



TUGAS AKHIR - RE 141581

**TIPIKAL PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK DENGAN SERI BIOFILTER
MELALUI PROSES PENGENDAPAN (STUDI
KASUS : PERUMAHAN DIAN REGENCY SUKOLILO
SURABAYA)**

**JIMMI P SIBURIAN
3311100023**

**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

**DESIGN TYPICAL OF WASTEWATER TREATMENT
WITH BIOFILTER SERIES THROUGH
SETTLEMENT PROCEES (CASE STUDY :
PERUMAHAN DIAN REGENCY SUKOLILO
SURABAYA)**

**JIMMI P SIBURIAN
3311100023**

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

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

TIPICAL PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN SERI BIOFILTER MELALUI PROSES PENGENDAPAN (STUDI KASUS : PERUMAHAN DIAH REGENCY SUNGAILILO SURABAYA)

TUGAS AKHIR

Dijadikan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada

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

Oleh :

JIMMI P SISURJAN

NIP. 3311100023

Ditetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. Niska Karmasinarso, M.Sc

NIP. 195504128 198503 2 001

Ditetujui oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Didik Bambang Swartiyadi, M.T

NIP. 196307051982031001



TUGAS AKHIR

TIPIKAL PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN SERI BIOFILTER MELALUI PROSES PENGENDAPAN (STUDI KASUS :PERUMAHAN DIAN REGENCY SUKOLILO SURABAYA)

Mahasiswa : JIMMI P SIBURIAN

NRP : 3311100023

Pembimbing : Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

Co-Pembimbing : Ir. Didik B. Supriyadi, MT.

ABSTRAK

Air Limbah yang disalurkan melalui saluran drainase dan efluen tangki septik yang memiliki kualitas air yang buruk. Air yang telah tercemar karena dapat terdegradasi dan membentuk biomassa baru berupa *sludge* penyebab luas penampang sungai atau selokan berkurang, sehingga diperlukan bangunan yang tepat dan efektif untuk mengolah air limbah .

Limbah diolah menggunakan anaerobik biofilter dan tangki septik. Media yang ditinjau didasarkan atas perbedaan porositas dan luas permukaan dimana kerikil memiliki porositas 50% dan media plastik memiliki porositas 98%. Hasil perhitungan didapatkan dimensi dari tangki septik mengikuti pola persamaan $((1.2 + 0.1n) \times (0.6 + 0.05n) \times 1)$ m. Bak biofilter media kerikil mengikuti pola $(1.25 \times (0.42 + 0.52 \log(n)) \times 1.25)$ m dan media plastik mengikuti pola $(1.25 \times (0.5 + 0.631 \log(n)) \times 1.25)$ m, dimana variabel n merupakan jumlah tambahan orang.. Tangki septik mampu mereduksi COD dan BOD sebesar 38.5% dan 40.81%, Biofilter Anaerobik media kerikil dapat mereduksi COD dan BOD sebesar 68.8% dan 75.82% sedangkan biofilter anaerobik media plastik dapat mereduksi COD dan BOD sebesar 68.3% dan 76.16%. Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan bangunan pengolahan untuk tipe rumah 49 media kerikil batuan kerikil dan plastik adalah Rp 4.693.954 dan Rp4.751.865. Tipe Rumah 79 media kerikil batuan dan plastik adalah Rp 6.187.803 dan Rp6.242.925. Tipe rumah 129 media kerikil dan plastik adalah Rp 7.660.932 dan Rp7.815.840.

Kata Kunci : Air Limbah Domestik, Unit pengolahan air limbah, tangki septik, anaerobik biofilter, media kerikil dan media plastik

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT
**DESIGN TYPICAL OF DOMESTIC WASTEWATER
TREATMENT WITH BIOFILTER SERIES THROUGH
SETTLEMENT PROCESS (STUDY CASE : PERUMAHAN DIAN
REGENCY SUKOLILO SURABAYA)**

Student : Jimmi P Siburian
NRP : 3311100023
Lecture : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.
Co-Lecture : Ir. Didik B. Supriyadi, MT

ABSTRACT

Wastewater is channeled by drainage channels and septic tank effluent where having poor quality. Contaminated water will have negative impact to the environment because can be degraded, thus forming new biomass and form mud sediment or sludge that will be able to be cause of flooding due to reduction in surface area river or channels, so required effective treatment.

Wastewater is treated using anaerobic biofilter and septic tank. Media where reviewed based on porosity and surface area where porosity of rock gravel is 50% and surface area is $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ and plastic media have porosity 98% and surface area $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$. The Calculation result dimension septic tank follow pattern $(1.25 \times (0.42 + 0.52 \log(n)) \times 1.25) \text{m}$, gravel rocks biofilter media follow pattern $((1.25 \times (0.42 + 0.52 \log(n)) \times 1.25) \text{m}$, and media plastic follow pattern $(1.25 \times (0.5 + 0.631 \log(n)) \times 1.25) \text{m}$, where variable n is additional people that filled minimum 5 people. The septic tank can reduce of COD and BOD are 38.5% and 40.81%. Biofilter media Anaerobic gravel rocks can reduce of COD and BOD are 68.8% and 75.82%. Anaerobic biofilter plastic media can reduce COD and BOD 68.3%, and 76.16%.

The costs is needed to build a treatment plant with 49 type using media gravel rock and plastic are Rp4,693,954 and Rp4,751,865 . 79 Type medium gravel rock and plastic are Rp6,187,803 and Rp6,242,925. 129 Type use media houses rock gravel and plastic are Rp7,660,932 and Rp7.81584.

Keyword : Domestic Wastewater, Wastewater treatment unit, Septic tank, Anaerobic Biofilter, Rock Gravel Media and Honeycomb Plastic Media

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun selalu dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, berkah, dan kasih-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul **“Tipikal Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Biofilter melalui Proses Pengendapan (Studi Kasus : Perumahan Dian Regency Sukolilo Surabaya)”** dapat diselesaikan tepat pada waktunya dengan segala usaha saya.

Tugas Akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi syarat kelulusan dan sebagai pembuktian dan aplikasi ilmu yang didapatkan selama 4 tahun berkuliah di Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang memberikan dukungannya.
2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc. selaku dosen pembimbing yang berperan besar dalam membimbing dan memberikan masukan untuk proposal tugas akhir ini.
3. Ir. Didik Bambang Supriyadi, MT. selaku dosen co-pembimbing yang berperan besar dalam membimbing dan memberikan masukan untuk proposal tugas akhir ini
4. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung dalam memberikan bantuan dan masukan kepada penyusun.

Penyusunan proposal tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, 04 Desember 2014

Penyusun

"Halaman Ini Sengaja Dikосongkan"

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran Air	5
2.2 Air Limbah Domestik	6
2.3 Parameter Pencemar Sungai/Saluran	11
2.4 Proses Pengolahan Secara Anaerobik	13
2.4 Alternatif Pengolahan yang Direncanakan	17
2.5 Biofilter Anaerobik	20
2.6 Tipe Media yang Digunakan	24
2.6.1 Batuan dan Kerikil	24
2.6.1 Media Terstruktur	26
2.7 Tangki Septik dan Resapan (On-Site)	28
2.8 Penelitian Terdahulu	29
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN	
3.1 Ide Studi	31
3.1.1 Penentuan Konsentrasi Limbah Campuran Domestik	32
3.1.2 Perhitungan Debit Air Limbah Setiap Tipikal Rumah	36
3.2 Tahapan Perencanaan	40
3.2.1 Judul Tugas Akhir	40
3.2.2 Tinjauan Pustaka	40
3.2.3 Pengumpulan Data	40

3.2.4 Perhitungan DED Seri Unit Biofilter Melalui Proses Pengendapan	43
3.2.5 Penggambaran Tipikal Unit Biofilter Melalui Proses Pengendapan	57
3.2.6 Pembahasan	58
3.2.7 Perhitungan BOQ dan RAB	58
3.2.8 Hasil Perhitungan ..	58

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan	59
4.2 Perhitungan DED (<i>Detail Engineering Design</i>)	64
4.2.1 DED Bangunan Tangki Septik	64
4.2.2 DED Bak Kontrol ..	73
4.2.3 DED Anaerobik Biofilter	81
4.2.4 DED Bak Penampung	98
4.2.5 Bidang Peresapan	103
4.3 Water dan Mass Balance	108
4.4 Gambar Detail Engineering Design (DED)	131
4.5 Profil Hidrolis	137
4.5.1 Tangki Septik	137
4.5.2 Bak Kontrol	140
4.5.3 Biofilter Anaerobik	143
4.5.4 Bak Penampung	147
4.6 Perhitungan Shock Loading	149
4.7 BOQ dan RAB	158
4.7.1 Harga Satuan Pokok Pekerjaan	158
4.7.2 Tangki Septik	163
4.7.3 Bak Kontrol	166
4.7.4 Biofilter Anaerobik	170
4.7.4 Biofilter Anaerobik	175
4.8 Operasi dan Pemeliharaan	183
4.8.1 Pemeliharaan Bangunan	183
4.8.2 Biaya Pemeliharaan	191

