



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DENGAN ALTERNATIF MEDIA
BIOFILTER (STUDI KASUS : KEJAWAN GEBANG
KELURAHAN KEPUTIH SURABAYA)**

**ARGA SANTOSO
3311100122**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**

**DOSEN CO-PEMBIMBING
Ir. Didik Bambang Supriyadi, M.T**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RE 141581

**DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT
PLANNING WITH ALTERNATIVE BIOFILTER
MEDIA (CASE STUDY : KEJAWAN GEBANG
KELURAHAN KEPUTIH SURABAYA)**

ARGA SANTOSO
3311100122

LECTURER
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

CO-LECTURER
Ir. Didik Bambang Supriyadi, M.T

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN ALTERNATIF MEDIA BIOFILTER (STUDI KASUS: KEJAWAN GEBANG KELURAHAN KEPUTIH SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat dalam Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ARGA SANTOSO

NRP. 3311100122

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

NIP. 19550128 198503 2 001

Disetujui oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Didik Bambang Supriyadi, M.T

NIP. 196307051992031001



**PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
DENGAN ALTERNATIF MEDIA BIOFILTER
(STUDI KASUS: KEJAWAN GEBANG KELURAHAN KEPUTIH
SURABAYA)**

Nama : Arga Santoso
NRP : 3311100122
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc
Email : Ar9a.salan2ga@gmail.com

Abstrak

Zat organik dalam air limbah terutama *grey water* banyak dialirkan atau dibuang ke selokan akan terurai dan membentuk *sludge*. *Sludge* ini akan terakumulasi secara terus-menerus dan terjadi pengendapan pada badan air/sungai. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan air limbah domestik untuk mengolah air limbah sebelum dibuang ke badan air.

Di dalam perencanaan ini menggunakan unit bak ekualisasi, bak pengendap dan anaerobik biofilter. Dalam perencanaan unit pengolahan air limbah ini diambil studi kasus yaitu, Daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya yang dibagi menjadi 3 kawasan.

Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi dari unit bak ekualisasi adalah untuk kawasan 1,2 dan 3 berdimensi (2,4 x 2,4 x 1,5) m, (2,2 x 2,2 x 1,5) m, dan (1,6 x 1,6 x 1,5) m. Settler memiliki dimensi dari kawasan 1,2 dan 3 adalah (3 x 1,5 x 2,25) m, (2,13 x 1,5 x 2,25) m, dan (2,085 x 1,5 x 2,25) m. Anaerobik Biofilter media kerikil memiliki dimensi dari kawasan 1,2,dan 3 adalah (17,85 x 1,78 x 2,25) m, (17,85 x 1,32 x 2,25) m, dan (17,85 x 1,3 x 2,25) m dan anaerobik biofilter media sarang tawon memiliki dimensi kawasan 1,2, dan 3 adalah (17,85 x 1,32 x 2,25) m, (17,85 x 0,98 x 2,25) m, dan (17,85 x 0,96 x 2,25) m. Biaya yang dibutuhkan untuk kawasan 1 media kerikil dan sarang tawon adalah Rp 30.542.408 dan Rp 24.286.193, untuk kawasan 2 untuk media kerikil dan sarang tawon adalah Rp 23.343.059 dan Rp 18.718.900 dan untuk kawasan 3 media kerikil dan sarang tawon adalah Rp 21.982.275 dan Rp 17.358.116

Kata kunci : Air Limbah, Anaerobik Biofilter, IPAL Komunal

**DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANNING WITH
ALTERNATIVE BIOFILTER MEDIA
(CASE STUDY: KEJAWAN GEBANG KELURAHAN KEPUTIH
SURABAYA)**

Name : Arga Santoso
NRP : 3311100122
Lecturer : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc
Email : Ar9a.salan2ga@gmail.com

Abstrak

Many organic substances in wastewater especially grey water are flowed to drainage, which will compose and make sludge. Sludge will accumulate continually and settling in the water bodies or river. Because of that, there is a need for domestic wastewater treatment to treat wastewater before discharging to the water bodies.

This planning use equalization tank and settler with anaerobic biofilter. The case study of wastewater treatment unit is taken in Kejawan Gebang, Kelurahan Keputih Surabaya that divided into three regions.

Based on the calculation, given the dimensions of equalization tank for the region 1, 2, and 3 are (2,4x2,4x1,5)m, (2,2x2,2x1,5)m, dan (1,6x1,6x1,5)m. Settler dimension for 1,2 dan 3 region are (3 x 1,5 x 2,25) m, (2,13 x 1,5 x 2,25) m, dan (2,085 x 1,5 x 2,25) m. The dimensions of anaerobic biofilter that used gravel media for the region 1, 2, and 3 are (17,85x1,78x2,25)m, (18,4x1,32x2,25)m, and (17,85x1,3x2,25)m. The dimensions of anaerobic biofilter that used honeycomb media for the region 1, 2, and 3 are (17,85x1,32x2,25)m, (17,85x0,98x2,25)m, dan (17,85x0,96x2,25)m. The cost for region 1 that used gravel media and honeycomb are Rp30.542.408 and 24.286.193, for region 2 that used gravel media and honeycomb are Rp 23.343.059 dan Rp 18.718.900 and for region 3 that used gravel media and honeycomb are Rp 21.982.275 dan Rp 17.358.116

Keywords: Anaerobic Biofilter, Communal WWTP, Wastewater,

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penyusun panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penulisan Tugas Akhir ini mengambil judul “Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Alternatif Biofilter (Studi Kasus: Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya)”. Dalam penulisan ini, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. ALLAH SWT dan orang tua yang selalu memberikan dukungan,
2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc selaku dosen pembimbing yang membimbing penyusunan laporan tugas akhir ini,
3. Ir. Didik Bambang Supriyadi, MT selaku co-dosen pembimbing yang membantu pembimbingan penyusunan laporan tugas akhir ini,
4. Ir. M. Razif, MM selaku penguji yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Ir. Atiek Moesriati, M.Kes selaku penguji yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Sahabat-sahabat yang selalu mendukung: Jimmi, Oka, Dina, Bonita, Mas Togar, teman-teman seangkatan 2011 dan teman-teman IBC (ITS *Badminton Community*)

Pada penulisan tugas akhir telah diusahakan semaksimal mungkin, namun tentunya masih terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan. Terima kasih.

Surabaya, 21 Januari 2015

Penulis

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran air	5
2.2 Air Limbah Domestik	6
2.2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik	7
2.2.2 Kualitas Air Limbah Domesti	8
2.3 Parameter Pencemar Sungai/Saluran	10
2.4 <i>Grey Water</i>	11
2.5 Baku Mutu Air Limbah	14
2.6 Proses Pengolahan Air Limbah	13
2.6.1 <i>Suspended Growth</i>	18
2.6.2 <i>Attached Growth</i>	18
2.7 Bak Ekualisasi	19
2.8 Biofilter	19
2.9 Peneliti Terdahulu	22
BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN	
3.1 Umum	25
3.2 Tahapan Perencanaan	25

3.2.1	Judul Tugas akhir	26
3.2.2	Tinjauan Pustaka	26
3.2.3	Pengumpulan Data	27
3.2.4	Perhitungan DED Unit Pengolahan Air Limbah Domestik	28
3.2.5	Penggambaran Unit Pengolahan Air Limbah Domestik	36
3.2.6	Perhitungan BOQ dan RAB	36
3.2.7	Hasil dan Pembahasan	36
3.2.8	Kesimpulan dan Saran	37

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Gambaran Umum Perencanaan	39
4.2	Unit Pengolahan Air Limbah	42
4.3	Pengumpulan Data	43
4.4	Hasil Kuisisioner	45
4.5	Perhitungan Detail Engineering Desain (DED)	51
4.5.1	Sumur Pengumpul	51
4.5.2	Bak Ekualisasi	53
4.5.3	<i>Settler</i>	62
4.5.4	Anaerobik Biofilter	69
4.6	Penggambaran Unit Pengolahan Air Limbah Domestik	80
4.7	Mass Balance	80
4.7.1	Bak Ekualisasi	82
4.7.2	<i>Settler</i>	82
4.7.3	Anaerobik Biofilter	84
4.8	BOQ dan RAB	95
4.8.1	Bak Ekualisasi	95
4.8.2	<i>Settler</i>	98
4.8.3	Biofilter	100
4.9	Operasi dan Perawatan Bangunan IPAL	106
4.9.1	Ketentuan Umum dan Pengurasan	106
4.9.2	Pemantauan	107
4.9.3	Evaluasi	108
4.9.4	Kebersihan Lingkungan	108
4.10	Sistem Penyuluran Air Limbah	108
4.10.1	Perhitungan Pembebanan Saluran	111
4.10.2	Perhitungan Dimensi Pipa	113
4.10.3	Penanaman Pipa	114

4.10.4 Manhole	116
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	119
5.2 Saran	119
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN GAMBAR	127
LAMPIRAN TABEL	140

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

BAB 1 PENDAHULUAN

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2.1 Pencemaran Air	5
Gambar 2.2 Air Limbah Domestik	12
Gambar 2.3 Bak Ekualisasi	19
Gambar 2.4 Biofilter	20
Gambar 2.5 Media Filter Sarang Tawon dan Batu Pecah	21

BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN

Gambar 3.1 Kerangka Metodologi Perencanaan	26
Gambar 3.2 Diagram Massa dan Debit untuk menghitung bak Ekualisasi	29
Gambar 3.3 Grafik Reduksi Lumpur selama Penyimpanan	30
Gambar 3.4 Removal COD di Settler	31
Gambar 3.5 Grafik Faktor Waktu Tinggal	33
Gambar 3.6 Grafik Faktor Temperatur	33
Gambar 3.7 Grafik Faktor <i>Strength</i>	34
Gambar 3.8 Grafik Faktor Permukaan Filter	34
Gambar 3.9 Grafik Faktor Pengali	35

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4.1 Batas Wilayah Kelurahan Keputih Surabaya	40
Gambar 4.2 Wilayah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya	40
Gambar 4.3 Kawasan 1 Perencanaan Wilayah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya	41
Gambar 4.4 Kawasan 2 Perencanaan Wilayah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya	41
Gambar 4.5 Kawasan 3 Perencanaan Wilayah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya	42
Gambar 4.6 Skema Pengolahan Air Limbah	43
Gambar 4.7 Alternatif Pengolahan	43
Gambar 4.8 Hasil Survey dari 16 KK di kawasan 1, terkait pertanyaan kepemilikan tangki septik	45
Gambar 4.9 Hasil Survey dari 16 KK di kawasan 1, terkait pertanyaan sumber air	46

Gambar 4.10 Hasil Survey dari 16 KK di kawasan 1, terkait pemakaian air secara umum	46
Gambar 4.11 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 2, terkait pertanyaan kepemilikan tangki septik	47
Gambar 4.12 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 2, terkait pertanyaan sumber air	47
Gambar 4.13 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 2, terkait pemakaian air secara umum	48
Gambar 4.14 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 3, terkait pertanyaan kepemilikan tangki septik	48
Gambar 4.15 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 3, terkait pertanyaan sumber air	49
Gambar 4.16 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 3, terkait pemakaian air secara umum	49
Gambar 4.17 Grafik Volume Bak Ekualisasi di Kawasan 1	56
Gambar 4.18 Grafik Volume Bak Ekualisasi di Kawasan 2	58
Gambar 4.19 Grafik Volume Bak Ekualisasi di Kawasan 3	61
Gambar 4.20 Removal COD di Settler	63
Gambar 4.21 Grafik Faktor Pengali	63
Gambar 4.22 Grafik Faktor Temperatur	70
Gambar 4.23 Grafik Faktor <i>Strength</i>	70
Gambar 4.24 Grafik Faktor Permukaan Filter	71
Gambar 4.25 Grafik Faktor Waktu Tinggal	72
Gambar 4.26 Grafik Faktor Pengali	74
Gambar 4.27 Diagram <i>Mass Balance</i> Unit IPAL di Kawasan 1 dengan Media Kerikil	89
Gambar 4.28 Diagram <i>Mass Balance</i> Unit IPAL di Kawasan 1 dengan Media Sarang Tawon	90
Gambar 4.29 Diagram <i>Mass Balance</i> Unit IPAL di Kawasan 2 dengan Media Kerikil	91
Gambar 4.30 Diagram <i>Mass Balance</i> Unit IPAL di Kawasan 2 dengan Media Sarang Tawon	92
Gambar 4.31 Diagram <i>Mass Balance</i> Unit IPAL di Kawasan 3 dengan Media Kerikil	93
Gambar 4.32 Diagram <i>Mass Balance</i> Unit IPAL di Kawasan 3 dengan Media Sarang Tawon	94
Gambar 4.33 Jaringan Pipa Kawasan 1	110
Gambar 4.34 Jaringan Pipa Kawasan 2	110
Gambar 4.35 Jaringan Pipa Kawasan 3	111

Gambar 4.36 Kurva Faktor Peak	112
Gambar 4.36 Grafik Average Infiltration rate allowance	113

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

BAB 1 PENDAHULUAN

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2.1 Klasifikasi Tingkat pencemaran Air Limbah Domestik	9
Tabel 2.2 Karakteristik Grey Water dari Beberapa Negara	9
Tabel 2.3 Karakteristik Grey Water dari Beberapa Kota di Indonesia	10
Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Domestik	12
Tabel 2.5 Baku mutu Air Limbah Domestik	13
Tabel 2.6 Perbandingan Pengolahan Aerob dan Anaerob	13
Tabel 2.7 Contoh Luas Permukaan Spesifik Berbagai Jenis Media	21

BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN

Tabel 3.1 Contoh Tabel Perhitungan Debit dan BOD <i>mass loading</i>	29
Tabel 3.2 Tabel Menghitung Dimensi Tangki Septik	31
Tabel 3.3 Untuk Menghitung Dimensi Anaerobik Biofilter	32

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1 Kualitas Air Limbah	44
Tabel 4.2 Baku Mutu Kelas IV	45
Tabel 4.3 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi Kawasan 1	55
Tabel 4.4 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi Kawasan 2	57
Tabel 4.5 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi Kawasan 3	60
Tabel 4.6 Perbandingan Efluen IPAL dengan Baku Mutu	95
Tabel 4.7 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Ekualisasi	95
Tabel 4.8 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Ekualisasi	96
Tabel 4.9 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Ekualisasi	97
Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Pengendap	98
Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Pengendap	99
Tabel 4.12 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Pengendap	100
Tabel 4.13 Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter	100
Tabel 4.14 Rencana Anggaran Biaya unit	

Anaerobik Biofilter	101
Tabel 4.15 Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter	102
Tabel 4.16 Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter	103
Tabel 4.17 Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter	104
Tabel 4.18 Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter	105
Tabel 4.19 Jumlah KK yang Terlayani di setiap Jalur	112

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah dari kegiatan domestik yang terdiri atas *grey* dan *black water* banyak dialirkan atau dibuang ke selokan atau sungai depan atau sekitar rumah. *Grey water* yang berasal dari air bekas cuci baju, mandi, masak dan cuci peralatan dapur banyak mengandung antara lain nitrat, fosfat dan zat organik atau parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*biological oxygen demand*) didalamnya. Demikian pula, *black water* di dalamnya juga mengandung terutama: zat organik atau parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*biological oxygen demand*), kekeruhan (zat padat) dan bakteri patogen (bakteri yang menyebabkan penyakit). Banyak didaerah yang padat penduduknya atau permukiman perkotaan, air keluaran atau efluen dari *grey water* disalurkan melalui perpipaan dibuang langsung ke selokan atau saluran dekat/depan rumah.

Apabila *grey water* terus dialirkan ke selokan atau badan air akan mengakibatkan timbulnya masalah bagi perairan tersebut. Hal ini dikarenakan zat organik didalamnya akan terdegradasi oleh mikroorganisme dan akan menghasilkan *sludge* (lumpur) serta gas – gas.

Sludge tersebut selanjutnya akan dapat mengendap dan terakumulasi dalam selokan atau sungai, yang menyebabkan berkurangnya volume selokan atau sungai yang dapat terisi air hujan. Akibatnya air dalam selokan atau sungai meluap ke area sekitarnya atau banjir akan terjadi.

Beberapa penelitian untuk mereduksi zat organik, nitrat, fosfat dan bakteri dalam air limbah sudah banyak dilakukan, sebagai contoh penelitian yang telah dilakukan oleh Moesriati dan Karnaningroem (2012) bahwa seri *biofilter* dan *slow sand filter* dapat mereduksi konsentrasi COD antara 60 – 90 %, dan fosfat antara 20 – 50 %. Karnaningroem, dkk (2012) menyatakan bahwa *biofilter* dengan media batu dapat mereduksi COD sebesar 68% - 89 % dalam air limbah dari *laundry*, sedangkan fosfat tereduksi sebesar 24 %. Oleh karena itu, dipilih unit pengolahan menggunakan Anaerobik Biofilter yang didahului dengan Bak Pengendap dan dilengkapi dengan Bak Ekualisasi.

Alasan teknologi Biofilter ini dipilih karena memiliki beberapa keunggulan antara lain pengoperasiannya mudah, lumpur yang dihasilkan sedikit, tahan terhadap fluktuasi debit aliran maupun fluktuasi beban/konsentrasi serta tingkat efisiensinya tinggi (BPPT dalam Komariyah dan Sugito, 2011)

Pada tugas akhir ini akan direncanakan bagaimana mendesain unit Bak Ekuialisasi, Bak Pengendap dan Anaerobik Biofilter dari air limbah domestik yaitu *grey water* di daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya. Perencanaan dilakukan melalui perhitungan DED sampai pada gambar unit tersebut, juga akan dihitung berapa *Bill of Quantity* (BOQ) dan berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk merealisasikan masing-masing unit pengolahan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas dalam perencanaan ini adalah :

1. Bagaimana mendesain bangunan pengolahan air limbah domestik dengan merencanakan unit Bak Ekuialisasi dan Anaerobik Biofilter untuk daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya?
2. Bagaimana *Bill of Quantity* (BOQ), Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pembangunan dan biaya operasi, serta pemeliharaan dari bangunan pengolahan air limbah domestik dengan unit Bak Ekuialisasi dan Anaerobik Biofilter untuk daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan ini adalah:

1. Mendesain bangunan pengolahan air limbah domestik Bak Ekuialisasi dan Anaerobik Biofilter untuk daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya.
2. Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ), Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pembangunan dan biaya operasi, serta pemeliharaan dari bangunan pengolahan air limbah domestik dengan Bak Ekuialisasi, unit Bak Pengendap dan Anaerobik Biofilter untuk daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari desain ini adalah

1. Membantu Pemerintah Kota Surabaya dalam memperbaiki kualitas badan air yang dibuang ke sungai atau saluran
2. Membantu Pemerintah Kota Surabaya dalam mengurangi endapan atau *sludge* dalam sungai atau saluran yang berpotensi menyebabkan banjir
3. Membantu masyarakat sekitar dalam mengolah air limbah domestik

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan dalam desain ini meliputi :

1. Debit air limbah yang didapatkan dengan asumsi 80% debit pemakaian air bersih.
2. Karakteristik air limbah *grey water* yang didapatkan melalui data sekunder yang diambil dari literatur.
3. Perencanaan *Detail Engineering Design* (DED), meliputi :
 - a. Bak Ekualisasi dan Anaerobik Biofilter
 - b. Kualitas Effluen yang dihasilkan berdasarkan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 Tahun 2013
4. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dari desain bangunan pengolahan air limbah domestik dengan Bak Ekualisasi, dan Anaerobik Biofilter serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2014.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran air

Pencemaran air sungai, air danau, air parit dan air laut akibat aktifitas manusia sehari hari dapat merubah kualitas air menjadi semakin menurun (Karnaningroem. N , 2012). Air sungai/selokan telah berubah warna yaitu dari warna kecoklatan bahkan sampai menjadi kehitaman sudah menjadi suatu pemandangan yang biasa terlihat dalam kehidupan sehari hari di permukiman perkotaan.



Gambar 2.1 Pencemaran Air

(Sumber: Anonim, 2013)

Kajian yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta awal tahun 2000 di Kali Mas di Surabaya, menyebutkan bahwa sumber pencemaran terbesar berasal dari limbah cair domestik yang memberikan kontribusi pencemaran sebesar 87% baru sisanya 13% berasal dari limbah cair industri (Fakhrizal dalam Supradata, 2005).

Air limbah rumah tangga memberikan andil yang cukup besar dalam masalah pencemaran air karena kandungan organik, N, dan P serta zat pencemar lain. Apabila keduanya dialirkan ke selokan atau badan air akan mengakibatkan timbulnya masalah bagi perairan tersebut. Hal ini dikarenakan zat organik didalamnya akan terurai oleh mikroorganisme dalam air limbah secara aerobik atau proses yang memerlukan DO (*Dissolved Oxygen* atau oksigen yang terlarut) dalam air selokan tersebut dan akan menghasilkan sel baru atau *sludge* (lumpur) serta gas – gas. *Sludge* tersebut selanjutnya akan dapat mengendap dan terakumulasi dalam selokan atau sungai, yang menyebabkan

berkurangnya volume selokan atau sungai yang dapat terisi air hujan. Akibatnya air dalam selokan atau sungai meluap ke area sekitarnya atau banjir akan terjadi

Menurut Koosdaryani (2009), banjir akan terjadi akibat dari perubahan penggunaan tata guna lahan, sampah, erosi dan sedimentasi, kawasan kumuh di sepanjang sungai, perencanaan sistem pengendalian banjir yang kurang tepat, curah hujan, pengaruh fisiografi, kapasitas sungai dan drainase yang kurang memadai dan pengaruh pasang surut.

2.2 Air Limbah Domestik

Air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan – bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan (Metcalf & Eddy dalam Supradata, 2005).

Limbah cair rumah tangga atau domestik adalah air buangan yang berasal dari penggunaan untuk kebersihan yaitu gabungan limbah dapur, kamar mandi, toilet, cucian, dan sebagainya (Puji dan Rahmi, 2009)

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pada ayat 14 disebutkan bahwa Air Limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 ayat 1, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu *black water* dan *grey water*, yang sebagian besar merupakan bahan organik (Veenstra dalam Supradata, 2005).

Komposisi limbah cair sebagian besar merupakan air, sisanya adalah partikel-partikel dari padatan terlarut (*dissolved solids*) dan patikel padat tidak terlarut (*suspended solids*). Limbah cair perkotaan mengandung lebih dari 99,9% cairan dan 0,1% padatan. Padatan dalam limbah cair ini terdiri dari padatan organik dan non-organik. Zat organik terdiri dari protein (65%),

karbhidrat (25%) dan lemak (10%). Sedangkan padatan non-organik terdiri dari grit, garam-garam dan logam berat, zat ini merupakan bahan pencemar utama bagi lingkungan (Sugiharto, 1987). Zat-zat tersebutlah yang memberi ciri kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis.

Menurut Hindarko dalam Supradata (2005), bahwa fluktuasi harian untuk air limbah yang berasal dari perumahan juga dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan panjang jaringan pipa/saluran yang ada. Namun demikian, secara umum akan membentuk pola bahwa debit puncak terjadi 2 (dua) kali, yaitu pada saat pagi dan sore hari

2.2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik limbah cair domestik, baik secara fisik, kimia maupun biologis, adalah sebagai berikut:

a. Karakteristik fisik limbah cair

Karakteristik awal limbah cair yang sangat mudah terlihat dengan mata telanjang adalah karakteristik fisik limbah cair. Penentuan derajat pencemaran air limbah juga sangat mudah terlihat dari karakteristik fisiknya. Salah satu hal yang mempengaruhi karakteristik fisik ini adalah aktivitas penguraian bahan-bahan organik pada air buangan oleh mikroorganisme. Penguraian ini akan menyebabkan kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga dapat terjadi akibat lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap.

Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Selain itu, penguraian bahan-bahan organik yang tidak sempurna dan menyebabkannya menjadi busuk dapat menimbulkan bau. Beberapa karakteristik fisik yang penting dalam limbah cair, antara lain warna, bau adanya endapan atau zat tersuspensi dari lumpur limbah dan temperatur (Siregar, 2005).

b. Karakteristik Biologis limbah cair

Karakteristik biologis limbah cair biasanya dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme dalam limbah cair tersebut. Karakteristik biologis terdiri dari mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah, seperti bakteri, virus, jamur, ganggang, protozoa (Siregar, 2005). Karakteristik biologis ini penting,

terutama dalam hubungannya dengan air minum serta untuk keperluan kolam renang.

Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam limbah cair domestik, antara lain bakteri, jamur, protozoa dan algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob (Sugiharto, 1987).

c. Karakteristik kimia limbah cair

Berdasarkan karakteristik kimianya, senyawa kimia yang terkandung dalam air limbah terdiri dari tiga golongan, yaitu:

- Senyawa organik, senyawa ini terdiri atas :

Protein	= 40%-60%
Karbohidrat	= 25%-50%
Lemak	= 10%
- Senyawa anorganik, kelompok senyawa anorganik yang berpengaruh terhadap air limbah adalah nitrogen, fosfat, dan sulfat.
- Gas, gas yang paling umum terdapat dalam air limbah adalah gas hidrogen, oksigen, dan nitrogen.

2.2.2 Kualitas Air Limbah Domestik

Kualitas suatu air limbah akan dapat terindikasi dari kualitas parameter kunci, dimana konsentrasi parameter kal Nunci tidak melebihi dari standar baku mutu yang ada sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, maka parameter kunci untuk air limbah domestik adalah BOD, COD, TSS, Nitrat dan Phosphat.

Dari hasil penelitian di perumahan ITS – Sukolilo-Surabaya oleh Tangahu & Warmadewanthi (2001), bahwa rata – rata karakteristik limbah rumah tangga adalah sebagai berikut :

- pH = 6,92
- BOD₅ = 195 mg/L
- COD = 290 mg/L
- TSS = 480 mg/L

- Suhu = 29°C

Menurut Rump dan Krist dalam Supradata, (2005), bahwa air limbah domestik dapat diklasifikasikan tingkat pencemarannya berdasarkan kualitas parameter air limbah, yaitu :

Tabel 2.1 Klasifikasi Tingkat pencemaran Air Limbah Domestik

Parameter	Tingkat Pencemaran		
	Berat	Sedang	Ringan
	1.000	500	200
1. Padatan Total (mg/l)	12	8	4
2. Padatan Terendapkan (ml/l)	300	200	100
3. BOD (mg/l)	800	600	400
4. COD (mg/l)	85	50	25
5. N Total (mg/l)			
6. Amonia-N (mg/l)	30	30	15
7. Klorida (mg/l)			
8. Alkalinitas (mg/l CaCO ₃)	175	100	15
9. Minyak dan Lemak			
	200	100	50
	40	20	0

(Sumber : Rump dan Krist dalam Supradata, 2005)

Tabel 2.2 Karakteristik Grey Water dari Beberapa Negara

Parameter	Palestina _s	Malaysia _s	UK _s	Australia _s	USA _s
Q (l/p/d)	50	225	-	-	-
pH	6,7-8,35	-	7,47+ <u>0,29</u>	7,3+ <u>0,6</u>	6,8
EC (µS/cm)	1585	-	-	-	-
COD (mg/l)	1270	212	451+ <u>289</u>	-	366
BOD (mg/l)	590	129	146+ <u>55</u>	159+ <u>69</u>	162
TSS (mg/l)	1396	76	100+ <u>145</u>	113+ <u>91</u>	162
TN (mg/l)	-	37	8,73+ <u>4,73</u>	11,6+ <u>10,2</u>	-
NH ₄ -N (mg/l)	3,8	13	-	-	-
TP (mg/l)	-	2.4	-	-	-
PO ₄ -P (mg/l)	4,4	-	0,35+ <u>0,23</u>	-	-
Na ⁺ (mg/l)	87-248	-	-	-	-
Faecal Coli (cfu/100ml)	3.1x10 ⁴	-	2022+5956	-	1,4x10 ⁶
Oil & Grease (mg/l)	-	190	-	-	-

^sMorel & Diener (2006)

^sJefferson et al (2004)

^sBrandes (1979) di dalam Jefferson et al (2004)

Tabel 2.3 Karakteristik Grey Water dari Beberapa Kota di Indonesia

Parameter	Tangerang ^a	Jogjakarta ^a	Surabaya ^a	Indonesia ^a
pH	-	-	-	8,5
COD (mg/l)	-	300	330	317
BOD (mg/l)	52-106	-	-	189
TS (mg/l)	-	-	1585	-
TSS (mg/l)	23-77	200	-	-
TN (mg/l)	30-59	-	-	-
NH ₄ -N (mg/l)	-	0,5-10	-	10
NO ₃ ⁻ (mg/l)	-	-	1,9	-
TP (mg/l)	0-1,3	-	-	-
PO ₄ -P (mg/l)	-	-	2,1	6,7
MBAS (mg/l)	2,8-3,9	-	-	2,7
Oil & Grease (mg/l)	71-123	-	-	<0,05

^aData diolah dari Arkendita & Soewondo (2004) untuk penelitian di 4 lokasi IPAL komunal Tangerang

^bPonda & Yulianto (2007) dilakukan di IPAL Komunal Muja-Muju Jogjakarta

^cJanuarti & Dwirianti (2005)

^dBalai Lingkungan Pemukiman (2004) tidak disebutkan dari kota mana sampel ini diambil

2.3 Parameter Pencemar Sungai/Saluran

a. Pengertian BOD dan COD

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (readily decomposable organic matter). BOD dapat diartikan juga sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (biodegradable organics) yang ada di perairan. Sedangkan COD atau Chemical

Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

b. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Zat yang tersuspensi biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air, secara fisika zat ini sebagai penyebab kekeruhan pada air. Limbah cair yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi tidak boleh dibuang langsung ke badan air karena disamping dapat menyebabkan pendangkalan juga dapat menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar air sehingga proses fotosintesa mikroorganisme tidak dapat berlangsung.

