air limbah} = 146,2 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

$$\text{debit total air limbah} = 73,10 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{TSS yang diolah} = 473 \text{ mg/l}$$

$$\text{pengurasan} = 2 \text{ tahun}$$

$$\text{waktu detensi} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{densitas solid} = 2,65 \text{ kg/l}$$

Direncanakan:

$$\text{kadar solid lumpur} = 5\% \text{ (Metcalf dan Eddy, 2003)}$$

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Dimensi ABR

Sheet perhitungan tangki pengendap										
Q rata-rata	Waktu pengaliran air limbah	Q rata-rata	COD air limbah	BOD ₅ air limbah	Rasio COD/BO D ₅	Rasio Settleable Solid (SS)/COD	Temperatur air limbah	Pengurasan lumpur	HRT di bak pengendap	Removal COD di tangki pengendap
ditentukan	ditentukan	kalkulasi	ditentukan	ditentukan	kalkulasi	ditentukan	ditentukan	ditentukan	ditentukan	kalkulasi
m ³ /hari	jam	m ³ /jam	mg/l	mg/l	rasio	mg/l	°C	bulan	jam	%
73.1	24	3.05	799	494	1.616	0.42	28	24	3	28%
						KD= 0.35-0.45				
Pengolahan data										
Removal BOD ₅ di tangki pengendap	Kualitas air limbah yang masuk kompartemen		Rasio COD/BOD ₅ setelah tangki pengendap	Faktor untuk perhitungan removal COD di kompartemen				Removal COD berdasarkan teori	Removal COD di kompartemen	COD yang keluar dari kompartemen
	kalkulasi	COD		BOD5	kalkulasi	Kalkulasi berdasarkan grafik				
%	mg/l	mg/l	mg/l/mg/l	f-overload	f-strength	f-temp.	f-kompartemen	%	%	mg/l
30%	575.0	347.6	1.65	1	0.89	1.03	1.08	99%	92%	46.10
1.06										1.025

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Dimensi ABR

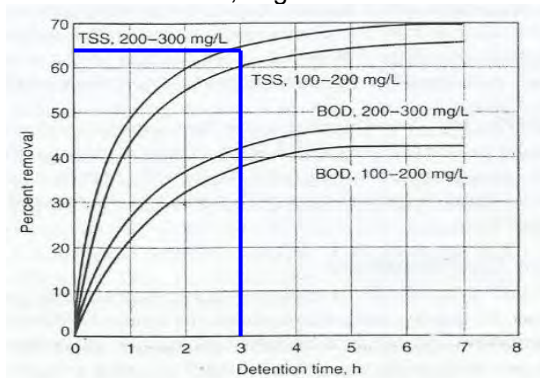
Dimensi tangki pengendap							ABR			
Total removal COD	Total removal BOD ₅	BOD ₅ yang keluar dari kompartemen	Dimensi yang ditentukan untuk ABR		Akumulasi lumpur	Panjang tangki pengendap	Panjang tangki pengendap yang digunakan	Kecepatan <i>upflow</i> maksimal	Jumlah kompartemen dalam ABR	Kedalaman pipa outlet
kalkulasi	kalkulasi	kalkulasi	lebar	kedalaman	kalkulasi	kalkulasi	ditentukan	ditentukan	ditentukan	ditentukan
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/jam	nomor	m
94%	97%	16.89	2.0	2	0.0033	4.57	4.5	2	6	2
Dimensi ABR							Status			
Panjang kompartemen (50-60% dari kedalaman)		Luas area kompartemen	Lebar kompartemen		Kecepatan <i>upflow</i> di ABR	Lebar <i>downflow</i> di kompartemen	Volume total kompartemen	Cek HRT	Beban organik (BOD ₅) air limbah	Biogas (ass: CH ₄ 70%; 50% terlarut)
kalkulasi	ditentukan	kalkulasi	kalkulasi	ditentukan	kalkulasi	ditentukan	kalkulasi	kalkulasi	kalkulasi	kalkulasi
m	m	m ²	m	m	m/jam	m	m ³	jam	kg/m ³ .hari	m ³ /hari
1.20	1.2	1.52	1.27	2.00	1.27	0	28.80	9	0.882	13.753

Perhitungan:

Bedasarkan waktu detensi yakni 3 jam, didapatkan persen removal TSS adalah 65% (Gambar 5.4). Maka TSS yang teremoval adalah sebagai berikut,

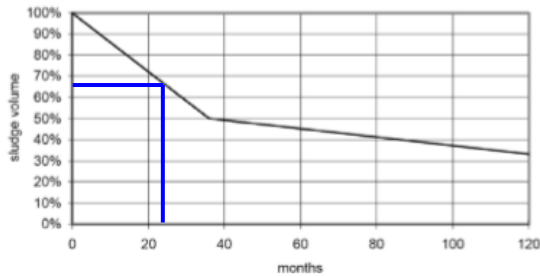
$$\begin{aligned} \text{TSSc removal} &= \text{TSS in} \times \% \text{removal TSS} \\ &= 473 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 473 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSSm removal} &= \text{TSSm in} \times \% \text{removal TSS} \\ &= (473 \text{ mg/l} \times 73,1 \text{ m}^3/\text{hari}/1000) \times 65\% \\ &= 23,5 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$



Gambar 5.4 Persen Removal TSS dan BOD di Tangki Pengendap
Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003

Massa lumpur air limbah domestik selama 2 tahun dapat dihitung dengan cara mengetahui persentase solid stabilisasi pada Gambar 5.5. Berdasarkan grafik Gambar 5.5 didapatkan persentase lumpur yang tersusut adalah 66% dan persentase stabilisasi solid adalah 34%.



Gambar 5.5 Faktor Reduksi Volume Lumpur Selama Penyimpanan
Sumber: Götzenberger, 2009

Maka massa lumpur selama 2 tahun yakni sebagai berikut,
 massa lumpur = TSS_{m rem} × %solid stabilisasi × pengurangan

$$\text{massa lumpur} = 23,5 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 34\% \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari}$$

$$\text{massa lumpur} = 5.762,9 \text{ kg/2tahun}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan densitas lumpur yakni sebagai berikut,

$$\rho \text{ lumpur} = \frac{(\text{kadar solid} \times \text{densitas padatan}) + (\text{kadar air} \times \rho \text{ air})}{100\%}$$

$$\rho \text{ lumpur} = \frac{(5\% \times 2,65 \text{ kg/l}) + (95\% \times 1)}{100\%} = 1,0825 \text{ kg/l}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat diketahui volume lumpur dan tinggi lumpur yang dihasilkan adalah sebagai berikut,

$$\text{Volume lumpur} = \frac{\text{massa lumpur}}{\text{densitas lumpur}}$$

$$\text{Volume lumpur} = \frac{5.762,9 \text{ kg/2tahun}}{1,0825 \text{ kg/l}} = 5.323,7 \text{ liter} = 5,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi lumpur} = \frac{\text{Volume lumpur}}{A \text{ surface settling}} = \frac{5,3 \text{ m}^3}{(4,5\text{m} \times 2\text{m})} = 0,59 \text{ m}$$

Kompartemen 1

Diketahui:

jumlah penduduk	= 500 jiwa
debit air limbah	= 146,2 m ³ /orang/hari
debit total air limbah	= 73,10 m ³ /hari
TSS yang diolah	= 151 mg/l
pengurangan	= 2 tahun

waktu detensi = 1,6 jam
 densitas solid = 2,65 kg/l
 Koefisien yield (Y) = 0,4 g biomassa/g substrat
 (Metcalf dan Eddy, 2003)
 Kd = 0,06/hari (Metcalf dan Eddy, 2003)
 SRT = 1/Kd
 = 10 hari

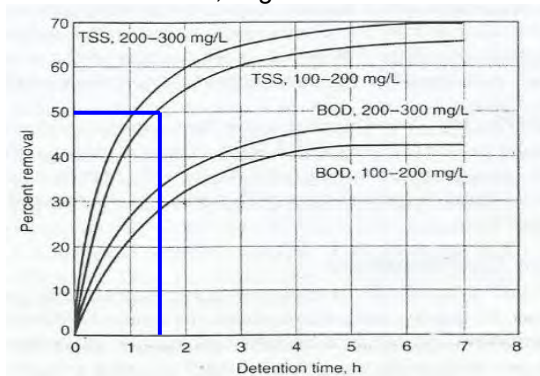
Direncanakan:
 kadar solid lumpur = 5% (Metcalf dan Eddy, 2003)

Perhitungan:

Bedasarkan waktu detensi yakni 1,5 jam, didapatkan persen removal TSS adalah 50% (Gambar 5.4). Maka TSS yang teremoval adalah sebagai berikut,

TSSc removal = TSS in x %removal TSS
 = 151 mg/l x 50%
 = 76 mg/l

TSSm removal = TSSm in x %removal TSS
 = (151 mg/l x 73,1 m³/hari/1000) x 50%
 = 5,5 kg/hari



Gambar 5.4 Persen Removal TSS dan BOD di Tangki Pengendap
 Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003