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	193
5.3 Saran	193

DAFTAR PUSTAKA	195
-----------------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kualitas BOD dan COD pada Negara Tropis	9
Tabel 2.2	Konsentrasi Air Limbah Domestik Campuran	9
Tabel 2.3	Kualitas Inflow IPAL beberapa Proyek Sewarage	11
Tabel 2.4	Proses Asidifikasi	15
Tabel 2.5	Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter	20
Tabel 2.6	Kriteria Spesifik Media Sarang Tawon	22
Tabel 3.1	Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Bangkok	32
Tabel 3.2	Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Kuching	33
Tabel 3.3	Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Kuala Lumpur	33
Tabel 3.4	Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Hanoi	35
Tabel 3.5	Persentase Kontribusi <i>Black</i> dan <i>Grey Water</i>	39
Tabel 3.6	Dimensi Bangunan Tangki Septik Setiap tipikal Rumah	46
Tabel 3.7	Dimensi Bangunan Tangki Septik Setelah standarisasi SNI	47
Tabel 3.8	Perhitungan dengan Spreadsheet Untuk Anaerobik Biofilter dan Tangki Septik	54
Tabel 3.9	Perhitungan dengan Spreadsheet Untuk Pengolahan Data	55
Tabel 3.10	Perhitungan dengan Spreadsheet Untuk Dimensi Tangki Septik	56
Tabel 3.11	Perhitungan dengan Spreadsheet Untuk Biofilter dan Produksi Biogas	57
Tabel 4.1	Luas Lahan yang Kosong	63
Tabel 4.2	Jenis Tanah dan Kapasitas Peresapan	105
Tabel 4.3	Perhitungan penggunaan debit air effluent untuk berbagai tipe rumah media kerikil	107

Tabel 4.4	Perhitungan penggunaan debit air effluent untuk berbagai tipe rumah media ST	107
Tabel 4.5	Mass Balance pada Tangki Septik.....	110
Tabel 4.6	Produksi Biogas Tangki Septik	112
Tabel 4.7	Mass Balance pada Biofilter	115
Tabel 4.8	Produksi Biogas Biofilter Media Kerikil	118
Tabel 4.9	Produksi Biogas Biofilter Media Plastik.....	118
Tabel 4.10	Data Dimensi Bangunan Tangki Septik.....	131
Tabel 4.11	Data Dimensi Bangunan Bak Kontrol	132
Tabel 4.12	Data Dimensi Bangunan Biofilter Anaerobik Tipe Media Kerikil	133
Tabel 4.13	Data Dimensi Bangunan Biofilter Anaerobik Tipe Media Plastik	134
Tabel 4.14	Data Dimensi Bangunan Bak Penampung	135
Tabel 4.15	Profil Hidrolis Bangunan Tangki Septik untuk Semua Tipe Rumah	140
Tabel 4.16	Profil Hidrolis Bangunan Bak Kontrol untuk Semua Tipe Rumah	143
Tabel 4.17	Data Orifice Media Kerikil	143
Tabel 4.18	Profil Hidrolis Bangunan ABF Media Kerikil untuk Semua Tipe Rumah	145
Tabel 4.19	Data Orifice Media Plastik.....	145
Tabel 4.20	Profil Hidrolis Bangunan ABF ST untuk Semua Tipe Rumah	147
Tabel 4.21	Profil Hidrolis Bangunan BP untuk Semua Tipe Rumah	149
Tabel 4.22	Perhitungan Shock Loading Tangki Septik Peningkatan debit 0%.....	150
Tabel 4.23	Perhitungan Shock Loading Tangki Septik Peningkatan debit 50%.....	151
Tabel 4.24	Perhitungan Shock Loading Tangki Septik Peningkatan debit 100%	151
Tabel 4.25	Perhitungan Shock Loading Tangki Septik Peningkatan debit 200%	152
Tabel 4.26	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Kerikil Peningkatan debit 0%	153

Tabel 4.27	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Plastik Peningkatan debit 0%.....	153
Tabel 4.28	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Kerikil Peningkatan debit 50%	154
Tabel 4.29	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Plastik Peningkatan debit 50%	154
Tabel 4.30	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Kerikil Peningkatan debit 100%	155
Tabel 4.31	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Plastik Peningkatan debit 100%	155
Tabel 4.32	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Kerikil Peningkatan debit 200%	155
Tabel 4.33	Perhitungan Shock Loading Biofilter Media Plastik Peningkatan debit 200%	155
Tabel 4.34	HSPK Kota Surabaya 2014	158
Tabel 4.35	BOQ dan RAB Tangki Septik Tipe Rumah 49	163
Tabel 4.36	BOQ dan RAB Tangki Septik Tipe Rumah 79	164
Tabel 4.37	BOQ dan RAB Tangki Septik Tipe Rumah 129.....	165
Tabel 4.38	BOQ dan RAB Bak Kontrol Tipe Rumah 49	166
Tabel 4.39	BOQ dan RAB Bak Kontrol Tipe Rumah 79	168
Tabel 4.40	BOQ dan RAB Bak Kontrol Tipe Rumah 129.....	169
Tabel 4.41	BOQ dan RAB ABF Media Kerikil Tipe Rumah 49	170
Tabel 4.42	BOQ dan RAB ABF Media Kerikil Tipe Rumah 79	172
Tabel 4.43	BOQ dan RAB ABF Media Kerikil Tipe Rumah 129.....	173
Tabel 4.44	BOQ dan RAB ABF Media Plastik Tipe Rumah 49	175
Tabel 4.45	BOQ dan RAB ABF Media Plastik Tipe Rumah 79	176
Tabel 4.46	BOQ dan RAB ABF Media Plastik Tipe Rumah 129.....	177

Tabel 4.47	BOQ dan RAB Bak Penampung Tipe Rumah 49.....	179
Tabel 4.48	BOQ dan RAB Bak Penampung Tipe Rumah 79.....	180
Tabel 4.49	BOQ dan RAB Bak Penampung Tipe Rumah 129.....	182
Tabel 4.50	Biaya Pemeliharaan Bangunan	192

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pencemaran Air Permukaan Akibat Air Limbah.....	6
Gambar 2.2	Komposisi Komponen Penyusun Air Limbah.....	8
Gambar 2.3	Alternatif Pengolahan 1	13
Gambar 2.4	Alternatif Pengolahan 2	14
Gambar 2.5	Unit AF sederhana yang terintegrasi dengan Tangki Septik.....	15
Gambar 2.6	Mekanisme Proses Metabolisme di dalam Sistem Biofilm.....	16
Gambar 2.7	Proses Pengolahan	17
Gambar 2.8	Proses Desain	19
Gambar 2.9	Media Kerikil dan Batu Pecah.....	21
Gambar 2.10	Bentuk Media Terstruktur tipe Sarang Tawon.....	23
Gambar 2.11	Susunan IPAL sesuai SNI	24
Gambar 3.1	Lokasi Perencanaan	27
Gambar 3.2	Flows COD pada air Limbah Campuran	30
Gambar 3.3	Tahapan Perencanaan Tugas Akhir	33
Gambar 3.4	Grafik Persentase Removal COD Waktu Tinggal pada Tangki Septik.....	43
Gambar 3.5	Grafik Rasio Efisiensi BOD/COD.....	44
Gambar 3.6	Grafik Faktor Temperatur	46
Gambar 3.7	Grafik Faktor Strength	46
Gambar 3.8	Grafik Faktor Permukaan Filter.....	46
Gambar 3.9	Grafik Faktor Waktu Tinggal	47
Gambar 3.10	Reduksi Volume Lumpur Selama Penyimpanan.....	50
Gambar 4.1	Lokasi Perumahan Sukolilo2 Dian Regency	59
Gambar 4.2	Fasilitas Pendukung Perumahan	60
Gambar 4.3	Tipe Rumah 49	61
Gambar 4.4	Tipe Rumah 79.....	61
Gambar 4.5	Tipe Rumah 129	62
Gambar 4.6	Detail Rumah 49 dan 79	62
Gambar 4.7	Detail Rumah 129	63
Gambar 4.8	Removal COD di Settler	71

Gambar 4.9	Kurva Perbandingan Efisiensi BOD dan COD	72
Gambar 4.10	Karakteristik Limbah KeluarTangki Septik	73
Gambar 4.11	Karakteristik Campuran Air Limbah	76
Gambar 4.12	Faktor Suhu terhadap Efisiensi Removal	76
Gambar 4.13	Faktor Kualitas Air Limbah	84
Gambar 4.14	Faktor Permukaan Filter	85
Gambar 4.15	Faktor Waktu Tinggal	86
Gambar 4.16	Kualitas Efluen Air Limbah (Media Kerikil)	102
Gambar 4.17	Kualitas Efluen Air Limbah (Media Plastik Sarang Tawon)	102
Gambar 4.18	Water Balance Tipe Rumah 49 Media Kerikil	125
Gambar 4.19	Mass Balance Tipe Rumah 49 Media Kerikil	125
Gambar 4.20	Water Balance Tipe Rumah 49 Media Sarang Tawon	126
Gambar 4.21	Mass Balance Tipe Rumah 49 Media Sarang Tawon	126
Gambar 4.22	Water Balance Tipe Rumah 79 Media Kerikil	127
Gambar 4.23	Mass Balance Tipe Rumah 79 Media Kerikil	127
Gambar 4.24	Water Balance Tipe Rumah 79 Media Sarang Tawon	128
Gambar 4.25	Mass Balance Tipe Rumah 79 Media Sarang Tawon	128
Gambar 4.26	Water Balance Tipe Rumah 129 Media Kerikil	129
Gambar 4.27	Mass Balance Tipe Rumah 129 Media Kerikil	129
Gambar 4.28	Water Balance Tipe Rumah 129 Media Sarang Tawon	130
Gambar 4.29	Mass Balance Tipe Rumah 129 Media Sarang Tawon	130
Gambar 4.30	Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan panjang dan lebar tangki septik.....	131