2.4 *Grey Water*

Limbah cair domestik memiliki karakteristik yang dominan, berupa zat organik yang bersifat mudah terurai (*biodegradable*). Limbah dari WC (*blackwater*) mempunyai beban organik lebih besar daripada limbah dari pencucian, mandi, dan dapur (*greywater*) (Hernandez, *et al.*, 2007).

Air limbah terbagi menjadi dua jenis, yaitu *grey water* dan *black water* (tinja). *Grey water* adalah air limbah yang berasal dari kegiatan mandi dan cuci, sedangkan *black water* adalah tinja (Crites dan Tchobanoglous, 1998). *Black water* adalah air limbah dari buangan kakus (tinja) yang dibuang ke dalam tangki septik, sedangkan *grey water* adalah air limbah rumah tangga non kakus, yaitu buangan yang berasal dari kamar mandi, dapur (mengandung sisa makanan), dan tempat cuci.

Jefferson, et al (2004) menyimpulkan karakteristik utama dari *grey water* sebagai berikut:

1. Karakteristik bahan organik yang sangat bervariasi.
2. Rasio BOD/COD tinggi, yang hal ini sebenarnya disebabkan kandungan deterjen di dalam *grey water* (Morel dan Diener, 2006).
3. Ketidakseimbangan antara makronutrien (nitrogen) dan mikronutrien (phospor).
4. Sebagian besar partikel berukuran 10-100 μm .



Gambar 2.2 Air Limbah Domestik
(Sumber: Anonim, 2012)

2.5 Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah merupakan suatu patokan/standar yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum jumlah beberapa parameter tertentu yang terkandung dalam air limbah sebelum dibuang ke badan penerima, agar tetap masuk dalam daya tampung badan penerima sehingga dinilai tidak mencemari badan penerima tersebut. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu limbah domestik, karena untuk limbah pemukiman dapat dikategorikan dalam limbah sejenis domestik yang berasal dari kegiatan domestik. Adapun persyaratan yang telah ditetapkan Pemerintah Indonesia sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Domestik

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)
pH	6-9
BOD	100

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)
TSS	100
Minyak dan lemak	10

(Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014)

Sedangkan baku mutu air limbah yang digunakan dalam perencanaan ini adalah

Tabel 2.5 Baku mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD ₅	mg/L	30
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50

(Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 Tahun 2013)

2.6 Proses Pengolahan Air Limbah

Limbah cair baik berasal dari industri maupun domestik harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan akuatik. Proses pengolahan limbah memiliki banyak cara dan metode, dan secara umum pengolahan limbah terdiri dari proses fisika, kimia, dan biologi. Namun dalam aplikasinya ketiga proses tersebut dapat terintegrasi dalam satu unit pengolahan limbah.

Pengolahan limbah secara biologis adalah suatu cara pengolahan yang diarahkan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam limbah cair dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme untuk melakukan perombakan substrat tersebut. Proses pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan pada kondisi aerobik, anaerobik, atau kombinasi aerobik-anaerobik. Proses aerobik dengan beban organik yang tidak terlalu besar, sedangkan proses anaerobik digunakan umumnya untuk limbah dengan beban organik yang sangat tinggi. Berikut adalah tabel yang menunjukkan perbandingan antara pengolahan secara aerob dan anaerobik

Tabel 2.6 Perbandingan Pengolahan Aerob dan Anaerob

Parameter	Aerob	Anaerob
Kebutuhan Energi	Tinggi	Rendah
Tingkat Pengolahan	60%-90%	95%

Produksi Lumpur	Tinggi	Rendah
Stabilitas Proses terhadap Toksik dan Perubahan Beban	Sedang sampai tinggi	Rendah sampai sedang
Kebutuhan Nutrien	Tinggi untuk beberapa limbah industri	Rendah
Bau	Tidak terlalu berpotensi menimbulkan bau	Berpotensi menimbulkan bau
Kebutuhan Alkalinitas	Rendah	Tinggi untuk beberapa limbah Industri
Produksi Biogas	Tidak ada	Ada
Start-up time	2-4 minggu	2-4 bulan

(Sumber : Eckenfelder, et al., 1988)

Proses pengolahan limbah secara anaerobik adalah suatu metabolisme tanpa menggunakan oksigen yang dilakukan oleh bakteri anaerobic (Said dan Firly, 2005). Ciri khas dari proses secara anaerobik adalah terbentuknya gas metan (CH_4). Di dalam proses anaerobik yang sangat berperan adalah aktifitas mikroorganisme anaerob. Proses anaerobik memiliki beberapa keuntungan dan kelebihan dari pada menggunakan proses anaerob. Kelebihan proses anaerobik adalah :

- Derajat stabilitas yang tinggi.
- Produk lumpur buangan biologis rendah.
- Kebutuhan nutrien rendah.
- Dihasilkan gas metan yang dapat digunakan sebagai sumber energi

Proses anaerob pada dasarnya adalah proses yang mengubah senyawa organik menjadi metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) tanpa kehadiran oksigen (O_2). Dekomposisi senyawa organik melalui proses anaerob ini terjadi melalui tiga tahapan proses, yaitu tahap reaksi hidrolisis, tahap reaksi pembentukan asam, dan tahap reaksi pembentukan metana. Reaksi hidrolisis merupakan proses pelarutan senyawa organik yang mulanya tidak larut dan proses penguraian senyawa

tersebut menjadi senyawa dengan berat molekul yang cukup kecil/ sederhana untuk dapat melewati membran sel.

Reaksi ini dikatalisis oleh enzim yang dikeluarkan oleh bakteri anaerob. Zat-zat organik seperti polisakarida, lemak, dan protein, dihidrolisis menjadi gula dan asam-asam amino. Proses pembentukan asam melibatkan dua golongan besar bakteri, yaitu bakteri asidogenik dan bakteri asetogenik. Bakteri asidogenik pada mulanya memfermentasikan hasil hidrolisis menjadi asam-asam lemak volatil berantai pendek seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, H_2 , CO_2 , asam laktat, asam valerat, etanol, amonia, dan sulfida. Konsentrasi H_2 memegang peranan penting dalam mengontrol proporsi berbagai produk bakteri asidogenik. Asam propionat dan asam-asam lemak lainnya yang dihasilkan oleh bakteri asidogenik dikonversi oleh bakteri asetogenik menjadi asam asetat, H_2 , dan CO_2 .

Pada proses pembentukan metana, gas metana yang dihasilkan terutama berasal dari asam asetat, tetapi ada juga gas metana yang terbentuk dari hidrogen dan karbon dioksida. Ada dua kelompok bakteri yang berperan, yaitu bakteri metana asetoklasik dan bakteri metana pengonsumsi hidrogen. Bakteri metana asetoklasik mengubah asam asetat menjadi karbon dioksida dan metana. Bakteri ini mampu mengontrol nilai pH proses fermentasi dengan jalan mengonsumsi asam asetat dan membentuk CO_2 . Bakteri pengonsumsi hidrogen mengubah hidrogen bersama-sama dengan karbon dioksida menjadi metana dan air. Sisa hidrogen yang tertinggal mengatur laju produksi asam total dan campuran asam yang diproduksi oleh bakteri pembentuk asam. Hidrogen juga mengendalikan laju konversi asam propionat dan asam butirat menjadi asam asetat.

Pelaksanaan tahapan proses yang terlibat dalam proses anaerob melibatkan bakteri yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Bakteri hidrolitik memiliki populasi sebesar 10^8 - 10^9 bakteri untuk setiap mililiter lumpur buangan mesofilik atau 10^{10} - 10^{11} bakteri untuk setiap gram padatan volatil yang diperoleh. Contoh bakteri hidrolitik antara lain adalah Bacteroides, Clostridia, Bifidobacteria, bakteri fakultatif Steptococci dan Enterobacteriaceae, serta beberapa bakteri gram positif dan gram negatif. Bakteri asidogenik termasuk bakteri yang dapat tumbuh dengan cepat (waktu penggandaan sekitar 30 menit), yang

Methanobacterium mobilis, Methanobacterium propionicum, Methanobacterium ruminantium, Methanobacterium sohngeii, Methanobacterium annielii, Methanobacterium bakteri, dan Methanobacterium methanica (Setiadi dalam Sani, 2006)

Degradasi zat organik secara mikrobiologi dalam lingkungan anaerobik hanya dapat dilakukan oleh mikroorganisme yang dapat menggunakan molekul selain oksigen sebagai akseptor hidrogen. Dekomposisi anaerobik menghasilkan biogas yang terdiri atas gas metana (50-70%), CO₂ (25-40%) dan sejumlah kecil H₂S. Reaksi kimia secara keseluruhan disederhanakan sebagai berikut:

Mikroorganisme



Anaerobik

Konversi substrat organik menjadi CO₂ dan CH₄ dibawah kondisi anaerob memerlukan kehadiran 3 kelompok bakteri yang saling bergantung untuk menghasilkan fermentasi yang tetap. Kelompok pertama dikenal sebagai bakteri fermentatif, terdiri dari bermacam-macam bakteri terutama obligate anaerob (Hobson et al, dalam Sani, 2006). Kelompok ini memerlukan hidrolisa substrat organik kompleks menggunakan enzim ekstraseluler menjadi komponen yang lebih sederhana. Kelompok kedua dikenal sebagai bakteri asetogenik penghasil hidrogen (Mc Inerney & Bryant dalam Sani, 2006), mengkatabolis semua komponen karbon yang lebih dari 2 atom karbon menjadi asetat, H₂, dan CO₂. Kelompok bakteri terakhir adalah methanogens, mengkatabolis asetat, CO₂, dan H₂ untuk menghasilkan gas CH₄ dan CO₂. Kemampuan mikroorganisme untuk mengkonversi sebagai molekul kompleks menjadi CO₂ dan CH₄ biasanya terdiri dari 3 kelompok:

- a. Organisme hidrolisis-fermentatif
- b. Organisme acetogen
- c. Organisme methanogens

Kelompok pertama dapat bertindak dan beroperasi sendiri, tidak tergantung pada kelompok b dan c. Kelompok acetogen dan methanogens sangat tergantung satu sama lainnya, sehingga sering disebut sebagai asosiasi atau konsorsium metanogenik.

2.6.1 *Suspended Growth*

Teknologi pengolahan air limbah dengan proses *suspended growth* atau yang biasa disebut biakan tersuspensi pada dasarnya dilakukan dengan cara mengontakkan mikroorganisme air limbah untuk menghilangkan materi-materi organik yang terkandung di dalam air limbah tersebut. Pada proses ini mikro-organisme sengaja dibiakkan dengan air limbah, sehingga pertumbuhan mikro-organisme akan berkembang seiring jumlah materi organik yang terkandung dalam air limbah sebagai makanannya. Mikro-organisme yang bertumbuh semakin banyak tersebut akan terendapkan dengan sendirinya menjadi lumpur, sehingga effluent yang keluar dari proses ini kadar organiknya sudah menurun. Beberapa unit IPAL yang menerapkan proses *suspended growth* ini seperti *activated sludge*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (Droste, 1997).

2.6.2 *Attached Growth*

Teknologi pengolahan air limbah dengan proses *Attached Growth* prinsip kerjanya yaitu dengan menggunakan peran mikro-organisme untuk menghilangkan materi-materi organik dari air limbah. Mikro-organisme bekerja secara aerobik, artinya mereka membutuhkan oksigen untuk hidup pada media-media seperti kerikil, pasir, dan lain-lain.

2.7 Bak Ekualisasi

Tujuan proses equalisasi adalah untuk meminimkan atau mengontrol fluktuasi dari karakteristik air limbah yang diolah agar memberikan kondisi optimum pada proses pengolahan selanjutnya. Ukuran dan tipe bak equalisasi tergantung pada kuantitas limbah dan perubahan aliran limbah. Bak Equalisasi harus berukuran cukup untuk mengurangi fluktuasi limbah yang disebabkan oleh perubahan program rencana produksi dan untuk mengurangi konsentrasi secara periodik pada bak pengumpul atau saluran.



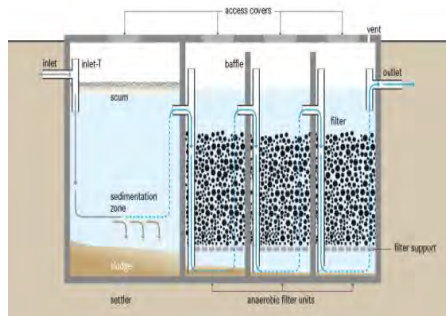
Gambar 2.3 Bak Ekualisasi
(Sumber: Rahayu, 2012)

Tujuan proses equalisasi untuk mengolah limbah industri adalah :

1. Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah shock loading pada proses biologis.
2. Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia yang diisyaratkan untuk proses netralisasi.
3. Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik – kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
4. Memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
5. Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.

2.8 Biofilter

Struktur reaktor biofilter menyerupai saringan (Filter) yang terdiri dari atas susunan atau tumpukan bahan penyangga yang disebut dengan media penyangga yang disusun secara teratur maupun acak dalam suatu bejana. Fungsi media penyangga adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (biofilm).



Gambar 2.4 Biofilter
(Sumber: Anonim, 2011)

Media penyangga merupakan salah satu kunci pada proses biofilter. Efektifitas dari suatu media tergantung pada :

- Luas permukaan, semakin luas permukaan media maka semakin besar jumlah biomassa per unit volume.
- Volume rongga, semakin besar volume rongga/ruang kosong maka semakin besar kontak antara substrat dalam air buangan dengan biomassa yang menempel

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri pada media penyangga adalah kecepatan aliran serta bentuk dan jenis bahan media.

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lain sebagainya.

Biasanya untuk media biofilter dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya, luas permukaannya semakin besar. Media yang sering digunakan pada proses biologis khususnya biofilter adalah media plastik yang terbuat dari PVC (Gabriel Bitton, 1994). Kelebihan dalam penggunaan media plastik ini antara lain :

- Ringan serta mempunyai luas permukaan spesifik besar (luas permukaan persatuan volume) berkisar antara sebesar 85-226 m²/m³.
- Volume rongga yang besar disbanding media lainnya (hingga 95%) sehingga resiko kebuntuan kecil.

Tabel 2.7 Contoh Luas Permukaan Spesifik Berbagai Jenis Media

No	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m ² /m ³)
1	Batu Pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	Bio-ball (Random)	200 - 240

(Sumber : DepKes RI, 2011)



Gambar 2.5 Media Filter Sarang Tawon dan Batu Pecah

(Sumber: Anonim, 2011)

Jika sistem aliran dilakukan dari atas ke bawah (down flow), maka sedikit banyak terjadi efek filtrasi sehingga terjadi proses penumpukan lumpur organik pada bagian atas media yang dapat mengakibatkan penyumbatan. Jika terjadi penyumbatan, maka dapat terjadi aliran singkat (short pass) dan juga terjadi penurunan jumlah aliran sehingga kapasitas pengolahan dapat menurun secara drastis. Oleh karena itu, perlu proses pencucian secukupnya.

Permukaan media yang kontak dengan nutrisi yang terdapat dalam air buangan ini mengandung mikroorganisme yang akan membentuk lapisan aktif biologis. Mikroorganisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media dan pada saat beroperasi air mengalir melalui celah-celah media dan berhubungan langsung dengan lapisan massa mikroba (*biofilm*). Proses awal pertumbuhan mikroba dan pembentukan lapisan film

pada media membutuhkan waktu beberapa minggu, yang dikenal dengan “proses pematangan”. Pada awalnya tingkat efisiensi penjernihan sangat rendah yang kemudian akan mengalami peningkatan dengan terbentuknya lapisan film (N.J. Horan, 1990).

Biofilm didefinisikan sebagai material organik terdiri dari mikroorganisme terlekat pada matriks polimer (materi polimer ekstraseluler) yang dibuat oleh mikroorganisme itu sendiri, dengan ketebalan lapisan *biofilm* berkisar antara 100 µm-10 mm yang secara fisik dan mikrobiologis sangat kompleks (Grady & Lim, 1999). *Biofilm* terbentuk karena mikroorganisme cenderung menciptakan lingkungan mikro. Komposisi *biofilm* terdiri dari sel-sel mikroorganisme, produk ekstraseluler, detritus, polisakarida, dan air dengan kandungan sampai 97%. Adapun bahan-bahan pembentuk lapisan *biofilm* yang lain adalah protein, lipid, dan lektin, dan struktur dari suatu *biofilm* bentuknya tergantung dari lingkungan.

Proses degradasi bahan organik secara aerobik pada *biofilm* tidak jauh berbeda dengan mikroorganisme tersuspensi. Degradasi substrat terjadi akibat konsumsi substrat dan nutrisi oleh mikroorganisme pada *biofilm*, dengan menggunakan oksigen sebagai elektron akseptor apabila proses berjalan secara aerobik. Oleh karena melalui lapisan *biofilm*, maka konsentrasi substrat terbesar berada pada permukaan *biofilm*.

Pertumbuhan *biofilm* sangat tergantung pada jenis mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media, dan jenis media yang digunakan. Dan secara umum ada 3 fase di dalam daur hidup *biofilm*. Fase yang terjadi pada *biofilm* adalah pelekatan *biofilm* pada media, fase pertumbuhan dan fase pelepasan *detachment*.

2.9 Peneliti Terdahulu

Pada tugas akhir ini akan ditinjau beberapa hasil dari penelitian terdahulu untuk dijadikan sebagai referensi. Penelitian terdahulu yang diambil merupakan penelitian yang ada kaitannya dengan tugas akhir ini. Penelitian terdahulu didapatkan melalui studi literatur, jurnal dan hasil tugas akhir terdahulu. Beberapa penelitian terdahulu yang ditinjau adalah sebagai berikut:

1. Rustanto, (2013) dengan Judul Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Biofilter dan Karbon Aktif didapatkan

- kesimpulan bahwa efisiensi COD menggunakan Biofilter adalah 98 % sedangkan fosfat mencapai 24 %
2. Putra, (2011) menyimpulkan bahwa pemanfaatan biofilter dengan media botol vitacharm dapat meningkatkan kualitas air permukaan (sungai)
 3. Rakhmadany, (2013) dengan judul Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Aerobik, Anaerobik dan Kombinasi Aerobik dan Anaerobik di Kota Surabaya yang dapat disimpulkan bahwa
 - Keuntungan Sistem Anaerobik : Nilai removal tinggi, biaya operasi rendah
 - Kerugian Sistem Anaerobik : Menghasilkan gas, dan td lama
 4. Penelitian yang dilakukan Bokhde, (2008) tentang studi HRT untuk efektivitas anaerobik filter menunjukkan bahwa HRT 12 jam merupakan rentang waktu paling optimal untuk pengolahan limbah domestik dengan efisiensi removal mencapai 90 % dan 95 % untuk BOD dan COD serta 95 % untuk TSS. Biogas yang dihasilkan mencapai $0,35 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg COD}$ dengan kandungan CH_4 sebesar 70 %
 5. Said dan Firly (2005) dengan judul Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Potong Ayam didapatkan kesimpulan bahwa Proses pengolahan limbah secara anaerobik menggunakan media biofilter sarang tawon mampu menurunkan polutan organik dalam limbah dan TSS dengan baik. Semakin lama waktu tinggal hidrolis dalam reaktor biofilter, maka akan semakin besar pula efisiensi penurunan yang dihasilkan. Hasil terbaik untuk efisiensi penurunan berada pada waktu 4 hari, dengan didapatkan efisiensi penurunan untuk COD 87 %, kandungan zat organik (KMnO_4) 83 %, BOD 89 %, dan TSS 96 %.
 6. Laksono, (2012) dengan judul Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter didapatkan kesimpulan bahwa Pengolahan biologis media biofilter dengan waktu tinggal selama 8 jam menghasilkan penurunan COD 41-90% dengan rata-rata Removal sebesar 60% diikuti dengan pH yang relatif normal yaitu pada pH 7. Pengolahan biologis pada penelitian ini bekerja optimum pada saat loading influen sebesar 400

mg/l sampai 800 mg/l. Pengolahan dengan media biofilter tidak hanya mengurangi COD tetapi juga mengurangi konsentrasi nitrogen dan fosfor pada limbah cair batik

7. Rahman, (2014) dengan judul Desain Pengolahan Air Limbah dengan ABR dan Biofilter untuk Pemenuhan Air Bersih di Area MES PAMA Pasar Panas Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan didapatkan kesimpulan bahwa Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan unit IPAL menggunakan Biofilter yang dilengkapi dengan Bak Ekualisasi lebih murah dibandingkan dengan ABR Bak Ekualisasi.
8. Kurniawati, (2013) dengan judul Biofilter dan Biorack Wetland sebagai Pengolah Limbah Laundry didapatkan kesimpulan bahwa Biofilter mampu menurunkan kandungan fosfat dalam limbah *laundry* sebesar 24,2 %. Sedangkan untuk parameter COD sebesar 50,7 %. Dan parameter BOD sebesar 31,9 %
9. Marlisa, dkk (2013) dengan judul Potensi Fito-Biofilm Dalam Penurunan Kadar Bod Dan Cod Pada Limbah Domestik Dengan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) Media Biofilter Sarang Tawon didapatkan kesimpulan bahwa: Waktu tinggal air limbah dalam reaktor fito-biofilm mempengaruhi nilai konsentrasi BOD dan COD. Variasi waktu tinggal yang dipakai dalam penelitian yaitu 24, 12, 8,6,4 dan 2 jam. Pada waktu tinggal 2 jam parameter BOD dan COD telah dapat memenuhi baku mutu. Waktu tinggal yang paling efektif dalam menurunkan parameter BOD dan COD adalah pada waktu tinggal 24 jam.
10. Hamid, (2014) dengan judul Perbandingan Desain IPAL dengan Proses *Attached Growth Anaerobic Filter* dan *Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor* untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya didapatkan bahwa: Anaerobik Filter memiliki efisiensi removal tinggi, luas lahan yang dibutuhkan sedikit, biaya konstruksi dan perawatan murah dibandingkan dengan ABR

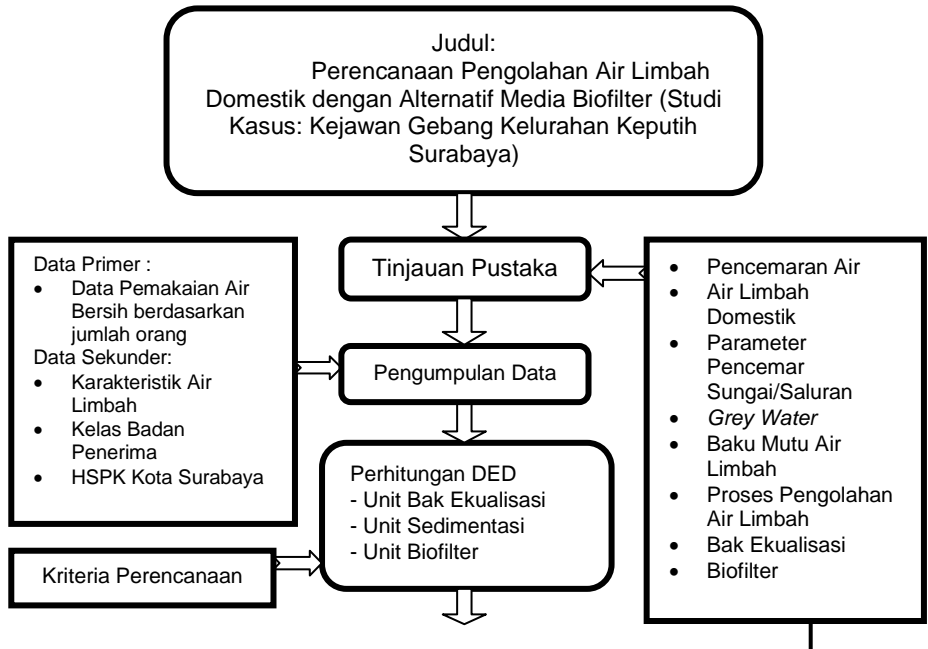
BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN

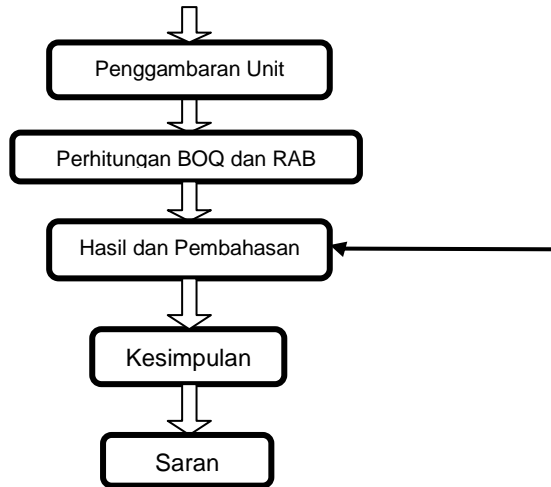
3.1 Umum

Pada tugas akhir ini didesain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan unit bak ekualisasi, bak pengendap dan anaerobik biofilter untuk Daerah Kejawen Gebang. Oleh sebab itu, metodologi perencanaan disusun sebagai pedoman dalam menjalankan desain dari ide perencanaan sampai mencapai tujuan dan mendapatkan kesimpulan.

3.2 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan bertujuan untuk mempermudah proses perencanaan sehingga langkah-langkah menjadi jelas dan tujuan perencanaan dapat tercapai dengan baik. Untuk lebih jelasnya tahapan perencanaan pada tugas akhir dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.





Gambar 3.1 Kerangka Metodologi Perencanaan

3.2.1 Judul Tugas akhir

Judul tugas akhir yang akan dilaksanakan adalah “**Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Alternatif Media Biofilter (Studi Kasus :Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya)**”

3.2.2 Tinjauan Pustaka

Studi literatur dilakukan dengan cara pencarian dalam beberapa sumber seperti *Text Book*, Jurnal-jurnal penelitian, artikel dan Tugas Akhir. Beberapa teori pendukung yang diperlukan dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Pencemaran Air
2. Air Limbah Domestik
3. Parameter Pencemar Sungai/Saluran
4. *Grey Water*
5. Baku Mutu Air Limbah
6. Proses Pengolahan Air Limbah
7. Bak Ekualisasi
8. Biofilter

3.2.3 Pengumpulan Data

Pada tugas akhir ini diperlukan data-data pendukung yang relevan dan realistis supaya perencanaan dapat dilakukan dengan benar dan sesuai dengan kondisi lapangan. Data-data yang dibutuhkan berupa data primer dan sekunder, yakni:

Data Primer

1. Data pemakaian air bersih dari jumlah KK tiap kawasan dengan melakukan *survey* langsung ke lokasi perencanaan

Dalam pengumpulan data primer ini, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara dan kuisisioner. Wawancara dan Kuisisioner dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan informasi, dengan memperhatikan ruang lingkup daerah Kejawan Gebang. Teknik pengumpulan data dengan jalan melakukan pertanyaan langsung ke objek sehingga data yang dikumpulkan benar-benar sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Populasi dalam perencanaan ini adalah masyarakat yang tinggal di sekitar daerah Kejawan Gebang. Karena keterbatasan waktu dan kondisi, maka tidak semua populasi akan di wawancara, tetapi akan digunakan sampel sebagai generalisasi dari perencanaan. Sampel akan diambil secara random dan besarnya ditentukan dengan rumus:

$$n = \frac{Z^2 (1 - \alpha/2) P (1 - P)}{d^2}$$

(Sumber : Lilyana, 2008)

Dengan jumlah populasi (N) yang diketahui, maka bisa melakukan pengambilan sampel secara acak.