Maka, perhitungan lumpur berdasarkan konsentrasi TSS adalah

$$P_x = \frac{Q \cdot Y \cdot (S_o - S_e)}{1 + K_d (\text{SRT})} = \frac{73,1 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \cdot 0,4 \frac{\text{g biomassa}}{\text{g substrat}} \cdot 76 \text{ g/m}^3}{1 + \frac{0,06}{\text{hari}} (10 \text{ hari})}$$

$$P_x = 1.106 \text{ g/hari}$$

$$P_x = 1,106 \text{ kg/hari}$$

$$P_x = 1,1 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 365 \text{ hari} \times 2 \text{ tahun} = 807 \text{ kg/2 tahun}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan densitas lumpur yakni sebagai berikut,

$$\rho \text{ lumpur} = \frac{(\text{kadar solid} \times \text{densitas padatan}) + (\text{kadar air} \times \rho \text{ air})}{100\%}$$

$$\rho \text{ lumpur} = \frac{(5\% \times 2,65 \text{ kg/l}) + (95\% \times 1)}{100\%} = 1,0825 \text{ kg/l}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat diketahui volume lumpur dan tinggi lumpur yang dihasilkan adalah sebagai berikut,

$$\text{Volume lumpur} = \frac{\text{massa lumpur}}{\text{densitas lumpur}}$$

$$\text{Volume lumpur} = \frac{807 \text{ kg/2tahun}}{1,0825 \text{ kg/l}} = 746 \text{ liter} = 0,7 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi lumpur} = \frac{\text{Volume lumpur}}{A \text{ surface settling}} = \frac{0,7 \text{ m}^3}{(1,2\text{m} \times 2\text{m})} = 0,30 \text{ m}$$

Hasil perhitungan kompartemen berikutnya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Lumpur di Kompartemen Selama 2 Tahun

Kompartemen	TSS influen (kg/m ³)	TSSm removal (kg/hari)	Massa lumpur (kg/2tahun)	Volume lumpur (m ³)	Tinggi lumpur (m)
tangki pengendap	0.473	23.50	5763	5.32	0.59
1	0.151	5.53	807	0.75	0.30
2	0.076	2.76	404	0.37	0.16
3	0.038	1.38	202	0.19	0.08
4	0.019	0.69	101	0.09	0.04
5	0.009	0.35	50	0.05	0.02
6	0.005	0.17	25	0.02	0.01

5.3.5 Perhitungan *Mass Balance*

Perhitungan *mass balance* atau kesetimbangan massa diperlukan untuk mengetahui bahwa massa yang masuk ke unit IPAL sama dengan masa yang keluar dari unit IPAL, untuk mengetahui efisiensi pengolahan di unit IPAL, dan mengetahui reaksi kimia yang terjadi dalam unir IPAL. Berikut perhitungan kesetimbangan massa,

Diketahui:

Q air limbah	=	73.1	m ³ /hari		
BODc	=	494	mg/l	=	0.494 kg/m ³
CODc	=	799	mg/l	=	0.799 kg/m ³
TSSc	=	473	mg/l	=	0.473 kg/m ³
BODm	=	BOD*Q		=	36.136 kg/hari
CODm	=	COD*Q		=	58.383 kg/hari
TSSm	=	TSS*Q		=	34.552 kg/hari

Removal di tangki pengendap

BODc	=	BODc in*30%		=	146.72 mg/l
BODm	=	BODm*30%		=	10.73 kg/hari
CODc	=	CODc in*28%		=	223.63 mg/l
CODm	=	CODm*28%		=	16.35 kg/hari
TSSc	=	TSSc in*65%		=	321.41 mg/l
TSSm	=	TSSm in*65%		=	23.50 kg/hari

Efluen di tangki pengendap

BODc eff	=	BODc in-BODc rem		=	347.62 mg/l
CODc eff	=	CODc in-CODc rem		=	575.04 mg/l
TSSc eff	=	TSSc in-TSSc rem		=	151.25 mg/l
BODm eff	=	BODm in-BODm rem		=	25.41 kg/hari
CODm eff	=	CODm in-CODm rem		=	42.04 kg/hari
TSSm eff	=	TSSm in-TSSm rem		=	11.06 kg/hari

Removal di kompartemen

BODc	=	BODc in*95%		=	330.72 mg/l
------	---	-------------	--	---	-------------

BODm	=	BODm*95%	=	24.18	kg/hari
CODc	=	CODc in*92%	=	528.94	mg/l
CODm	=	CODm*92%	=	38.67	kg/hari
Removal TSS Kompartemen 1					
TSSc	=	TSSc in*50%	=	75.63	mg/l
TSSm	=	TSSm in*50%	=	5.53	kg/hari
Removal TSS Kompartemen 2					
TSSc	=	TSSc in*50%	=	37.81	mg/l
TSSm	=	TSSm in*50%	=	2.76	kg/hari
Removal TSS Kompartemen 3					
TSSc	=	TSSc in*50%	=	18.91	mg/l
TSSm	=	TSSm in*50%	=	1.38	kg/hari
Removal TSS Kompartemen 4					
TSSc	=	TSSc in*50%	=	9.45	mg/l
TSSm	=	TSSm in*50%	=	0.69	kg/hari
Removal TSS Kompartemen 5					
TSSc	=	TSSc in*50%	=	4.73	mg/l
TSSm	=	TSSm in*50%	=	0.35	kg/hari
Removal TSS Kompartemen 6					
TSSc	=	TSSc in*50%	=	2.36	mg/l
TSSm	=	TSSm in*50%	=	0.17	kg/hari
Efluen kompartemen					
BODc eff	=	BODc in-BODc rem	=	16.89	mg/l
CODc eff	=	CODc in-CODc rem	=	46.10	mg/l
TSSc eff	=	TSSc in-TSSc rem	=	2.36	mg/l
BODm eff	=	BODm in-BODm rem	=	1.23	kg/hari
CODm eff	=	CODm in-CODm rem	=	3.37	kg/hari
TSSm eff	=	TSSm in-TSSm rem	=	0.17	kg/hari

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat dibuat diagram *mass balance* pada ABR. Diagram *mass balance* dapat dilihat pada Gambar 5.11.

5.3.6 Perhitungan Jumlah Pipa Tiap Kompartemen

Pada perencanaan ini, diameter pipa tiap kompartemen yang digunakan berdasarkan Buku Materi Bidang Air Limbah Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP yakni minimal 110 mm. Sedangkan penentuan jumlah pipa tiap kompartemen didapatkan dari hasil perhitungan, dimana V_{pipa} tidak boleh lebih dari V_{scouring} (kecepatan penggerusan) dalam kompartemen. Apabila hal tersebut terjadi, maka endapan lumpur dalam kompartemen akan terlarut kembali dengan air limbah. Pada perencanaan ini ditentukan jumlah pipa tiap kompartemen adalah 5 buah. Berikut perhitungan kecepatan pipa dan kecepatan penggerusan.

Diketahui :

$$\text{Debit air limbah} = 73,10 \text{ m}^3/\text{hari} = 8,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{diameter partikel} = 0,005 \text{ mm}$$

$$\text{percepatan gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{massa jenis padatan} = 2,65$$

$$\text{nilai koefisien} = 0,04$$

$$\text{nilai f} = 0,025$$

$$\text{diameter dalam pipa} = 91,4 \text{ mm}$$

$$\text{jumlah pipa} = 5 \text{ buah}$$

Perhitungan:

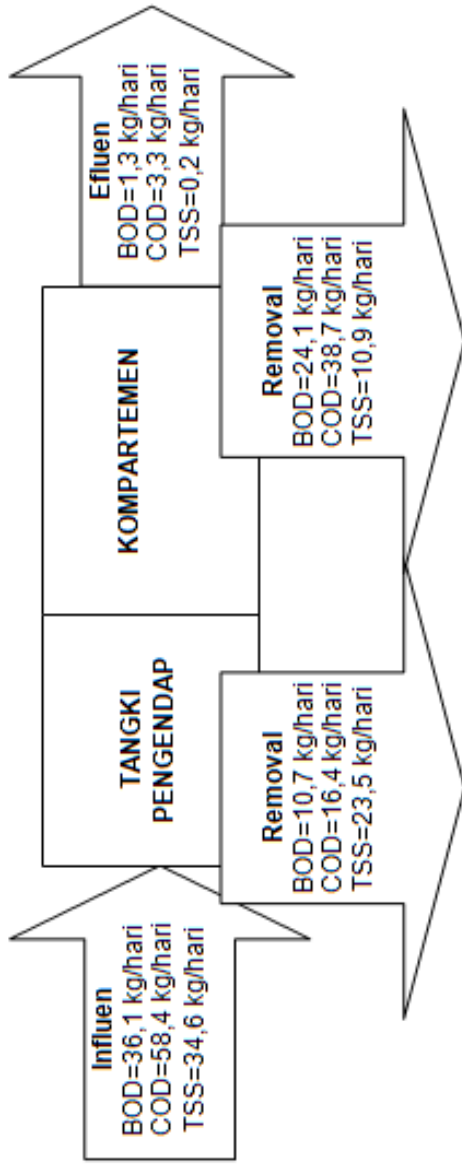
$$V_{\text{scouring}} = \left(\frac{8k \times (Sg - 1) \times g \times d}{f} \right)^{0,5}$$

$$V_{\text{scouring}} = \left(\frac{8(0,04) \times (2,65 - 1) \times 9,81 \times (5 \times 10^{-6})}{0,025} \right)^{0,5}$$

$$V_{\text{scouring}} = 0,032 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{luas pipa} &= (1/4)\pi d^2 \\ &= (1/4) \times 3,14 \times 0,0914^2 \\ &= 6,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{pipa}} &= (\text{debit air limbah} / \text{jumlah pipa}) / \text{luas pipa} \\ &= (8,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} / 5) / 6,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ &= 0,02 \text{ m/s (OK, karena} < 0,032 \text{ m/s)} \end{aligned}$$