Gambar 4.31	Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan panjang dan lebar bak kontrol	132
Gambar 4.32	Grafik Hubungan antara jumlah orang dimensi ABF media kerikil	133
Gambar 4.33	Grafik Hubungan antara jumlah orang dimensi ABF media sarang tawon	134
Gambar 4.34	Grafik Hubungan antara jumlah orang panjang dan lebar BP	136

"Halaman Ini Sengaja Dikосongkan"



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Masyarakat setiap harinya membuang limbah ke lingkungan baik berupa *grey water* yang dihasilkan dari air bekas cuci baju, mandi, masak, dan cuci peralatan dapur dan efluen *black water* yang disalurkan ke sungai maupun diresapkan ke air tanah. *Grey water* masih memiliki kandungan yang masih berbahaya ke lingkungan, kandungan yang terdapat berupa senyawa makronutrien dan mikronutrien sehingga menyebabkan rasio COD/BOD tinggi (Morel dan Diener, 2006), konsentrasi bahan organik yang sangat bervariasi, dan sebagian besar partikel berukuran 10-100 μm dan perbandingan rasio SS/Turbiditas rendah (Jefferson, et al., 2004). *Black water* disalurkan ke tangki septik dan terlebih dahulu diolah dengan proses pengendapan sehingga efluen air dari tangki septik masih memiliki kandungan COD, BOD, Nitrat maupun Phosphat yang tinggi. Dengan demikian air limbah rumah tangga yang berupa *grey water* dan *black water* yang dibuang langsung kedalam sungai atau selokan akan berdampak buruk ke lingkungan karena dapat terurai atau terdegradasi, sehingga membentuk biomassa baru yang berupa lumpur endapan atau *sludge* akan dapat menjadi penyebab banjir karena menyebabkan berkurangnya volume dari sungai atau selokan dalam menampung air hujan. Apabila permasalahan tersebut dibiarkan secara terus menerus selain banjir yang diakibatkan juga dapat mengakibatkan kualitas air sungai/selokan akan semakin menurun dan menuju pencemaran. Akibat dari pencemaran tersebut juga dapat menimbulkan pemandangan dan bau yang tidak sedap.

Untuk memperbaiki kualitas limbah yang dihasilkan sehari-harinya sebelum dibuang ke lingkungan maka diperlukan pengolahan air limbah yang efektif dan efisien dalam mendegradasi senyawa polutan pada *grey water* dan *black water*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Moesriati, A dan Karnaningroem, N (2012) bahwa serie *biofilter* dan *slow sand filter* dapat mereduksi konsentrasi COD antara 60 – 90 %, dan fosfat antara 20 – 50 %. Karnaningroem, N dkk (2012) juga menyatakan bahwa *biofilter* dengan media batu dapat mereduksi

COD sebesar 68% - 89 % dalam air limbah dari *laundry*, sedangkan fosfat tereduksi sebesar 24 % telah dilakukan. Dengan demikian, seri biofilter anaerobik sangat sesuai untuk pengolahan air limbah karena mudah dalam pengoperasian, kebutuhan lahan yang tidak terlalu luas dan karena bersifat anaerobik maka kebutuhan oksigen tidak diperlukan sehingga akan mengurangi biaya dari segi operasi.

Pada penelitian “Minimisasi Banjir Dan Perbaikan Kualitas Badan Air Di Perkotaan Dengan Sistem Resapan *On Site*” sebelumnya telah diidentifikasi kualitas air limbah dan persentase removal dengan menggunakan Biofilter dengan proses sedimentasi tersebut dalam menurunkan beban limbah yang dibuang ke sungai/saluran sehingga masih memerlukan lanjutan penelitian yang dapat membuahkan tipikal sistem resapan *on site* seri.

Pada tugas akhir kali ini akan direncanakan tipikal unit seri biofilter melalui proses sedimentasi melalui perhitungan desain sampai pada gambar-gambar tipikal unit tangki septik dan biofilter anaerobik, juga akan dihitung berapa rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk merealisasikan masing-masing unit tersebut.

Lokasi perencanaan dilaksanakan di Perumahan Dian Regency. Perencanaan ini dilaksanakan dengan menggunakan tipikal rumah ukuran 49, ukuran 79, dan ukuran 129. Perencanaan tipikal seri unit biofilter dilaksanakan di Perumahan Dian Regency dikarenakan pengolahan air limbah masih menggunakan tangki septik konvensional dan *grey water* masih dibuang ke selokan maupun ke badan air sehingga perencanaan diharapkan menjadi suatu pilihan untuk pihak manajemen dalam mengelola air limbah yang dihasilkan sehari-harinya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendesain tipikal unit bangunan seri biofilter melalui proses sedimentasi di Perumahan Dian Regency
2. Bagaimana Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pembangunan dan biaya OM tipikal unit bangunan biofilter melalui proses pengendapan

1.3 Tujuan

1. Memperoleh desain bangunan Tipikal unit Biofilter melalui proses sedimentasi di Perumahan Dian Regency Surabaya
2. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pembangunan dan biaya OM tipikal unit biofilter melalui proses pengendapan

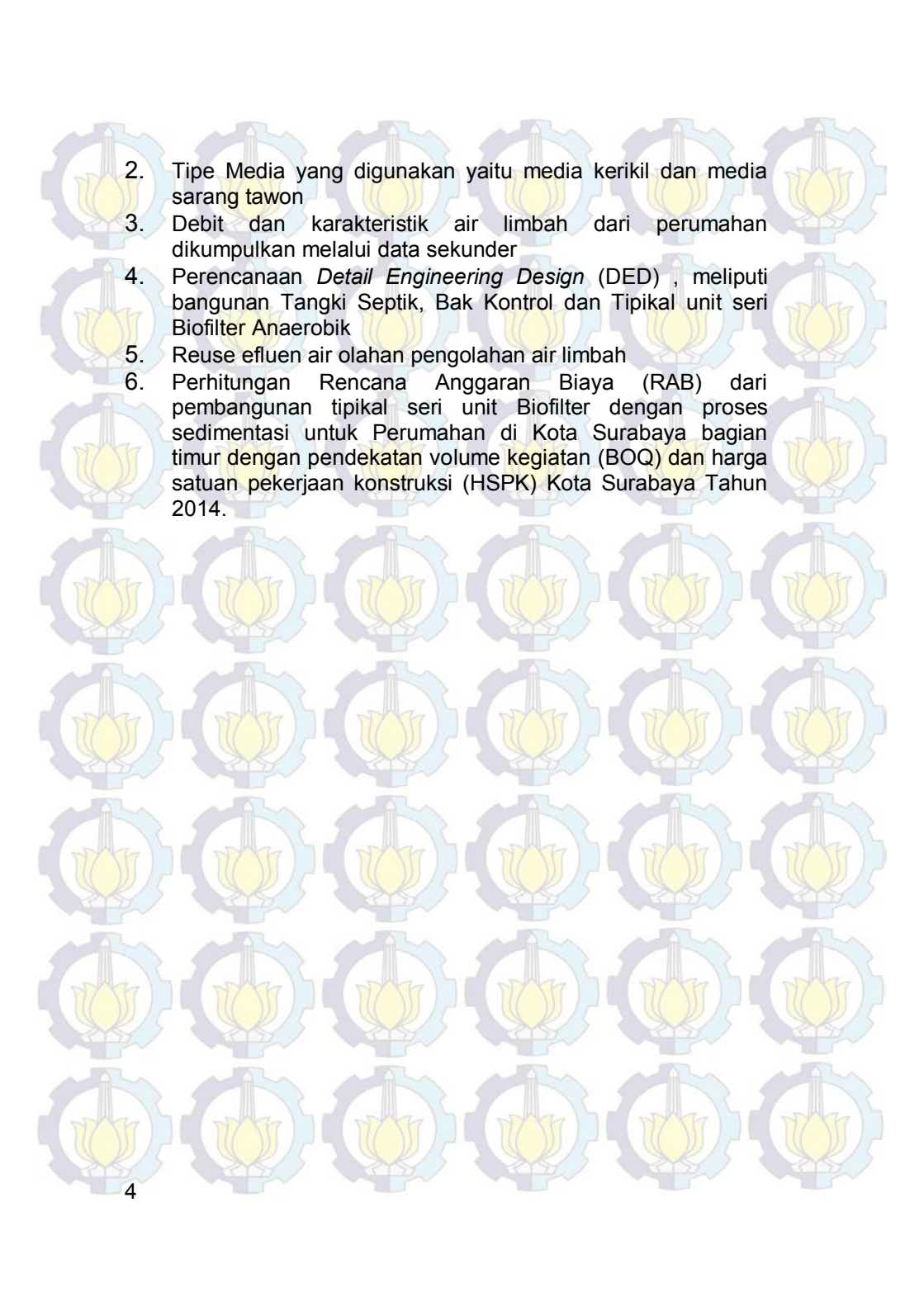
1.4 Manfaat

1. Memberikan hasil perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) dan gambar-gambar tipikal unit seri Biofilter dengan proses sedimentasi yang digunakan serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan ditambah dengan perhitungan perkiraan biaya OM kepada manajemen perumahan, sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk pemilihan unit pengolah air limbah.
2. Membantu masyarakat dalam mempertimbangkan pengolahan yang tepat dan efisien dalam mengolah air limbah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari dan diharapkan tipikal unit seri biofilter dengan proses pengendapan yang dibangun dapat beroperasi secara maksimal sehingga efluen yang dibuang memenuhi baku mutu effluent sehingga tidak menimbulkan dampak ke lingkungan
3. Membantu Pemerintah Kota/Kabupaten dalam mensosialisasikan tipikal unit Biofilter melalui proses sedimentasi kepada masyarakat maupun perumahan baru supaya memperoleh gambaran pentingnya pengolahan air limbah sebelum dibuang ke selokan/sungai dan memberikan gambaran tentang unit-unit yang sesuai untuk mengolah air limbah karkarakteristik perumahan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan dalam perencanaan ini adalah :

1. Lokasi Perencanaan dilaksanakan di Perumahan Dian Regency Sukolilo Surabaya dengan tipikal rumah ukuran 49, ukuran 79, dan ukuran 129.