Keterangan :

n : jumlah sampel responden

$Z_{1-\alpha/2}$: nilai pada distribusi normal standar yang sama dengan tingkat kemaknaan (1,96)

D : sampling error (tingkat kesalahan yang diperbolehkan) maksimal 20%

P : proporsi yang disetujui, (0,5 – 0,99)

(1-p) : proporsi yang tidak disetujui

Data Sekunder

1. Karakteristik air limbah *grey water* yang akan diolah dari (Balai Lingkungan Pemukiman, 2004)
2. Kelas badan penerima yaitu Kelas IV
Menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 pasal 8 , Kelas IV yaitu:
Air yang digunakan untuk mengairi tanaman dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Harga Satuan Pekerjaan Kegiatan di Surabaya Tahun 2014.
HSPK yang digunakan adalah HSPK terbaru yaitu tahun 2014.
Perhitungan volume kegiatan dan rencana anggaran dana dihitung berdasarkan HSPK Kota Surabaya Tahun 2014.

3.2.4 Perhitungan DED Unit Pengolahan Air Limbah Domestik

Untuk proses perhitungan DED tiap-tiap unit dilakukan studi literatur lebih dahulu untuk mendapatkan rumus-rumus serta gambar-gambar sehingga dapat dilakukan perhitungan unit bangunan pengolahan air limbah domestik. Setelah didapatkan rumus perhitungan, maka perlu diketahui kriteria perencanaan bangunan pengolahan air limbah domestik yang akan digunakan.

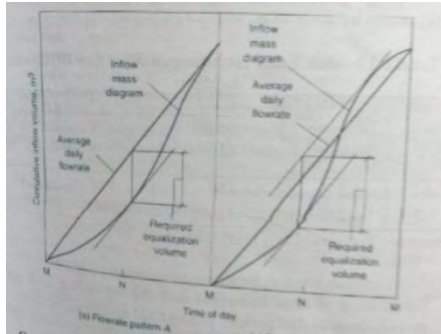
Kriteria Desain Bak Ekuialisasi

- Td : 0,5-2 jam
 - Kedalaman Minimum : 1,5–2 m
- (Sumber: Metcalf dan Eddy dalam Priyanka 2012)

Langkah Perhitungan Bak Ekuialisasi

a. Perhitungan Volume

Perhitungan volume untuk masing-masing tipe bak ekuialisasi dapat disesuaikan dengan grafik



Gambar 3.2 Diagram Massa dan Debit untuk menghitung bak Ekualisasi

(Sumber : Tchobanoglous et al, 2003)

Dalam pengaplikasiannya, volume pada bak ekualisasi akan lebih besar dari perhitungan teoritis karena tergantung pada faktor-faktor berikut:

1. Pengoperasian secara kontinu dan alat pengaduk memerlukan ruang yang lebih dari perhitungan volume
 2. Volume dirancang untuk menyediakan tempat bagi air limbah daur ulang.
 3. Perhitungannya mempertimbangkan kejadian tak terduga
- Adapun perhitungan teknis biasanya berkisar 10-20 % lebih besar dari pada perhitungan teoritis. (Hamid, 2014)

Perhitungan Bak Ekualisasi

Langkah awal perhitungan dimensinya adalah membuat Tabel seperti berikut:

Tabel 3.1 Contoh Tabel Perhitungan Debit dan BOD mass loading

Periode waktu	Data yang diberikan		Data yang diolah	
	Debit rata-rata (m ³ /s)	Konsentrasi BOD rata-rata (mg/L)	Volume Kumulatif Debit	BOD mass loading
M-1	0.275	150	990	149
1-2.	0.220	115	1782	91

(Sumber : Tchobanoglous et al, 2003)

Langkah-langkah perhitungan selanjutnya adalah:

1. Menghitung volume kumulatif dari masing-masing debit periode dimulai dari periode paling awal hingga paling akhir.
2. Grafik kumulatif value diplot pada grafik diagram massa dan debit untuk memperoleh volume bak yang dibutuhkan.
3. Membuat garis paralel yang menghubungkan antara tangen debit rata-rata dengan titik terbawah diagram massa. Volume bak direpresentasikan oleh garis vertikal tersebut.

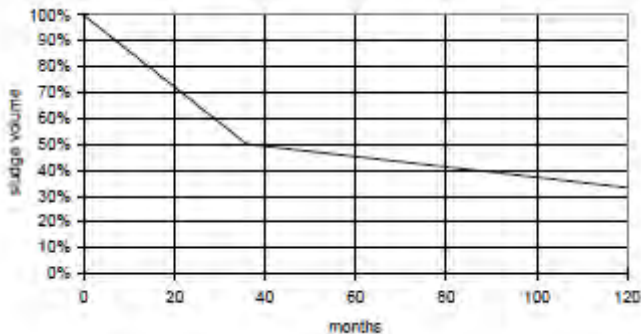
Untuk kasus di mana flow patern tidak diketahui secara terinci, volume bak ekualisasi bisa diestimasikan secara kasar, bisa memakai faktor keamanan 20% (Fitriany dkk, 2014)

Kriteria Desain *Settler*

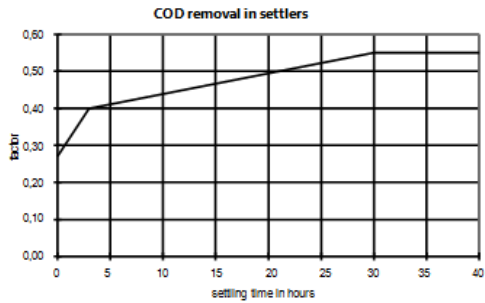
- Suhu Pengolahan = 26^oC-30^oC (Deviyantie, 2000)
- Waktu Pengaliran = 24 jam
- Pengurasan lumpur = 24 bulan
- Td settler = 2 - 4 jam
- Rasio SS/COD = 0,35-0,45 (Sasse, 1998)

Langkah Perhitungan *Settler*

1. Menghitung Removal COD
2. Menghitung Dimensi settler



Gambar 3.3 Grafik Reduksi Lumpur selama Penyimpanan
(Sumber: Sasse, 1998)



Gambar 3.4 Removal COD di Settler
(Sumber: Sasse, 1998)

Tabel 3.2 Untuk Menghitung Dimensi Tangki Septik

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	General spread sheet for septic tank, input and treatment data										
2	daily waste water flow	time of most waste water flow	max flow at peak hours	COD inflow	BOD ₅ inflow	HRT inside tank	settleable SS / COD ratio	COD removal rate	COD outflow	BOD ₅ outflow	
3	given	given	calcul.	given	given	chosen	given	calcul.	calcul.	calcul.	
4	m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	h	mg/l / mg/l	%	mg/l	mg/l	
5	13,0	12	1,08	633	333	18	0,42	35%	411	209	
6	COD/BOD ₅ ->				1,90	12 - 24 h	0,35-0,45 domestic		BODrem.->		1,06
7	dimensions of septic tank										
8	de-sludging interval	inner width of septic tank	minimum water depth at outlet point	inner length of first chamber		length of second chamber		volume incl. sludge	actual volume of septic tank	biogas 70%CH ₄ , 50% dissolved	
9	chosen	chosen	chosen	requir	chosen	requir	chose	requir	chec	calcul.	
10	months	m	m	m	m	m	m	m ³	m ³	m ³ /d	
11	12	2,50	2,00	3,13	3,10	1,56	1,55	23,46	23,25	0,72	
12	sludge /lg BODrem.							0,0042			

(Sumber: Sasse, 1998)

$$C5 = A5/B5$$

$$H5 = G5/0,6 * IF(F5 < 1; F5 * 0,3; IF(F5 < 3; (F5 - 1) * 0,1 / 2 + 0,3; IF(F5 < 30; (F5 - 3) * 0,15 / 27 + 0,4; 0,55)))$$

$$I5 = (1 - H5) * D5$$

$$J5 = (1 - H5 * J6) * E5$$

$$E6 = D5/E5$$

$$J6 = IF(H5 < 0,5; 1,06; IF(H5 < 0,75; (H5 - 0,5) * 0,065 / 0,25 + 1,06; IF(H5 < 0,85; 1,125 - (H5 - 0,75) * 0,1 / 0,1; 1,025)))$$

$$D11 = 2/3 * H11 / B11 / C11$$

$$F11 = D11/2$$

$$H11 = IF(H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5<2*A5*F5/24;2*A5*F5/24;H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5)+0,2*B11*E11$$

$$I11 = (E11+G11)*C11*B11$$

$$J11 = (D5-I5)*A5*0,35/1000/0,7*0,5$$

$$H12 = 0,005*IF(A11<36;1-A11*0,014;IF(A11<120;0,5-(A11-36)*0,002;1/3))$$

Kriteria Desain Perencanaan Biofilter Anaerobik

HRT = 36 jam (24-48 jam)
 OLR = 8 kgCOD/m³.hari (5-10 kgCOD/m³.hari)
 HLR = 1,5 m³/m².hari (maks 2 m³/m².hari)

(Sumber: Sasse, 1998)

Langkah Perhitungan Biofilter

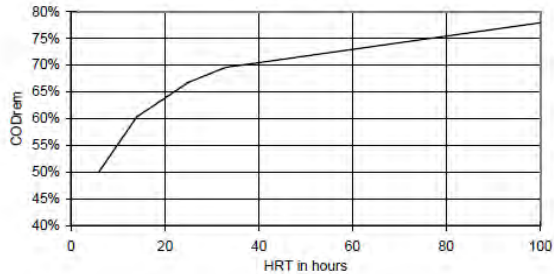
1. Menentukan data-data pendukung seperti nilai BOD dan COD influen, spesifik permukaan media filter, pori media filter, dan *hydraulic retention time* (td)
2. Menentukan faktor HRT, faktor temperatur, faktor *strength* dan faktor permukaan berdasarkan grafik.

Tabel 3.3 Untuk Menghitung Dimensi Anaerobik Biofilter

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1 General spread sheet for anaerobic filter (AF) with integrated septic tank (ST)												
2	daily waste water flow	time of most waste water flow	max. peak flow per hour	COD inflow	BOD ₅ inflow	SS _{settle} / COD ratio	lowest digester temper.	HRT in septic tank	de-sludging interval	COD removal septic tank	BOD ₅ removal septic tank	BOD / COD remov. factor
3	given	given	calcul.	given	given	given	given	chosen	chosen	calcul.	calcul.	calc.
4	m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	mg/l	°C	h	months	%	%	ratio
5	25,00	12	2,08	633	333	0,42	25	2	36	25%	26%	1,06
6	COD/BOD ₅ →			1,90		0,35-0,45 (domestic)		2h				
7 treatment data												
8	COD inflow in AF	BOD ₅ inflow into AF	specific surface of filter medium	voids in filter mass	HRT inside AF reactor	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD removal rate (AF only)	COD outflow of AF	COD rem rate of total system	
9	calcul.	calcul.	given	given	chosen	calculated according to graphs			calcul.	calcul.	calcul.	
10	mg/l	mg/l	m ² /m ³	%	h	f-temp	f-strength	f-surface	f-HRT	%	mg/l	%
11	47%	247	100	35%	30	1,00	0,91	1,00	65%	70%	142	78%
12	80-120			30-45		24-48 h						
13 dimensions of septic tank												
14	BOD / COD rem. factor	BOD ₅ rem. rate of total system	BOD ₅ outflow of AF	inner width of septic tank	minimum water depth at inlet point	inner length of first chamber		length of second chamber		sludge accum.	Volume incl. sludge	actual volume of septic tank
15	calc.	calcul.	calcul.	chosen	chosen	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calc.	m ³	calcul.
16	ratio	%	mg/l	m	m	m	m	m	m	l/kg BOD	m ²	m ³
17	1,10	85%	49	1,75	2,25	1,69	1,70	0,85	0,85	10,00	10,04	10,04
18	sludge is BODrem											
19 dimension of anaerobic filter						biogas production			check 1			
20	volume of filter tanks	depth of filter tanks	length of each tank	number of filter tanks	width of filter tanks	space below perforated slabs	filter height (top 40 cm below water level)	out of septic tank	out of anaerobic filter	total	org load on filter volume	maximum up-flow velocity inside filter voids
21	calcul.	chosen	calcul.	chosen	requir.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	assume: 70%CH ₄ , 30% dissolved	calcul.	calcul.
22	m ³	m	m	No.	m	m	m	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	kg/m ³ .d	m/h
23	31,25	2,25	2,25	3	2,69	0,60	1,20	0,97	2,10	3,07	1,57	0,98
24	max!											<4,5
25												<2,0

(Sumber: Sasse, 1998)

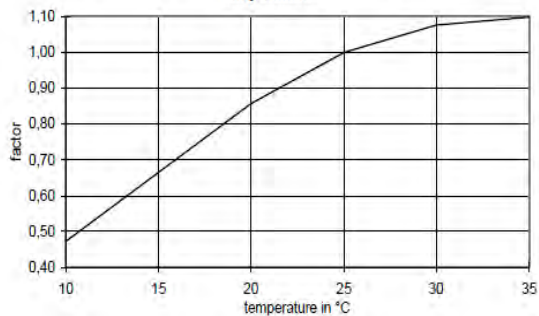
anaerobic filter, CODrem in relation to HRT,
CODin 1500 mg/l; 25°C



Gambar 3.5 Grafik Faktor Waktu Tinggal
(Sumber: Sasse, 1998)

I11 =IF(E11<12;E11*0,1612+0,44;IF(E11<24;(E11-12)*0,07/12+0,6;IF(E11<33;(E11-24)*0,03/9+0,67;IF(E11<100;(E11-33)*0,09/67+0,7;0,78))))

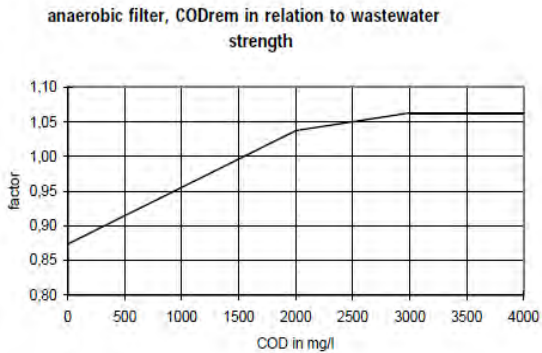
anaerobic reactors, CODrem relative to
temperature



Gambar 3.6 Grafik Faktor Temperatur
(Sumber: Sasse, 1998)

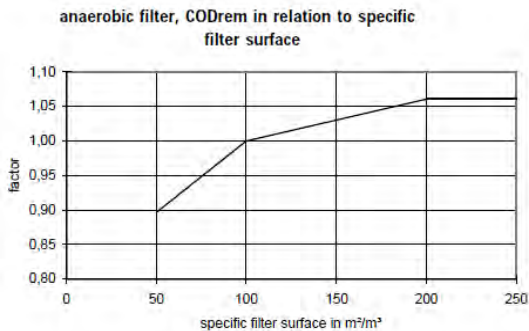
D6 =D5/E5
A11 =D5*(1-J5)
B11 =E5*(1-K5)
F11 =IF(G5<20;(G5-10)*0,39/m20+0,47;IF(G5<25;

$$(G5-20)*0,14/5+0,86;IF(G5<30;(G5-25)*0,08/5+1;1,1))$$



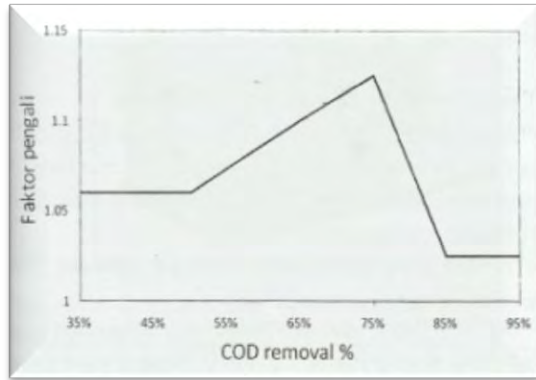
Gambar 3.7 Grafik Faktor Strength
(Sumber: Sasse, 1998)

$$G11=IF(A11<2000;A11*0,17/2000+0,87;IF(A11<3000;(A11-2000)*0,02/1000+1,04;1,06))$$



Gambar 3.8 Grafik Faktor Permukaan Filter
(Sumber: Sasse, 1998)

$$H11=IF(C11<100;(C11-50)*0,1/50+0,9;IF(C11<200;(C11-100)*0,06/100+1;1,06))$$



Gambar 3.9 Grafik Faktor Pengali

(Sumber: Sasse, 1998)

Faktor BODrem =IF(CODrem <0,5;1,06;IF(CODrem <0,75;(CODrem-0,5)*0,065/0,25+1,06;IF(CODrem<0,85;1,125-(CODrem-0,75)*0,1/0,1;1,025)))

3. Menghitung dimensi Anaerobik Biofilter berdasarkan **Tabel 3.3**

$$L17 = (G17 + I17) * E17 * D17$$

$$A23 = E11 * A5 / 24$$

$$C23 = B23$$

$$E23 = A23 / D23 / ((B23 * 0,25) + (C23 * (B23 - G23 * (1 - D11))))$$

$$G23 = B23 - F23 - 0,4 - 0,05$$

$$H23 = (D5 - A11) * A5 * 0,35 / 1000 / 0,7 * 0,5$$

350 metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang diremoval

$$I23 = (A11 - K11) * A5 * 0,35 / 1000 / 0,7 * 0,5$$

350 metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang diremoval

$$J23 = \text{SUM}(H23; I23)$$

$$K23 = A11 * A5 / 1000 / (G23 * E23 * C23 * D11 * D23)$$

$$L23 = C5 / (E23 * C23 * D11)$$

4. Menghitung Volume Media yang digunakan

5. Menghitung produksi gas

6. Menghitung produksi lumpur

3.2.5 Penggambaran Unit Pengolahan Air Limbah Domestik

Setelah didapatkan masing-masing dimensi dari bangunan pengolahan maka tahapan selanjutnya adalah menggambar tiap unit bangunan pengolahan air limbah domestik berupa unit Bak Pengendap dan Anaerobik Biofilter. Tujuan penggambaran unit bangunan pengolahan air limbah domestik untuk memudahkan proses pekerjaan konstruksi. Penggambaran ini dilakukan menggunakan *software* autocad 2007 dengan skala yang telah disesuaikan.

3.2.6 Perhitungan BOQ dan RAB

Setelah dihitung DED dari masing-masing unit, maka tahap selanjutnya menghitung BOQ dan RAB. Perhitungan *BOQ (Bill of Quantity)* didasarkan dengan volume dari setiap bangunan dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didasarkan dengan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi (HSPK). Hasil dari RAB ini diharapkan sebagai pertimbangan bagi manajemen untuk merealisasikan pembangunan bangunan pengolahan air limbah domestik tersebut.

3.2.7 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan Pembahasan dilakukan untuk memperjelas data yang telah diolah melalui perhitungan. Secara garis besar, hasil perhitungan dapat dibagi menjadi beberapa poin :

1. Dimensi dan gambar DED bangunan pengolahan air limbah domestik
2. *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tahapan Perencanaan selanjutnya yang akan dilaksanakan adalah pembahasan terhadap perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan. Secara garis besar pembahasan yang akan dilakukan adalah:

1. Debit yang akan diolah, didapat dari data dari lapangan. Debit yang didapat berupa debit air pemakaian air bersih yang akan dikonversi ke debit air limbah
2. Karakteristik air limbah didapat dari data sekunder
3. Perhitungan *Detail Engineering Design* (DED)
4. Gambar *Detail Engineering Design* (DED)

5. BOQ dan RAB rencana berdasarkan HSPK Kota Surabaya Tahun 2014
6. *Operation and Maintenance* (OM) dari bangunan yang direncanakan
7. *Lay Out* bangunan yang direncanakan
8. Profil Hidrolis

3.2.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan desain. Saran meliputi kesalahan atau kesulitan yang dialami selama desain dan masukan bagi penelitian dan perencanaan selanjutnya.

Kesimpulan dan saran meliputi :

1. Desain bangunan pengolahan air limbah domestik
2. *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk masing-masing unit bangunan pengolahan air limbah domestik

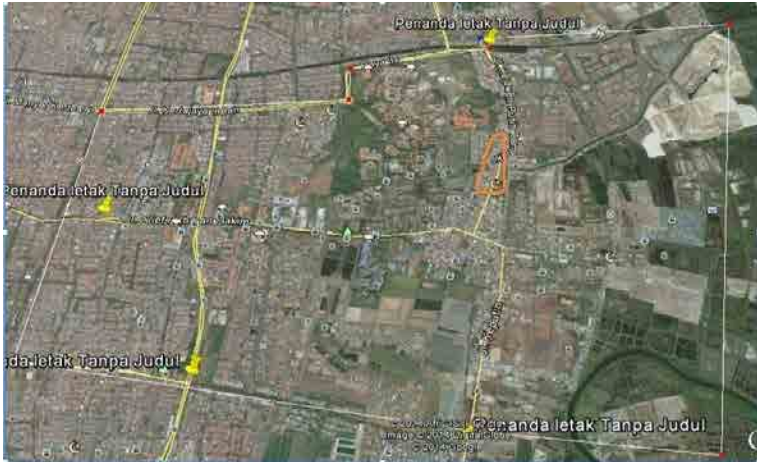
“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

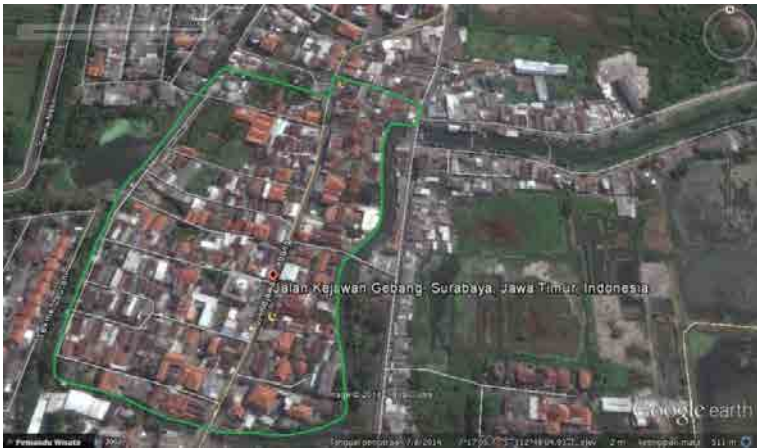
4.1 Gambaran Umum Perencanaan

Perencanaan bangunan pengolahan air limbah domestik ini disusun berdasarkan realita yang ada bahwa aktivitas rumah tangga yang hampir seluruhnya menyalurkan *grey water* ke sungai atau saluran di sekitar permukiman dan lebih tepatnya dibuang ke got depan rumah. Apabila dialirkan ke selokan/badan air maka akan menyebabkan pengendapan pada selokan atau sungai dan menyebabkan banjir. Oleh sebab itu, diperlukan upaya mempertahankan kualitas air pada sungai/saluran untuk menciptakan suatu teknologi pengolahan air limbah serta menuju terciptanya *eco-drainase/eco-river* yang ramah lingkungan. Dengan demikian, perencanaan bangunan pengolahan air limbah domestik pada tugas akhir ini dapat diharapkan menjadi acuan bagi penetapan tipe pengolahan air limbah rumah tangga (*grey water*) pada setiap kawasan yang berbeda meskipun dalam penetapan ini masih diperlukan perhitungan daya tampung dan daya dukung untuk masing – masing sungai/saluran perkotaan. Dalam perencanaan ini diambil studi kasus di daerah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya. Hasil dari pengolahan ini akan dibuang ke badan air Sungai Kalibokor Surabaya. Berikut batas wilayah Kejawan Gebang Kelurahan Keputih Surabaya **Gambar 4.1**.

Menurut Peraturan Menteri Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012 tentang Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Perumahan dan Kawasan Permukiman Tahun Anggaran 2013 menyatakan untuk pembangunan IPAL Komunal dibutuhkan 100 – 200 KK. Menurut Dinas Pekerjaan Umum perencanaan IPAL Komunal direncanakan untuk 100 orang/ha. Daerah Kejawan Gebang berjumlah 275 KK. Dalam perencanaan ini daerah perencanaan dibagi menjadi 3 kawasan dengan pertimbangan lahan serta lokasi IPAL. Kawasan 1 batasan wilayahnya pada **Gambar 4.2** yang berjumlah 103 KK, Kawasan 2 batasan wilayahnya pada **Gambar 4.3** yang berjumlah 91 KK, Kawasan 3 batasan wilayahnya pada **Gambar 4.4** yang berjumlah 81 KK.

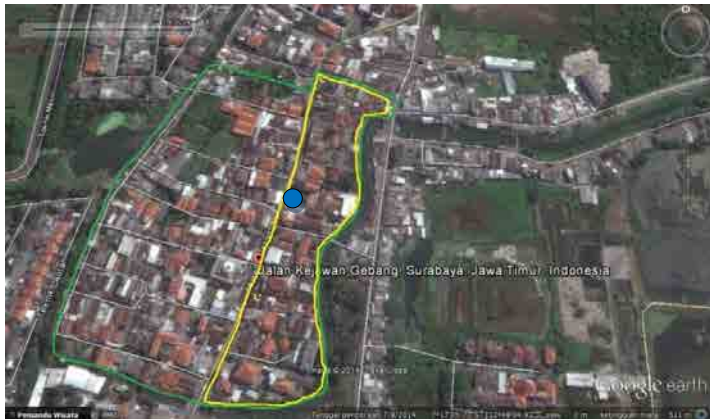


Gambar 4.1 Batas Wilayah Kelurahan Keputih Surabaya
(Sumber : Google Earth, 2014)



Gambar 4.2 Wilayah Kejawen Gebang Kelurahan Keputih Surabaya
(Sumber : Google Earth, 2014)

Pembagian Kawasan Wilayah Perencanaan



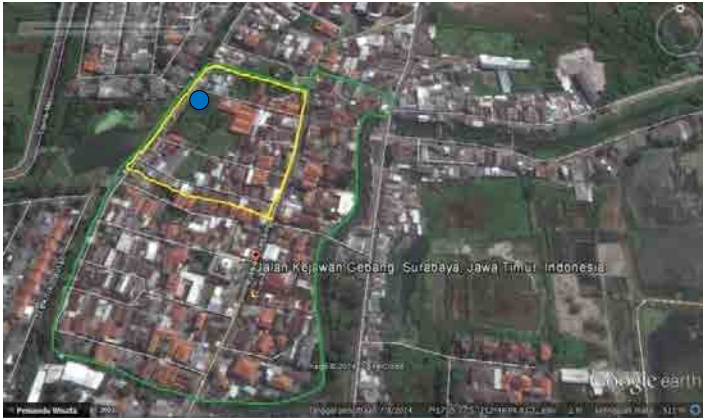
**Gambar 4.3 Kawasan 1 Perencanaan Wilayah Kejawen Gebang
Kelurahan Keputih Surabaya**
(Sumber : Google Earth, 2014)

Keterangan Gambar : ● Lokasi IPAL



**Gambar 4.4 Kawasan 2 Perencanaan Wilayah Kejawen Gebang
Kelurahan Keputih Surabaya**
(Sumber : Google Earth, 2014)

Keterangan Gambar : ● Lokasi IPAL



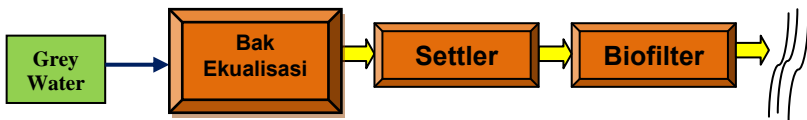
Gambar 4.5 Kawasan 3 Perencanaan Wilayah Kejaw an Gebang Kelurahan Keputih Surabaya
(Sumber : Google Earth, 2014)

Keterangan Gambar : ● Lokasi IPAL

Jumlah KK Tiap Kawasan

- Kawasan 1 = 103 KK
- Kawasan 2 = 91 KK
- Kawasan 3 = 81 KK

4.2 Unit Pengolahan Air Limbah



Gambar 4.6 Skema Pengolahan Air Limbah

Bak Ekualisasi:

Bak Ekualisasi disini berfungsi sebagai penampung air limbah, dan menstabilkan debit yang akan masuk ke pengolahan selanjutnya

Settler:

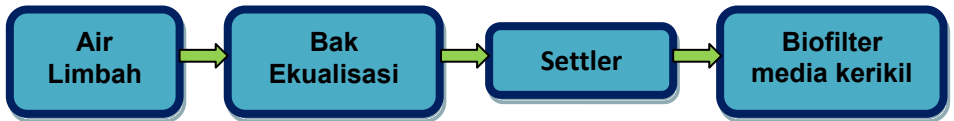
Influen *Settler* ini berasal dari efluen bak ekualisasi. Bak ini berfungsi mengendapkan partikel-partikel diskrit yang masih ada sehingga tidak membebani pengolahan selanjutnya.