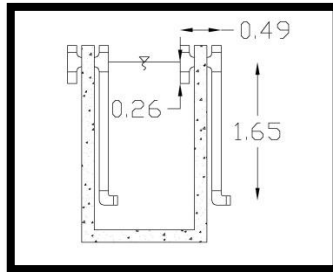
Gambar 5.11 Mass Balance ABR

5.3.7 Perhitungan Profil Hidrolis

Perhitungan profil hidrolis pada perencanaan ini diperlukan untuk mengetahui air limbah dalam unit IPAL mengalir atau tidak dengan cara gravitasi. Profil hidrolis pada unit ABR didapatkan dari headloss pipa didalam unit ABR. Berikut perhitungan headloss pipa,

Diketahui:

jumlah pipa tiap kompartemen = 5 buah
debit per pipa = 0,169 l/s
diameter yang digunakan = 110 mm
diameter dalam pipa = 91,4 mm = 9,14 m
koefisien gesek pipa PVC = 150 (McGhee, 1991)
panjang pipa = 2,4 m (Gambar 5.12)



Gambar 5.12 Panjang Pipa di Kompartemen

Perhitungan:

Headloss mayor

$$H_f \text{ mayor} = \frac{\text{panjang pipa (m)}}{[0,00155 \times c \times D^{2,63}]^{1,85}} \times Q^{1,85}$$

$$H_f \text{ mayor} = \frac{2,4 \text{ m}}{[0,00155 \times 150 \times (9,14)^{2,63}]^{1,85}} \times 0,169^{1,85}$$

$$H_f \text{ mayor} = 0,000028 \text{ meter}$$

Headloss minor

- Headloss akibat kecepatan (H_v)

$$H_v = \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g}$$

$$H_v = \frac{0,169 \frac{1}{(0,0065 \frac{S}{s})^2}}{2 \times 9,81} = 4 \times 10^{-6} \text{m}$$

- Headloss akibat aksesoris pipa
Aksesoris pipa yang digunakan adalah tee dan elbow 90°. Jumlah tee yang digunakan adalah 2 buah dengan nilai K nya 0,9 dan jumlah elbow 90° yang digunakan adalah 1 dengan nilai K nya 1,5. Maka headloss akibat aksesoris sebagai berikut,

Headloss aksesoris pipa tee

$$H_f \text{ aksesoris} = K \times \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g}$$

$$H_f \text{ aksesoris} = (2 \times 0,9) \times 4 \times 10^{-6} \text{m} = 6,8 \times 10^{-6} \text{m}$$

Headloss aksesoris pipa elbow 90°

$$H_f \text{ aksesoris} = (1 \times 1,5) \times 4 \times 10^{-6} \text{m} = 6 \times 10^{-6} \text{m}$$

Jadi total headloss minor adalah $1,6 \times 10^{-5} \text{m}$

Maka, headloss total tiap kompartemen adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Headloss total} &= H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} \\ &= 0,000028 \text{ m} + 0,000016 \text{ m} \\ &= 0,000044 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total headloss pada unit ABR} &= \text{Headloss total} \times \text{jumlah komp.} \\ &= 0,000044 \text{ m} \times 6 \\ &= 0,00027 \text{ m} \end{aligned}$$

5.3.8 Perencanaan Pembangunan ABR

Unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) direncanakan di Kelurahan Kapasan, Kelurahan Tambakrejo, dan Kelurahan Simolawang. Berdasarkan hasil wawancara, daerah pelayanan tidak mengalami banjir jika musim penghujan. Rencana peletakkan ABR yakni dibawah jalan. Kelas jalan yang akan digunakan untuk peletakkan ABR berdasarkan beban kendaraan yakni kelas jalan III A. Kelas jalan III A adalah jalan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 meter, panjang tidak melebihi 18 meter, dan muatan beban terberat yang diizinkan adalah 8 ton. Berdasarkan kelas jalan, beton yang digunakan dalam pembangunan ABR adalah beton K-

200 dengan pondasi jenis telapak yang memiliki ketebalan 15 cm. Detail tipikal pondasi dapat dilihat pada Lampiran 11.

Pembangunan unit ABR perlu memperhatikan kemiringan (*slope*) saluran/pipa penyaluran air limbah. Kemiringan pipa digunakan sebagai acuan penggalian tanah untuk pembangunan ABR. Pada perencanaan ini, diasumsikan nilai *slope* saluran/pipa penyaluran air limbah adalah 0,0064 m/m (Malloy, 2000) yang artinya dalam 1 meter terjadi penurunan pipa penyaluran air limbah sedalam 0,0064 meter. Berdasarkan hasil survei lapangan daerah perencanaan di Kelurahan Kapasan (elevasi +5,5 meter) rata-rata ketinggian pipa outlet rumah warga dengan muka tanah adalah 15 cm dan pipa outlet dengan muka air di saluran adalah 73 cm, Kelurahan Tambakrejo (elevasi +5,2 meter) rata-rata ketinggian pipa outlet rumah warga dengan muka tanah adalah 17 cm dan pipa outlet dengan muka air di saluran adalah 73 cm, dan Kelurahan Simolawang (elevasi +5,7 meter) rata-rata ketinggian pipa outlet rumah warga dengan muka tanah adalah 10 cm dan pipa outlet dengan muka air di saluran adalah 77 cm.

Data ketinggian pipa outlet terhadap muka tanah dan muka air di saluran digunakan untuk mengetahui *slope* penyaluran dan kedalaman galian tanah yang dibutuhkan untuk pembangunan ABR. Kedalaman penggalian tanah dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Kedalaman Penggalian Tanah untuk ABR

No	Kelurahan	Slope rencana	Panjang pipa penyaluran air limbah ke IPAL (m)	Slope penyaluran air limbah ke IPAL (m)	Kedalaman penggalian tanah IPAL (m)
1	Kapasan	4	112	0,70	2,85
2	Tambakrejo	4	112	0,70	2,85
3	Simolawang	4	120	0,75	2,90

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB VI BOQ DAN RAB

Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah bagian penting dalam pekerjaan konstruksi. Hal ini dikarenakan pada isi BOQ terdapat deskripsi kegiatan, kebutuhan material/bahan yang akan digunakan, dan harga satuan pokok kegiatan (berdasarkan atas HSPK Kota Surabaya tahun 2015). Sedangkan pada RAB merupakan total harga dari BOQ.

6.1 Bill Of Quantity ABR

Bill of Quantity ABR merupakan bagian penting dari suatu pekerjaan konstruksi. *Bill of Quantity* terdiri dari tiga hal yakni deskripsi kegiatan, harga satuan pekerjaan, dan kuantitas (volume+unit) dari rencana konstruksi.

6.1.1 Tahapan Pekerjaan Konstruksi ABR

Tahapan pekerjaan konstruksi ABR pada perencanaan ini dibagi menjadi 3 yakni tahap persiapan, tahap pekerjaan utama dan tahap *finishing*. Ketiga tahapan tersebut berpengaruh terhadap Rincian Anggaran Biaya (RAB). Rincian tahapan pekerjaan ABR dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Uraian Tahapan Pekerjaan Konstruksi ABR

No	Uraian Kegiatan
Tahap Persiapan	
1	Pembersihan lapangan "ringan" dan perataan
2	Pembongkaran paving yang tidak dipakai kembali
3	Pengukuran dan pemasangan bouwplank
Tahap Pekerjaan Utama	
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi
2	Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1m
3	Pekerjaan balok beton bertulang (200 kg besi+bekisting)

Tahap Pekerjaan Utama	
4	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi+bekisting)
5	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi+bekisting)
6	Pekerjaan plat beton (1Pc:2 Ps:3Kr)
7	Pemasangan pipa air kotor diameter 4'
8	Pelapisan waterproofing
Tahap Finishing	
1	Pengurugan tanah dengan pemadatan
2	Pembersihan lapangan dan perataan tanah

6.1.2 Uraian Harga Bahan/Material dan Upah Pekerja

Berdasarkan tahapan pekerjaan pada Tabel 6.1, maka dapat ditentukan bahan/material yang dibutuhkan dalam pembangunan ABR. Penentuan bahan/material ini diikuti dengan harga di pasaran per satuannya. Uraian harga bahan/material dan upah pekerja dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Uraian Harga Bahan/Material dan Upah Pekerja

No	Uraian	Satuan	Analisis Harga
1	Mandor	8 jam/hari	Rp 120.000,00
2	Kepala tukang	8 jam/hari	Rp 110.000,00
3	Tukang	8 jam/hari	Rp 105.000,00
4	Pembantu tukang	8 jam/hari	Rp 99.000,00
5	Paku biasa 2-5 inchi	Doz	Rp 27.000,00
6	Kayu meranti papan 2/20, 4/10	m ³	Rp 2.830.000,00
7	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	m ³	Rp 4.500.000,00
8	Paku triplek/eternit	kg	Rp 22.000,00
9	Plywood ukuran 122x244x9 mm	lembar	Rp 93.600,00
10	Kayu kamper balok 4/6, 5/7	m ³	Rp 6.400.000,00
11	Kayu meranti bekisting	m ³	Rp 3.200.000,00