- 
2. Tipe Media yang digunakan yaitu media kerikil dan media sarang tawon
 3. Debit dan karakteristik air limbah dari perumahan dikumpulkan melalui data sekunder
 4. Perencanaan *Detail Engineering Design* (DED) , meliputi bangunan Tangki Septik, Bak Kontrol dan Tipikal unit seri Biofilter Anaerobik
 5. Reuse efluen air olahan pengolahan air limbah
 6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari pembangunan tipikal seri unit Biofilter dengan proses sedimentasi untuk Perumahan di Kota Surabaya bagian timur dengan pendekatan volume kegiatan (BOQ) dan harga satuan pekerjaan konstruksi (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2014.

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). Penurunan kualitas air sungai dapat dikenali dengan perubahan fisik pada air yaitu badan air yang berwarna kecoklatan hingga berwarna hitam. Perubahan tampak fisik pada air terjadi menimbulkan estetika dan pemandangan yang buruk dan dapat dilihat sehari-hari di permukiman.

Pada umumnya, limbah domestik maupun limbah industri masih mengandung pencemart yang berbahaya dibuang ke lingkungan. Pencemar pada air limbah domestic maupun industri mengandung zat organik, N, dan P, logam toksik, minyak, dan zat lainnya yang akhirnya dibuang ke saluran/selokandan berakhir di sungai. Pencemar ini dapat mengakibatkan penipisan/penurunan kandungan oksigen yang terlarut dalam air karena terjadi reaksi oksidasi zat organik oleh oksigen. Air limbah tersebut juga menyebabkan kerusakan bahkan matinya habitat sungai serta mengakibatkan timbulnya masalah kesehatan bagi masyarakat yang menggunakan air sungai tersebut untuk keperluan hidup sehari harinya seperti memanfaatkan MCK (Mandi, Cuci, dan Kakus). Tingkat pencemaran air sungai maupun air laut yang tinggi akan dapat menyebabkan ekosistem dan habitat air sungai menjadi rusak bahkan mengalami kematian.

Air limbah domestik memberikan efek yang cukup besar terhadap penurunan kualitas badan air, karena air limbah domestik masih mengandung zat organik, N, dan P serta zat pencemar lain. Kegiatan pertanian yang menggunakan pupuk dan pestisida berlebih juga dapat mencemari air permukaan. Demikian pula, air limbah yang mengandung fosfat dapat memicu pertumbuhan gulma air seperti ganggang dan enceng gondok. Dengan demikian diperlukan upaya-upaya untuk mengurangi besarnya dampak pencemaran air dengan memanfaatkan teknologi untuk mengolah air limbah atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan yang lainnya, akan tetapi pencemaran masih saja tetap terjadi seperti pada Gambar 2.1 berikut



Air limbah Deterjen



Air Limbah dari Akar wangi



Sampah



Eutrofikasi

Gambar 2.1 Pencemaran Air Permukaan Akibat Air Limbah (Andrianjati, Word Presss.com dalam Karnaningroem, dkk 2012)

2.2 Air Limbah Domestik

Air Limbah domestik yang dihasilkan oleh masyarakat umumnya dari kegiatan dari dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu mengandung dari campuran dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat, sisa-sisa bahan-bahan larutan dalam keadaan terapung dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid (Martopo, 1987). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman

(*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Pada prinsipnya, limbah yang terbuang ke lingkungan tersebut merupakan limbah yang terbuang dari kegiatan suatu sumber hasil manusia maupun proses-proses alam yang tidak layak untuk dibuang. Menurut sumbernya limbah dapat dibagi menjadi tiga yaitu : (a) limbah domestik (rumah tangga) yang berasal dari perumahan, perdagangan, dan rekreasi; (b) limbah industri; dan (c) limbah rembesan dan limpasan air hujan. Sesuai dengan sumbernya maka limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi bergantung kepada bahan dan proses yang dialaminya (Sugiharto, 1987). Proses penanggulangan pencemaran air yang disebabkan limbah masyarakat sangatlah rumit. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya jumlah penduduk maka limbah yang dihasilkan akan semakin besar, di sisi lain kemampuan *self purification* badan air memiliki Penanggulangan pencemaran limbah domestik, terutama yang berasal dari rumah tangga sangatlah pelik. Di satu sisi jumlah limbah terus bertambah dengan naiknya jumlah penduduk, di sisi lain kemampuan *self purification* dan tempat pembuangan sampah makin terbatas serta rendahnya pendidikan dan kebiasaan menggunakan air tercemar dalam kegiatan sehari-hari (Soemarwoto, 1983).

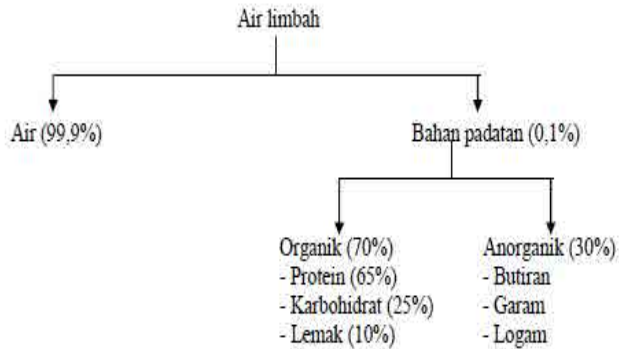
Limbah domestik yang masuk ke perairan dibawa dan terbawa oleh air selokan atau air hujan. Bahan pencemar yang terbawa antara lain feses, urin, sampah dari dapur (plastik, kertas, lemak, minyak, sisa-sisa makanan), pencucian tanah dan mineral lainnya. Perairan yang tercemar sangat berat ditandai dengan peningkatan jumlah mikroorganisme yang tinggi, timbulnya bau busuk, terdapatnya busa dan warna air yang kecokelatan atau bahkan berwarna hitam, dan BOD COD yang tinggi (Mutiara, 1999). Akibat yang ditimbulkan oleh limbah dapat bersifat langsung dan tidak langsung. Bersifat langsung dapat diketahui dengan penurunan atau peningkatan "temperatur dan pH" yang akan menyebabkan terganggunya sifat fisik-kimia yang akan berdampak terhadap keberlangsungan hidup hewan maupun tumbuhan di perairan. Bersifat tidak langsung dapat diketahui dengan tingkat oksigen yang semakin turun dengan pembuangan limbah ke badan air. Dalam proses perombakan

limbah diperlukan oksigen yang ada di sekitarnya, akibatnya daerah pembuangan limbah kekurangan oksigen (Kasmidjo, 1991).

Limbah cair ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu limbah cair kakus yang umum disebut *black water* dan limbah cair dari mandi-cuci yang disebut *grey water*. *Black water* oleh sebagian penduduk dibuang melalui *septik tank*, namun sebagian dibuang langsung ke sungai, sedangkan *gray water* hampir seluruhnya dibuang ke sungai-sungai melalui saluran (Mara, 2004).

Setiap manusia rata-rata dapat mengeluarkan 125-250 gram limbah hitam (tinja dan air kencing) per hari, sehingga ribuan ton limbah hitam diproduksi setiap harinya. Di luar jumlahnya, limbah hitam mengandung empat komponen berbahaya : mikroba (seperti bakteri *Salmonella typhi* penyebab demam tifus dan bakteri *cholera*, *hepatitis A*, dan virus penyebab *pholio*), materi organik berupa sisa dan ampas makanan yang tidak tercerna dalam bentuk karbohidrat, enzim, lemak, mikroba dan sel-sel mati, telur cacing prevalensi anak cacangan dan nutrien yang umumnya merupakan senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) yang dibawa oleh sisa protein dan sel-sel mati. Zat organik *black* dan *grey water* akan mengalami proses dekomposisi yang memerlukan oksigen terlarut, sehingga dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam air limbah yang ditandai oleh warna air limbah kehitaman, berbusa, dan berbau busuk

Sesuai dengan sumber asalnya, air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat, tetapi secara garis besar zat yang terdapat di dalam air limbah dikelompokkan seperti skema pada Gambar 2.2. Gambar ini menjelaskan bagaimana komposisi air limbah pada umumnya, sdengan mengetahui komposisi limbah yang terdapat pada air limbah maka akan dapat lebih jelas diketahui proses pengolahan yang cocok untuk tipe limbah yang akan dijadikan sumber air pada pengolahan air limbah. Pada gambar tersebut sangat jelas bahwa air limbah terdiri dari 2 komponen yaitu air dan bahan padatan. Air pada airlimbah merupakan sumber yang akan diolah sedangkan bahan padatan yang dimaksud adalah bahan-bahan yang dapat mengendap dengan sempurna apabila kita destablisasi proses yang akan digunakan.