Biofilter:

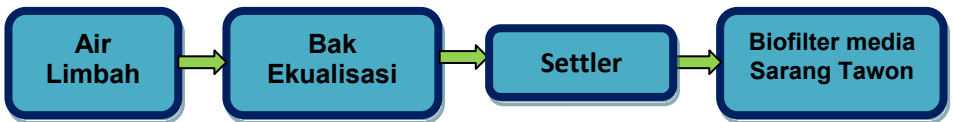
Air yang masuk dari bak pengendap kemudian dialirkan ke biofilter anaerob. Di dalam bak anaerob diisi dengan media dari bahan plastik atau kerikil/batu. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang belum terurai pada bak pengendap

Alternatif Pengolahan

1. Menggunakan media Biofilter kerikil



2. Menggunakan media Biofilter Sarang Tawon



Gambar 4.7 Alternatif Pengolahan

4.3 Pengumpulan Data

Data Primer

1. Data pemakaian air bersih dari jumlah KK tiap kawasan dengan melakukan *survey* langsung ke lokasi perencanaan

Populasi dalam perencanaan ini adalah masyarakat yang tinggal di sekitar daerah Kejawen Gebang. Dalam perencanaan ini dibagi menjadi 3 kawasan. Karena keterbatasan waktu dan kondisi, maka tidak semua populasi akan di wawancara, tetapi akan digunakan sampel sebagai generalisasi dari perencanaan. Sampel akan diambil secara random dan besarnya ditentukan dengan rumus statistika. Perhitungan dilakukan dan dengan menggunakan error 7 % didapatkan jumlah sampel dalam 1 RW yaitu 45 KK dengan total 275 KK

Untuk Kawasan 1

Jumlah KK = 103 KK

Error 7%

$$\begin{aligned} &= \frac{103}{275} \times 45 \\ &= 16,85 \\ &= 16 \text{ KK} \end{aligned}$$

Untuk Kawasan 2

Jumlah KK = 91 KK

Error 14%

$$\begin{aligned} &= \frac{91}{275} \times 45 \\ &= 14,89 \\ &= 15 \text{ KK} \end{aligned}$$

Untuk Kawasan 3

Jumlah KK = 81 KK

Error 14%

$$\begin{aligned} &= \frac{81}{275} \times 45 \\ &= 13,25 \\ &= 15 \text{ KK} \end{aligned}$$

Data Sekunder

1. Karakteristik Air Limbah

Pada tugas akhir ini, untuk mengetahui karakteristik kualitas air limbah yang dihasilkan dilakukan dengan data sekunder. Data sekunder diambil dari Data Balai Lingkungan Pemukiman Perkotaan di Indonesia. Air limbah yang diteliti berupa air limbah *grey water*. Pada **Tabel 4.1** berikut merupakan kualitas air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah (*grey water*) yang diambil dari data sekunder

Tabel 4.1 Kualitas Air Limbah

Parameter	Konsentrasi Influen (mg/L)
BOD	189
COD	317
TSS	200

(Sumber: Balai Lingkungan Pemukiman, 2004)

2. Kelas badan penerima yaitu Kelas IV
Menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 pasal 8 , Kelas IV yaitu:
Air yang digunakan untuk mengairi tanaman dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 4.2 Baku Mutu Kelas IV

Parameter	Baku Mutu Kelas IV (mg/L)
TSS	400
BOD	12
COD	100

(Sumber : PP Nomor 82 Tahun 2001)

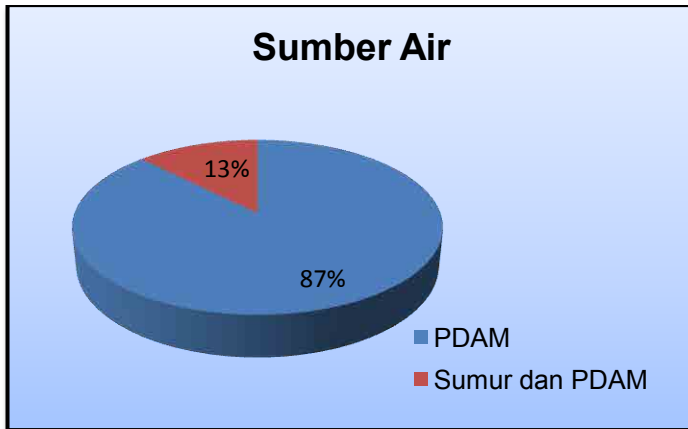
3. Harga Satuan Pekerjaan Kegiatan di Surabaya Tahun 2014.

4.4 Hasil Kuisisioner

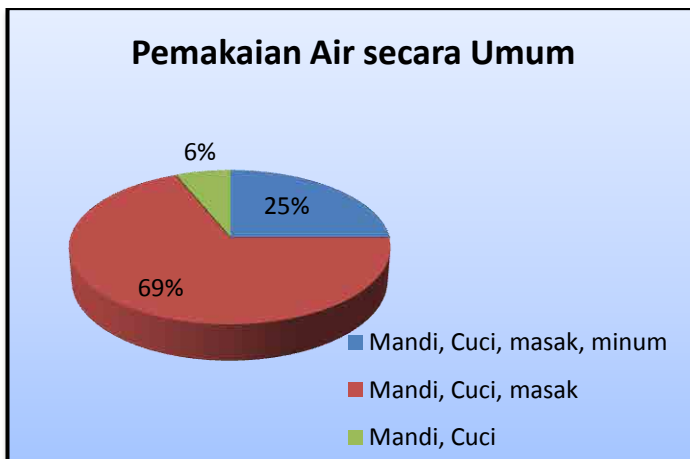
Kawasan 1



Gambar 4.8 Hasil Survey dari 16 KK di kawasan 1, terkait pertanyaan kepemilikan tangki septik



Gambar 4.9 Hasil Survey dari 16 KK di kawasan 1, terkait pertanyaan sumber air



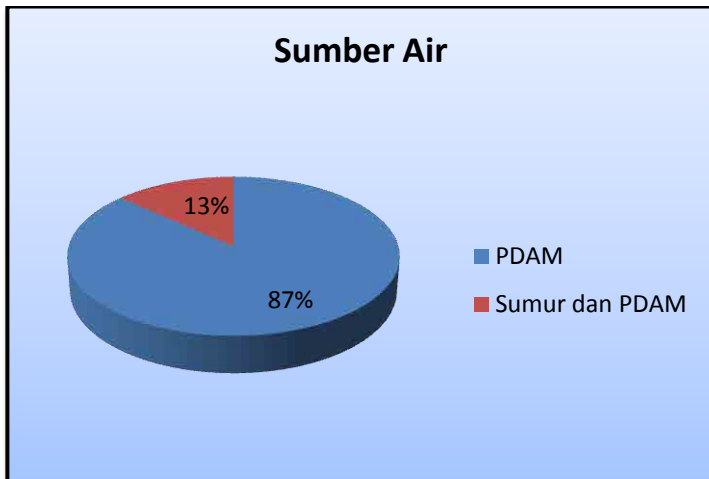
Gambar 4.10 Hasil Survey dari 16 KK di kawasan 1, terkait pemakaian air secara umum

Dari hasil kuisisioner didapatkan kesimpulan bahwa kawasan 1 rata-rata sudah memiliki tangki septik, sumber air berasal dari PDAM dan air digunakan untuk kegiatan mandi, cuci, masak dan minum.

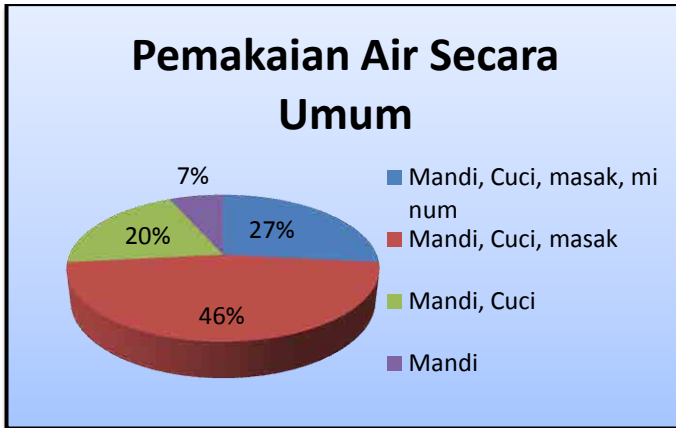
Kawasan 2



Gambar 4.11 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 2, terkait pertanyaan kepemilikan tangki septik



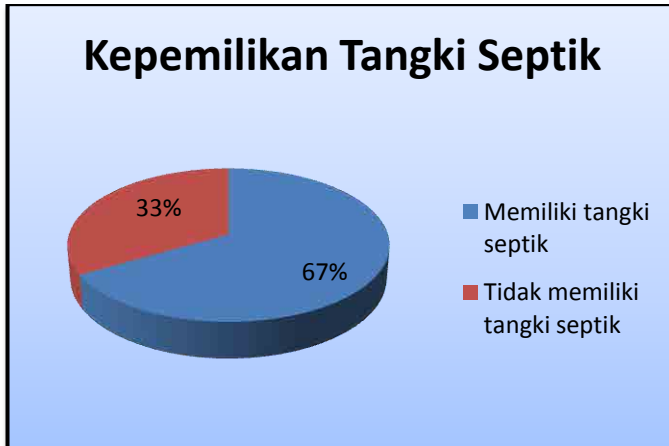
Gambar 4.12 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 2, terkait pertanyaan sumber air



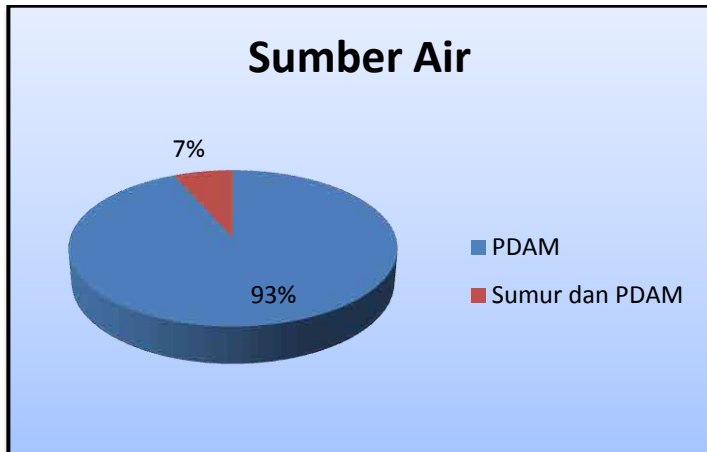
Gambar 4.13 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 2, terkait pemakaian air secara umum

Dari hasil kuisisioner didapatkan kesimpulan bahwa kawasan 2 rata-rata sudah memiliki tangki septik, sumber air berasal dari PDAM dan air digunakan untuk kegiatan mandi, cuci, masak dan minum.

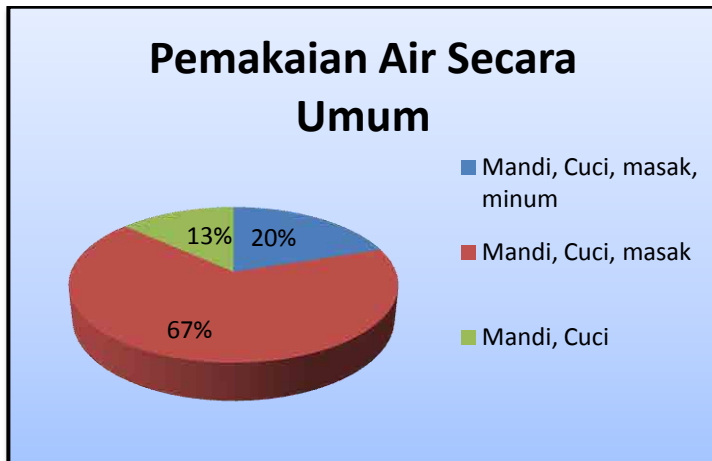
Kawasan 3



Gambar 4.14 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 3, terkait pertanyaan kepemilikan tangki septik



Gambar 4.15 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 3, terkait pertanyaan sumber air



Gambar 4.16 Hasil Survey dari 15 KK di kawasan 3, terkait pemakaian air secara umum

Dari hasil kuisioner didapatkan kesimpulan bahwa kawasan 3 rata-rata sudah memiliki tangki septik, sumber air berasal dari

PDAM dan air digunakan untuk kegiatan mandi, cuci, masak dan minum.

Debit dari hasil Kuisisioner

Debit dalam perencanaan ini berdasarkan jumlah orang yang tinggal di daerah per kawasan. Dari pengambilan sampel beberapa KK didapatkan jumlah orang

- Kawasan 1 = 16 KK = 79 orang
- Kawasan 2 = 15 KK = 62 orang
- Kawasan 3 = 15 KK = 67 orang

Dengan menggunakan metode perbandingan, digunakan sampel dari beberapa KK untuk mendapatkan jumlah orang di suatu kawasan. Dengan perbandingan didapatkan jumlah orang dalam suatu kawasan yaitu :

- Kawasan 1 = 103 KK = 509 orang
- Kawasan 2 = 91 KK = 377 orang
- Kawasan 3 = 81 KK = 362 orang

Lokasi perencanaan adalah Kota Surabaya. Kota Surabaya adalah Kota Metropolitan. Dalam perencanaan ini harusnya digunakan kebutuhan air 150 liter/kapita/hari sesuai dengan kebutuhan air oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, tetapi karena wilayah perencanaan merupakan daerah pinggiran kota maka digunakan kebutuhan air 120 liter/kapita/hari. Dengan mengalikan Jumlah orang dengan jumlah pemakaian air bersih, maka didapatkan debit yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kawasan 1} & : \\ Q &= 61,08 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,545 \text{ m}^3/\text{jam} = 7,06944 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Kawasan 2} & : \\ Q &= 45,24 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,885 \text{ m}^3/\text{jam} = 5,23611 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Kawasan 3} & : \\ Q &= 43,44 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,81 \text{ m}^3/\text{jam} = 5,02778 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Air Limbah yang dihasilkan diasumsikan 80 % dari pemakaian air bersih, maka debit air limbah

$$\begin{aligned} \text{Kawasan 1} & : \\ Q &= 48,864 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,036 \text{ m}^3/\text{jam} = 5,65556 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Kawasan 2} & : \\ Q &= 36,192 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,508 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,18889 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Kawasan 3} & : \end{aligned}$$

$$Q = 34,752 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,448 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,02222 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Karena yang diolah hanya limbah grey water saja, maka debit air limbah dari diestimasikan 25 % menjadi black water dan 75 % menjadi grey water (Hansen & Kjellerup, 1994 dalam Eriksson E. Et al, 2002). Maka dari estimasi tersebut didapatkan debit air limbah grey water:

Kawasan 1 :

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kawasan 2 :

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kawasan 3 :

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dalam perencanaan ini tidak dilakukan proyeksi penduduk dikarenakan:

1. Jumlah orang yang dilayani diambil dari data primer
2. Sudah padatnya penduduk di daerah Kejawan Gebang, sehingga tidak memungkinkan lagi pertambahan penduduk
3. Tidak ada lagi lahan yang cukup luas untuk dilakukan pembangunan, sehingga jumlah orang tidak bertambah
4. Penduduk yang berada di Kejawan Gebang, mayoritas sudah berusia 40 tahun keatas, sehingga diasumsikan tidak akan memiliki anak lagi

4.5 Perhitungan Detail Engineering Desain(DED)

4.5.1 Sumur Pengumpul

Sebelum masuk ke unit pengolahan air limbah Bak Ekualisasi, air limbah yang berasal dari sistem penyaluran air limbah masuk ke unit sumur pengumpul. Sumur pengumpul dirancang untuk menerima debit air limbah sebelum debit air limbah dipompa ke unit Bak Ekualisasi. Sumur Pengumpul yang direncanakan sama ukurannya untuk kawasan 1, 2 dan 3. Oleh karena itu, untuk perencanaannya menggunakan debit yang paling besar yang berasal dari kawasan 1.

Direncanakan :

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_d = 20 \text{ menit} = 1200 \text{ detik}$$

$$P : L = 1 : 1$$

$$\text{kedalaman (H)} = 1 \text{ m}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Volume sumur pengumpul} &= Q \times t_d \\ &= 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \times 1200 \text{ detik} \\ &= 0,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (A)} &= \text{Volume/Kedalaman} \\ &= 0,5 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m} \\ &= 1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif sumur} = 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^3$$

∴ Dimensi sumur pengumpul :

- Panjang (L) = 1 m
- Lebar (H) = 1 m
- Tebal dinding = 0,1 m
- Kedalaman (H) = 0,5 m
- Freeboard = 0,3 m

Perhitungan Diameter Pipa Efluen:

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V \text{ rencana} = 1 \text{ m/detik}$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,000424 \text{ m}^3 / \text{detik}}{1 \text{ m/detik}} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Diameter Pipa

$$\left[\frac{4 \cdot A}{\pi} \right]^{1/2} = \left[\frac{4 \cdot 0,000424}{3,14} \right]^{1/2} = 0,023 \text{ m} \approx 42 \text{ mm}$$

Cara menyalurkan air limbah dari sumur pengumpul ke bak ekualisasi menggunakan pompa dengan menggunakan ukuran pipa sesuai pada katalog Wavin yaitu 42 mm.

Perhitungan Pompa untuk Kawasan 1, 2 dan 3

$$V = 1 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$c = 120$$

$$\text{Head statis} = 5 \text{ m}$$

Mayor Loses

$$L \text{ suction} = 0 \text{ m}$$

$$H_f = 0 \text{ m}$$

$$L \text{ discharge} = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ discharge} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot c \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{36648}{0,00155 \cdot 120 \cdot 42^{2,63}} \right]^{1,85} \times 5 \\ &= 0,333 \text{ m} \end{aligned}$$

Minor Loses

Belokan (K=0,5)

$$\begin{aligned} H_m &= \frac{K \cdot v^2}{2g} \\ &= \frac{0,5 \cdot 1^2}{2 \cdot 9,81} \\ &= 0,025 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss total} &= 5 + 0,333 + 0,025 \\ &= 5,358 \text{ m} \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah pompa submersible dengan produsen Grundfos. Pompa yang digunakan tipe S1.80.100.55.4.50H.C.212.G.EX.D – 95113770.

4.5.2 Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi di desain untuk menyamakan aliran, konsentrasi atau keduanya. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak equalisasi, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya.

Perhitungan Bak Ekualisasi dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut :

1. Mencari data fluktuasi debit pemakaian air bersih yang didapatkan dari data primer melalui sampel KK yang di survei. Data primer yang didapat baru dalam bentuk jumlah Ember. Selanjutnya, dari pemakaian jumlah ember ini dikonversikan ke Liter sesuai dengan ember yang berada di pasaran.
1 bak besar = 24 liter

- 1 bak biasa = 20 liter
- 1 ember cat = 20 liter
- 1 ember biasa = 14 liter

Debit pemakaian air bersih dibagi menjadi interval 3 jam agar mempermudah dalam perencanaan. Perhitungan lengkap untuk mencari data fluktuasi air bersih bisa dilihat di lampiran.

2. Karena data primer yang diambil hanya data buang air besar, mencuci pakaian, mencuci piring, mandi dan memasak diperlukan juga data sekunder untuk beberapa kegiatan yang diambil dari Departemen Pekerjaan Umum yaitu:

- Air Wudhu = 16,2 liter/orang/hari
- Air Minum = 2 liter/orang/hari
- Lain-lain = 21,7 liter/orang/hari
- Kebersihan rumah = 31,4 liter/orang/hari

Tetapi, untuk kebersihan rumah dirasa pemakaian airnya terlalu besar, maka untuk kebersihan rumah hanya dipakai 10 liter/orang/hari.

Sedangkan untuk poin lain-lain ditambahkan hanya beberapa persen tergantung kegiatan yang ada di kawasan perencanaan.

Kawasan 1 :

- Warung makan : 3 buah
- Laundry : 1 buah
- Toko Listrik : 1 buah
- Balai RW : 1 buah
- Toko Kelontong : 2 buah
- Kafe makan dan minum : 1 buah
- Tempat print : 1 buah
- Cucian motor : 1 buah
- Mushollah : 1 buah

Karena di kawasan ini cukup banyak pertokoan maka untuk pemakaian air untuk lain-lain yang digunakan sebanyak 30 %

Kawasan 2 :

- Warung makan : 2 buah
- Laundry : 1 buah
- Mesjid : 1 buah
- Toko Kelontong : 2 buah
- Bengkel : 1 buah
- Toko Besar : 1 buah

Karena di kawasan ini cukup banyak pertokoan maka untuk pemakaian air untuk lain-lain yang digunakan sebanyak 20 %
Kawasan 3 :

Warung makan : 1 buah
 Laundry : 1 buah
 Toko Jahit : 1 buah

Karena di kawasan ini cukup banyak pertokoan maka untuk pemakaian air untuk lain-lain yang digunakan sebanyak 10 %.
 Debit pemakaian air bersih yang telah ditambahkan dengan data sekunder ada di lampiran

3. Mencari fluktuasi air limbah yang didapatkan dari 80 % pemakaian air bersih
4. Melakukan penentuan volume bak ekualisasi dengan memasukkan data perhitungan Q cum dan Q cum-ave dalam sebuah grafik. Lalu diambil selisih terjauh yang selanjutnya akan menjadi Volume bak Ekualisasi dalam perencanaan

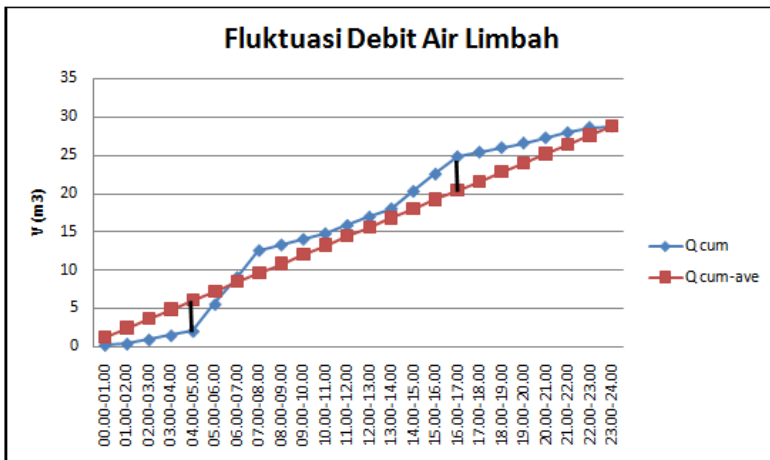
Hasil Perhitungan
Kawasan 1

Tabel 4.3 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi Kawasan 1

Nomor	Waktu (jam)	Q ave selama periode waktu (m ³ /jam)	Volume per jam (m ³)	V cum (m ³)	V cum-average (m ³)
1	00.00-01.00	0,156	0,156	0,156	1,198
2	01.00-02.00	0,156	0,156	0,311	2,397
3	02.00-03.00	0,550	0,550	0,862	3,595
4	03.00-04.00	0,550	0,550	1,412	4,793
5	04.00-05.00	0,550	0,550	1,962	5,992
6	05.00-06.00	3,524	3,524	5,486	7,190
7	06.00-07.00	3,524	3,524	9,010	8,389
8	07.00-08.00	3,524	3,524	12,534	9,587
9	08.00-09.00	0,731	0,731	13,265	10,785
10	09.00-10.00	0,731	0,731	13,996	11,984
11	10.00-11.00	0,731	0,731	14,727	13,182
12	11.00-12.00	1,088	1,088	15,815	14,380
13	12.00-13.00	1,088	1,088	16,904	15,579
14	13.00-14.00	1,088	1,088	17,992	16,777
15	14.00-15.00	2,264	2,264	20,256	17,975

16	15.00-16.00	2,264	2,264	22,520	19,174
17	16.00-17.00	2,264	2,264	24,784	20,372
18	17.00-18.00	0,595	0,595	25,380	21,570
19	18.00-19.00	0,595	0,595	25,975	22,769
20	19.00-20.00	0,595	0,595	26,571	23,967
21	20.00-21.00	0,678	0,678	27,249	25,166
22	21.00-22.00	0,678	0,678	27,927	26,364
23	22.00-23.00	0,678	0,678	28,605	27,562
24	23.00-24.00	0,156	0,156	28,761	28,761

(Sumber: Hasil Analisa, 2014)



Gambar 4.17 Grafik Volume Bak Ekualisasi di Kawasan 1

$$V = 4,412 \text{ m}^3 + 4,03 \text{ m}^3 = 8,442 \text{ m}^3$$

Dimensi bak:

Kedalaman bak = 1,5 m

P : L = 1 : 1

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (A)} &= \text{Volume/Kedalaman} \\ &= 8,442 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m} \\ &= 5,628 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 2,37 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,37 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif bak} = 1,5 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} = 8,64 \text{ m}^3$$

∴ Dimensi bak ekualisasi :

- Panjang (L) = 2,4 m
- Lebar (H) = 2,4 m
- Tebal dinding = 0,1 m
- Kedalaman (H) = 1,5 m
- Freeboard = 0,3 m

Perhitungan Diameter Pipa Efluen:

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V \text{ rencana} = 0,5 \text{ m/detik}$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,000424 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,5 \text{ m/detik}} = 8,48 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Diameter Pipa

$$\left[\frac{4 \cdot A}{\pi} \right]^{1/2} = \left[\frac{4 \cdot 0,000848}{3,14} \right]^{1/2} = 0,032 \text{ m} \approx 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A \text{ cek} &= (1/4) \pi D^2 \\ &= (1/4) 3,14 \times (0,1)^2 \\ &= 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= (Q/A) \\ &= (4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \\ &= 0,055 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Cara menyalurkan air limbah dari bak ekualisasi ke *settler* menggunakan pompa dengan menggunakan ukuran pipa sesuai pada katalog Wavin yaitu 100 mm.

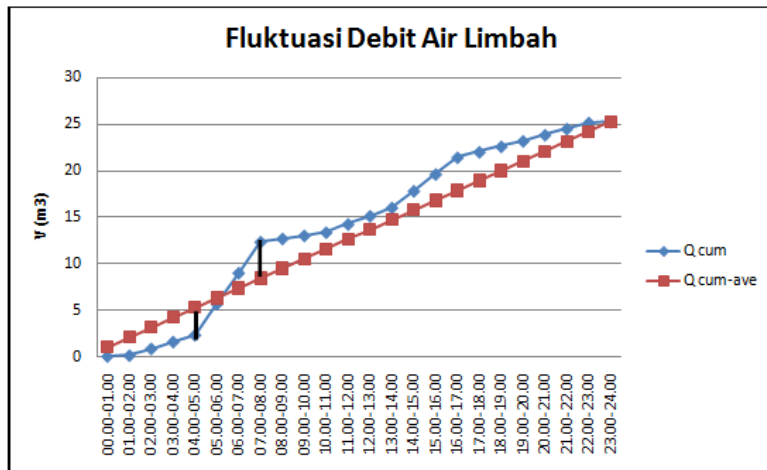
Kawasan 2

Tabel 4.4 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi Kawasan 2

Nomor	Waktu (jam)	Q ave selama periode waktu (m ³ /jam)	Volume per jam (m ³)	V cum (m ³)	V cum-average (m ³)
1	00.00-01.00	0,088	0,088	0,088	1,052
2	01.00-02.00	0,088	0,088	0,176	2,105
3	02.00-03.00	0,731	0,731	0,907	3,157

4	03.00-04.00	0,731	0,731	1,638	4,210
5	04.00-05.00	0,731	0,731	2,369	5,262
6	05.00-06.00	3,335	3,335	5,703	6,314
7	06.00-07.00	3,335	3,335	9,038	7,367
8	07.00-08.00	3,335	3,335	12,373	8,419
9	08.00-09.00	0,339	0,339	12,712	9,472
10	09.00-10.00	0,339	0,339	13,052	10,524
11	10.00-11.00	0,339	0,339	13,391	11,576
12	11.00-12.00	0,882	0,882	14,273	12,629
13	12.00-13.00	0,882	0,882	15,154	13,681
14	13.00-14.00	0,882	0,882	16,036	14,734
15	14.00-15.00	1,799	1,799	17,835	15,786
16	15.00-16.00	1,799	1,799	19,635	16,838
17	16.00-17.00	1,799	1,799	21,434	17,891
18	17.00-18.00	0,589	0,589	22,023	18,943
19	18.00-19.00	0,589	0,589	22,612	19,996
20	19.00-20.00	0,589	0,589	23,201	21,048
21	20.00-21.00	0,656	0,656	23,857	22,100
22	21.00-22.00	0,656	0,656	24,513	23,153
23	22.00-23.00	0,656	0,656	25,169	24,205
24	23.00-24.00	0,088	0,088	25,258	25,258

(Sumber: Hasil Analisa, 2014)



Gambar 4.18 Grafik Volume Bak Ekualisasi di Kawasan 2

$$V = 3,954 \text{ m}^3 + 2,892 \text{ m}^3 = 6,846 \text{ m}^3$$

Dimensi bak:

Kedalaman bak = 1,5 m

P : L = 1 : 1

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (A)} &= \text{Volume/Kedalaman} \\ &= 6,846 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m} \\ &= 4,564 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 2,13 \text{ m} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,13 \text{ m} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif bak} = 1,5 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} = 7,26 \text{ m}^3$$

∴ Dimensi bak ekualisasi :

- Panjang (L) = 2,2 m
- Lebar (H) = 2,2 m
- Tebal dinding = 0,1 m
- Kedalaman (H) = 1,5 m
- Freeboard = 0,3 m

Perhitungan Diameter Pipa Efluen:

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V \text{ rencana} = 0,5 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{v} = \frac{0,000314 \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,5 \text{ m} / \text{detik}} \\ &= 6,28 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Diameter Pipa

$$\left[\frac{4 \cdot A}{\pi} \right]^{1/2} = \left[\frac{4 \cdot 0,000628}{3,14} \right]^{1/2} = 0,028 \text{ m} \approx 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A \text{ cek} &= (1/4) \pi D^2 \\ &= (1/4) 3,14 \times (0,1)^2 \\ &= 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= (Q/A) \\ &= (3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \\ &= 0,04 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

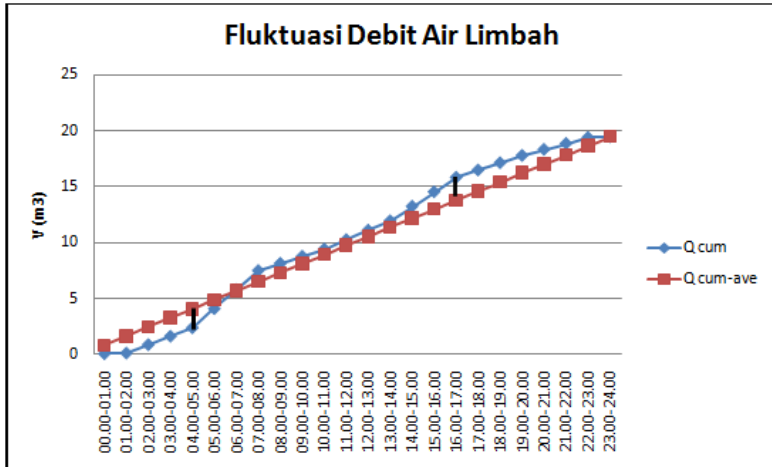
Cara menyalurkan air limbah dari bak ekualisasi ke *settler* menggunakan pompa dengan menggunakan ukuran pipa sesuai pada katalog Wavin yaitu 100 mm.