No	Uraian	Satuan	Analisis Harga
12	Minyak bekisting	liter	Rp 28.300,00
13	Semen PC 40 kg	Zak	Rp 63.000,00
14	Pasir cor/beton	m ³	Rp 232.100,00
15	Batu pecah mesin 1/2 cm	m ³	Rp 466.000,00
16	Besi beton polos	Kg	Rp 12.000,00
17	Kawat ikat	Kg	Rp 23.000,00
18	Pipa plastik PVC tipe C uk. 4 inchi	4m	Rp 89.000,00
19	Pipa plastik PVC tipe C uk. 4 inchi pj. 4 m	batang	Rp 89.000,00
20	Pipa tee PVC 4"	8 isi/box	Rp 31.400,00
21	Pipa tee PVC 1 1/4"	55 isi/box	Rp 2.850,00
22	Pipa elbow 90° diameter 1 1/4"	40 isi/box	Rp 5.600,00

6.1.3 Nilai HSPK Konstruksi ABR

Berdasarkan tahapan pekerjaan dan bahan/material dapat ditentukan nilai Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) dalam pembangunan ABR. Nilai HSPK dalam perencanaan ini hanya dibatasi dari harga upah dan harga material/bahan. Perhitungan nilai HSPK yakni koefisien bahan/material dan atau upah dikalikan dengan analisis harga. Koefisien nilai HSPK berdasarkan HSPK Kota Surabaya tahun 2015. Berikut contoh mencari nilai HSPK pada pekerjaan pembersihan lapangan "ringan" dan perataan:

Dibutuhkan:

Mandor

Pembantu tukang

Diketahui:

Analisis harga mandor = Rp 120.000,00

Analisis harga pembantu tukang = Rp. 99.000,00

Koefisien mandor = 0,025 orang/hari

Koefisien pembantu tukang = 0,05 orang/hari

Maka, nilai HSPK

$$= (0,025 \times \text{Rp } 120.000,00) + (0,05 \times \text{Rp } 99.000,00)$$

$$= \text{Rp } 3.000,00 + \text{Rp } 4.950,00$$

$$= \text{Rp } 7.950,00$$

Nilai HSPK pekerjaan lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Nilai HSPK Konstruksi ABR

Tahap Persiapan

No	Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)	
1	Pembersihan lapangan "ringan" dan perataan		m ²			
	Upah:					
	Mandor	0,025	OH	120.000	3.000	
	Pembantu tukang	0,05	OH	99.000	4.950	
	Jumlah					7.950
	Nilai HSPK					7.950
2	Pembongkaran paving yang tidak dipakai kembali		m ²			
	Upah:					
	Mandor	0,01	OH	120.000	1.200	
	Pembantu tukang	0,02	OH	99.000	1.980	
	Jumlah					3.180
	Nilai HSPK					3.180

3	Pengukuran dan pemasangan bouwplank		m ²		
	Bahan/material:				
	Paku biasa 2-5 inchi	0,02	doz	27.000	540
	Kayu meranti papan 2/20, 4/10	0,007	m ³	2.830.000	19.810
	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	0,012	m ³	4.500.000	54.000
	Jumlah				74.350
	Upah:				
	Mandor	0,005	OH	120.000	1.100
	Kepala tukang	0,01	OH	110.000	10.500
	Tukang	0,1	OH	105.000	9.900
	Pembantu tukang	0,1	OH	99.000	21.500
	Jumlah				95.850
	Nilai HSPK				170.200

Tahap Pekerjaan Utama

No	Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi		m ³		
	Upah:				
	Mandor	0,025	OH	120.000	3.000
	Pembantu tukang	0,75	OH	99.000	74.250
	Jumlah				77.250
	Nilai HSPK				77.250

2	Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1m		m ³		
	Upah:				
	Mandor	0,0075	OH	120.000	900
	Pembantu tukang	0,15	OH	99.000	14.850
	Jumlah				15.750
	Nilai HSPK				15.750
3	Pekerjaan balok beton bertulang (200 kg besi+bekisting)		m ³		
	Semen PC 40 kg	8,4	Zak	63.000	529.200
	Pasir cor/beton	0,54	m ³	232.100	125.334
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m ³	466.000	377.460
	Besi beton polos	210	Kg	12.000	2.520.000
	Paku triplek/eternit	3,2	Kg	22.000	70.400
	Polywood Uk. 122x244x9 mm	2,8	Lembar	93.600	262.080
	Kawat ikat	3	Kg	23.000	69.000
	Kayu kamper balok 4/6, 5/7	0,14	m ³	6.400.000	896.000
	Kayu meranti (bekisting)	0,32	m ³	3.200.000	1.024.000
	Minyak bekisting	1,6	Liter	28300	45280
	Jumlah				5.918.754
	Upah:				
	Mandor	0,318	OH	120.000	38.160
Kepala tukang	0,333	OH	110.000	36.630	

	Tukang	1,65	OH	105.000	173.250
	Tukang	0,275	OH	105.000	28.875
	Tukang	1,4	OH	105.000	147.000
	Pembantu tukang	6,35	OH	99.000	628.650
	Jumlah				1.052.565
	Nilai HSPK				6.971.319
4	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi+bekisting)		m ³		
	Semen PC 40 kg	8,4	Zak	63.000	529.200
	Pasir cor/beton	0,54	m ³	232.100	125.334
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m ³	466.000	377.460
	Besi beton polos	157,5	Kg	12.000	1.890.000
	Paku triplek/eternit	3,2	Kg	22.000	70.400
	Polywood Uk. 122x244x9 mm	2,8	Lembar	93.600	262.080
	Kawat ikat	2,25	Kg	23.000	51.750
	Kayu kamper balok 4/6, 5/7	0,12	m ³	6.400.000	768.000
	Kayu meranti (bekisting)	0,32	m ³	3.200.000	1.024.000
	Minyak bekisting	1,6	Liter	28.300	45.280
	Jumlah				5.143.504
	Upah:				
	Mandor	0,265	OH	120.000	31.800
	Kepala tukang	0,265	OH	110.000	29.150
	Tukang	1,3	OH	105.000	136.500
	Tukang	0,275	OH	105.000	28.875

	Tukang	1,05	OH	105.000	110.250
	Pembantu tukang	5,3	OH	99.000	524.700
	Jumlah				861.275
	Nilai HSPK				6.004.779
5	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi+bekisting)		m ³		
	Bahan:				
	Semen PC 40 kg	8,4	Zak	63.000	529.200
	Pasir cor/beton	0,54	m ³	232.100	125.334
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m ³	466.000	377.460
	Besi beton polos	210	Kg	12.000	2.520.000
	Paku triplek/eternit	3	Kg	22.000	66.000
	Polywood Uk. 122x244x9 mm	2,5	Lembar	93.600	234.000
	Kawat ikat	3	Kg	23.000	69.000
	Kayu kamper balok 4/6, 5/7	0,105	m ³	6.400.000	672.000
	Kayu meranti (bekisting)	0,25	m ³	3200.000	800.000
	Minyak bekisting	1,2	Liter	28.300	33.960
	Jumlah				5.426.954
	Upah:				
	Mandor	0,283	OH	120.000	33.960
	Kepala tukang	0,323	OH	110.000	35.530
	Tukang	1,56	OH	105.000	163.800
	Tukang	0,275	OH	105.000	28.875
	Tukang	1,4	OH	105.000	147.000

	Pembantu tukang	5,65	OH	99.000	559.350
	Jumlah				968.515
	Nilai HSPK				6.395.469
6	Pekerjaan plat beton (1Pc:2Ps:3Kr)		m ³		
	Upah:				
	Pekerjaan beton K-225	1	m ³	1.153.439	1.153.439
	Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos/ulir)	100	kg	14.498	1.449.800
	Pekerjaan bekisting lantai	1,2	m ²	378.800	454.560
	Jumlah				3.057.799
	Nilai HSPK				3.057.799
7	Pemasangan pipa air kotor diameter 4'		m		
	Bahan:				
	Pipa plastik PVC tipe C uk. 4 inchi pj. 4 m	0,3	batang	89.000	26.700
	Pipa plastik PVC tipe C uk. 4 inchi pj. 4 m	0,105	batang	89.000	9.345
	Jumlah				36.045
	Upah:				
	Mandor	0,0041	OH	120.000	492
	Kepala tukang	0,0135	OH	110.000	1.485
	Tukang	0,135	OH	105.000	14.175
	Pembantu tukang	0,081	OH	99.000	8.019
	Jumlah				24.171

Nilai HSPK					60.216
8	Pelapisan waterproofing		m ²		
	Bahan:				
	Waterproof	0,35	Kg	85.000	29.750
	Serat fiber	1	Lembar	10.100	10.100
	Jumlah				39.850
	Upah:				
	Mandor	0,0025	OH	120.000	300
	Kepala tukang	0,0075	OH	110.000	825
	Tukang	0,075	OH	105.000	7.875
	Pembantu tukang	0,05	OH	99.000	4.950
	Jumlah				13.950
	Nilai HSPK				53.800

Tahap *Finishing*.