Gambar 2.2 Komposisi Komponen Penyusun Air Limbah

Bahan polutan yang terkandung di dalam air buangan secara umum dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori, yaitu bahan terapung, bahan tersuspensi dan bahan terlarut. Selain dari tiga kategori tersebut, masih ada lainnya yaitu panas, warna, rasa, bau dan radioaktif. Menurut sifatnya tiga kategori bahan polutan tersebut dapat dibedakan sebagai yang mudah terurai secara biologi (*biodegradable*) dan tidak mudah terurai secara biologi (*non biodegradable*). Adapun karakteristik limbah domestik menurut Mara (2004) dengan beban limbah cair hubungan dengan BOD5 dan COD disajikan pada Tabel 2.1 dan menurut Metcalf & Eddy (1979) pada Tabel 2.2

Tabel. 2.1 Kualitas BOD dan COD pada Negara Tropis

Beban	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
Lemah	<200	<400
Medium	350	700
Kuat	600	1000

Sumber: Mara, 2004

Tabel 2.2 Konsentrasi Air Limbah Domestik Campuran

Parameter	Konsentrasi (mg/liter)	
	Kisaran	Rata-rata
Padatan :		
- Terlarut	250 – 850	500
- Tersuspensi	100 – 350	220
- BOD	110 – 400	220
- COD	250 – 1000	500
- TOC	80 – 290	160
Nitrogen :		
- Organik	8 – 35	15
- NH ₃	12 – 50	25
Fosfor :		
- Organik	1 – 5	3
- Anorganik	3 – 10	5
- Chlorida	30 – 100	50
- Minyak dan Lemak	50 – 150	100
- Alkalinitas	50 – 200	100

Sumber : Metcalf & Eddy, 1979.

Menurut Hammer (1986), kualitas air limbah dari masing – masing kegiatan dapat bervariasi, namun rata- rata kualitas air limbah domestik adalah sebagai berikut :

- MLSS = 240 mg/L
- Total N = 35 mg/L
- MLVSS = 180 mg/L
- Total P = 10 mg/L
- BOD = 200 mg/L

Sedangkan air limbah domestik jenis *gray water* yang dibuang tanpa diolah, menurut Veenstra (1995), mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- BOD₅ = 110 – 400 mg/L
- COD = 150 – 600 mg/L
- TSS = 350 – 750 mg/L

- Tidak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan bahan kimia toksik.

Konsentrasi rata – rata untuk parameter tersebut menurut Sundstrom & Klei *dalam* Sugiharto (1987) adalah sebagai berikut :

- BOD₅ = 250 mg/L
- COD = 500 mg/L
- TSS = 500 mg/L

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 oC

Menurut Hindarko (2003), karakteristik air limbah domestik yang akan masuk ke dalam IPAL berdasarkan beberapa Proyek *Sewerage* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Kualitas *Inflow* IPAL beberapa Proyek *Sewerage*

Parameter	Surakarta	Tangerang	Carita Bay Resort Anyer
BOD (mg/L)	373	326	375
Total Nitrogen	756	652	867
TSS (mg/L)	350	412	465
(NH₃)	350	412	465
Feacal Colli (x10⁷)	5	6	8

Sumber : Hindarko, 2003

2.3 Parameter Pencemar Sungai/Saluran

a. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah oksigen (mg/L O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana oksidator yang digunakan adalah K₂Cr₂O₇

atau KMnO_4 . Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam keadaan asam yang mendidih optimum. Perak sulfat (Ag_2SO_4) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air limbah. Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi maka zat pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ masih harus tersisa sesudah direfluks. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang tersisa menentukan berapa besar oksigen yang telah terpakai. Sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan ferro ammonium sulfat (FAS). Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah. Sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam larutan blanko adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dioksidasi oleh $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Alaerts dan Santika, 1984).

b. DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) sering disebut kebutuhan oksigen (*Oxygen demand*) adalah merupakan salah satu parameter penting dalam menganalisis kualitas air. Nilai DO yang diukur biasanya dalam bentuk konsentrasi yang menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu, kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Oksigen yang berada di dalam air, memainkan peranan dalam menguraikan komponen-komponen kimia menjadi komponen yang lebih sederhana. Oksigen juga memiliki kemampuan untuk beroksidasi dengan zat pencemar seperti: komponen organik sehingga zat pencemar tersebut tidak membahayakan.

c. pH dan Bau

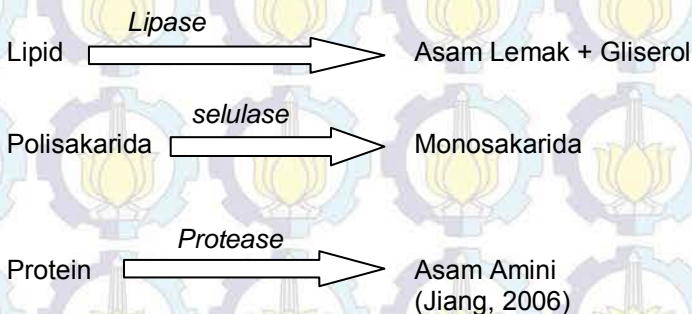
Bau dapat dijadikan suatu petunjuk apakah air limbah tersebut masih baru atau sudah lama. Air limbah yang masih baru masih berbau seperti tahu dan akan menjadi berbau asam setelah berumur lebih dari satu hari, selanjutnya akan berbau busuk. Bau tersebut berasal dari bau hidrogen sulfida dan amoniak yang berasal dari proses pembusukan protein serta bahan organik lainnya. Sedangkan perubahan pH pada air limbah menunjukkan bahwa telah terjadi aktivitas mikroba yang mengubah bahan organik mudah terurai menjadi asam.

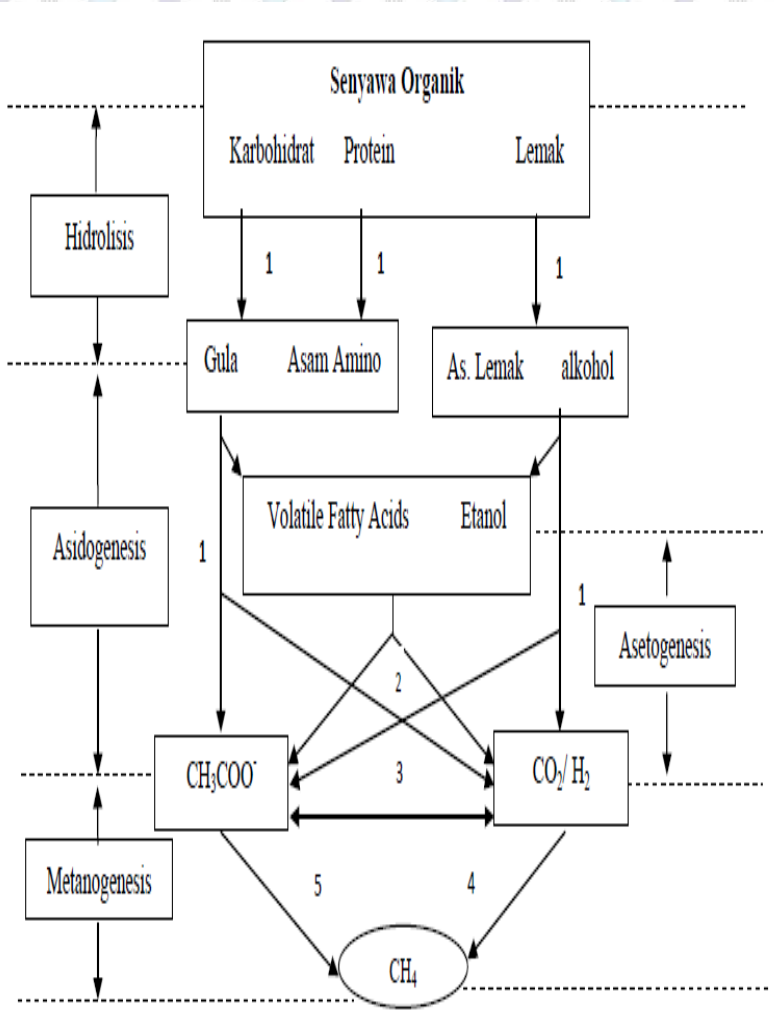
2.4 Proses Pengolahan Limbah Secara Anaerobik

Proses anaerobik melibatkan penguraian senyawa organik dan anorganik oleh mikroorganisme tanpa adanya molekul oksigen bebas. Tahapan yang terjadi dalam proses perombakan senyawa organik menjadi gas metan ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Hidrolisis

Hidrolisis merupakan langkah awal dalam proses Anaerobik, dimana organo yang memiliki rantai kompleks (polimer) terdekomposisi menjadi senyawa yang memiliki rantai lebih pendek (mono dan oligomer). Selama proses hidrolisis, polimer seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan piridine. Mikroorganisme hidrolitik mengeskreasi enzim hidrolitik, mengkonversi biopolimer menjadi senyawa sederhana dan mudah larut seperti yang ditunjukkan di bawah ini:





Gambar 2.3 Konversi Bahan Organi Secara Anaerobik (Sumber : Jiang, 2006)

Keterangan:

1. Bakteri Fermentasi
2. Bakteri Asetogenik penghasil Hidrogen
3. Bakteri Asetogenik pengguna Hidrogen
4. Bakteri Metanogenik pereduksi Karbon
5. Bakteri *Metanogenic asetolastic*

Senyawa tidak larut seperti seluloas,protein, dan lemak dipecah menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek (senyawa monomer) dimana senyawa tersebut bersifat larut dalam air. Pemecahan ini terjadi karena mikroorganisme mengsekresikan *exo-enzyme* (enzim ekstraseluler) secara fakultatif oleh bakteri Anaerobik. Produk-prodek yang dihasilkan dari proses hidrolisis akan diuraikan lagi oleh mikroorganisme yang ada dan digunakan untuk metabolisme (Seadi et al, 2008)

Asidogenesis

Selama proses asidogenesis, produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis akan dikonversi oleh bakteri *acidogenic* (fermentasi) menjadi substrat bagi bakteri *methanogenic*. Gula sederhana, asam amino dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbon dioksida dan hidrogen (70%) juga menjadi asam lemak volatil (VFA) dan alkohol (30%) (Seadi et al, 2008). Tabel 2.4 memperlihatkan degradasi senyawa pada tahap asetogenesis.

Tabel 2.4 Proses Asidifikasi

Substrat	
Asam Propionat	$(\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$
Asam Butirat	$(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$
Asam Kapronik	$(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COO}^- + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 5\text{H}_2$
Karbon Dioksida	$2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
Gliserin	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
Asam Laktat	$\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$
Etanol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$

(Sumber : Deublein dan Steinhauster, 2008)

Produk Akhir dari proses aktivitas metabolisme bakteri sangat tergantung dari substrat yang masuk dan pada kondisi lingkungan sekitar. Bakteri yang terlibat dalam proses asidifikasi ini merupakan bakteri anaerobik dan bakteri penghasil asam yang dapat berkembang pada kondisi asam. Bakteri penghasil asam menciptakan suasana yang sesuai dengan metabolisme penghasil metan.

Asetogenesis

Asetogenesis merupakan proses perombakan senyawa asam yang tidak dapat langsung diubah menjadi metan oleh bakteri *methanogenic*, yang akan dikonversi menjadi substrat bagi bakteri *methanogenic* pada proses asetogenesis. VFA (*Volatile Fatty Acid*) merupakan senyawa organik yang memiliki rantai karbon lebih dari dua dan alkohol yang rantai karbonnya lebih dari satu akan teroksidasi menjadi asetat dan hidrogen. Pada fase methanogenesis, hidrogen akan dikonversi menjadi metan bersamaan dengan konversi karbondioksida. (Seadi et al, 2008)

Bakteri *asetogenic* merupakan bakteri penghasil Hidrogen. Bakteri *asetogenic* dan *methanogenic* hidup dalam simbiosis mutualisme. Bakteri *methanogenic* dapat melakukan proses metabolisme apabila tekanan hidrogen parsial yang lebih tinggi, sehingga harus terus menerus mengeluarkan produk dari metabolisme bakteri *asetogenic* dari substrat untuk menjaga tekanan parsial hidrogen pada tingkat yang rendah sehingga cocok untuk bakteri *asetogenic* (Deublein dan Steinhauser, 2008).

Methanogenesis

Pada proses methanogenesis akan dihasilkan produk berupa gas metan dan karbondioksida oleh bakteri *methanogenic*. Sebanyak 70% dari metan yang terbentuk berasal dari konversi asetat, sedangkan sisanya 30% merupakan konversi dari hidrogen (H₂) dan Karbondioksida (CO₂), menurut persamaan berikut





Metanogenesis merupakan langkah penting dalam proses Anaerobik karena pada proses ini merupakan proses paling lambat pada proses reaksi biokimia. Metanogenesis sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan berupa komposisi bahan baku, *feeding rate*, suhu, dan pH. Perubahan suhu atau masuknya oksigen ke dalam reactor dalam jumlah signifikan maka akan berakibat pada penghentian produksi metan (Seadi et al, 2008). Ketika pembentukan metana bekerja, fase asetogenesis juga bekerja tanpa masalah. Masalah yang mungkin terjadi apabila bakteri asetogenic hidup bersimbiosis bukan dengan bakteri methanogenic tetapi dengan organism lain dan menggunakan H_2 . Simbiosis bakteri asetogenic dapat terjadi dengan mikroorganisme pengurai sulfat menjadi hidrogen sulfide, sehingga terjadi persaingan dalam penggunaan hidrogen.

2.5 Alternatif Pengolahan yang Direncanakan

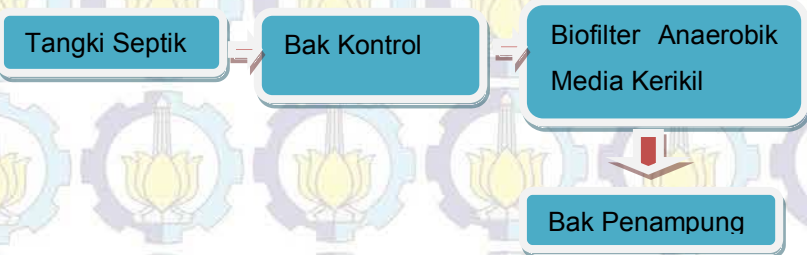
Perencanaan Pengolahan Air Limbah harus berdasarkan pada tujuan akhir yakni meningkatkan kualitas air buangan dari rumah tangga sehingga tidak mencemari lingkungan disekitarnya. Dalam hal ini, tugas akhir ini air olahan unit bangunan masih diperlukan untuk kebutuhan lainnya, dalam hal ini air efluen digunakan untuk menyiram tanaman.

Pada perencanaan parameter yang dijadikan dasar perencanaan adalah BOD, COD, dan TSS. Pemilihan ketiga parameter ini didasarkan atas parameter tersebut dapat mewakili sifat fisik dan biologis air limbah. BOD dan COD merupakan parameter yang paling bisa dianggap mempresentasikan kandungan organik di dalam air limbah sehingga kedua parameter ini yang sering digunakan sebagai tolak ukur kualitas air limbah, sedangkan TSS dapat mewakili sifat fisik dari air limbah yaitu dari tingkat kekeruhan air limbah. Pada dasarnya tingkat kekeruhan pada air limbah perlu diamati karena air limbah hasil olahan masih dipergunakan kembali untuk menyiram tanaman sehingga memerlukan tingkat kejernihan air limbah.

Pada dasarnya, apabila terjadi penurunan BOD dan COD pada unit bangunan pengolah air limbah maka secara otomatis

kadar TSS akan menurun (Hamid, 2014). Tetapi pada keadaan tertentu, air limbah yang terolah tidak menghasilkan kejernihan air limbah yang tinggi. Air limbah masih dapat bersifat keruh tetapi kadar COD dan BOD sudah menurun. Dengan demikian TSS merupakan parameter yang penting dalam mempertimbangkan kualitas air limbah yang terolah, karena air limbah masih dimanfaatkan kembali maka perlu diperhatikan dari segi kejernihan air limbah.