Kawasan 3

Tabel 4.5 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi Kawasan 3

Nomor	Waktu (jam)	Q ave selama periode waktu (m ³ /jam)	Volume per jam (m ³)	V cum (m ³)	V cum-average (m ³)
1	00.00-01.00	0,058	0,058	0,058	0,809
2	01.00-02.00	0,058	0,058	0,117	1,618
3	02.00-03.00	0,754	0,754	0,871	2,427
4	03.00-04.00	0,754	0,754	1,624	3,236
5	04.00-05.00	0,754	0,754	2,378	4,045
6	05.00-06.00	1,701	1,701	4,079	4,854
7	06.00-07.00	1,701	1,701	5,780	5,663
8	07.00-08.00	1,701	1,701	7,480	6,472
9	08.00-09.00	0,640	0,640	8,120	7,281
10	09.00-10.00	0,640	0,640	8,760	8,090
11	10.00-11.00	0,640	0,640	9,400	8,899
12	11.00-12.00	0,839	0,839	10,239	9,708
13	12.00-13.00	0,839	0,839	11,079	10,517
14	13.00-14.00	0,839	0,839	11,918	11,326
15	14.00-15.00	1,293	1,293	13,211	12,135
16	15.00-16.00	1,293	1,293	14,504	12,944
17	16.00-17.00	1,293	1,293	15,797	13,753
18	17.00-18.00	0,651	0,651	16,448	14,562
19	18.00-19.00	0,651	0,651	17,099	15,371
20	19.00-20.00	0,651	0,651	17,749	16,180
21	20.00-21.00	0,536	0,536	18,286	16,989
22	21.00-22.00	0,536	0,536	18,822	17,798
23	22.00-23.00	0,536	0,536	19,358	18,607
24	23.00-24.00	0,058	0,058	19,416	19,416

(Sumber: Hasil Analisa, 2014)



Gambar 4.19 Grafik Volume Bak Ekualisasi di Kawasan 3

$$V = 2,044 \text{ m}^3 + 1,667 \text{ m}^3 = 3,711 \text{ m}^3$$

Dimensi bak:

Kedalaman bak = 1,5 m

P : L = 1 : 1

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (A)} &= \text{Volume/Kedalaman} \\ &= 3,711 \text{ m}^3 / 1,5 \text{ m} \\ &= 2,474 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Panjang = 1,57 m = 1,6 m

Lebar = 1,57 m = 1,6 m

Ruang bebas = 0,3 m

Volume efektif bak = 1,5 m x 1,6 m x 1,6 m = 3,84 m³

∴ Dimensi bak ekualisasi :

- Panjang (L) = 1,6 m
- Lebar (H) = 1,6 m
- Tebal dinding = 0,1 m
- Kedalaman (H) = 1,5 m
- Freeboard = 0,3 m

Perhitungan Diameter Pipa Efluen:

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V \text{ rencana} = 0,5 \text{ m/detik}$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,000302 \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,5 \text{ m/detik}} \\ = 6,04 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Diameter Pipa

$$\left[\frac{4 \cdot A}{\pi} \right]^{1/2} = \left[\frac{4 \cdot 0,000604}{3,14} \right]^{1/2} = 0,027 \text{ m} \approx 100 \text{ mm}$$

$$A \text{ cek} = (1/4) \pi D^2 \\ = (1/4) 3,14 \times (0,1)^2 \\ = 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V \text{ cek} = (Q/A) \\ = (3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{detik} / 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \\ = 0,038 \text{ m/detik}$$

Cara menyalurkan air limbah dari bak ekualisasi ke *settler* menggunakan pompa dengan menggunakan ukuran pipa sesuai pada katalog Wavin yaitu 100 mm.

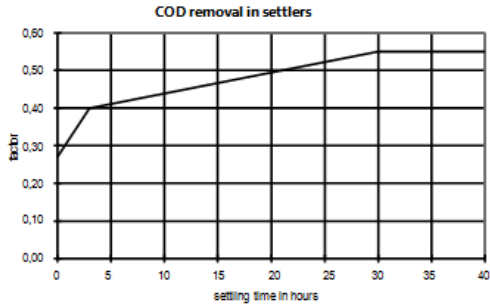
4.5.3 *Settler*

Untuk mengurangi beban pencemar yang terdapat dalam air buangan maka direncanakan unit *settler* sebelum masuk ke unit pengolahan Anaerobik Biofilter sehingga beban pencemar ke unit yang masuk ke Anaerobik Biofilter menjadi lebih kecil. Perhitungan *Settler* dalam perencanaan ini menggunakan perhitungan tangki septik dalam (Sasse, 1998). Hal ini dilakukan agar pengurusan lumpur tidak dilakukan setiap hari sehingga biaya operasional menjadi lebih murah.

Direncanakan :

- Suhu Pengolahan = 26⁰C-30⁰C (Devyantie, 2000)
- Waktu Pengaliran = 24 jam
- Pengurusan lumpur = 24 bulan
- Td Tangki Septik = 2 jam (2-4 jam)
- Rasio SS/COD = 0,42 (0,35-0,45)
- COD influen = 317 mg/L

- BOD influen = 189 mg/L
- TSS influen = 200 mg/L

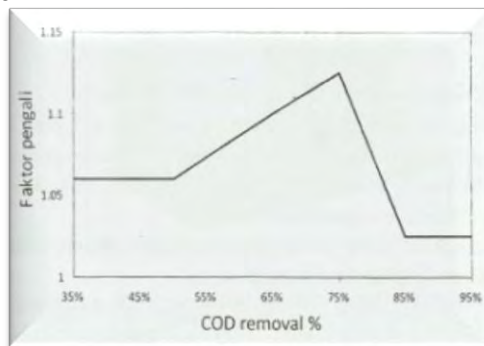


Gambar 4.20 Removal COD di Settler
(Sumber: Sasse, 1998)

Dengan menggunakan grafik pada grafik “ Removal COD di Setter” dapat ditentukan faktor COD removal

$$\begin{aligned}
 \text{COD removal} &= ((\text{SS}/\text{COD ratio})/ 0,5) \times \text{faktor} \\
 &= (0,42/0,5) \times 0,35 \\
 &= 0,294 = 29,4 \%
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan grafik dan fungsi persamaan IF pada grafik “Simplified Curve of ratio of efisiensi of BOD removal to COD removal”



Gambar 4.21 Grafik Faktor Pengali
(Sumber: Sasse, 1998)

dan persamaan fungsi IF, maka dapat ditentukan faktor BODrem/CODrem

Faktor BODrem =IF(CODrem <0,5;1,06;IF(CODrem <0,75;(CODrem-0,5)*0,065/0,25+1,06;IF(CODrem<0,85;1,125-(CODrem-0,75)*0,1/0,1;1,025)))

BOD removal = faktor x %COD
 = 1,025 x 29,4 %
 = 30,135 %

TSS removal = 60,27 % (2 x BODrem) (Habibi, 2014)

Dimensi Settler

Kawasan 1

Q = 36,648 m³/hari = 1,527 m³/jam = 4,24 x 10⁻⁴ m³/detik

Direncanakan :

Kedalaman (H) = 2,25 m
 Lebar = 1,5 m
 Interval pengurasan = 24 bulan

Dengan menggunakan fungsi excel

H11 =IF(H12*(E5-J5)/ 1000*A11*30*A5+C5*F5<2*A5*F5/24;2*A5*F5/24;H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5)+0,2*B11*E11

Pada **tabel 3.3** dilakukan perhitungan dan didapatkan volume bak (terkandung sludge) = 8,55 m³

Panjang bak pertama = (2/3 x Volume x H x L)
 = (2/3 x 8,55 m³ x 1,5 m x 2,25 m)
 = 1,97 = 2 m

Panjang bak kedua = (Panjang bak pertama/2)
 = (2 / 2) = 1 m

Volume sebenarnya = (P1+P2) x H x L
 = (2 + 1)m x 2,25 m x 1,5 m
 = 8,6 m³

Kawasan 2

Q = 27,144 m³/hari =1,131 m³/jam = 3,14 x 10⁻⁴ m³/detik

Direncanakan :

kedalaman (H) = 2,25 m
 Lebar = 1,5 m
 Interval pengurasan = 24 bulan

Dengan menggunakan fungsi excel

$$H11 = \text{IF}(H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5 < 2*A5*F5/24; 2*A5*F5/24; H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5) + 0,2*B11*E11$$

Pada **tabel 3.3** dilakukan perhitungan dan didapatkan volume bak (terkandung sludge) = 7,18 m³

Panjang bak pertama = (2/3 x Volume x H x L)
 = (2/3 x 7,18 m³ x 1,5 m x 2,25m)
 = 1,417 = 1,42 m
 Panjang bak kedua = (Panjang bak pertama/2)
 = (1,42 / 2) = 0,71 m
 Volume sebenarnya = (P1+P2) x H x L
 = (1,42 + 0,71)m x 2,25 m x 1,5 m
 = 7,19 m³

Kawasan 3

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Direncanakan :

kedalaman (H) = 2,25 m
 Lebar = 1,5 m
 Interval pengurasan = 24 bulan

Dengan menggunakan fungsi excel

$$H11 = \text{IF}(H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5 < 2*A5*F5/24; 2*A5*F5/24; H12*(E5-J5)/1000*A11*30*A5+C5*F5) + 0,2*B11*E11$$

Pada **tabel 3.3** dilakukan perhitungan dan didapatkan volume bak (terkandung sludge) = 7,02 m³

Panjang bak pertama = (2/3 x Volume x H x L)
 = (2/3 x 7,02 m³ x 1,5 m x 2,25 m)
 = 1,386 = 1,39 m
 Panjang bak kedua = (Panjang bak pertama/2)
 = (1,39 / 2) = 0,695 m

$$\begin{aligned}
\text{Volume sebenarnya} &= (P1+P2) \times H \times L \\
&= (1,39 + 0,695)\text{m} \times 2,25 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\
&= 7,03 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Perhitungan Biogas yang Terbentuk di Settler

Diasumsikan bahwa biogas yang terbentuk terdiri dari 70% gas Methana (CH₄) dan 30% gas Karbondioksida (CO₂). Setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 liter gas metana dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998).

Gas yang terbentuk dari COD

$$= (\text{CODin}-\text{CODout}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$\text{COD in} = 317 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Removal COD} = 29,4 \%$$

$$\text{COD out} = 223,8 \text{ mg/L}$$

Menurut Paulustathis dan Giraldo Gomez dalam Deublein dan Steinhauser (2008). TSS akan terkonversi 25 % menjadi gas dari penguraian TSS.

Gas yang terbentuk dari TSS = (TSSin-TSSout) x Q x (0,25/1000)

$$\text{TSS in} = 200 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Removal COD} = 60,27 \%$$

$$\text{TSS out} = 79,46 \text{ mg/L}$$

Kawasan 1

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Produksi Biogas dari COD

$$= (\text{CODin}-\text{CODout}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (317 \text{ mg/L} - 223,8 \text{ mg/L}) \times 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= 0,86 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produksi Biogas dari TSS

$$= (\text{TSSin}-\text{TSSout}) \times Q \times 0,25$$

$$= (200 \text{ mg/L} - 79,46 \text{ mg/L}) \times 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,25/1000)$$

$$= 1,11 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi Biogas total} = 0,86 \text{ m}^3/\text{hari} + 1,11 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,97 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kawasan 2

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Produksi Biogas dari COD

$$\begin{aligned}
&= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5) \\
&= (317 \text{ mg/L} - 223,8 \text{ mg/L}) \times 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5) \\
&= 0,64 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&\text{Produksi Biogas dari TSS} \\
&= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times 0,25 \\
&= (200 \text{ mg/L} - 79,46 \text{ mg/L}) \times 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,25/1000) \\
&= 0,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&\text{Produksi Biogas total} = 0,64 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,82 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 1,46 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Kawasan 3

$$\begin{aligned}
Q &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \\
&\text{Produksi Biogas dari COD} \\
&= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5) \\
&= (317 \text{ mg/L} - 223,8 \text{ mg/L}) \times 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5) \\
&= 0,61 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&\text{Produksi Biogas dari TSS} \\
&= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times 0,25 \\
&= (200 \text{ mg/L} - 79,46 \text{ mg/L}) \times 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,25/1000) \\
&= 0,79 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&\text{Produksi Biogas total} = 0,61 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,79 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 1,4 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan Lumpur yang Terbentuk di Settler

$$\begin{aligned}
\text{TSS in} &= 200 \text{ mg/L} \\
\% \text{ Removal TSS} &= 60,27 \% \\
\text{Sg solid} &= 1,4 \\
\text{Kadar solid dalam lumpur} &= 9,12 \% \\
\text{Sg air} &= 0,99 \text{ gr/cm}^3 = 996,26 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Kadar air dalam lumpur} &= 90,88 \%
\end{aligned}$$

Kawasan 1

$$\begin{aligned}
Q &= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \\
\text{TSS yang terendapkan} &= \text{TSS removal} \times \text{TSS influen} \\
&= 60,27 \% \times 200 \text{ mg/L} \\
&= 120,54 \text{ mg/L} \\
\text{TSS yang terendapkan dikali dengan Q, maka}
\end{aligned}$$

$$= 120,54 \text{ mg/L} \times 36648 \text{ L/hari}$$

$$= 4417549,92 \text{ mg/hari} = 4,42 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Sg lumpur} = \% \text{ solid/Sgs} + \% \text{ air x/Sga}$$

$$= 9,12 \% / 1,4 + 90,88 \% / 0,99$$

$$= 1,02$$

$$\text{Volume lumpur} = \text{TSS} / (\% \text{ solid} \times \text{Sgl} \times \text{Sga})$$

$$= 4,42 \text{ kg/hari} / (9,12 \% \times 1,02 \times 996,26 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,048 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kawasan 2

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{TSS yang terendapkan} = \text{TSS removal} \times \text{TSS influen}$$

$$= 60,27 \% \times 200 \text{ mg/L}$$

$$= 120,54 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS yang terendapkan dikali dengan Q, maka}$$

$$= 120,54 \text{ mg/L} \times 27144 \text{ L/hari}$$

$$= 3271937,76 \text{ mg/hari} = 3,28 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Sg lumpur} = \% \text{ solid/Sgs} + \% \text{ air x/Sga}$$

$$= 9,12 \% / 1,4 + 90,88 \% / 0,99$$

$$= 1,02$$

$$\text{Volume lumpur} = \text{TSS} / (\% \text{ solid} \times \text{Sgl} \times \text{Sga})$$

$$= 3,28 \text{ kg/hari} / (9,12 \% \times 1,02 \times 996,26 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,036 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kawasan 3

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{TSS yang terendapkan} = \text{TSS removal} \times \text{TSS influen}$$

$$= 60,27 \% \times 200 \text{ mg/L}$$

$$= 120,54 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS yang terendapkan dikali dengan Q, maka}$$

$$= 120,54 \text{ mg/L} \times 26064 \text{ L/hari}$$

$$= 3141754,56 \text{ mg/hari} = 3,15 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Sg lumpur} = \% \text{ solid/Sgs} + \% \text{ air x/Sga}$$

$$= 9,12 \% / 1,4 + 90,88 \% / 0,99$$

$$= 1,02$$

$$\begin{aligned}\text{Volume lumpur} &= \text{TSS} / (\% \text{ solid} \times \text{Sgl} \times \text{Sga}) \\ &= 3,15 \text{ kg/hari} / (9,12 \% \times 1,02 \times 996,26 \text{ kg/m}^3) \\ &= 0,034 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

- COD enfluen = 223,8 mg/L
- BOD enfluen = 132,05 mg/L
- TSS enfluen = 79,46 mg/L

4.5.4 Anaerobik Biofilter

Karakteristik yang masuk

BOD = 132,05 mg/L

COD = 223,8 mg/L

TSS = 79,46 mg/L

Direncanakan:

HRT = 36 jam (24-48 jam)

OLR = 8 kgCOD/m³.hari (5-10 kgCOD/m³.hari)

HLR = 1,5 m³/m².hari (maks 2 m³/m².hari)

Suhu Reaktor = 30°C (26°C-30°C) (Deviyantie, 2000)

Porositas Media

Batu Kerikil = 50% (berdasarkan tipe bahan)

Sarang Tawon = 98% (berdasarkan tipe bahan)

Spesifik Permukaan

Batu Kerikil = 100 m²/m³(berdasarkan tipe bahan)

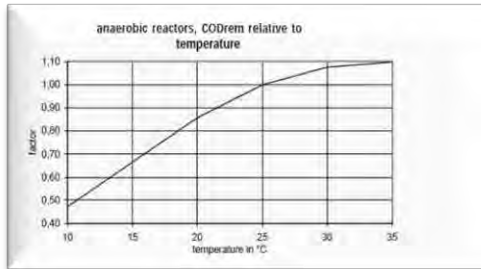
Sarang Tawon = 150 m²/m³(berdasarkan tipe bahan)

Jumlah Kompartemen = 5 kompartemen

Penentuan Efisiensi Removal Anaerobik Biofilter

Menurut Sasse(1988) Faktor yang mempengaruhi laju removal COD adalah Faktor suhu, Faktor wastewater strength (kualitas air limbah), Faktor HRT, dan Faktor permukaan filter.

1. Faktor Suhu



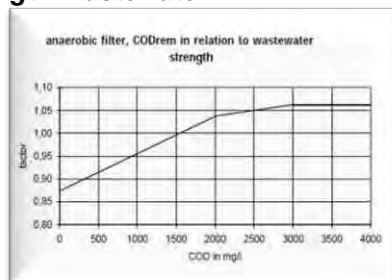
Gambar 4.22 Grafik Faktor Temperatur
(Sumber: Sasse, 1998)

Penentuan Faktor dari Faktor suhu maka dapat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel. Berikut merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung Faktor COD removal

Faktor Suhu = IF(Suhu Reaktor<20;(Suhu Reaktor - 10)*0,39/20+0,47;IF(Suhu Reaktor <25;(Suhu Reaktor - 20)*0,14/5+0,86;IF(Suhu Reaktor <30;(Suhu Reaktor - 25)*0,08/5+1;1,1)))

Suhu reaktor diatur pada suhu 30°C maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukka angka 1.1.

2. Faktor Strength Wastewater



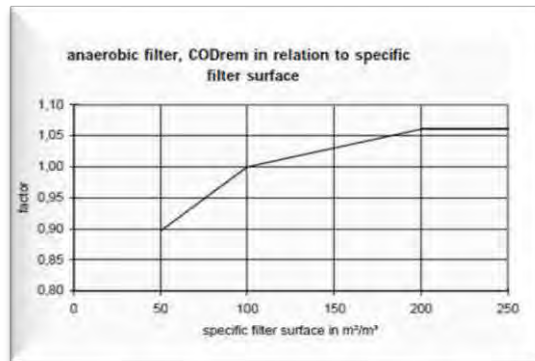
Gambar 4.23 Grafik Faktor Strength
(Sumber: Sasse, 1998)

Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel.

Faktor *Wastewater Stregth* = IF(CODin<2000;CODin*0,17/2000+0,87;IF(CODin<3000;(CODin<2000)*0,02/1000+1,04;1,06))

COD yang masuk ke biofilter anaerobik adalah 223,8 mg/L maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 0,889023.

3. Faktor Luas Permukaan Filter



Gambar 4.24 Grafik Faktor Permukaan Filter
(Sumber: Sasse, 1998)

Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel.

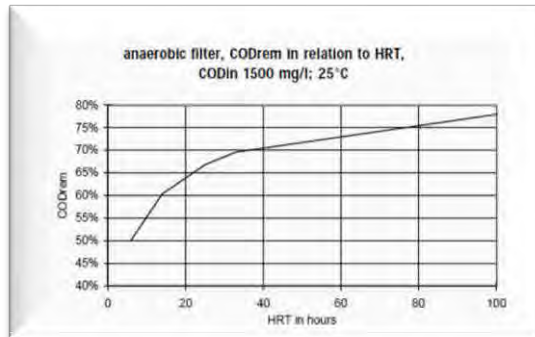
Faktor Luas Permukaan Media = IF(Luas Permukaan Media <100;(Luas Permukaan Media -50)*0,1/50+0,9;IF(Luas Permukaan Media <200;(Luas Permukaan Media 100)*0,06/100+1;1,06))

Pada perencanaan ini digunakan dua variabel media yaitu dengan media kerikil dengan luas permukaan 100 m²/m³ dan media sarang tawon dengan luas permukaan 150 m²/m³. Dengan

demikian Faktor luas permukaan akan berbeda. Media kerikil dengan luas permukaan $100 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ L}$ maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka

1. Media Kerikil dengan luas permukaan $100 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ L}$ maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 1.00.
2. Media Sarang Tawon dengan luas permukaan $150 \text{ m}^2/\text{m}^3 \text{ L}$ maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 1.03.

4. Faktor HRT



Gambar 4.25 Grafik Faktor Waktu Tinggal
(Sumber: Sasse, 1998)

Penentuan Faktor dari Faktor HRT filter maka dapat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel.

Faktor HRT = IF(HRT<12; HRT *0,1612+0,44;IF(HRT <24;(HRT -12)*0,07/12+0,6;IF(HRT <33;(HRT- 24)*0,03/9+0,67;IF(HRT <100;(HRT -33)*0,09/67+0,7;0,78))))

HRT yang direncanakan pada biofilter anaerobik adalah 36 jam, maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 0.70403.

Dengan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap laju removal COD, dengan demikian dapat ditentukan efisiensi removal COD dengan menggunakan rumus berikut

$$\% \text{Removal COD} = ((\text{Faktor suhu} \times \text{Faktor Strength wastewater} \times \text{Faktor Luas Permukaan Media} \times \text{Faktor HRT}) \times (1 + (\text{Jumlah Kompartemen} \times 0.04)))$$

Rumus diatas mempertimbangkan peningkatan pengolahan karena peningkatan jumlah kamar dan batas efisiensi mencapai 98% (Sasse, 1988)

Jumlah Kompartemen

Kawasan 1 =	Media Kerikil	= 5 Kompartemen
	Media Sarang Tawon	= 5 Kompartemen
Kawasan 2 =	Media Kerikil	= 5 Kompartemen
	Media Sarang Tawon	= 5 Kompartemen
Kawasan 3 =	Media Kerikil	= 5 Kompartemen
	Media Sarang Tawon	= 5 Kompartemen

- Media Kerikil

% Removal COD

$$= ((1,1 \times 0,889023 \times 1 \times 0,70403) \times (1 + (5 \times 0,04)))$$

$$= 0,8261$$

$$= 82,61\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa efisiensi removal COD adalah 82,61 %.