No	Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	Pengurugan tanah dengan pemadatan		m ³		
	Bahan:				
	Pasir urug	1,2	m ³	143.500	172.200
	Jumlah				172.200
	Sewa Peralatan:				
	Sewa alat bantu 1 set @3 alat	8	m ³	1.100	8.800
	Jumlah				8.800
	Upah:				
	Mandor	0,01	OH	120.000	1.200
	Pembantu	0,3	OH	99.000	29.700

	tukang				
	Jumlah				30.900
	Nilai HSPK				211.900
2	Pembersihan lapangan dan perataan tanah				
	Upah:				
	Mandor	0,05	OH	120.000	6.000
	Pembantu tukang	0,1	OH	99.000	9.900
	Jumlah				15.900
	Nilai HSPK				15.900

6.1.4 Kuantitas dalam Pekerjaan Konstruksi ABR

Kuantitas dalam pekerjaan konstruksi ABR yakni berupa luas lahan IPAL, volume galian, volume beton, urugan tanah, dan jumlah pipa. Perhitungan kuantitas yakni sebagai berikut:

Diketahui:

Panjang tangki pengendap	= 4,5 m
Panjang kompartemen	= 1,2 m
Lebar	= 2 m
Kedalaman	= 2 m
Freeboard	= 0,3 m
Tebal beton	= 0,15 m
Jumlah kompartemen	= 6 buah
Jumlah sekat dinding	= 8 buah
Diameter pipa kompartemen	= 110 mm
Diameter pipa ven	= 40 mm

Perhitungan:

- Panjang total ABR
= panjang tangki pengendap+(panjang kompartemen x jumlah kompartemen)+(tebal beton x jumlah sekat dinding)
= 4,5m + (1,2m x 6) + (0,15m x 8)
= 12,9 meter
- Lebar total ABR
= lebar + (tebal beton x 2)
= 2m + (0,15m x 2)

$$= 2,3 \text{ meter}$$

- Kedalaman total ABR

$$= \text{kedalaman} + \text{freeboard} + (\text{tebal beton} \times 2)$$

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

$$= 2,6 \text{ meter}$$

Total luas lahan untuk pembangunan ABR yakni direncanakan penambahan 1 meter pada panjang dan lebar unit. Sehingga luas total yang didapatkan sebagai berikut:

- Luas total lahan

$$= (\text{panjang} + 1\text{m} + \text{perpanjangan pondasi}) \times (\text{lebar} + 1\text{m} + \text{pelebaran pondasi})$$

$$= (12,9\text{m} + 1\text{m} + 0,3\text{m}) \times (2,3\text{m} + 1\text{m} + 0,3\text{m})$$

$$= 51,12 \text{ m}^2$$

- Volume galian

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 14,2\text{m} \times 3,6\text{m} \times 2,6\text{m}$$

$$= 139,91 \text{ m}^3$$

- Volume beton untuk dinding

$$= \text{panjang dinding} \times \text{lebar dinding} \times \text{kedalaman dinding} \times \text{jumlah dinding}$$

$$= 12,6\text{m} \times 2,3\text{m} \times 0,15\text{m} \times 2$$

$$= 8,69 \text{ m}^3$$

- Volume beton untuk sekat

$$= \text{panjang sekat} \times \text{lebar sekat} \times \text{kedalaman sekat} \times \text{jumlah sekat}$$

$$= 2,3\text{m} \times 2,3\text{m} \times 0,15\text{m} \times 8$$

$$= 5,52 \text{ m}^3$$

- Volume beton untuk tutup

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 12,9\text{m} \times 2,3\text{m} \times 0,15\text{m}$$

$$= 4,45 \text{ m}^3$$

- Volume beton untuk pondasi

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 13,2\text{m} \times 2,5\text{m} \times 0,15\text{m}$$

$$= 5,15 \text{ m}^3$$

- Volume urugan tanah

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{sisi ABR}$$

$$= 0,8 \text{ m} \times 0,8\text{m} \times 2,6\text{m} \times 4$$

$$= 6,67 \text{ m}^3$$

6.2 Rencana Anggaran Biaya ABR

Berdasarkan perhitungan *Bill of Quantity* ABR mengenai kuantitas, maka dapat dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ABR yakni dengan cara mengalikan kuantitas dengan nilai HSPK. Berikut contoh perhitungannya:

Diketahui:

Nilai HSPK pembersihan lapangan “ringan” dan perataan adalah Rp 7.950,00

Luas lahan yang dibersihkan adalah 45,87 m²

Perhitungan:

Anggaran biaya pembersihan lapangan “ringan” dan perataan

= nilai HSPK x kuantitas (luas lahan)

= Rp 7.950,00 x 45,87 m²

= Rp 364.666,50

Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan IPAL pada perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan ABR

No	Uraian Kegiatan	Jumlah	Satuan	HSPK (Rp)	Total (Rp)
Tahap Persiapan					
1	Pembersihan lapangan "ringan" dan perataan	51,12	m ²	Rp 7.950,00	Rp 406.404,00
2	Pembongkaran paving yang tidak dipakai kembali	51,12	m ²	Rp 3.180,00	Rp 162.561,60
3	Pengukuran dan pemasangan bouwplank	51,12	m ²	Rp 170.200,00	Rp 8.700.624,00
Jumlah					
Tahap Pekerjaan Utama					
1	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	132,91	m ³	Rp 77.250,00	Rp 10.267.452,00
2	Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1m	132,91	m ³	Rp 15.750,00	Rp 2.093.364,00
3	Pekerjaan balok beton bertulang (200 kg besi+bekisting)	1	m ³	Rp 6.971.319,00	Rp 6.971.319,00
4	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi+bekisting)	0,94	m ³	Rp 6.004.779,00	Rp 5.644.492,26

5	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi-bekisting)	14,21	m ²	Rp 6.395.469,00	Rp 90.905.196,37
6	Pekerjaan plat beton (1Pc:2 Ps:3Kt)	9,60	m ²	Rp 3.057.799,00	Rp 29.350.283,70
7	Pemasangan pipa air kotor diameter 4"	77	m	Rp 60.216,00	Rp 4.636.632,00
8	Pelapisan waterproofing	229,84	m ²	Rp 53.800,00	Rp 12.365.392,00
		Jumlah			Rp 162.234.131,33
Tahap Finishing					
1	Pengurugan tanah dengan pemadatan	6,66	m ²	Rp 211.900,00	Rp 1.410.406,40
2	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	51,12	m ²	Rp 15.900,00	Rp 812.808,00
		Jumlah			Rp 2.223.214,40
		Jumlah			Rp 173.726.935,33

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Peta Daerah Perencanaan
IPAL di Kecamatan
Simokerto

Legenda

- batas kecamatan
- batas kelurahan
- jalan
- daerah perencanaan

Dosen Pembimbing

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

Skala

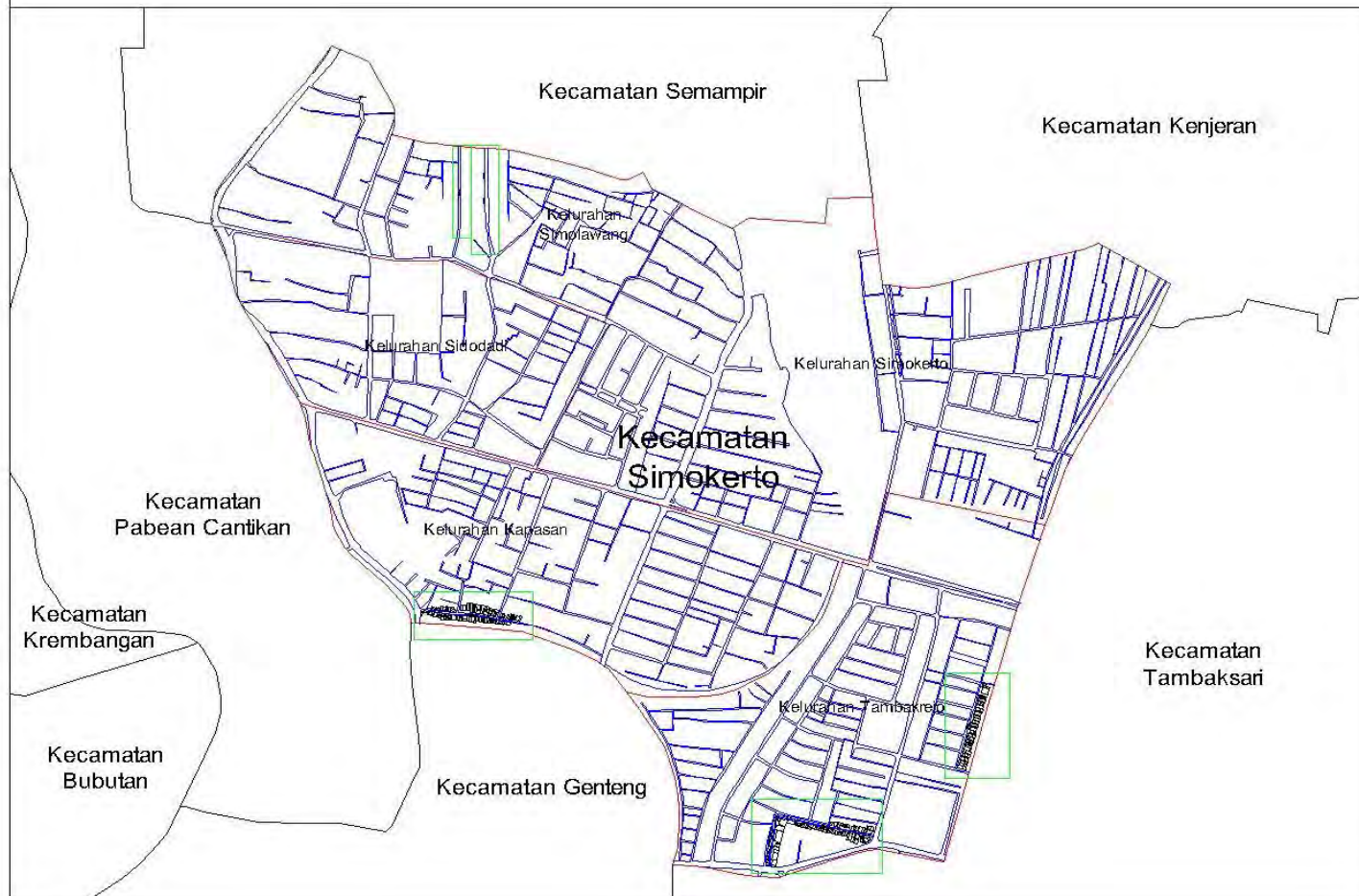
1 : 20000

Satuan

centimeter

Halaman

Lampiran 1



Lampiran 2
Lampiran Foto Kegiatan



Mewawancari warga di Kelurahan Tambakrejo mengenai sanitasi air limbah dan pemanfaatan air bersih.