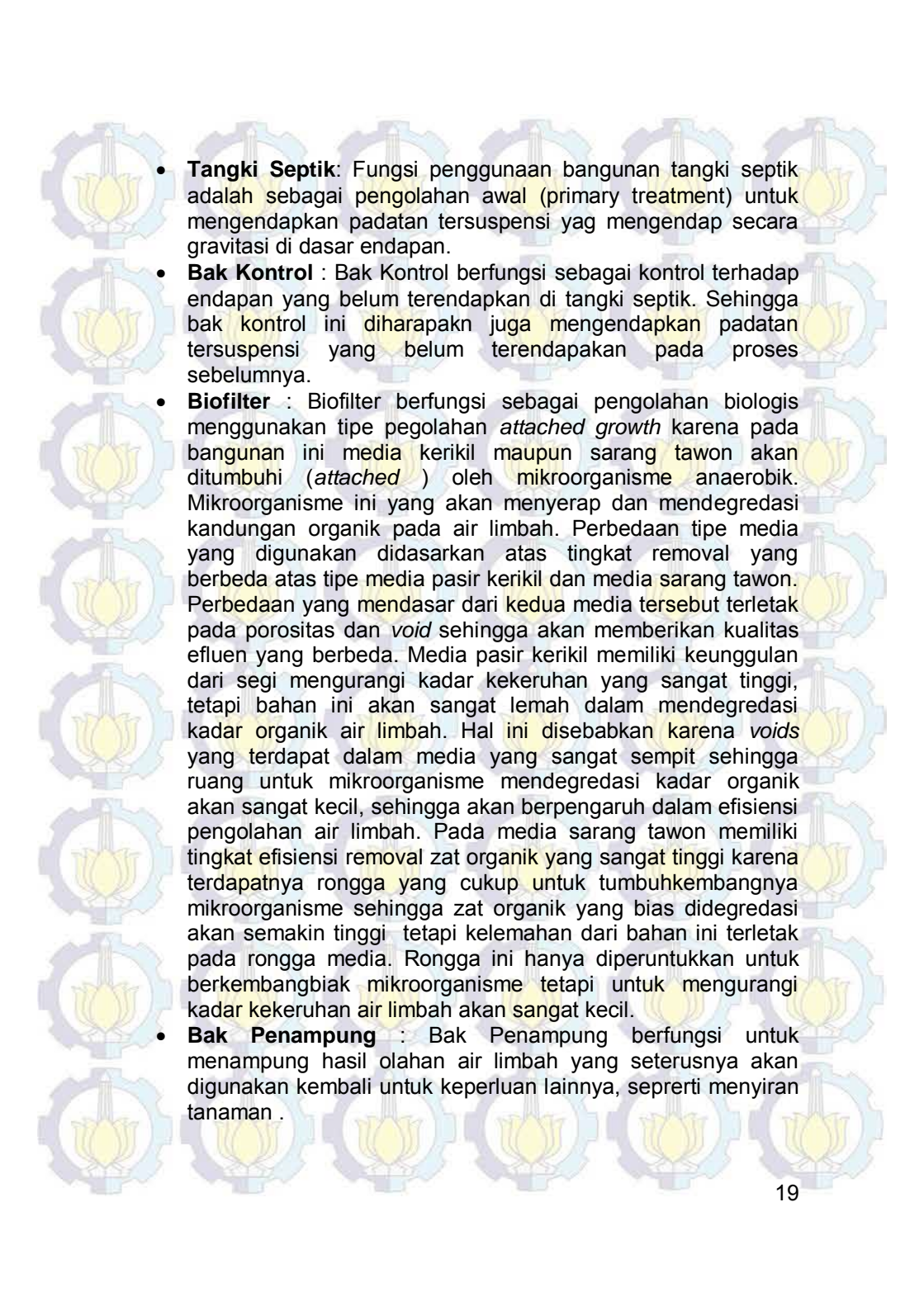
Pada Tugas Akhir ini dipilih alternatif pengolahan. Alternatif pengolahan dibedakan berdasarkan tipe media yang berbeda. Media Pasir Kerikil dan media plastic sarang tawon akan memberikan kualitas air limbah yang berbeda. Diharapkan dengan perbedaan media pada bangunan pengolah akan memberikan kelebihan dan kekurangan dari segi teknis maupun ekonomis. Alternatif pengolahan yang akan digunakan pada pengolahan air limbah domestik perumahan ini adalah



Gambar 2.4 Alternatif Pengolahan 1



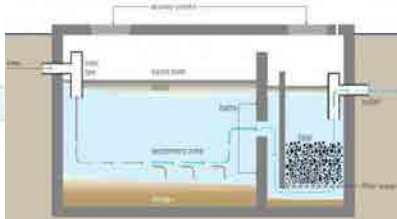
Gambar 2.5 Alternatif Pengolahan 2

- 
- **Tangki Septik:** Fungsi penggunaan bangunan tangki septik adalah sebagai pengolahan awal (primary treatment) untuk mengendapkan padatan tersuspensi yang mengendap secara gravitasi di dasar endapan.
 - **Bak Kontrol :** Bak Kontrol berfungsi sebagai kontrol terhadap endapan yang belum terendapkan di tangki septik. Sehingga bak kontrol ini diharapkan juga mengendapkan padatan tersuspensi yang belum terendapkan pada proses sebelumnya.
 - **Biofilter :** Biofilter berfungsi sebagai pengolahan biologis menggunakan tipe pengolahan *attached growth* karena pada bangunan ini media kerikil maupun sarang tawon akan ditumbuhi (*attached*) oleh mikroorganisme anaerobik. Mikroorganisme ini yang akan menyerap dan mendegradasi kandungan organik pada air limbah. Perbedaan tipe media yang digunakan didasarkan atas tingkat removal yang berbeda atas tipe media pasir kerikil dan media sarang tawon. Perbedaan yang mendasar dari kedua media tersebut terletak pada porositas dan *void* sehingga akan memberikan kualitas efluen yang berbeda. Media pasir kerikil memiliki keunggulan dari segi mengurangi kadar kekeruhan yang sangat tinggi, tetapi bahan ini akan sangat lemah dalam mendegradasi kadar organik air limbah. Hal ini disebabkan karena *voids* yang terdapat dalam media yang sangat sempit sehingga ruang untuk mikroorganisme mendegradasi kadar organik akan sangat kecil, sehingga akan berpengaruh dalam efisiensi pengolahan air limbah. Pada media sarang tawon memiliki tingkat efisiensi removal zat organik yang sangat tinggi karena terdapatnya rongga yang cukup untuk tumbuhkembangnya mikroorganisme sehingga zat organik yang bias didegradasi akan semakin tinggi tetapi kelemahan dari bahan ini terletak pada rongga media. Rongga ini hanya diperuntukkan untuk berkembangbiak mikroorganisme tetapi untuk mengurangi kadar kekeruhan air limbah akan sangat kecil.
 - **Bak Penampung :** Bak Penampung berfungsi untuk menampung hasil olahan air limbah yang seterusnya akan digunakan kembali untuk keperluan lainnya, seperti menyirani tanaman .

2.6 Biofilter Anaerobik

Biofilter adalah reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan *biofilm (attached growth)* (Slamet dan Masduqi, 2000). Pengembangan konsep ini dilakukan dengan cara merendam media filter dalam air secara terus menerus.

Biofilter Anaerobik terdiri atas tangki kedap air yang mempunyai beberapa lapisan media yang terendam, yang menyediakan area permukaan untuk mengendap. Aliran air limbah biasanya melewati filter dari bawah ke atas (*up-flow*) yang akan bertemu dengan biomassa yang terlekat pada filter dan akan terjadi degradasi anaerobik (Morel dan Diener, 2006). Biofilter Anaerobik digunakan untuk air limbah dengan prosentase padatan tersuspensi (*Suspended Solid/SS*) yang rendah dan rasio COD/BOD yang kecil. AF cocok digunakan untuk limbah domestik dan limbah industri yang mengandung SS rendah. Pengolahan awal dengan pengendap atau septik tank diperlukan untuk menyisihkan padatan berukuran besar sebelum masuk ke filter (Sasse, 1998)

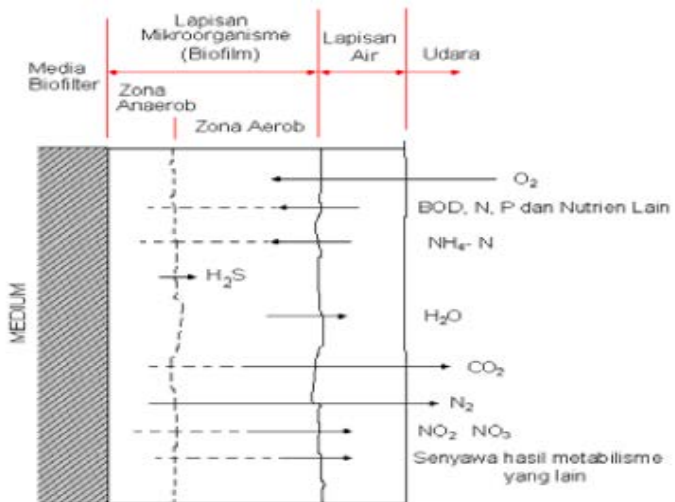


Gambar 2.6 Unit AF sederhana yang terintegrasi dengan ruang septik tank. (Sumber: Tilley *et al*, 2008 dalam Hamid, 2014)

Menurut Lim dan Grady (1980), mekanisme yang terjadi pada reaktor biologis dengan metode pelekatan mikroorganisme adalah:

1. Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrisi dari fasa liquid ke fasa biofilm
2. Transportasi mikroorganisme dari fase liquid ke fase biofilm
3. Adsorpsi yang dilakukan mikroorganisme di dalam lapisan biofilm yang bertujuan sebagai sumber nutrisi bagi perkembangbiakan mikroorganisme

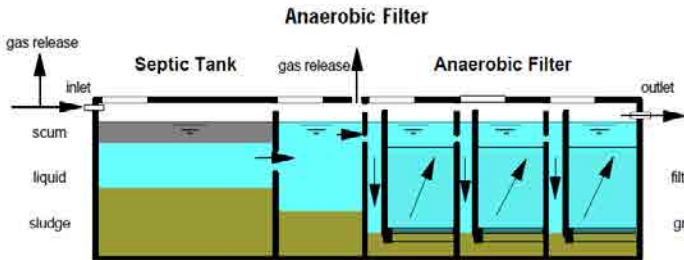
4. Terjadi reaksi metabolisme yang terjadi di lapisan biofilm sehingga memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, dan berujung kematian sel.
5. Penempelan dari sel, yaitu terjadi pada saat biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi secara kontinyu dan bertahap pada lapisan biofilm
6. Mekanisme pelepasan (*detachment*) dan produk lainnya



Gambar 2.7 Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm (Arvin dan Herrmoes, 1990)

Dalam beberapa penelitian telah diuji coba bahwa filter terendam dan level muka air harus mampu menjamin terendamnya filter sedikitnya 30 cm untuk menjamin kondisi filter selalu terendam (Morel dan Dinier, 2006). Dengan system up-flow, ukuran media filter semakin menurun dari bawah ke atas. Ukuran media filter tipikal berkisar antara 12 sampai 55 mm. direkomendasikan filter terdiri atas 2 atau 3 lapisan dengan kedalaman minimum 0.8 sampai 1.2 meter (Sperling dan Chernicharo, 2005) Umumnya, AF sederhana dimulai dengan layer pertama yang diisi dengan material batu berukuran besar

(5-15 cm), yang diletakkan pada lempengan beton berlubang sekitar setengah meter di atas tanah sejajar dengan arah aliran (Sasse, 1998). Pada bagian bawah filter harus dipasang pipa agar mempermudah pencucian media dan pengurasan lumpur.