- Media Sarang Tawon

% Removal COD

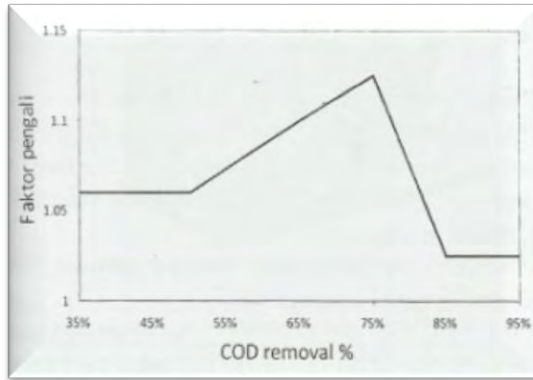
$$= ((1,1 \times 0,889023 \times 1,03 \times 0,70403) \times (1 + (5 \times 0,04)))$$

$$= 0,8509$$

$$= 85,09\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa efisiensi removal COD adalah 85,09 %

Dengan menggunakan grafik dan fungsi persamaan IF pada grafik "Simplified Curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal"



Gambar 4.26 Grafik Faktor Pengali

(Sumber: Sasse, 1998)

dan persamaan fungsi IF, maka dapat ditentukan faktor BODrem/CODrem

Faktor BODrem = IF(CODrem < 0,5; 1,06; IF(CODrem < 0,75; (CODrem - 0,5) * 0,065 / 0,25 + 1,06; IF(CODrem < 0,85; 1,125 - (CODrem - 0,75) * 0,1 / 0,1; 1,025)))

- Media Kerikil
% Removal BOD
= (Faktor BODem/CODrem) x COD removal
= 1,0488 x 82,61 %
= 86,64 %
- Media Sarang Tawon
% Removal BOD
= (Faktor BODem/CODrem) x COD removal
= 1,025 x 85,09%
= 87,21 %

% Removal TSS = 86,7 % (Said, 2008)

Kualitas Effluen Air Limbah dari Anaerobik Biofilter

- Media Kerikil

BOD	= 17,65	mg/L
COD	= 38,92	mg/L
TSS	= 10,57	mg/L
• Media Sarang Tawon		
BOD	= 16,89	mg/L
COD	= 33,37	mg/L
TSS	= 10,57	mg/L

Penentuan Dimensi Anaerobik Biofilter

Kawasan 1 :

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kawasan 2 :

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kawasan 3 :

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Direncanakan:

Kedalaman = 2,25 m

Panjang = 3,5 m

Jumlah Kompartemen

Media Kerikil = 5 Kompartemen

Media Sarang Tawon = 5 Kompartemen

Ruang dibawah Media = 50 cm

Ketinggian Filter = 2.25 m – 0.5 m – 0.4 m – 0.05 m

= 1.3 m (40 cm dibawah muka air)

Lebar Kamar =

$$\frac{\text{Volume Tangki Filter}}{(\text{Jumlah Filter}) \times (\text{Htangki Filter} \times 0.25) + (\text{Panjang Filter} \times (\text{Htangki filter} - \text{Hfilter}) \times (1 - \text{Porositas}))}$$

OLR =

$$\frac{\text{COD in}}{\left(\frac{Q}{1000}\right) \times (\text{HFikter} \times \text{Lebar Kamar} \times \text{Panjang Kamar} \times \text{Porositas} \times \text{Jumlah Kompartemen})}$$

$$\text{Vupflow} = \frac{Q \text{ per jam}}{(\text{Lebar Kamar} \times \text{Panjang Kamar} \times \text{Porositas Media})}$$

Kawasan 1

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Volume Tangki Filter = Q x td

= 1,527 m³/jam x 36 jam

$$= 54,972 \text{ m}^3$$

Media Kerikil

$$\begin{aligned} \text{Lebar Kamar} &= \frac{54,972}{(5) \times ((2.25 \times 0.25) + (3.5 \times (2.25 - 1.3) \times (1 - 0.5)))} \\ &= 1,78 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{OLR} = \frac{223,8 \text{ mg/L}}{\left(\frac{36,648 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (1,3 \text{ m} \times 1,78 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,5 \times 5)}$$

$$\text{OLR} = 0,31 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{1,527 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1,78 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0,177 \text{ m}^3/\text{jam} \quad (< 2 \text{ m}^3/\text{jam})$$

Media Sarang Tawon

$$\begin{aligned} \text{Lebar Kamar} &= \frac{54,972}{(5) \times ((2.25 \times 0.25) + (5 \times (2.25 - 1.3) \times (1 - 0.98)))} \\ &= 1,32 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{OLR} = \frac{223,8 \text{ mg/L}}{\left(\frac{36,648 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (1,3 \text{ m} \times 1,32 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,98 \times 5)}$$

$$\text{OLR} = 0,21 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{1,527 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1,32 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,98)}$$

$$\text{Vupflow} = 0,34 \text{ m}^3/\text{jam} \quad (< 2 \text{ m}^3/\text{jam})$$

Kawasan 2

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Tangki Filter} &= Q \times t_d \\ &= 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} \times 36 \text{ jam} \\ &= 40,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Media Kerikil

$$\begin{aligned} \text{Lebar Kamar} &= \frac{40,72}{(5) \times ((2.25 \times 0.25) + (2.25 \times (2.25 - 1.3) \times (1 - 0.5)))} \\ &= 1,32 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{OLR} = \frac{223,8 \text{ mg/L}}{\left(\frac{27,144 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (1,3 \text{ m} \times 1,32 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,5 \times 5)}$$

$$\text{OLR} = 0,55 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{1,131 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1,32 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0,49 \text{ m}^3/\text{jam} \quad (< 2 \text{ m}^3/\text{jam})$$

Media Sarang Tawon

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{40,72}{(5) \times ((2.25 \times 0.25) + (2.25 \times (2.25 - 1.3) \times (1 - 0.98)))} \\ = 0,98 \text{ m}$$

$$\text{OLR} = \frac{223,8 \text{ mg/L}}{\left(\frac{27,144 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (1,3 \text{ m} \times 0,98 \text{ m} \times 3,5 \times 0,98 \times 5)}$$

$$\text{OLR} = 0,38 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{1,131 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0,98 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0,98)}$$

$$\text{Vupflow} = 0,34 \text{ m/jam} \quad (< 2 \text{ m/jam})$$

Kawasan 3

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume Tangki Filter} = Q \times t_d \\ = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} \times 36 \text{ jam} \\ = 39,91 \text{ m}^3$$

Media Kerikil

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{39,91}{(5) \times ((2.25 \times 0.25) + (2.25 \times (2.25 - 1.3) \times (1 - 0.5)))} \\ = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{OLR} = \frac{223,8 \text{ mg/L}}{\left(\frac{26,064 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (1,3 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 3,5 \times 0.5 \times 5)}$$

$$\text{OLR} = 0,58 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{1,086 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1,3 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0.5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0,48 \text{ m/jam} \quad (< 2 \text{ m/jam})$$

Media Sarang Tawon

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{39,91}{(5) \times ((2.25 \times 0.25) + (2.25 \times (2.25 - 1.3) \times (1 - 0.5)))} \\ = 0,96 \text{ m}$$

$$\text{OLR} = \frac{223,8 \text{ mg/L}}{\left(\frac{26,064 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (1,3 \text{ m} \times 0,96 \text{ m} \times 3,5 \times 0,98 \times 5)}$$

$$\text{OLR} = 0,41 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{1,086 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0,96 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 0.5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0,33 \text{ m/jam} \quad (< 2 \text{ m/jam})$$

Perhitungan Biogas yang Terbentuk

Diasumsikan bahwa biogas yang terbentuk terdiri dari 70% gas Methana (CH₄) dan 30% gas Karbondioksida (CO₂). Setiap

kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 liter gas metana dan sebesar 50 % dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998).

Gas yang terbentuk dari COD

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$\text{COD}_{\text{in}} = 223,8 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Removal COD Media Kerikil} = 82,61 \%$$

$$\% \text{ Removal COD Media Sarang Tawon} = 85,09 \%$$

$$\text{COD out Media Kerikil} = 38,92 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD out Media Sarang Tawon} = 33,37 \text{ mg/L}$$

Menurut Paulustathis dan Giraldo Gomez dalam Deublein dan Steinhauser (2008). TSS akan terkonversi 25 % menjadi gas dari penguraian TSS.

Gas yang terbentuk dari TSS = $(\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times (0,25/1000)$

$$\text{TSS in} = 79,46 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Removal COD} = 86,7 \%$$

$$\text{TSS out} = 10,57 \text{ mg/L}$$

Kawasan 1

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,527 \text{ m}^3/\text{jam} = 4,24 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Media Kerikil

Produksi Biogas dari COD

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$= (223,8 \text{ mg/L} - 38,92 \text{ mg/L}) \times 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$= 6,78 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Media Sarang Tawon

Produksi Biogas dari COD

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$= (223,8 \text{ mg/L} - 33,37 \text{ mg/L}) \times 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$= 6,98 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produksi Biogas dari TSS

$$= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times 0,25$$

$$= (79,46 \text{ mg/L} - 10,57 \text{ mg/L}) \times 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,25/1000)$$

$$= 0,63 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produksi Biogas total

$$\begin{aligned}
 \text{Media Kerikil} &= 6,78 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,63 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 7,41 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Media Sarang Tawon} &= 6,98 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,63 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 7,61 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Kawasan 2

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,131 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Media Kerikil

Produksi Biogas dari COD

$$\begin{aligned}
 &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5) \\
 &= (223,8 \text{ mg/L} - 38,92 \text{ mg/L}) \times 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5) \\
 &= 5,02 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Media Sarang Tawon

Produksi Biogas dari COD

$$\begin{aligned}
 &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5) \\
 &= (223,8 \text{ mg/L} - 33,37 \text{ mg/L}) \times 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5) \\
 &= 5,17 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produksi Biogas dari TSS

$$\begin{aligned}
 &= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times 0,25 \\
 &= (79,46 \text{ mg/L} - 10,57 \text{ mg/L}) \times 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,25/1000) \\
 &= 0,47 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produksi Biogas total

$$\begin{aligned}
 \text{Media Kerikil} &= 5,02 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,47 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 5,49 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Media Sarang Tawon} &= 5,17 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,47 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 5,64 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Kawasan 3

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,086 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Media Kerikil

Produksi Biogas dari COD

$$\begin{aligned}
 &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5) \\
 &= (223,8 \text{ mg/L} - 38,92 \text{ mg/L}) \times 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)
 \end{aligned}$$

$$= 4,82 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Media Sarang Tawon

Produksi Biogas dari COD

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$= (223,8 \text{ mg/L} - 33,37 \text{ mg/L}) \times 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,35/1000)/(0,7 \times 0,5)$$

$$= 4,97 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produksi Biogas dari TSS

$$= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times 0,25$$

$$= (79,46 \text{ mg/L} - 10,57 \text{ mg/L}) \times 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,25/1000)$$

$$= 0,45 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produksi Biogas total

Media Kerikil $= 4,82 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,45 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$= 5,27 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Media Sarang Tawon $= 4,97 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,45 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$= 5,42 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.6 Penggambaran Unit Pengolahan Air Limbah Domestik

Selanjutnya didapatkan masing-masing dimensi dari bangunan pengolahan selanjutnya adalah menggambar tiap unit bangunan pengolahan air limbah domestik berupa unit Bak Ekuialisasi, *Settler* dan Anaerobik Biofilter. Tujuan penggambaran unit bangunan pengolahan air limbah domestik untuk memudahkan proses pekerjaan konstruksi. Penggambaran ini dilakukan menggunakan *software* autocad 2007 dengan skala yang telah disesuaikan. Untuk hasil penggambaran bisa dilihat di Lampiran.

4.7 Mass Balance

Kesetimbangan massa perlu dihitung ke arah massa dan energi yang terbebaskan pada proses yang terjadi pada setiap unit bangunan. Perhitungan *mass balance* untuk setiap bangunan sebagai berikut:

Influen Air Limbah

Kawasan 1

$$Q = 36,648 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
\text{MBOD}_5 &= Q \times \text{BOD} \\
&= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (189 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 6926472 \text{ mg BOD/hari} \\
&= 6,93 \text{ kg BOD/hari} \\
\text{MCOD} &= Q \times \text{COD} \\
&= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (317 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 11617416 \text{ mg COD/hari} \\
&= 11,62 \text{ kg COD/hari} \\
\text{TSS} &= Q \times \text{TSS} \\
&= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (200 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 7329600 \text{ mg TSS/hari} \\
&= 7,33 \text{ kg TSS/hari}
\end{aligned}$$

Kawasan 2

$$\begin{aligned}
Q &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{MBOD}_5 &= Q \times \text{BOD} \\
&= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (189 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 5130216 \text{ mg BOD/hari} \\
&= 5,14 \text{ kg BOD/hari} \\
\text{MCOD} &= Q \times \text{COD} \\
&= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (317 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 8604648 \text{ mg COD/hari} \\
&= 8,61 \text{ kg COD/hari} \\
\text{TSS} &= Q \times \text{TSS} \\
&= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (200 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 5428800 \text{ mg TSS/hari} \\
&= 5,43 \text{ kg TSS/hari}
\end{aligned}$$

Kawasan 3

$$\begin{aligned}
Q &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{MBOD}_5 &= Q \times \text{BOD} \\
&= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (189 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 4926096 \text{ mg BOD/hari} \\
&= 4,93 \text{ kg BOD/hari} \\
\text{MCOD} &= Q \times \text{COD} \\
&= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (317 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 8262288 \text{ mg COD/hari} \\
&= 8,27 \text{ kg COD/hari} \\
\text{TSS} &= Q \times \text{TSS}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (200 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 5212800 \text{ mg TSS/hari} \\
&= 5,2128 \text{ kg TSS/hari}
\end{aligned}$$

4.7.1 Bak Ekualisasi

Pada bak ekualisasi tidak terjadi proses pengolahan, oleh karena itu karakteristik air limbah yang masuk dan keluar dari bak ekualisasi tetap sama

4.7.2 Settler

Karakteristik Air Limbah yang masuk

$$\begin{aligned}
\text{BOD} &= 189 \text{ mg/L} \\
\text{COD} &= 317 \text{ mg/L} \\
\text{TSS} &= 200 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

Efisiensi Removal

$$\begin{aligned}
\text{BOD} &= 30,14 \% &= 56,95 \text{ mg/L} \\
\text{COD} &= 29,40 \% &= 93,2 \text{ mg/L} \\
\text{TSS} &= 60,27 \% &= 120,54 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

Karakteristik Air Limbah yang keluar

$$\begin{aligned}
\text{BOD} &= 132,05 \text{ mg/L} \\
\text{COD} &= 233,8 \text{ mg/L} \\
\text{TSS} &= 79,46 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

Kawasan 1

$$\begin{aligned}
Q &= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{MBOD}_5\text{rem} &= Q \times \text{BODrem} \\
&= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (56,95 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 2087292,3 \text{ mg BOD/hari} \\
&= 2,09 \text{ kg BOD/hari} \\
\text{MCOD} &= Q \times \text{COD} \\
&= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (93,2 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 3415520,3 \text{ mg COD/hari} \\
&= 3,42 \text{ kg COD/hari} \\
\text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
&= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (120,54 \text{ mg/L}/1000) \\
&= 4417549,9 \text{ mg TSS/hari} \\
&= 4,42 \text{ kg TSS/hari}
\end{aligned}$$

BODout = 4,84 kg BOD/hari
CODout = 8,21 kg COD/hari
TSSout = 2,92 kg TSS/hari

Kawasan 2

Q = 27,144 m³/hari
MBOD₅rem = Q x BODrem
= 27,144 m³/hari x (56,95 mg/L/1000)
= 1545990,6 mg BOD/hari
= 1,55 kg BOD/hari
MCOD = Q x COD
= 26,064 m³/hari x (93,2 mg/L/1000)
= 2529766,5 mg COD/hari
= 2,53 kg COD/hari
MTSSrem = Q x TSSrem
= 27,144 m³/hari x (120,54 mg/L/1000)
= 3271937,7 mg TSS/hari
= 3,28 kg TSS/hari

BODout = 3,59 kg BOD/hari
CODout = 6,08 kg COD/hari
TSSout = 2,16 kg TSS/hari

Kawasan 3

Q = 26,064 m³/hari
MBOD₅rem = Q x BODrem
= 26,064 m³/hari x (56,95 mg/L/1000)
= 1484479,1 mg BOD/hari
= 1,49 kg BOD/hari
MCOD = Q x COD
= 26,064 m³/hari x (93,2 mg/L/1000)
= 2429112,7 mg COD/hari
= 2,43 kg COD/hari
MTSSrem = Q x TSSrem
= 26,064 m³/hari x (120,54 mg/L/1000)
= 3141754,6 mg TSS/hari
= 3,15 kg TSS/hari

BOD_{out} = 3,45 kg BOD/hari
COD_{out} = 5,84 kg COD/hari
TSS_{out} = 2,08 kg TSS/hari

4.7.3 Anaerobik Biofilter

Karakteristik Air Limbah yang masuk

BOD = 132,05 mg/L
COD = 223,8 mg/L
TSS = 79,46 mg/L

Efisiensi Removal

- Media Kerikil
 - BOD = 86,64 % = 114,41 mg/L
 - COD = 82,61 % = 184,89 mg/L
 - TSS = 86,7 % = 68,9 mg/L
- Media Sarang Tawon
 - BOD = 87,21 % = 115,17 mg/L
 - COD = 85,09 % = 190,44 mg/L
 - TSS = 86,7 % = 68,9 mg/L

Karakteristik Air Limbah yang keluar

- Media Kerikil
 - BOD = 17,65 mg/L
 - COD = 38,92 mg/L
 - TSS = 10,57 mg/L
- Media Sarang Tawon
 - BOD = 16,89 mg/L
 - COD = 33,37 mg/L
 - TSS = 10,57 mg/L

Kawasan 1

Q = 36,648 m³/hari

- Media Kerikil
 - MBOD_{5rem} = Q x BOD_{rem}
= 36,648 m³/hari x (114,41 mg/L/1000)
= 4192828,8 mg BOD/hari
= 4,2 kg BOD/hari
 - MCOD_{rem} = Q x COD_{rem}
= 36,648 m³/hari x (184,89 mg/L/1000)

$$\begin{aligned}
 &= 6775525,5 \text{ mg COD/hari} \\
 &= 6,78 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
 &= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (68,9 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 2524747,4 \text{ mg TSS/hari} \\
 &= 2,53 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BODout} &= 0,65 \text{ kg BOD/hari} \\
 \text{CODout} &= 1,43 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{TSSout} &= 0,39 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

- Media Sarang Tawon

$$\begin{aligned}
 \text{MBOD}_5\text{rem} &= Q \times \text{BODrem} \\
 &= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (115,17 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 4220413,2 \text{ mg BOD/hari} \\
 &= 4,22 \text{ kg BOD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCODrem} &= Q \times \text{CODrem} \\
 &= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (190,44 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 6978930,7 \text{ mg COD/hari} \\
 &= 6,98 \text{ kg COD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
 &= 36,648 \text{ m}^3/\text{hari} \times (68,9 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 2524747,4 \text{ kg TSS/hari} \\
 &= 2,53 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BODout} &= 0,62 \text{ kg BOD/hari} \\
 \text{CODout} &= 1,23 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{TSSout} &= 0,39 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

Kawasan 2

$$Q = 27,144 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Media Kerikil

$$\begin{aligned}
 \text{MBOD}_5\text{rem} &= Q \times \text{BODrem} \\
 &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (114,41 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 3105494 \text{ mg BOD/hari} \\
 &= 3,11 \text{ kg BOD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCODrem} &= Q \times \text{CODrem} \\
 &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (184,89 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 5018414,7 \text{ mg COD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,02 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
 &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (68,9 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 1869999,5 \text{ mg TSS/hari} \\
 &= 1,87 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{BODout} = 0,48 \text{ kg BOD/hari}$$

$$\text{CODout} = 1,06 \text{ kg COD/hari}$$

$$\text{TSSout} = 0,29 \text{ kg TSS/hari}$$

- Media Sarang Tawon

$$\begin{aligned}
 \text{MBOD}_5\text{rem} &= Q \times \text{BODrem} \\
 &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (115,17 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 3125924,9 \text{ mg BOD/hari} \\
 &= 3,13 \text{ kg BOD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCODrem} &= Q \times \text{CODrem} \\
 &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (190,44 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 5169070,5 \text{ mg COD/hari} \\
 &= 5,17 \text{ kg COD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
 &= 27,144 \text{ m}^3/\text{hari} \times (68,9 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 1869999,6 \text{ mg TSS/hari} \\
 &= 1,87 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{BODout} = 0,46 \text{ kg BOD/hari}$$

$$\text{CODout} = 0,91 \text{ kg COD/hari}$$

$$\text{TSSout} = 0,29 \text{ kg TSS/hari}$$

Kawasan 3

$$Q = 26,064 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Media Kerikil

$$\begin{aligned}
 \text{MBOD}_5\text{rem} &= Q \times \text{BODrem} \\
 &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (114,41 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 2981933,2 \text{ mg BOD/hari} \\
 &= 2,99 \text{ kg BOD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCODrem} &= Q \times \text{CODrem} \\
 &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (184,89 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 4818743,1 \text{ mg COD/hari} \\
 &= 4,82 \text{ kg COD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
 &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (68,9 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 1795596,4 \text{ kg TSS/hari} \\
 &= 1,8 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{BODout} = 0,46 \text{ kg BOD/hari}$$

$$\text{CODout} = 1,02 \text{ kg COD/hari}$$

$$\text{TSSout} = 0,28 \text{ kg TSS/hari}$$

- Media Sarang Tawon

$$\begin{aligned}
 \text{MBOD5rem} &= Q \times \text{BODrem} \\
 &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (115,17 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 3001551,2 \text{ mg BOD/hari} \\
 &= 3 \text{ kg BOD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCODrem} &= Q \times \text{CODrem} \\
 &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (190,44 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 4963404,5 \text{ mg COD/hari} \\
 &= 4,97 \text{ kg COD/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MTSSrem} &= Q \times \text{TSSrem} \\
 &= 26,064 \text{ m}^3/\text{hari} \times (68,9 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 1795596,4 \text{ kg TSS/hari} \\
 &= 1,8 \text{ kg TSS/hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{BODout} = 0,44 \text{ kg BOD/hari}$$

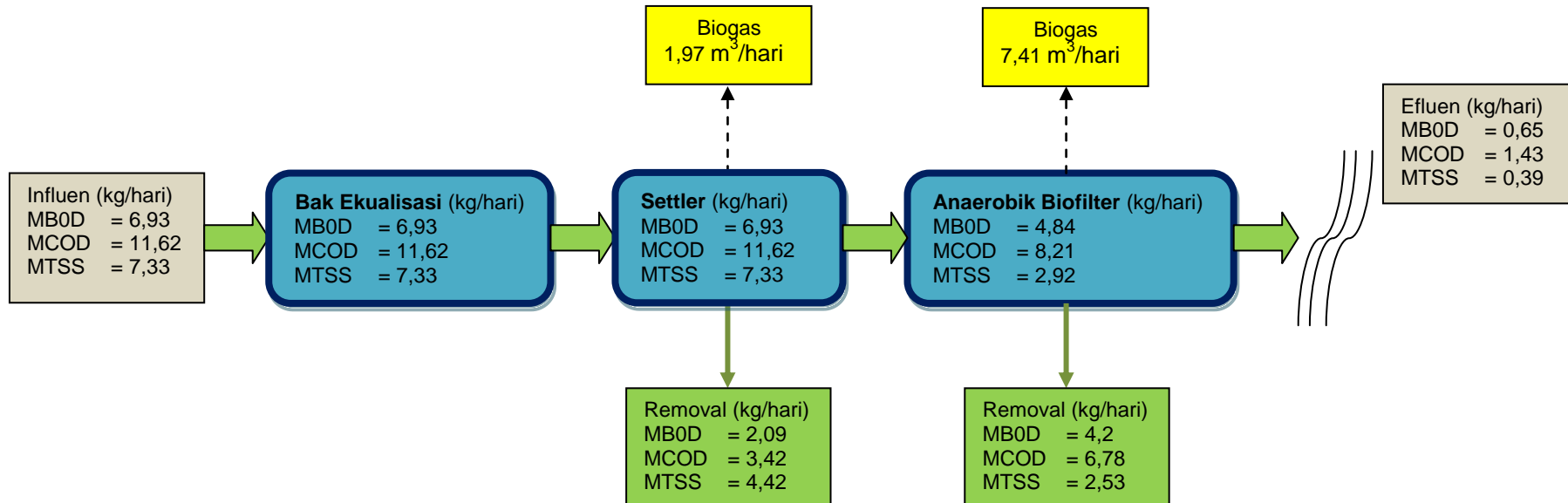
$$\text{CODout} = 0,87 \text{ kg COD/hari}$$

$$\text{TSSout} = 0,28 \text{ kg TSS/hari}$$

“halaman ini sengaja dikosongkan”

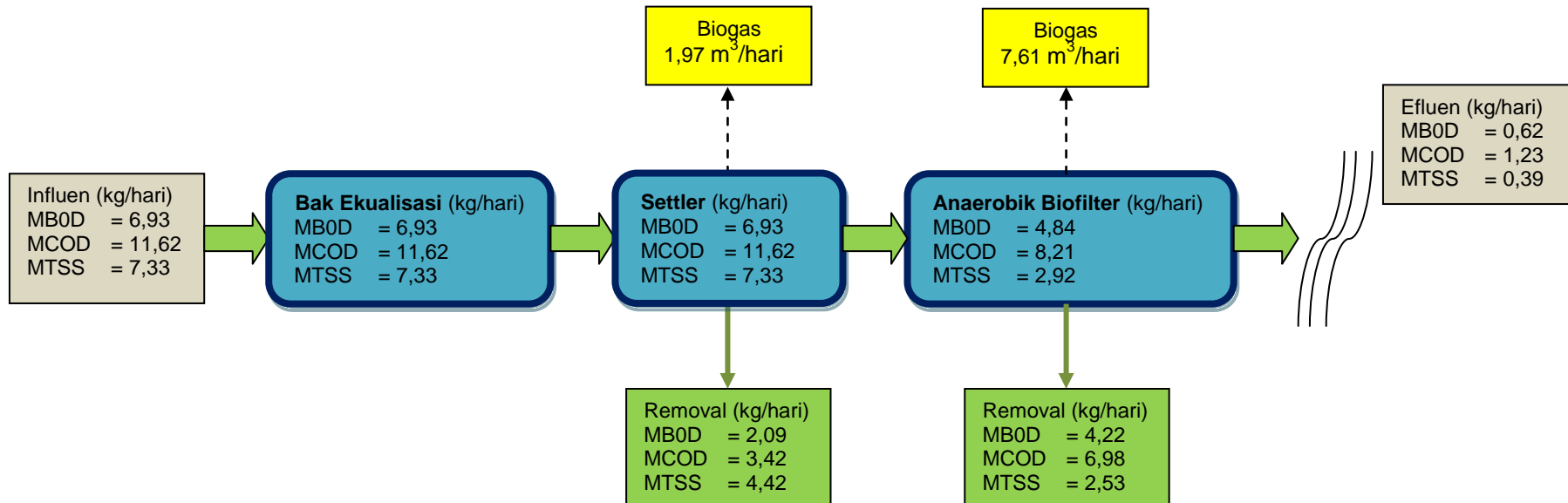
Kawasan 1

- **Media Kerikil**



Gambar 4.27 Diagram *Mass Balance* Unit IPAL di Kawasan 1 dengan Media Kerikil

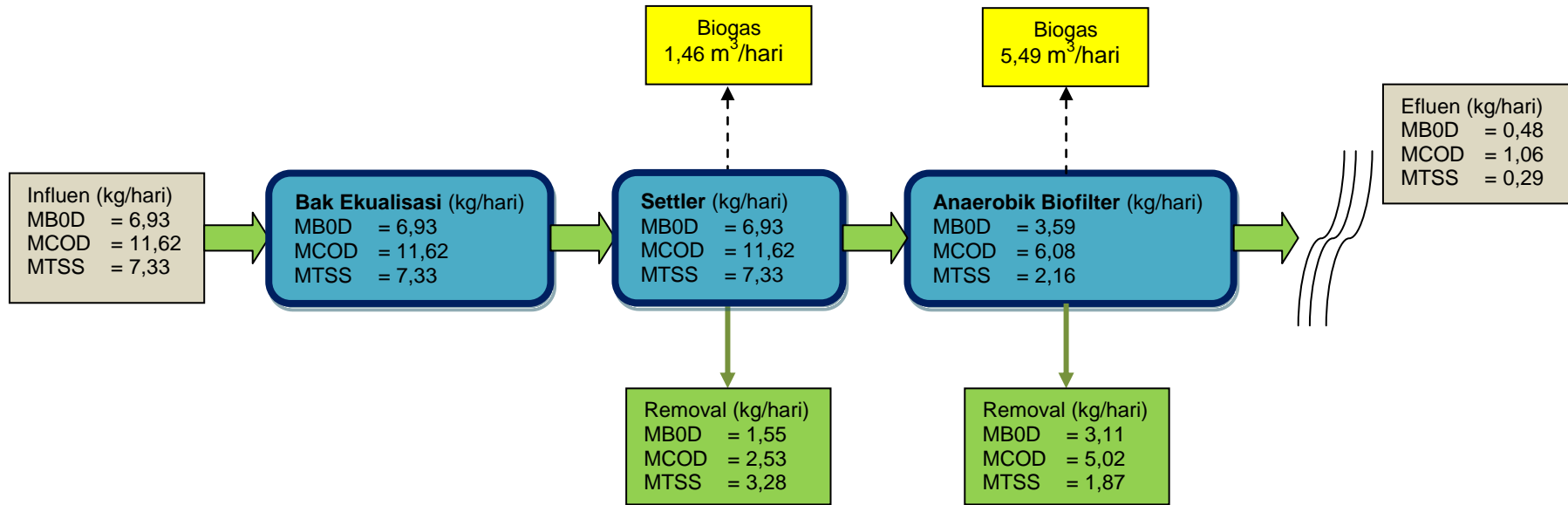
- Media Sarang Tawon



Gambar 4.28 Diagram *Mass Balance* Unit IPAL di Kawasan 1 dengan Media Sarang Tawon