Pegambilan sampel air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) di pipa pembuangan air limbah domestik milik warga yang bertempat tinggal di Kelurahan Simolawang



Mengukur lebar jalan di Kelurahan Simolawang dan di Kelurahan Tambakrejo

Lampiran 3

Daftar pertanyaan wawancara kepada Warga

A. Identitas Responden

Nama, jenis kelamin :
Umur :
Alamat :
Pendidikan terakhir :
Pekerjaan :

1. Berapa KK dalam 1 rumah dan 1 KK nya berapa orang?
 - a. 1 KK a. ≤4 orang
 - b. 2 KK b. 5 orang
 - c. >2 KK c. >5 orang
2. Dari mana sumber air bersih yang didapatkan warga?
 - a. PDAM, ada nomor rekening PDAM
 - b. Sumur, butuh berapa bis beton?
 - c. PDAM dan sumur
3. Kegunaannya untuk apa sajakah?

<u>PDAM</u>	<u>SUMUR</u>
Mandi	Mandi
Cuci	Cuci
Kakus	Kakus
Air minum	Air minum
Masak	Masak
Dagang/usaha	Dagang/usaha
4. Apakah sering banjir apabila musim hujan?
 - a. Ya
 - b. Tidak

Lampiran 4

Kualitas Air Limbah Domestik Simolawang



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Ragil
Dikirim Tanggal : 08 Maret 2016
Sampel Dari : Air Limbah
No. Laboratorium : 100-0311/03/A/KL/2016

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6,40	pHmeter
2	T S S	mg/L	520,00	Gravimetri
3	C O D	mg/L O ₂	335,00	Reflux/Tetrimetri
4	B O D	mg/L O ₂	208,00	Winkler

Surabaya, 18 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami


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



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Ragil
Dikirim Tanggal : 14 Maret 2016
Sampel Dari : Air Limbah Simolawang
No. Laboratorium : 100-0318/03/A/KL/2016

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6,20	pHmeter
2	TSS	mg/L	1.100,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	1.190,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	736,00	Winkler

Surabaya, 31 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

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

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Ragil
Dikirim Tanggal : 22 Maret 2016
Sampel Dari : Air Limbah Simolawang
No. Laboratorium : 100-0339/03/A/KL/2016

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	7,90	pHmeter
2	T S S	mg/L	464,00	Gravimetri
3	C O D	mg/L O ₂	1.080,00	Reflux/Tetrimetri
4	B O D	mg/L O ₂	670,00	Winkler

Surabaya, 31 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

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

Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami

Lampiran 5

Kualitas Air Limbah Domestik Tambakrejo



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Ragil
Dikirim Tanggal : 07 Maret 2016
Sampel Dari : Air Limbah
No. Laboratorium : 100-0310/03/A/KL/2016

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	5,40	pHmeter
2	TSS	mg/L	942,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	945,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	586,00	Winkler

Surabaya, 18 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air
yang diterima laboratorium kami


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



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

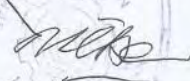
KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Ragil
Dikirim Tanggal : 14 Maret 2016
Sampel Dari : Air Limbah Tambakrejo
No. Laboratorium : 100-0317/03/A/KL/2016

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	7,25	pHmeter
2	T S S	mg/L	484,00	Gravimetri
3	C O D	mg/L O ₂	632,00	Reflux/Tetrimetri
4	B O D	mg/L O ₂	390,00	Winkler

Surabaya, 31 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS


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

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Ragil
Dikirim Tanggal : 21 Maret 2016
Sampel Dari : Air Limbah Tambakrejo
No. Laboratorium : 100-0333/03/A/KL/2016

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6,90	pHmeter
2	TSS	mg/L	400,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	626,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	390,00	Winkler

Surabaya, 31 Maret 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS


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

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Rencana Peletakkan IPAL
di Kelurahan Kapasan,
Kecamatan Simokerto

Legenda

- batas kecamatan
- pemukiman
- jalan
- IPAL

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD.

Skala

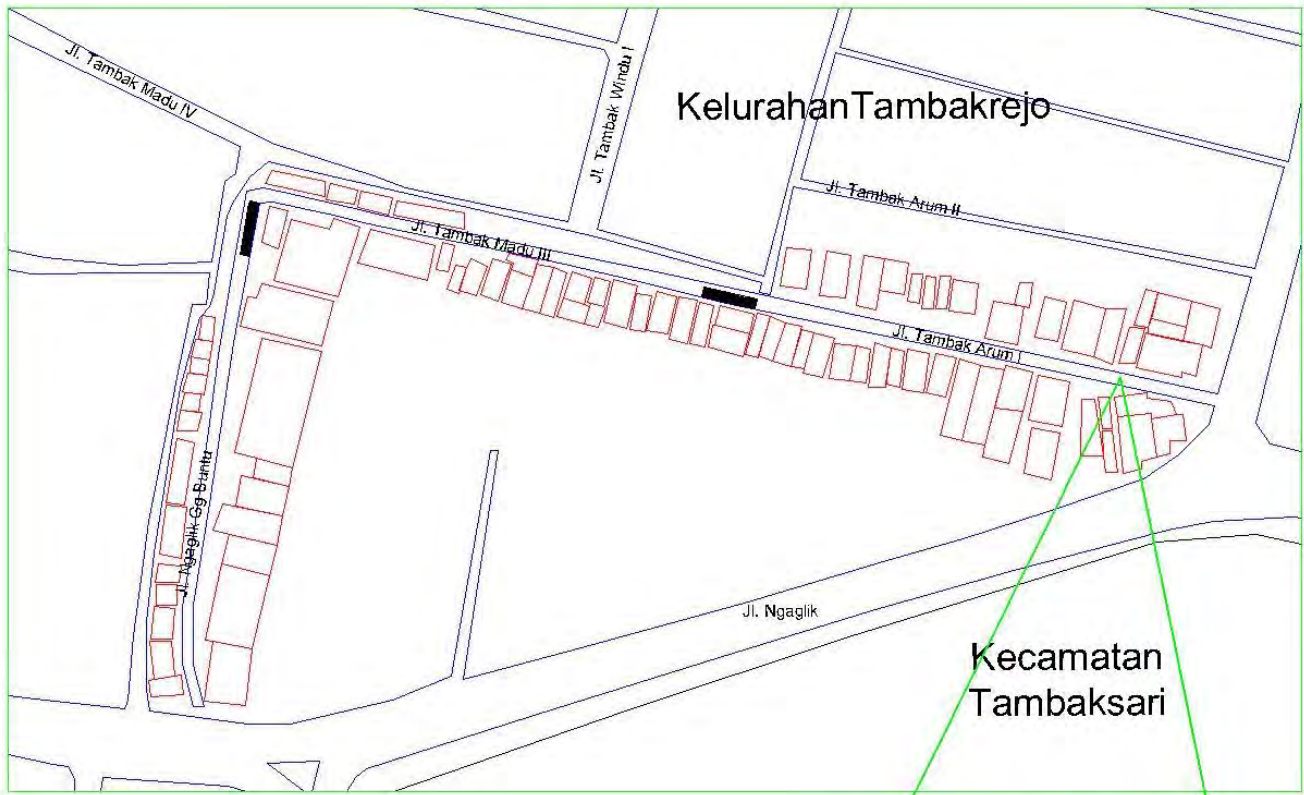
1 : 2000

Satuan

centimeter

Halaman

Lampiran 6



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Rencana Peletakkan IPAL
di Kelurahan Tambakrejo
(Tambak Arum),
Kecamatan Simokerto

Legenda

- batas kecamatan
- pemukiman
- jalan
- IPAL

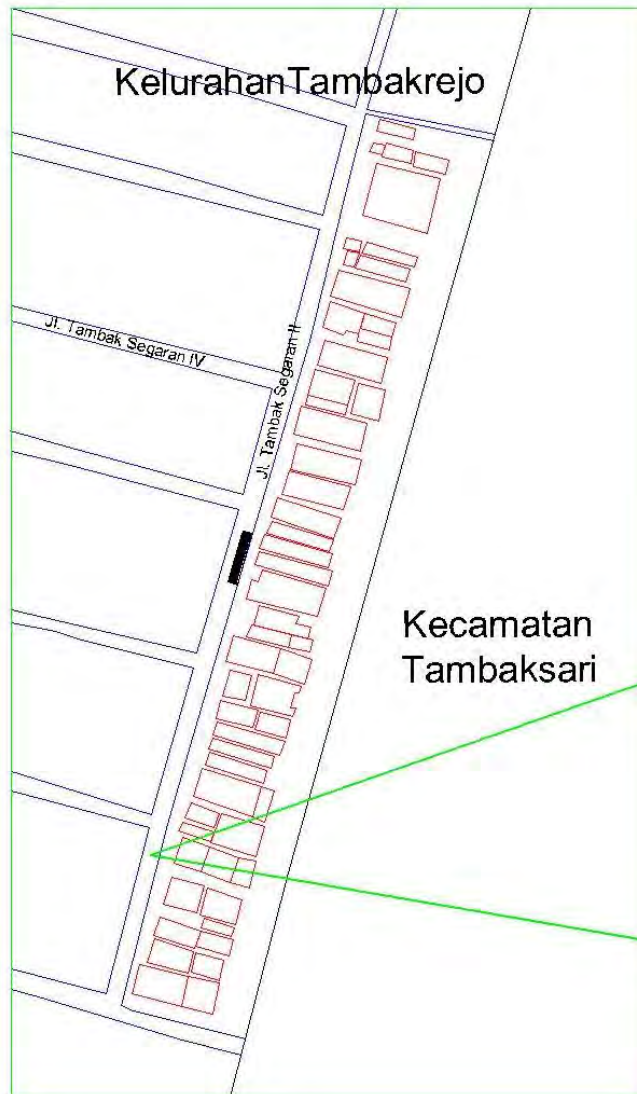
Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD.

Skala

1 : 2000

Satuan	Halaman
centimeter	Lampiran 7A



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Rencana Peletakan IPAL
di Kelurahan Tambakrejo
(Tambak Segaran II),
Kecamatan Simokerto

Legenda

- batas kecamatan
- pemukiman
- jalan
- IPAL

Dosen Pembimbing

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

Skala

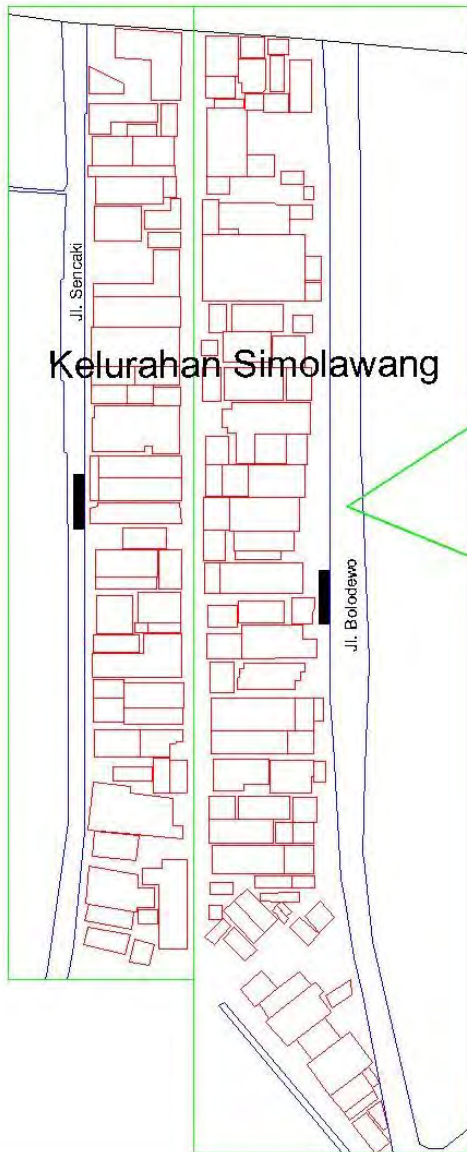
1 : 2000

Satuan

Halaman

centimeter

Lampiran 7B



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Rencana Peletakkan IPAL
di Kelurahan Simolawang,
Kecamatan Simokerto

Legenda

-  pemukiman
-  jalan
-  IPAL

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD.

Skala

1 : 1500

Satuan

centimeter

Halaman

Lampiran 8



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Tampak Atas dan Denah
Anaerobic Baffled Reactor
(ABR)

Legenda

-  tutup plat besi atau kolom
-  beton
-  pipa bertulang
-  batu kall

Dosen Pembimbing

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

Skala

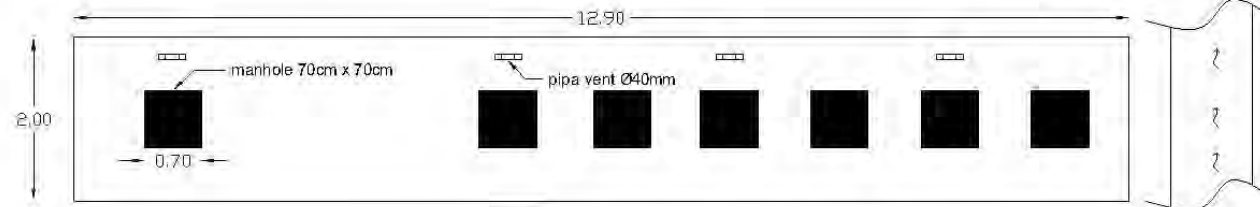
1:100

Satuan

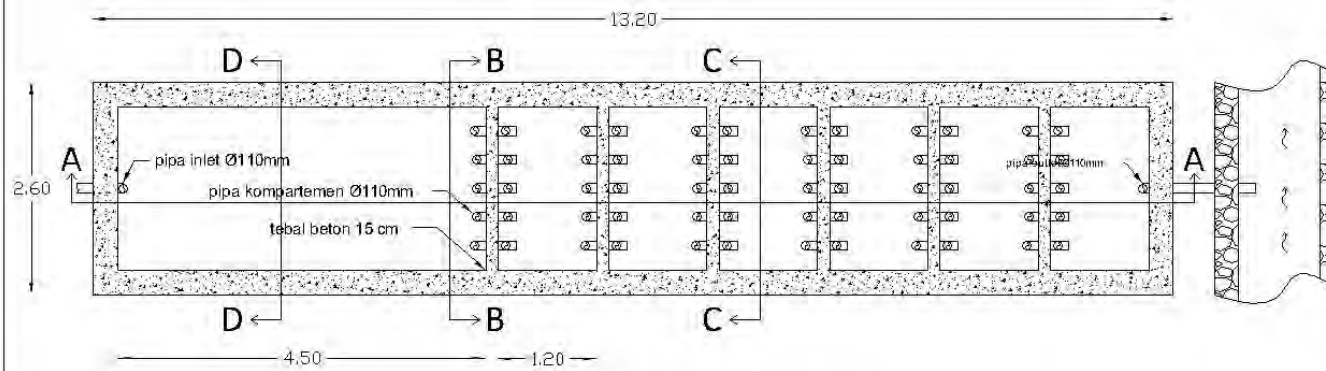
Halaman

centimeter

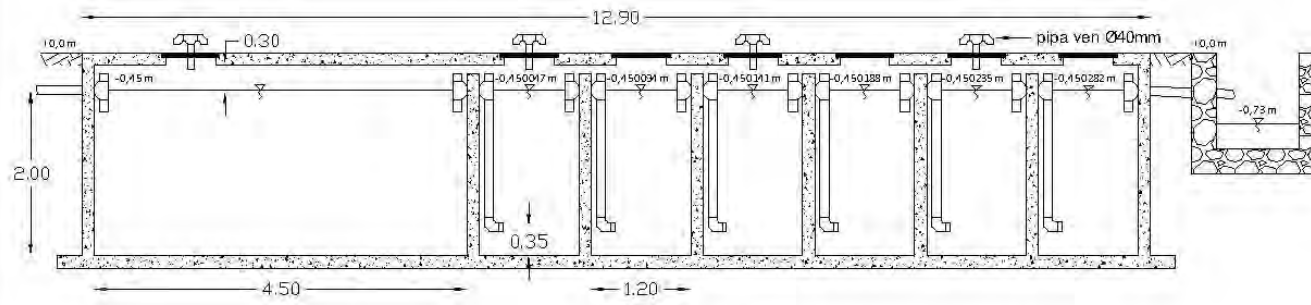
Lampiran 9



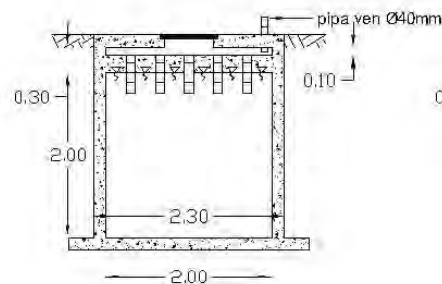
Tampak Atas
Anaerobic Baffled Reactor
(ABR)



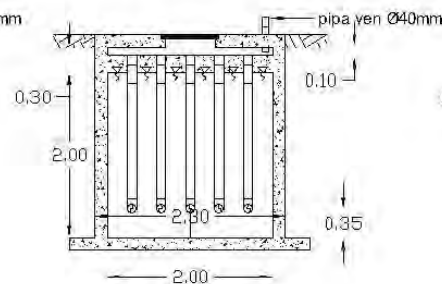
Denah *Anaerobic Baffled Reactor*
(ABR)



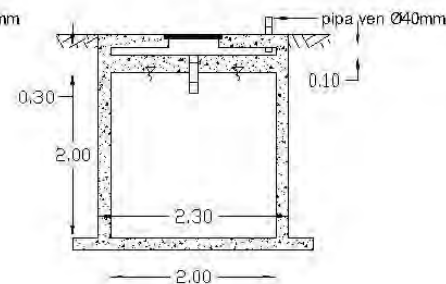
Potongan A-A



Potongan B-B



Potongan C-C



Potongan D-D



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312 100022

Judul Gambar

Potongan
Anaerobic Baffled Reactor
(ABR)

Legenda

-  tutup plat besi
-  beton
-  pipa bertubang
-  muka tanah
-  batu kali

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD.