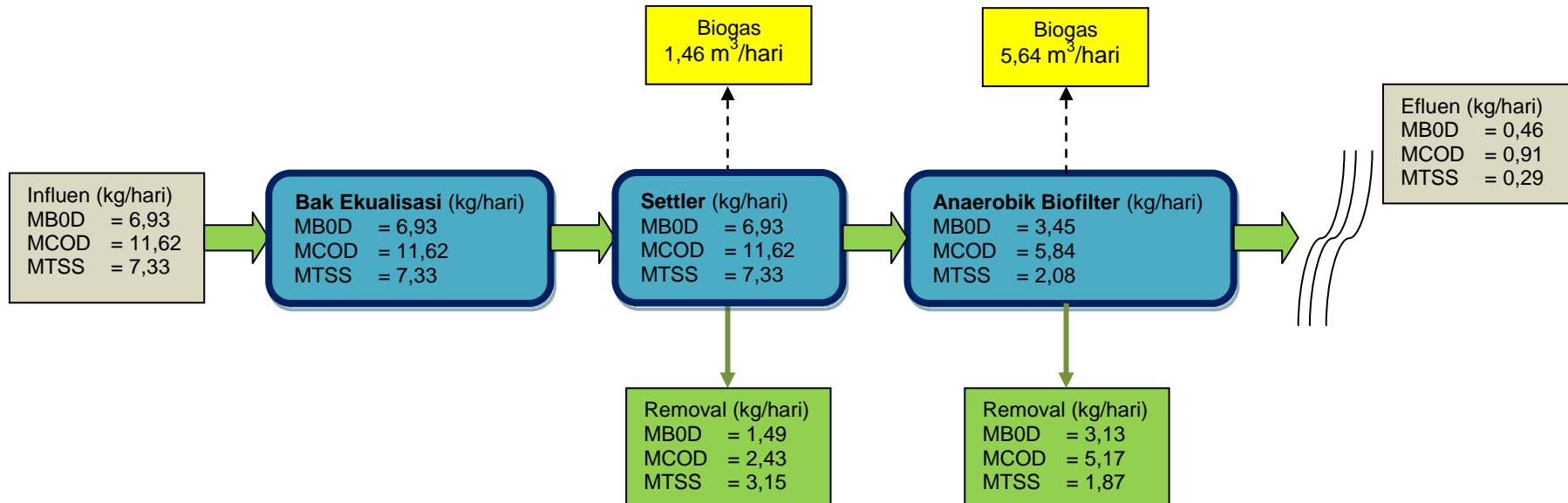
Kawasan 2

- **Media Kerikil**



Gambar 4.29 Diagram *Mass Balance* Unit IPAL di Kawasan 2 dengan Media Kerikil

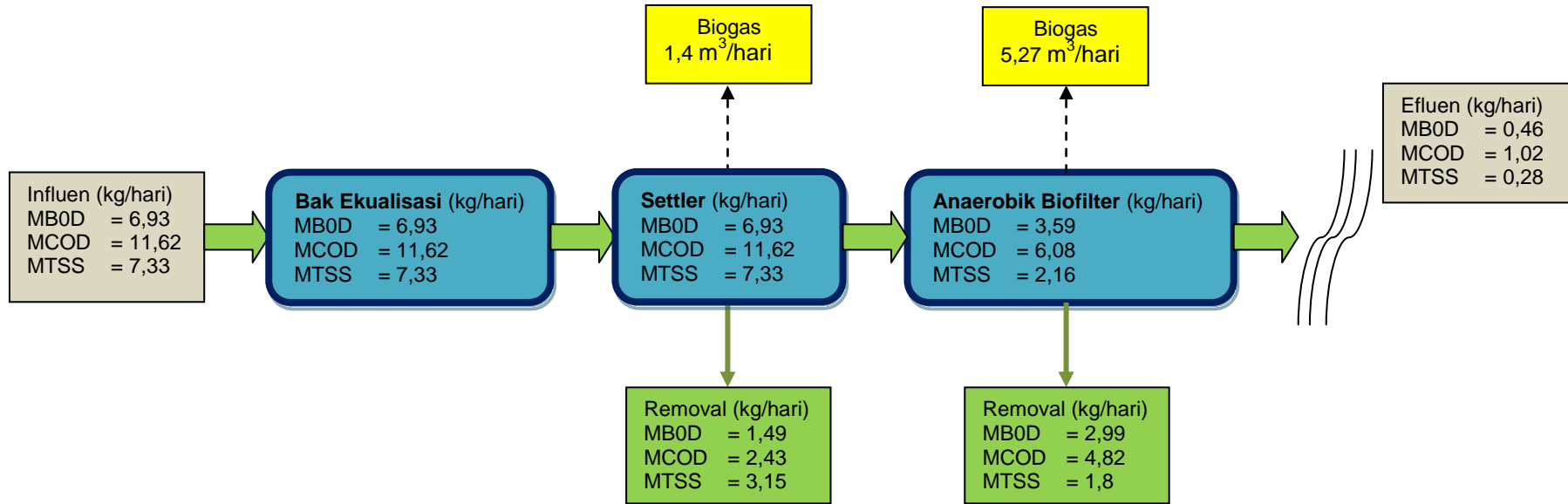
- Media Sarang Tawon



Gambar 4.30 Diagram *Mass Balance* Unit IPAL di Kawasan 2 dengan Media Sarang Tawon

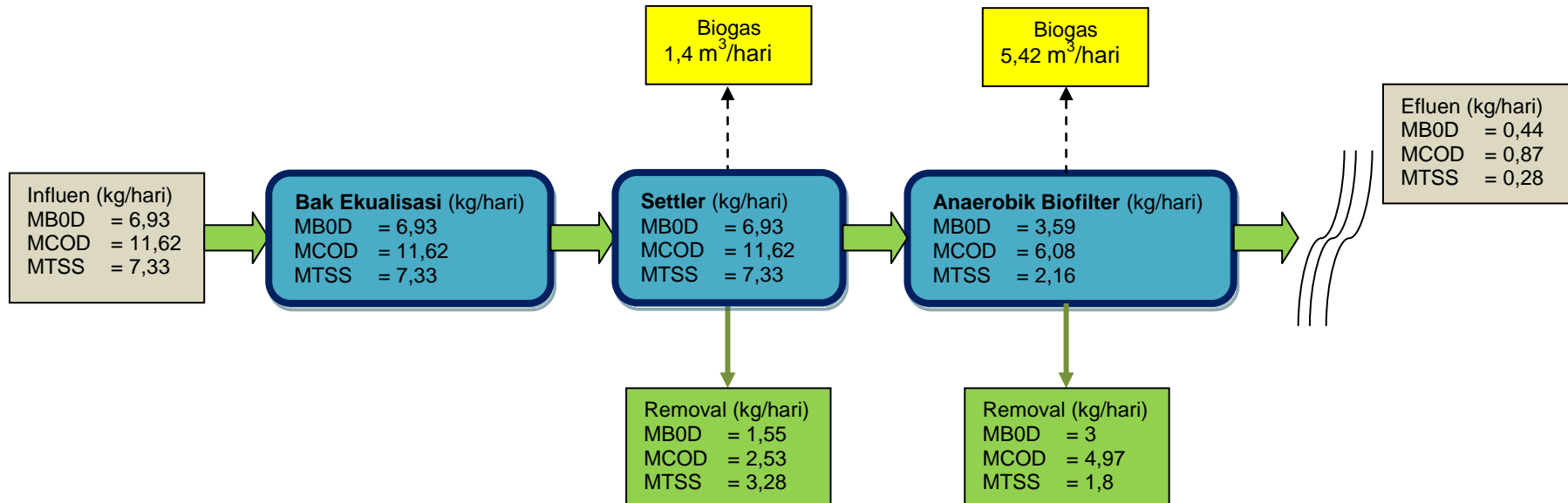
Kawasan 3

- **Media Kerikil**



Gambar 4.31 Diagram *Mass Balance* Unit IPAL di Kawasan 3 dengan Media Kerikil

- Media Sarang Tawon



Gambar 4.32 Diagram *Mass Balance* Unit IPAL di Kawasan 3 dengan Media Sarang Tawon

Analisa Kualitas Efluen IPAL

Kualitas efluen IPAL dibandingkan dengan baku mutu yang paling ketat, yaitu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Tabel 4.6 Perbandingan Efluen IPAL dan Baku Mutu

Parameter	Kualitas Influen	Media	Efluen (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
BOD	189 mg/L	Kerikil	17,65	30	Memenuhi
		Sarang Tawon	16,89		Memenuhi
COD	317 mg/L	Kerikil	38,92	50	Memenuhi
		Sarang Tawon	33,37		Memenuhi
TSS	200 mg/L	Kerikil	10,57	50	Memenuhi
		Sarang Tawon	10,57		Memenuhi

Semua parameter pencemar memenuhi baku mutu yang berlaku. Selain itu, efluen IPAL ini juga memenuhi kelas badan penerima yaitu Kelas IV berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001 pasal 8. IPAL ini dapat berfungsi dengan baik.

4.8 BOQ dan RAB

Setelah proses menggambar desain unit IPAL, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan serta menyusun Rencana Anggaran Biaya sebagai pertimbangan bagi Instansi atau masyarakat yang akan mengembangkan dan mewujudkan unit IPAL ini. Berikut adalah hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya tiap unit IPAL dari 3 kawasan.

4.8.1 Bak Ekuwalisasi Kawasan 1

Tabel 4.7 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Ekuwalisasi

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	5,29	7707,5	40772,7
II	PEKERJAAN TANAH				

a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	9,196	73787,5	678549,85
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	0,242	181315	43878,2
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	0,484	846765,3	409834,405 2
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,5677		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,792		
	Pekerjaan Atap	m3	0,484		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,8437	106130	195672,0
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,5677		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,792		
	Pekerjaan Atap	m3	0,484		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,8437	954112,7	1759097,6
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	m	0,3	13753,9	1031,5425
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK EKUALISASI				3.128.836

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Bak Ekualisasi untuk kawasan 1 adalah **Rp. 3.128.836**

Kawasan 2

Tabel 4.8 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Ekualisasi

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	4,41	7707,5	33990,1
II	PEKERJAAN TANAH				
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	7,6	73787,5	560785
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	0,2	181315	36263,0
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	0,4	846765,3	338706,1 2
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,5397		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,72		

	Pekerjaan Atap	m3	0,4		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,6597	106130	176144,0
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,5397		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,72		
	Pekerjaan Atap	m3	0,4		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,6597	954112,7	1583540,8
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	m	0,3	13753,9	1031,5425
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK EKUALISASI				2.730.461

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Bak Ekualisasi untuk kawasan 2 adalah **Rp. 2.730.461**

Kawasan 3

Tabel 4.9 Rencana Anggaran Biaya unit Bak Ekualisasi

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volum e	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	2,25	7707,5	17341,9
II	PEKERJAAN TANAH				
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	3,724	73787,5	274784,65
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	0,098	181315	17768,9
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	0,196	846765,3	165965,9988
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4557		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,504		
	Pekerjaan Atap	m3	0,196		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,1557	106130	122654,5
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4557		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,504		
	Pekerjaan Atap	m3	0,196		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,1557	954112,7	1102668,0

IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	m	0,3	13753,9	1031,5425
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK EKUALISASI				1.702.215

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Bak Ekualisasi untuk kawasan 3 adalah **Rp. 1.702.215**

4.8.2 *Settler* Kawasan 1

Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya unit *Settler*

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	5,12	7707,5	39462,4
II PEKERJAAN TANAH					
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	12,3225	73787,5	909246,4688
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	0,2325	181315	42155,7
III PEKERJAAN BETON					
a	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	0,465	846765,3	393745,8645
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4697		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,765		
	Pekerjaan Atap	m3	0,465		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,6997	106130	180389,2
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4697		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,765		
	Pekerjaan Atap	m3	0,465		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,6997	954112,7	1621705,4
IV FINISHING					
	Pemasangan Pipa	m	0,3	13753,9	1031,5425
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN SETTLER				3.187.737

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL *Settler* untuk kawasan 1 adalah **Rp. 3.187.737**

Kawasan 2

Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya unit *Settler*

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	3,68	7707,5	28363,6
II	PEKERJAAN TANAH				
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	8,745	73787,5	645271,6875
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	0,165	181315	29917,0
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	0,33	846765,3	279432,549
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4697		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,765		
	Pekerjaan Atap	m3	0,33		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,5647	106130	166061,7
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4697		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,765		
	Pekerjaan Atap	m3	0,33		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,5647	954112,7	1492900,1
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	m	0,3	13753,9	1031,5425
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN SETTLER				2.642.978

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL *Settler* untuk kawasan 2 adalah **Rp. 2.642.978**

Kawasan 3

Tabel 4.12 Rencana Anggaran Biaya unit Bak *Settler*

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	3,52	7707,5	27130,4

II PEKERJAAN TANAH					
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	8,3475	73787,5	615941,1563
b	1m3Pengurugan Pasir	m3	0,1575	181315	28557,1
III PEKERJAAN BETON					
a	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	0,315	846765,3	266731,0695
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4697		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,765		
	Pekerjaan Atap	m3	0,315		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,5497	106130	164469,7
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	0,4697		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,765		
	Pekerjaan Atap	m3	0,315		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	1,5497	954112,7	1478588,5
IV FINISHING					
	Pemasangan Pipa	m	0,3	13753,9	1031,5425
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK EKUALISASI					2.582.449

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Bak Pengendap untuk kawasan 3 adalah **Rp. 2.582.449**

4.8.3 Biofilter

Kawasan 1

- Media Kerikil

Tabel 4.13
Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	33,088	7707,5	255025,8
II PEKERJAAN TANAH					
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	84,105	73787,5	6205897,69
b	1m3Pengurugan Pasir	m3	1,5575	181315	282398,1
III PEKERJAAN BETON					
a	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	4,6725	846765,3	3956510,8

b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	4,7526		
	Pekerjaan Dinding	m3	1,3617		
	Pekerjaan Atap	m3	4,6725		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	10,7868	106130	1144803,5
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	4,7526		
	Pekerjaan Dinding	m3	1,3617		
	Pekerjaan Atap	m3	4,6725		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	10,7868	954112,7	10291822,
III	FINISHING				
	Kebutuhan Media	m3	2,78125	750000	2085938
	Pemasangan Pipa	m	1	13753,9	3438,475
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				24.225.835

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobik Biofilter untuk kawasan 1 adalah **Rp. 24.225.835**

- **Media Sarang Tawon**

Tabel 4.14
Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	24,992	7707,5	192625,8
II	PEKERJAAN TANAH				
a	1 m2 Penggalan Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	62,37	73787,5	4602126,38
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	1,155	181315	209418,8
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	3,465	846765,3	2934041,76
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	3,5244		
	Pekerjaan Dinding	m3	1,0098		
	Pekerjaan Atap	m3	3,465		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	7,9992	106130	848955,4
c	Pekerjaan Bekisting				

	Pekerjaan Lantai	m3	3,5244		
	Pekerjaan Dinding	m3	1,0098		
	Pekerjaan Atap	m3	3,465		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	7,9992	954112,7	7632138,3
III	FINISHING				
	Kebutuhan Media	m3	2,0625	750000	1546875
	Pemasangan Pipa	m	1	13753,9	3438,475
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				17.969.620

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobik Biofilter untuk kawasan 1 adalah **Rp. 17.969.620**

Kawasan 2

- **Media Kerikil**

Tabel 4.15
Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter

N o	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	24,992	7707,5	192625,8
II	PEKERJAAN TANAH				
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	62,37	73787,5	4602126,38
b	1m3Pengurugan Pasir	m3	1,155	181315	209418,8
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	3,465	846765,3	2934041,76
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	3,5244		
	Pekerjaan Dinding	m3	1,0098		
	Pekerjaan Atap	m3	3,465		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	7,9992	106130	848955,4
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	3,5244		
	Pekerjaan Dinding	m3	1,0098		
	Pekerjaan Atap	m3	3,465		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	7,9992	954112,7	7632138,3

				7	3
III	FINISHING				
	Kebutuhan Media	m3	2,0625	750000	1546875
	Pemasangan Pipa	m	1	13753,9	3438,475
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				17.969.620

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobik Biofilter untuk kawasan 2 adalah **Rp. 17.969.620**

- **Media Sarang Tawon**

Tabel 4.16
Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	19,008	7707,5	146504,2
II	PEKERJAAN TANAH				
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	46,305	73787,5	3416730,19
b	1m3Pengurugan Pasir	m3	0,8575	181315	155477,6
III	PEKERJAAN BETON				
a	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	2,5725	846765,3	2178303,73
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	2,6166		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,7497		
	Pekerjaan Atap	m3	2,5725		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	5,9388	106130	630285,1
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	2,6166		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,7497		
	Pekerjaan Atap	m3	2,5725		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	5,9388	954112,7	5666284,5
III	FINISHING				
	Kebutuhan Media	m3	1,53125	750000	1148438
	Pemasangan Pipa	m	1	13753,9	3438,475
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				13.345.4

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobik Biofilter untuk kawasan 2 adalah **Rp. 13.345.461**

Kawasan 3

- **Media Kerikil**

Tabel 4.17
Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	24,64	7707,5	189912,8
II PEKERJAAN TANAH					
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	61,425	73787,5	4532397,19
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	1,1375	181315	206245,8
III PEKERJAAN BETON					
a	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	3,4125	846765,3	2889586,59
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	3,471		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,9945		
	Pekerjaan Atap	m3	3,4125		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	7,878	106130	836092,5
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	3,471		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,9945		
	Pekerjaan Atap	m3	3,4125		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	7,878	954112,7	7516499,9
III FINISHING					
	Kebutuhan Media	m3	2,03125	750000	1523438
	Pemasangan Pipa	m	1	13753,9	3438,475
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER					17.697.611

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobik Biofilter untuk kawasan 3 adalah **Rp. 17.697.611**

- **Media Sarang Tawon**

Tabel 4.18
Rencana Anggaran Biaya unit Anaerobik Biofilter

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
a	1 m2 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m2	18,656	7707,5	143791,1
II PEKERJAAN TANAH					
a	1 m2 Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m2	45,36	73787,5	3347001
b	1m3Pengurangan Pasir	m3	0,84	181315	152304,6
III PEKERJAAN BETON					
a	1 m3 Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m3	2,52	846765,3	2133848,56
b	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m3	2,5632		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,7344		
	Pekerjaan Atap	m3	2,52		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	5,8176	106130	617422,1
c	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m3	2,5632		
	Pekerjaan Dinding	m3	0,7344		
	Pekerjaan Atap	m3	2,52		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m3	5,8176	954112,7	5550646,0
III FINISHING					
	Kebutuhan Media	m3	1,5	750000	1125000
	Pemasangan Pipa	m	1	13753,9	3438,475
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER					13.073.452

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobik Biofilter untuk kawasan 3 adalah **Rp. 13.073.452**

4.9 Operasi dan Perawatan Bangunan Pengolahan Air Limbah

4.9.1 Ketentuan Umum dan Pengurusan

1. Bak Ekualisasi

- Bak Ekualisasi yang direncanakan dibangun dibawah muka tanah. Menerima debit langsung dari sumur pengumpul. Bak Ekualisasi dilengkapi manhole dan pipa ven.
- Influen Bak Ekualisasi pipa yang dirancang langsung dibelokkan menuju badan air, tetapi pipa tidak sampai badan air. Hal ini menyebabkan air yang masuk dapat kontak terlebih dahulu dengan udara dan bak Ekualisasi terjadi pengadukan secara alami. Hal ini dapat mengatasi fluktuasi konsentrasi dari air limbah.
- Dalam Bak Ekualisasi perlu dilakukan pengecekan setiap 1 bulan sekali. Pengecekan dilakukan untuk memantau kinerja dari Bak Ekualisasi
- Apabila bak Ekualisasi akan dikuras, Bak Ekualisasi bisa dikosongkan terlebih dahulu. Debit dari air limbah bisa dialirkan langsung ke dalam Bak Pengendap dengan menggunakan pompa

2. Settler

- *Settler* dirancang terlihat di permukaan tanah. *Settler* yang dirancang 1 m diatas muka tanah.
- Dalam *settler* perlu dilakukan pengecekan setiap 1 bulan sekali. Pengecekan dilakukan untuk memantau kinerja dari *settler*
- Perlu dilakukan pengecekan ketinggian lumpur dalam bak pengendap yang dianjurkan setiap 1 bulan sekali, untuk mengetahui ketinggian kritis lumpur yang diijinkan, agar tidak terbawa menuju bangunan Biofilter.
- *Settler* yang dirancang dapat menampung lumpur selama 24 bulan (2 tahun).
- Kontrol lumpur bisa dilakukan dengan memasukkan tongkat yang dibalut dengan kain bekas berwarna terang. Tongkat ditahan selama 5 menit lalu diangkat kembali. Penentuan waktu pengurusan apabila ketinggian lumpur kurang lebih 1/3 dari kedalaman bak

pengendap. Akumulasi lumpur perlu dikurangi dengan melakukan penyedotan lumpur secara periodik

- Apabila sudah waktunya pengurasan, lumpur yang berada di *settler* disedot dengan menggunakan jasa sedot tinja.

3. Anaerobik Biofilter

- Anaerobik yang direncanakan tidak sepenuhnya tertanam tanah. Hal ini untuk memudahkan pengecekan dan kontrol terhadap unit Anaerobik Biofilter.
- Dalam perencanaan ini media pada biofilter dilengkapi dengan kawat agar pada saat pembersihan, media bisa dikeluarkan dengan menarik kawat pengait media
- Melakukan kontrol pada media biofilter yang dilakukan secara periodik dengan membuka manhole dan bila terjadi penyumbatan dapat dibersihkan dengan air yang bertekanan.
- Pembersihan ruangan biofilter juga dapat dilakukan dengan pengosongan ruang biofilter.

Pengurasan unit pengolahan tidak boleh dilakukan bersamaan. Apabila salah satu unit dikuras debit air limbah langsung dialirkan ke unit setelahnya dengan menggunakan pompa. Untuk pengoperasian dan perawatan bangunan IPAL ini akan dilakukan langsung oleh masyarakat Kejawan Gebang

4.9.2 Pemantauan

Setelah IPAL berjalan dengan normal, standar operasi yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memeriksa saluran inlet dan outlet sebulan 3 kali untuk memastikan tidak tersumbat oleh benda atau kotoran besar yang akan mengganggu aliran limbah
2. Memeriksa apakah pompa berjalan dengan lancar setiap bulannya
3. Dibersihkan segala tumbuhan yang tumbuh disekitar IPAL
4. Dilakukan analisa kualitas limbah baik influen dan efluen setiap 6 bulan sekali.
5. Inspeksi kondisi IPAL setiap minggu sekali, jika terjadi kerusakan terutama kerusakan yang disebabkan oleh binatang

6. Dilakukan perbaikan darurat segera setelah ditemukan kerusakan

4.9.3 Evaluasi

Setelah dilakukan pemantauan, selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap operasional unit IPAL. Evaluasi yang dilakukan yaitu:

1. Kesesuaian kinerja IPAL yang berjalan
2. Kesesuaian kualitas outlet IPAL terhadap baku mutu pembuangan air limbah sesuai peraturan yang berlaku.
3. Kemampuan pembiayaan operasional meliputi upah tenaga operator, biaya listrik dan lainnya.

4.9.4 Kebersihan Lingkungan

Kebersihan lingkungan juga perlu diperhatikan untuk menunjang kinerja IPAL yang dapat berjalan dengan baik.

1. Instalasi Pengolahan Air Limbah dapat saja menjadi kotor karena operasi seperti pembersihan pada tiap unit IPAL. Oleh karena itu, perlu disediakan titik strategis tempat kran air untuk membersihkannya kembali.
2. Disediakan tempat strategis untuk sebuah kotak yang berisi peralatan seperti selang, sikat, sekop dan peralatan lain.

4.10 Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem penyaluran air limbah ini menggunakan sistem *small bore sewer*. Saluran sistem *Small Bore Sewer* ini dirancang hanya untuk menerima bagian-bagian cair dari air buangan kamar mandi, cuci, dapur dan limpahan air dari tangki septik, sehingga salurannya harus bebas zat padat. Saluran tidak dirancang untuk self cleansing, dari segi ekonomis sistem ini lebih murah dibandingkan dengan sistem konvensional (Maryam Dewiandratika, sistem Penyaluran air limbah 2002).

Sistem SBS lebih ekonomis dibandingkan sistem konvensional. Biaya SBS biasanya berkisar antara 50% - 60 % lebih rendah dari biaya riol konvensional. Hal ini disebabkan oleh ukuran pipanya yang lebih kecil, tidak memerlukan penggelontoran, karena tidak mengalirkan padatan, serta tidak

memerlukan screening yang biasanya digunakan untuk menyaring padatan yang terbawa dalam saluran. (Hass, 2007)

Daerah pelayanan relatif lebih kecil, pipa yang dipasang hanya pipa persil dan servis yang menuju lokasi pembuangan akhir, pipa lateral dan pipa induk tidak diperlukan, kecuali untuk beberapa daerah perencanaan dengan kepadatan penduduk sangat tinggi dan timbunan air buangan yang sangat besar. Sistem ini dilengkapi dengan instalasi pengolahan sederhana. Syarat yang harus dipenuhi untuk penerapan sistem ini:

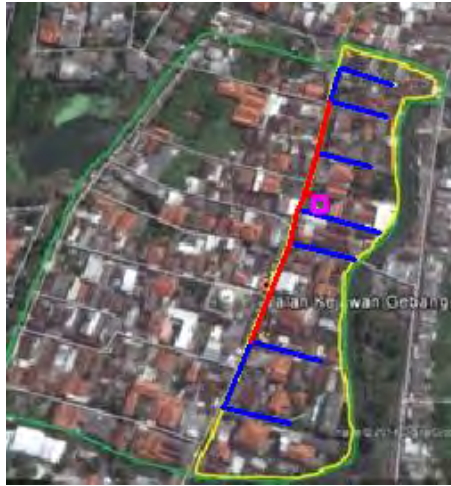
- Memerlukan tangki yang berfungsi untuk memisahkan padatan dan cairan, tangki ini biasanya tangki septik.
- Diameter pipa minimal 50 mm karena tidak membawa padatan.
- Aliran yang terjadi dapat bervariasi.
- Aliran yang terjadi dalam pipa tidak harus memenuhi kecepatan self cleansing karena tidak harus membawa padatan.
- Kecepatan maksimum 3m/det

Kelebihan Sistem *Small Bore Sewer*:

- Cocok untuk daerah dengan kerapatan penduduk sedang sampai tinggi terutama daerah yang telah menggunakan tangki septik tapi tanah sekitarnya sudah tidak mampu lagi menyerap effluen tangki septik.
- Biaya pemeliharaan relatif murah.
- Mengurangi kebutuhan air, karena saluran tidak mengalirkan padatan.
- Mengurangi kebutuhan pengolahan misalnya screening.
- Biasanya dibutuhkan di daerah yang tidak mempunyai lahan untuk bidang resapan atau bidang resapannya tidak efektif karena permeabilitasnya jelek.

Kekurangan Sistem *Small Bore Sewer* antara lain:

- Memerlukan lahan untuk tangki.
- Memungkinkan untuk terjadi clogging karena diameter pipa yang kecil



Gambar 4.33 Jaringan Pipa Kawasan 1

Keterangan : (Garis Berwarna)

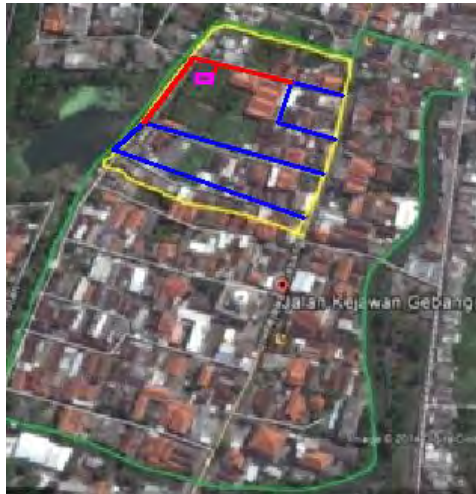
1. Hijau : Batas wilayah kejawan gebang
2. Kuning : Batas wilayah kawasan
3. Biru : Pipa sekunder
4. Merah : Pipa primer
5. Ungu : IPAL



Gambar 4.34 Jaringan Pipa Kawasan 2

Keterangan : (Garis Berwarna)

- 6. Hijau : Batas wilayah kejawan gebang
- 7. Kuning : Batas wilayah kawasan
- 8. Biru : Pipa sekunder
- 9. Merah : Pipa primer
- 10. Ungu : IPAL



Gambar 4.34 Jaringan Pipa Kawasan 2

Keterangan : (Garis Berwarna)

- 11. Hijau : Batas wilayah kejawan gebang
- 12. Kuning : Batas wilayah kawasan
- 13. Biru : Pipa sekunder
- 14. Merah : Pipa primer
- 15. Ungu : IPAL

Untuk Jaringan Pipa dan arah aliran air limbah bisa dilihat di Lampiran

4.10.1 Perhitungan Pembebanan Saluran

Penyaluran air limbah dari daerah pelayanan menuju IPAL menggunakan saluran yang berupa pipa-pipa, baik pipa sekunder maupun pipa primer

Pembebanan saluran air limbah dilakukan dengan membagi saluran sekunder yang kemudian menyambung dengan pipa primer dan begitu seterusnya disetiap jalur

Kawasan 1

Kawasan 1 terdiri dari 103 KK dan berjumlah 509 orang. Dari data diatas, dapat diketahui jumlah 1 KK rata-rata adalah 5 orang. Berikut adalah jumlah KK yang dilayani disetiap jalur

Tabel 4.18 Jumlah KK yang terlayani di setiap Jalur

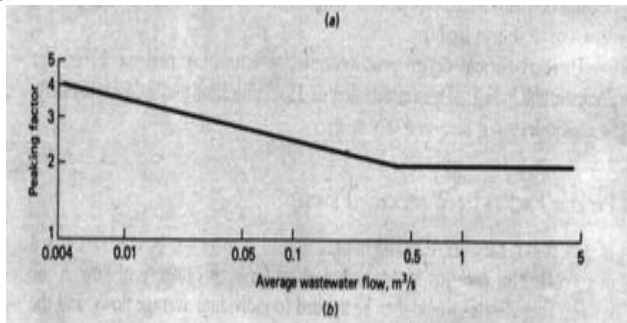
Jalur	Jumlah KK	Jumlah orang yang dilayani
A-B	6	30
C-D	10	50
E-F	19	95
G-H	12	60
I-J	34	164
K-L	8	40
M-N	14	70

Contoh perhitungan jalur pipa A-B

a. Menghitug nilai Q_{ave} (m^3/s)

$$\begin{aligned}
 Q_{ave} &= \text{Jumlah Orang} \times 120 \text{ L/orang/hari} \times 80 \% \times 75 \% \\
 &= 30 \text{ orang} \times 120 \times 0,8 \times 0,7 \\
 &= 2160 \text{ L/hari} \\
 &= 0,025 \text{ L/s} \\
 &= 0,000025 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

b. Mencari nilai faktor peak dengan menggunakan grafik faktor peak



Gambar 4.35 Kurva Faktor Peak

Didapatkan faktor peaknya adalah 4, maka

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}} \times 4$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Menghitung $Q_{\text{infiltrasi}}$ menggunakan grafik dengan mengetahui luas area

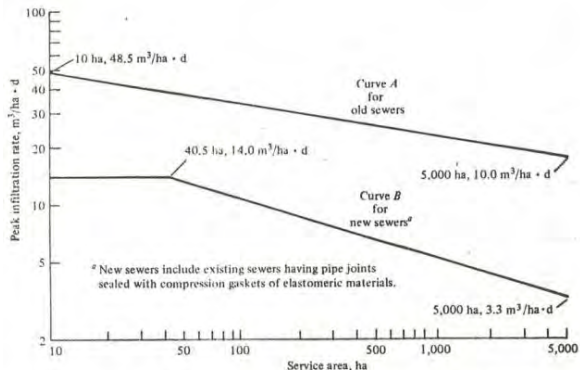


Figure 3-5 Peak infiltration allowances. Note: ha \times 2.4711 = acre; m³/ha \cdot d \times 106.9 = gal/acre \cdot d.