Skala

1:100

Satuan

centimeter

Halaman

Lampiran 10



TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

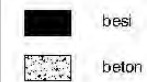
Nama Mahasiswa

RAGIL TRI SETIAWATI
3312100022

Judul Gambar

Tipikal pembeconan

Legenda



besi

beton

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD.

Skala

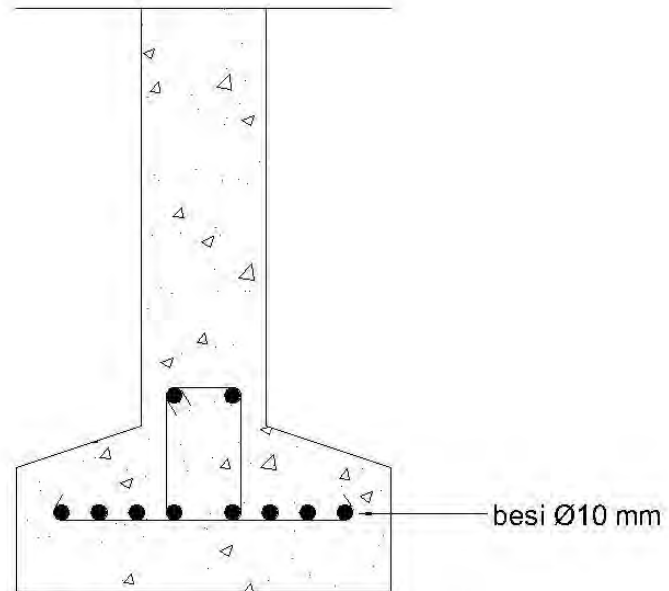
1:10

Satuan

centimeter

Halaman

Lampiran 11



BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan pengolahan limbah domestik di Kecamatan Simokerto digunakan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Unit ABR yang direncanakan yakni tipikal untuk setiap 100 KK yang terdiri dari tangki pengendap dan 6 kompartemen. Total panjang, lebar, dan kedalaman ABR adalah 13,2 meter, 2,6 meter, dan 2,6 meter.
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk pembangunan satu unit ABR di Kecamatan Simokerto yakni sebesar Rp. 173.700.000,00 (peletakkan di bawah jalan) dan Rp. 173.500.000,00 (peletakkan di bawah bahu jalan).

7.2 Saran

Saran untuk penulisan tugas akhir dengan topik sejenis adalah terdapat kriteria pemilihan lokasi yang memperhatikan kemauan masyarakat terkait pembangunan IPAL di wilayah perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, E., Adri Ruslan, Usniati Umayah, Alifah Lestari, Irwansyah Baharudin, dan Edro Adinugroho. 2016. **Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Setempat Tangki Septik dengan *Up-flow Filter***. Jakarta: Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2013. **Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Surabaya tahun 2013**.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional. 2014. **Dukungan STBM dalam Pencapaian Target *Universal Access***.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2015. **Surabaya dalam Angka 2015**.
- Barnard, J.L., dan Stensel H.D., 2012 **Biological Nutrient Removal**. Seminar at Carroll College, supported by Montana Water Environment Association.
- Environmental Protection Agency. 1983. **The Biological Aerated Filter**. Washington, DC.
- Fair, Geyer, dan Okun's. 2011. **Water Supply and Wastewater Removal, 3th Edition**. USA: John Wiley&Sons, Inc.
- Fajarwati, Ayi. 2000. **Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kota Palembang (Studi Kasus: Kecamatan Ilir Timur I dan Kecamatan Ilir Timur II)**. Program Studi Teknik Lingkungan.ITB. Bandung.
- Gutterer, B., Ludwig Sasse, Thilo Panzerbieter, dan Thorsten Reckerzügel. 2009. **Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide**. Bremen: BORDA.
- Götzenberger, Jens., 2009. **Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS): . Praxis-Oriented Training Manual**. Bremen: BORDA.
- Hasan, H.A., Siti Rozaimanah S.A., Siti Kartom K., dan Noorshisham Tan Koffi. 2009. **A review On The Design Croteria Of Biological Aerated Filter For COD, Ammonia and Manganese Removal In Drinking Water**

- Treatment.** Journal of Universiti Kebangsaan Malaysia, Department of chemical and process engineering.
- Herrari, Silvana. 2015. Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di Kecamatan Tegalsari Kota Surabaya. **Skripsi.** Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS. Surabaya.
- Iskandar, S., Ika Fransisca, Eri Arianto, dan Adri Ruslan. 2016. **Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik – Terpusat Skala Permukiman.** Jakarta: Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Khairina, Nadfizah. 2015. Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di Kecamatan Genteng. **Skripsi.** Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS. Surabaya.
- Laporan Studi Environmental Health Risk Assessment (EHRA) Kota Surabaya.** 2010. Program Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman. Pemerintah Kota Surabaya.
- Metcalf dan Eddy. 2014. **Wastewater Engineering: Treatment and Resources Recovery, 5th Edition.** New York: McGraw-Hill, Inc.
- Morel, A., dan Stefan Diener. 2006. **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods.** Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf. Switzerland.
- Nguyen, H., Scott T., dan Joshua M. 2010. **The Anaerobic Baffled Reactor (A study of the wastewater treatment process using the anaerobic baffled reactor).** Worcester Polytechnic Institute. Jerman.
- Pamsimas. 2011. **Petunjuk Teknis Perencanaan Kegiatan Pamsimas Tingkat Masyarakat.** Jakarta.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. **Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya Nomor 72 Tahun 2013.**
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2007. **Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Tata Cara Survei.**

- Prameswari, RA. Prahastiwi. 2014. Perencanaan Pelayanan Air Limbah Komunal di Desa Krasak Kecamatan Jatibarang Kabupaten Indramayu. **Skripsi**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS. Surabaya.
- Qasim, S.R. 1985. **Wastewater Treatment Plants - Planning, Design, and Operation**. New York: CBS International.
- Rivai, Y., Ali Masduki, dan Bowo Djoko M. 2006. **Evaluasi Sistem Ditribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo**. Jurnal SMARTek, Volume 4 Nomor 2.
- Sasse, Ludwig. 1998. **Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries (DEWATS)**. Jerman: BORDA.
- Soedjono, Eddy S., Teguh Wibowo, Sarityastuti santi S., dan Cees Keetelaar. 2010. **Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi**. Jakarta: TTPS.
- Sunyono. 2011. **Teknik Wawancara (Interview) dalam Penelitian Kualitatif**. UNESA. Surabaya.
- Syafrudin., Sudarno., dan Widyanto Kurniawan. 2012. **Studi Pengaruh Variasi Debit terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Domestik Black Water Menggunakan Reaktor UASB (Studi Kasus: Kelurahan Gabahan, Semarang)**. Teknik Lingkungan, UNDIP. Semarang.
- Tilley, E., Christoph L., Antoine M., Chris Zurbrügg, dan Roland S. 2008. **Compedium of Sanitation Systems and Technologies**. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Tim Water and Sanitation Program. 2009^b. **Opsi Sanitasi yang Terjangkau untuk Daerah Spesifik**. Jakarta: Sekretariat STBM Nasional.
- Ulya, Azimah. 2014. Perencanaan SPAL dan IPAL Komunal di Kabupaten Ngawi (Studi Kasus Perumahan Karangtengah Prandon, Perumahan Karangasri, dan Kelurahan Karangtengah). **Skripsi**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS. Surabaya.
- Umiati. 2009. **Hubungan Antara Sanitasi Lingkungan dengan Kejadian Diare pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Nogosari Kabupaten Boyolali Tahun 2009**. FKM Universitas Muhammadiyah. Surakarta.

- Wisjnuprpto. 2007. **Pengelolaan Limbah Industri**. Teknik Lingkungan, ITB. Bandung.
- Wulandari, Puji Retno. 2014. **Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan)**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya, Volume 2 Nomor 3.
- Widiana, Setya., Irawan Wisnu W., dan Dwi Siwi H. 2012. **Perencanaan Teknis Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Buangan Domestik (Studi kasus: Kelurahan Bojongsalaman Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang)**. Jurusan Teknik Lingkungan, UNDIP. Semarang.
- Xing, L., Ou, T.Y., Yunan, D.X., dan Wu, X.Y., 2010 **Study of Municipal Wastewater Treatment with Oyster Shell as Biological Aerated Filter Medium**. Journal of Desalination.
- Zuliyanto, Alfian. 2011. **Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Lamongan Kabupaten Lamongan**. Teknik Sipil Universitas Lamongan, Volume 2 Nomor 2.

BIOGRAFI PENULIS



RAGIL TRI SETIAWATI, lahir pada 9 Mei 1994 di Surabaya Penulis menempuh pendidikan formal di SD Laboratorium Unesa (*lulusan tahun 2006*), SMP Negeri 32 Surabaya (*lulusan tahun 2009*), SMA Negeri 21 Surabaya (*lulusan tahun 2012*), dan melanjutkan pendidikan di S1 Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2012. Penulis aktif di organisasi, khususnya di HMJ Teknik Lingkungan FTSP

ITS. Penulis pernah menjabat sebagai staff (tahun 2012-2014) dan bendahara (tahun 2014-2015) KPPL HMJ Teknik Lingkungan FTSP ITS. Judul tugas akhir penulis adalah Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya. Semoga dengan adanya tugas akhir ini, dapat membantu dalam penelitian selanjutnya sebagai upaya penyediaan sanitasi yang layak pada pemukiman padat perkotaan. Penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembaca untuk perbaikan penulisan laporan selanjutnya. Penulis dapat dihubungi melalui email ragiltri6@gmail.com.