Gambar 4.36 Grafik Average Infiltration rate allowance

d. Menghitung Q_{min}

$$Q_{\text{min}} = 1/5 \times (P/1000)^{1/5} \times Q_r$$

$$Q_{\text{min}} = 1/5 \times (30/1000)^{1/5} \times 0,025 \text{ L/s}$$

$$= 0,0025 \text{ L/s}$$

$$= 0,0000025 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk perhitungan pembebanan pipa air limbah bisa dilihat di Tabel yang ada di Lampiran. Pada perencanaan sistem menggunakan SBS tidak ada batasan untuk V_{min} dan D_{min} .

4.10.2 Perhitungan Dimensi Pipa

Perhitungan dimensi saluran air buangan didasarkan pada perencanaan saluran yang dapat melayani kawasan. Setiap saluran di sebuah kawasan memiliki debit air buangan yang

berbeda tergantung dari populasi penduduk dan besarnya kebutuhan air bersih yang digunakan.

Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor desain, dipilih pipa beton dengan koefisien kekasaran Manning sebesar 0,015 (koefisien kekasaran Manning perencanaan pipa baru) dengan karakteristik sebagai berikut:

- ❖ Ringan dan mudah dalam pemasangan serta biaya perawatannya lebih mudah
- ❖ Bebas dari korosi, tahan terhadap asam, akan tetapi tidak tahan terhadap sinar matahari
- ❖ Mudah dalam pengangkutan, batang lebih panjang sehingga biaya berkurang.
- ❖ Pada rumah-rumah dapat dipasang secara vertikal untuk keefisiennya

Sebelum dilakukan perhitungan dimensi saluran untuk tiap-tiap jalur yang direncanakan, maka ditentukan terlebih dahulu besarnya beban saluran tersebut. Secara umum, perhitungan desain small bore sewer lebih sederhana dari pada sistem konvensional. Hal ini disebabkan karena pipa hanya membawa cairan sehingga pipa dapat dianggap dalam keadaan penuh lalu kecepatan penuh pipa dapat segera dihitung dengan persamaan Manning. Oleh karena itu dalam perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan Nomograph Manning.

Dalam Nomograph Manning yang diketahui adalah Debit Air Limbah dan Diameter ditentukan dari diameter minimum pipa air limbah yaitu 100 mm. Dengan menggunakan Nomograph Manning akan dapat diketahui kecepatan aliran dalam pipa. Selanjutnya dicari slope dengan menentukan kekasaran Manning yaitu 0,015. Perhitungan selengkapnya bisa dilihat di Lampiran

1.10.3 Penanaman Pipa

Penanaman pipa mengikuti slope pipa yang telah ditetapkan sebelumnya. Slope tersebut diusahakan sedapat mungkin mengikuti slope medan dan diusahakan sedemikian rupa sehingga pemompaan tidak diperlukan. Pompa digunakan apabila penanaman pipa telah mencapai 5 meter.

Slope pipa A-B Kawasan 2

➤ Muka Tanah

Elevasi tanah awal	= 3 m	
Elevasi tanah akhir	= 3 m	
➤ Pipa A-B		
Panjang pipa (L)	= 131,1 m	
Slope pipa (s)	= 0,011	
Head Loss	= L x Slope Pipa = 131,1 x 0,011	
	= 1,44 m	
Diameter pipa	= 100 mm	= 0,1 m
Kedalaman penanaman awal		= 1 m

A. Keadaan Awal

Elevasi tanah awal	= 3 m
Elevasi bawah pipa	= Elevasi tanah awal - kedalaman penanaman awal - diameter pipa
	= 3 m - 1 m - 0,11 m
	= 1,9 m
Elevasi atas pipa	= Elevasi bawah pipa + diameter pipa
	= 1,9 m + 0,1 m
	= 2 m

B. Keadaan akhir

Elevasi tanah akhir	= 3 m
Elevasi bawah pipa	= Elevasi bawah pipa pada kondisi awal - Head loss
	= 1,9 m - 1,44 m
	= 0,46 m
Elevasi atas pipa	= Elevasi bawah pipa + diameter pipa
	= 0,46 m + 0,1 m
	= 0,56 m

➤ Kedalaman penanaman

Dalam penanaman pipa ditambahkan kedalaman 10 cm pasir sebagai bantalan untuk pipa agar pipa tidak mengalami kebocoran.

Kedalaman penanaman awal	= elevasi muka tanah awal - elevasi bawah pipa awal + tebal pasir
	= 3 m - 1,9 m + 0,1 m
	= 1,2 m

Kedalaman penanaman akhir

= elevasi muka tanah akhir – elevasi bawah pipa akhir +
tebal pasir

$$= 3 \text{ m} - 0,46 \text{ m} + 0,1 \text{ m}$$

$$= 2,64 \text{ m}$$

Perhitungan selengkapnya bisa dilihat pada lampiran

4.10.3 Manhole

Menurut Permen PU no 18 tahun 2007, Manhole adalah bak kontrol untuk inspeksi dan perbaikan terhadap perlengkapan - perlengkapan tertentu pada jaringan distribusi. Manhole adalah lubang dimana manusia bisa turun atau menyusup ke dalam saluran pembuangan, selokan, untuk membersihkan atau memperbaiki.

Kriteria Manhole, yaitu:

1. Manhole harus ditutup dengan tutup yang dilengkapi kunci, agar tidak dibuka/dicuri oleh orang yang tidak bertanggung jawab
2. Bersifat padat dan kokoh
3. Kuat menahan gaya-gaya dari luar
4. Accessibility tinggi, tangga dari bahan anti korosi
5. Dinding dan pondasinya kedap air
6. Terbuat dari beton atau pasangan batu kali. Jika diameternya lebih dari atau sama dengan 2,50 m, konstruksinya beton bertulang.
7. Bagian atas dinding manhole, sebagai perletakkan tutup manhole, merupakan konstruksi yang fleksibel, agar dapat selalu disesuaikan dengan level permukaan jalan yang mungkin berubah, sehingga tutup manhole tidak menonjol atau tenggelam terhadap permukaan jalan.

Penempatan Manhole

1. Konstruksi Manhole dapat terbuat dari beton. Lubang Manhole harus dapat dimasuki orang yang akan memeriksa saluran tersebut. Diameter minimumnya adalah 60 cm.

Diameter (mm)	Jarak antar Manhole (m)
100 < D < 200	50 - 100
200 < D < 500	100 - 150
500 < D < 1000	150 - 175
1000 < D < 2000	175 - 200

2. Pada pertemuan pipa saluran
3. Pada belokan
4. Pada perubahan diameter saluran

Dari kriteria tersebut, maka didapatkan jumlah manhole yang dibutuhkan untuk masing-masing kawasan yaitu :

- Kawasan 1 = 12 buah
- Kawasan 2 = 10 buah
- Kawasan 3 = 9 buah

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah

1. Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi dari unit bak ekualisasi adalah untuk kawasan 1,2 dan 3 berdimensi (2,4 x 2,4 x 1,5) m, (2,2 x 2,2 x 1,5) m, dan (1,6 x 1,6 x 1,5) m. Settler memiliki dimensi dari kawasan 1,2 dan 3 adalah (3 x 1,5 x 2,25) m, (2,13 x 1,5 x 2,25) m, dan (2,085 x 1,5 x 2,25) m. Anaerobik Biofilter media kerikil memiliki dimensi dari kawasan 1,2,dan 3 adalah (17,85 x 1,78 x 2,25) m, (17,85 x 1,32 x 2,25) m, dan (17,85 x 1,3 x 2,25) m dan anaerobik biofilter media sarang tawon memiliki dimensi kawasan 1,2, dan 3 adalah (17,85 x 1,32 x 2,25) m, (17,85 x 0,98 x 2,25) m, dan (17,85 x 0,96 x 2,25) m.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk kawasan 1 media kerikil dan sarang tawon adalah Rp 30.542.408 dan Rp 24.286.193, untuk kawasan 2 untuk media kerikil dan sarang tawon adalah Rp 23.343.059 dan Rp 18.718.900 dan untuk kawasan 3 media kerikil dan sarang tawon adalah Rp 21.982.275 dan Rp 17.358.116

5.2 Saran

Saran dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Lebih baik mengambil data sesuai kondisi eksisting yaitu dengan menggunakan data primer.
2. Untuk pemakaian air bersih, sebaiknya dilihat langsung dari meter air agar perencanaan lebih akurat.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Bodkhe, S.Y. 2009. **A Modified Anaerobic Baffled Reactor for Municipal Wastewater Treatment**. Journal Environmental Management 90, 8: 2488 – 2493.
- Deublin, D. Dan Steinhauser, A. **2008 Biogas from Waste and Renewable Resources**, an Introductio Co. KgaA, Weinheim.
- Dewiandratika, M. 2002. **Sistem Penyaluran Air Limbah**. Universitas Sumatera Utara.
- Droste, Ronald L. 1997. **Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment**. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Eckenfelder, W.W., Patoczka, J.B., and Pulliam, G.W. 1988. **Anaerobic Versus Aerobic Treatment In The USA**. E.R.Hall and P.N.Hobson. Pergamon Press New York.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air**. Yogyakarta: Kanisius.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., and Ledin, A. 2002. **Characteristic of Grey Wastewater**. Urban Water No. 4, 85-104.
- Ginanjar dan Kardena. **Alternatif Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kecamatan Garut Kota Dengan Sistem“Pipa Riol Kecil”**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITB. Bandung
- Hamid, A. 2014. **Perbandingan Desain IPAL dengan Proses Attached Growth Anaerobic Filter dan Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya

- Hass, J. L. 2007. **Inovative Sanitary Collection System - The Small Bore Sewer**. Water Environmental Federation.
- Hernandez, L.L., et al. 2007. **Characterization and Biological Treatment of Greywater**. Journal of Water Science and Technology, 56 : 193-200
- Jefferson, B., Palmer., Jeffrey P., Stuetz R., and Judd S. 2004. **Grey Water Characterization and It's Impact on The Selection and Operation of Technologies for urban reuse**. Water Science and Technology 50 2:157-164.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Karnaningroem, N dkk. 2012. **Upaya Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Reaktor Biofilter dan Karbon Aktif**. Penelitian Non-Unggulan Surabaya.
- Koosdaryani, 2009. **Penggunaan Modifikasi Desain Sumur Resapan Sebagai Pengisian Kembali Air Tanah Dan Pengendalian Banjir Di Kelurahan Sewu Surakarta**. Media Teknik Sipil Vol. 9, No. 2, hal. 137.
- Komariyah, S. Dan Sugito. 2011. **Perencanaan IPAL Biofilter di UPTD Kesehatan Puskesmas Gondang Wetan Kabupaten Pasuruan**. Jurnal Teknik Waktu Volume 09 Nomor 02. ISSN 1412-1867.
- Laksono, S. 2012. **Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan UI. Depok.
- Marlisa, dkk. 2013. **Potensi Fito-Biofilm Dalam Penurunan Kadar Bod Dan Cod Pada Limbah Domestik Dengan Tanaman Kangkung Air (Ipomoea Aquatica) Media Biofilter Sarang Tawon**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya

- Marsono, B. D. 1995. **Hidrolika Teknik Penyehatan dan Lingkungan**. Surabaya: ITS Press.
- Metcalf dan Eddy. 2004. **Wastewater Engineering : Treatment and Reuse 4th Ed**. Mc Graw-Hill International : New York.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Puji, R., dan Rahmi. 2009. **Pengolahan Limbah Cair Domestic Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob. Tugas Akhir**. Universitas Diponegoro, Fakultas Teknik. Semarang.
- Rahman, I., W. 2014. **Desain Pengolahan Air Limbah dengan ABR dan Biofilter untuk Pemenuhan Air Bersih di Area MES PAMA Pasar Panas Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Rakhmadany, A. 2013. **Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Aerobik, Anaerobik dan Kombinasi Aerobik dan Anaerobik di Kota Surabaya**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya
- Reynolds, Tom D dan Richards, Paul A. 1996. **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering**. PWS Publishing Company, Boston.

- Shahrokhi, M., et al. 2011. **The Effect Of Number Of Baffles On The Improvement Efficiency Of Primary Sedimentation Tanks.** Journal Science Direct Applied Mathematical Modelling 36 : 3725-3735
- Siregar, A.S. 2005. **Instalansi Pengolahan Air Limbah.** Yogyakarta: Kanisius.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2398-2001. 2001. **Persyaratan Tangki Septik.** Jakarta : Badan Standarisasi Indonesia.
- Said dan Firly. 2005. **Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam.** JAI Vol. 1 , No.3.
- Said, N. I. Dan Tresnawaty, R. 2001. **Penghilangan Amoniak Di Dalam Air Baku Air Minum Dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon.** Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.2, No. 1, Hal. : 11-27.
- Said, N. I. 2008. **Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta.** Jakarta : Pusat Teknologi Lingkungan
- Sasse, L. 1998. **DEWATS; Decentralized Wastewater Treatment In Developing Countries.** Bremen: BORDA.
- Soesanto, S. S. 2000. **Tangki Septik dan Masalahnya.** Media Litbang Kesehatan Volume X Nomor 1 Hal. 4-7
- Sugiharto, 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah.** Cetakan Pertama, UI Press: Jakarta.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A., 2001. **Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland.** Purifikasi. Vol. 2, No. 3, ITS-Surabaya.

Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D., 2003.
Wastewater Engineering, Treatment and Reuse Fourth Edition. New York: McGraw-Hill Companies

Yulianti, P. 2012. **Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya

“halaman ini sengaja dikosongkan”

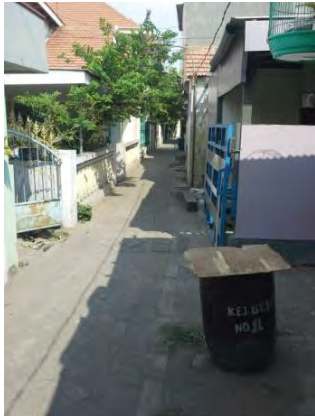
LAMPIRAN GAMBAR



Gang I



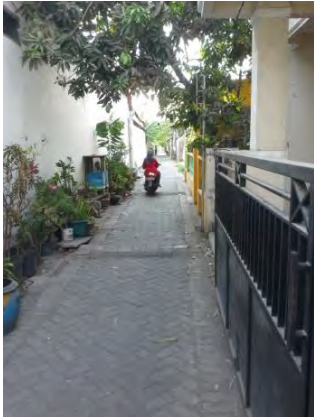
Gang II



Gang IV



Gang V



Gang VIII



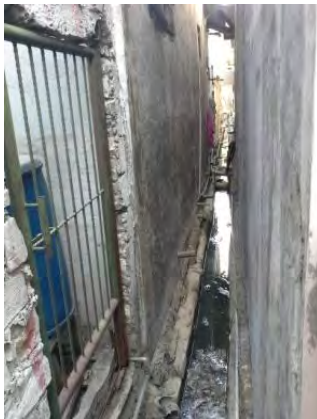
Gang X



Jalan Kejawan Gebang



Dokumentasi lokasi tempat perencanaan pengolahan air limbah





Lokasi Pembuangan *Grey Water* yang langsung ke Badan Air



Dokumentasi saat mencari data dengan kuisisioner melalui wawancara langsung ke warga

Lokasi Perencanaan IPAL



Lokasi IPAL Kawasan 1



Lokasi IPAL Kawasan 2



Lokasi IPAL Kawasan 3

Pengukuran Elevasi Tanah dan Jarak Menggunakan GPS Handheld Garmin



Gambar Produk

Media Sarang Tawon yang digunakan

Hineko Citra Madani

Detil Produk

Sarang Tawon Pengolahan Limbah



[Sarang Tawon Pengolahan Limbah](#)

Model/Tipe Produk : Cross Flow

Merk : Honey Com

Satuan Kuantitas : Meter Kubik

Harga : Tidak ditentukan

Minimum Pembelian : 1 Meter Kubik

[Hubungi Kami](#)



[Tambah ke Keranjang](#)



[Produk Favorit](#)

Aplikasi:

- Sangat ideal menggantikan media batu, kayu dan media acak.
- Penggantian tersebut meningkatkan waktu retensi kontak antara air limbah dengan biomassa.
- Sangat baik untuk sistem anaerob maupun aerob.

Media sarang tawon:

- Material: rigid pvc (import)
- Ketebalan: 0.32mm
- Honeycomb: 3.6cm
- Warna: Hitam
- Dimensi (p x l x t): 120x50x60 (0.36 m3)

Jika Anda membutuhkan produk ini dan equipment WTP/WWTP, harap kirimkan inquiry anda ke:

Email: marketing@hineko.com

Mobile: 081369919982

Website: www.hineko.com

Media Kerikil yang digunakan

UD. Joyorejo BATU ALAM

UD Joyorejo Batu Alam Malang menyediakan berbagai macam jenis batu alam, art's dan c

Colombian Emeralds

Best Selection of Colombian Emeralds at Wholesale Prices



Daftar harga batu Kerikil UD. Joyorejo Malang

Diposkan oleh joyorejo Label: [Daftar Harga](#)

:: KERIKIL CREAM

No	UKURAN	JUMLAH	HARGA	CAMBAK
01	5 X 7	10 Kg	Rp. 11.000,-	
02	7 X 9	10 kg	Rp. 11.000,-	
03	9 X 12	10 kg	Rp. 11.000,-	
04	No 5	10 kg	Rp. 15.000,-	
05	No 8	10 kg	Rp. 14.000,-	
06	27 X 33	10 kg	Rp. 15.000,-	
07	33 X 50	10 kg	Rp. 15.000,-	
08	50 X 70	10 kg	Rp. 15.000,-	

:: KERIKIL PANCAWARNA (MIX)

No	UKURAN	JUMLAH	HARGA	CAMBAK
01	3 X 5	10 kg	Rp. 11.000,-	
02	5 X 7	10 kg	Rp. 11.000,-	
03	7 X 9	10 kg	Rp. 11.000,-	
04	9 X 12	10 kg	Rp. 11.000,-	

:: KERIKIL PUTIH TULANG

No	UKURAN	JUMLAH	HARGA	CAMBAK
01	5 X 7	10 kg	Rp. 17.000,-	
02	7 X 9	10 kg	Rp. 17.000,-	
03	9 X 12	10 kg	Rp. 17.000,-	

KETERANGAN

1. Harga diatas tidak termasuk ongkos kirim
2. Untuk pemesanan dalam jumlah besar atau pengiriman luar kota malang kami sediakan transportasi dan harga khusus, silahkan anda hubungi kami di : **UD. Joyorejo I**, Jl. Sukarno Hatta No 22 Malang Telp 0341-473914/ HP 081233646979 atau **UD. Joyorejo II**, Jl. L. A. Sucipto 336 A Malang Telp 0341-419082 atau HP 085234277808 Email : pemasaran@joyorejo.com
3. Kepuasan pelanggan adalah tujuan utama kami, jika ada keluhan, layanan yang kurang memuaskan, kualitas barang tidak bermutu, Harga yang mahal sampaikan kepada Kami. Namun jika anda merasa puas dengan pelayanan kami tolong sampaikan kepada rekan-rekan anda.

Regard by

UD. Joyorejo Batu Alam Malang
<http://www.joyorejo.co.id>

=====

HARGA TERBARU BATU ALAM
 Silahkan kunjungi <http://joyorejo.co.id/>
 Kami sediakan harga khusus untuk grosir

Brosur Pipa PVC yang digunakan



Aplikasi Sistem

WAVIN STANDARD diproduksi untuk berbagai kebutuhan seperti:

- Saluran air bersih
- Saluran pembuangan
- Saluran limbah
- Saluran irigasi
- Pipa ventilasi

Jenjang Produk

WAVIN STANDARD dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kelompok:

1. Kelas AW, untuk air bertekanan tinggi sampai tekanan kerja 10 kg/cm^2 dengan 14 macam ukuran diameter dari 1/2 inch sampai 12 inch.
2. Kelas D, untuk saluran pembuangan dan limbah dengan 11 macam ukuran diameter dari 1 1/4 inch sampai 12 inch.

Kedua kelompok tersebut tersedia dalam panjang standar sampai 4 meter.

KELAS AW

Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan	Kode Produk
Inch	mm				
1/2	22	1,50	4	SC	210022001
3/4	26	1,80	4	SC	210026001
1	32	2,00	4	SC	210032001
1 1/4	42	2,30	4	SC	210042001
1 1/2	48	2,30	4	SC	210048001
2	60	2,30	4	SC	210060001
2 1/2	76	2,60	4	SC	210076001
3	89	3,10	4	SC	210089001
4	114	4,10	4	SC	210114001
5	140	5,40	4	SC	210140001
6	165	6,40	4	SC	210165001
8	216	8,30	4	SC	210216001
10	267	10,30	4	SC	210267001
12	318	12,20	4	SC	210318001


KELAS D

Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan	Kode Produk
Inch	mm				
1 1/4	42	1,30	4	SC	510042001
1 1/2	48	1,30	4	SC	510048001
2	60	1,30	4	SC	510060001
2 1/2	76	1,40	4	SC	510078001
3	89	1,60	4	SC	510089001
4	114	2,00	4	SC	510114001
5	140	2,60	4	SC	510140001
6	165	3,00	4	SC	510165001
8	216	4,20	4	SC	510216001
10	257	5,20	4	SC	510287001
12	318	6,20	4	SC	510318001

SC : Solvent Cement (Penyambungan dengan Lem)



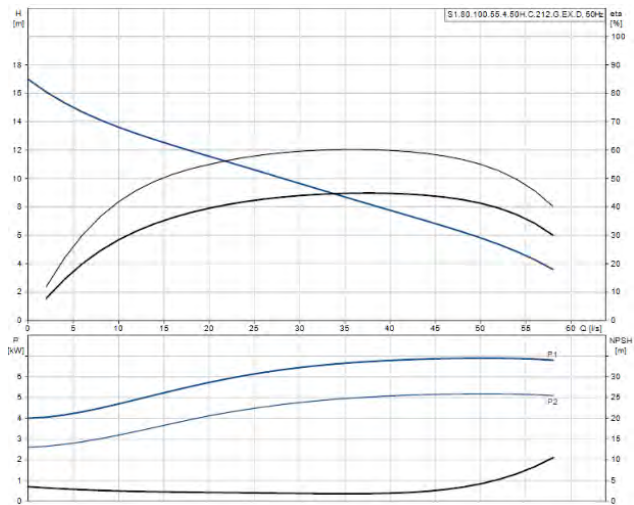
Brosur Pompa yang digunakan

Position	Qty.	Description
	1	<p>81.80.100.66.4.50H.C.212.0.EX.D</p>  <p>Product No.: 95113770</p> <p><i>Note! Product picture may differ from actual product</i></p> <p>Non-self-priming, single-stage, centrifugal pump designed for handling wastewater, process water and unscreened raw sewage.</p> <p>The pump is designed for intermittent and continuous operation. The cooling jacket ensures that the pump can operate submerged or dry installed without motor cooling. The single-channel impeller handles solids up to 80 mm in size.</p> <p>A SmartTrim Impeller clearance adjustment system makes it possible to maintain maximum performance throughout the lifetime of the pump.</p> <p>To facilitate easy transportation as well as installation on-site, the pump is fitted with a robust lifting bracket. For installation on auto coupling, the Grundfos SmartSeal gasket system provides a leak-proof connection. Pipework connections are via a DIN flange. The pump is explosion-proof.</p> <p>Controls: Water-in-oil sensor: without water-in-oil sensor</p> <p>Liquid: Liquid temperature range: 0 ... 40 °C</p> <p>Technical: Actual impeller diameter: 212 mm Type of impeller: 1-CHANNEL Maximum particle size: 80 mm Primary shaft seal: SiC-SiC Secondary shaft seal: SiC-CARBON Approvals on nameplate: 94/5/EC(ATEX) Curve tolerance: ISO 9906:2012 Grade 3B</p> <p>Materials: Pump housing: Cast iron EN-GJL-250 AISI A48 30 Impeller: Cast iron EN-GJL-250 AISI A48 30 Motor: Cast iron EN-JL1040 AISI A48 30</p> <p>Installation: Maximum ambient temperature: 40 °C Flange standard: DIN Pump inlet: 100 Pump outlet: 100</p>

Printed from Grundfos Product Centre [2014.08.045]

10

Position	Qty.	Description
		Pressure stage: PN 10
		Auto-coupling: 96090994
		Inst. vertical: 96308237
		Base stand: 96102255
		Frame range: 50
		Electrical data:
		Number of poles: 4
		Maximum current consumption: 14 A
		Power input - P1: 7.2 kW
		Rated power - P2: 5.5 kW
		Mains frequency: 50 Hz
		Rated voltage: 3 x 400 V
		Voltage tolerance: +10/-10 %
		(Start. method: star/delta)
		Max starts per. hour: 20
		(Starting current: 103 A)
		Rated speed: 1463 rpm
		Motor efficiency at full load: 76 %
		Motor efficiency at 3/4 load: 72 %
		Motor efficiency at 1/2 load: 66 %
		Enclosure class (IEC 34-5): IP68
		Insulation class (IEC 85): F
		Explosion proof: yes
		Ex-protection standard: 60079-0, 60079-1
		Length of cable: 10 m
		Cos phi 1/1: 0,75
		Cos phi 1/2: 0,66
		Cos phi 3/4: 0,67
		Others:
		Net weight: 190 kg



LAMPIRAN TABEL

Kawasan 1

Kawasan 1							
Point	Easting	Northing	Z(m)	d(m)			
A	698857	9194137	4	19,92486	82,0061		
B	698838	9194143	4				
C	698895	9194214	4	35,90265			
D	698860	9194222	4				
E	698916	9194239	5	46,8188		35,1141	
F	698872	9194255	5				
G	698937	9194259	5	56,921			24,59675
H	698883	9194277	5				
O	698885	9194277	4		2		
I	698965	9194389	4	61,32699			
J	698909	9194414	4				
K	698927	9194355	4	28,86174	52,95281		58,69412
L	698899	9194362	4				
M	698935	9194325	4	37,10795		28	
N	698899	9194334	4				
IPAL	698892	9194279	4				

Kawasan 2

Kawasan 2							
Point	Easting	Northing	Z(m)	d(m)			
A	698853	9194243	3	131,103			
B	698731	9194291	3				
C	698858	9194211	3	141,9894	36,87818		
D	698723	9194255	4				
E	698840	9194166	4	52,55473			41,10961
F	698791	9194185	4				
G	698710	9194216	4	22,84732	86,72946	90,55385	
H	698701	9194195	4				
I	698824	9194121	5	93,40771	59,07622		
J	698734	9194146	5				
IPAL	698724	9194138	5				

Kawasan 3

Kawasan 3							
Point	Easting	Northing	Z(m)	d(m)			
A	698872	9194267	4	132,0341			
B	698749	9194315	3				
C	698882	9194298	3	127,1299	25,05993		
D	698761	9194337	3				
I	698773	9194355	3			60	
E	698893	9194237	3	102,7862			6,52819
E1	698859	9194334	3				
F	698856	9194368	3	53,14	59,92		
G	698898	9194538	3				
H	698806	9194386	2				
IPAL	698788	9194384	2				

Koordinat dinyatakan dalam Sistem Koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) Tinggi dan Jarak dinyatakan dalam satuan Meter

“halaman ini sengaja dikosongkan”