Gambar 2.8 Proses Pengolahan (Sasse, 1998)

Kualitas pengolahan AF dilaporkan mencapai 50 sampai 90% removal BOD merujuk pada influen (Sasse, 1998; Morel dan Dinier, 2006). Removal Total Suspended Solids (TSS) dapat mencapai 50 sampai 80%; removal total nitrogen mencapai 15% dan total coliform mencapai 1 hingga 2 log unit (Morel dan Dinier, 2006). Hydraulic Retention Time (HRT) yang sesuai dengan volume tangki sebaiknya pada kisaran 1.5 dan 2 hari untuk pengendapann awal black water (Sasse, 1998) dan 0.7 sampai 1.5 hari untuk greywater (Morel dan Dinier, 2006). Untuk limbah cair domestic, volume konstruks AF (massa filter dan kondisi kosong) diperkirakan 0.5 m³/kapita, untuk unit yang lebih kecil dapat menjadi 1 m³/kapita (Sasse, 1998).

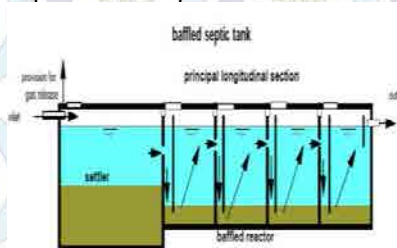
Media *Biofilter* secara umum berupa material organik atau material anorganik, seperti misalnya media dari bahan anorganik misalnya, batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, dan lain-lain. Dan biasanya untuk media *Biofilter* dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan menjadi semakin besar pula.

Reaktor dengan pertumbuhan mikroorganisme melekat pada suatu media (*attached growth*) adalah merupakan salah satu jenis pengolahan air limbah yang paling awal digunakan. Lekatan ini biasa disebut dengan *biofilm*. *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). Terbentuknya *biofilm* adalah 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.

2.6.1 Proses Pengolahan dan Prinsip Dasar Desain

Anaerobik filter berbeda dengan septik tank yang juga mencakup pengolahan padatan terlarut dan tidak mengendap dengan cara melakukan kontak dengan massa bakteri aktif yang terdapat di media filter, yang akan menguraikan material organik dengan waktu simpan (retention time) yang rendah. Prinsip kerjanya hampir sama dengan ABR dimana kontak dapat terjadi dengan mengalirkan air limbah dari ke bagian bawah dari system *up-flow* yang nanti akan langsung bertemu dengan biomassa yang mengendap dalam lumpur.



Gambar 2.9 Proses Desain (Sasse, 1998)

Bakteri Anaerobik merupakan mikroorganisme yang berfungsi untuk penguraian yang cenderung melekatkan diri di dinding atau padatan lain dalam unit pengolah air limbah. Pada Anaerobik Filter, media filter seperti kerikil, batu, arang, atau lembaran plastik buatan merupakan area tambahan bagi bakteri untuk mengendap (Sasse, 1998). Semakin luas permukaan

bakteri untuk tumbuh maka proses penguraian semakin cepat. Sebuah media filter yang baik menyediakan 90 sampai 300 m² area permukaan dari volume okupansi reaktor (Sasse 1998; Morrel 2006). Permukaan yang kasar menyediakan lahan yang lebih besar, setidaknya di awal fase. Kemudian, biofilm yang tumbuh pada massa filter dengan cepat menutup lubang-lubang yang lebih kecil (Sasse, 1998).

2.7 Tipe Media yang Digunakan

2.7.1 Batuan dan Kerikil


Batuan kerikil merupakan media bersifat anorganik dengan berbagai ukuran. Pada dasarnya media ini sudah digunakan dalam pengolahan air limbah sejak abad 19. Media ini masih digunakan karena murah dan relatif mempunyai luas permukaan spesifik tinggi. Batu dan kerikil bersifat inert dan tidak pecah dengan kekuatan mekanikal yang baik, serta bahan tersebut mempunyai sifat kebasahan yang tinggi.

Tabel 2.5 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter

No	Jenis Media	Luas permukaan spesifik (m ² /m ³)
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon (<i>honeycomb modul</i>)	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80-150
5	Bio-ball (random)	200-240

Media yang digunakan adalah media kerikil yang mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Porositas = 0,5
 - Bentuk = angular
 - Sphericity = 0,78
 - Faktor bentuk = 7,7
 - Diameter rata-rata = 2,025 cm
- (sumber : Notodarmojo, dkk. 2004)



Disamping kelebihan media batuan dan kerikil dari segi biaya dan relatif mudah didapatkan, tetapi media ini cenderung memiliki kelemahan dari segi fraksi volume dan rongganya sangat rendah dan berat. Akibat dari fraksi volume rongga rendah jenis media ini mudah terjadi penyumbatan. Untuk mencegah penyumbatan, jumlah ruangan diantara kerikil harus relative besar. Secara umum diameter celah bebas sebanding dengan ukuran kerikil. Tetapi luas permukaan spesifik berbanding terbalik dengan ukuran kerikil. Apabila kita menggunakan media kerikil dengan ukuran yang besar untuk mencegah terjadinya penyumbatan, maka luas permukaan spesifik menjadi kecil. Dengan luas permukaan spesifik yang kecil, maka volume reactor yang diperlukan untuk tempat media menjadi besar.

Kelemahan lain dari media kerikil adalah masalah berat. Batu kerikil mempunyai berat jenis yang cukup besar, sehingga jika digunakan sebagai media biofilter akan memerlukan konstruksi reactor, penyangga dan sistem pengeluaran di bagian bawah yang kuat untuk menyangga beban media. Selain itu media kerikil relative merupakan media biofilter permanen, dan sulit untuk dipindahkann. Akibatnya biaya pemeliharaan menjadi besar dan biaya konstruksi menjadi mahal.

Pada dasarnya penggunaan metode ini cenderung ditinggalkan karena segi kelemahan yang pada dasarnya susah untuk ditanggulangi, maka penggunaan media biofilter menggunakan media batuan dan kerikil banyak diganti dengan media batu apung, karbon aktif, dan keramik berpori. Bahan-bahan tersebut mempunyai luas permukaan yang besar. Permasalahan yang timbul adalah akibat pengoperasian biofilter dalam jangka waktu yang lama Banyak usaha yang telah dilakukan untuk menanggulangi masalah kekurangan biofilter dengan media kerikil. Pada dasarnya media-media ini sangat efektif dalam perkembangan mikroorganisme di media karena luas spesifik yang relative besar dan porositas media yang lebih tinggi. Selain dari segi perkembangan bakteri pada media, bahan ini juga dapat dapat menahan nutrient. Walaupun media kerikil ini mempunyai luas permukaan yang besar, namun hanya sebagian kecil fraksi dari permukaan are yang dapat digunakan untuk tumbuhnya bakteri Anaerobik.



Gambar 2.10 Media kerikil dan batu pecah

2.7.2 Media Terstruktur (*Structured Packing*)

Media terstruktur umumnya digunakan untuk keperluan sebagai media karena media ini memiliki semua karakteristik yang ada pada media "ideal". Pada penelitian-penelitian telah digunakan sebelumnya media ini sebagai tempat bertumbuhkembangnya mikroorganisme di dalam air limbah. Media ini sangat baik dalam pengolahan limbah disebabkan tingginya porositas bahan media, sehingga akan cukup ruang untuk berkembangnya mikroorganisme pendegradasi polutan pencemar air. Media ini telah diproduksi secara massal, karena permintaan akan media ini sangatlah tinggi karena telah terbukti pada penelitian dan perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya berhasil dalam mendegradasi polutan pencemar lingkungan. Hal ini disebabkan karena rongga pada media ini yang menyebabkan keberhasilan media ini dalam mendegradasi polutan tersebut dengan pelekatan mikroorganisme di dalam media, dengan tingginya ruang (*space*) di dalam media sehingga mikroorganisme akan lebih mudah berkembangbiak dan media ini juga tidak mudah tersumbat sehingga tidak diperlukan pencucian yang tinggi. Salah satu contoh spesifikasi media terstruktur tipe sarang tawon dapat dilihat pada tabel 2.5 Sedangkan bentuk media dapat dilihat pada gambar 2.5

Tabel 2.6 Kriteria Spesifik Media Sarang Tawon

Tipe	Sarang tawon, cross flow
Material	PVC
Ukuran Modul (cm)	30 x 25 x 30
Ketebalan	0.5 mm
Luas Spesifik	150-220 m ² /m ³
Berat	30-35 kg/m ³
Porositas rongga	0.98
Warna	Bening Transparan atau Hitam

Media terstruktur biasanya menggunakan bahan berupa lembaran PVC (*Polivinil Chlorida*) yang dibentuk dalam kondisi vakum. Pembentukan dengan cara vakum kontinyu adalah proses otomatis kecepatan tinggi yang dapat memproduksi material dalam jumlah besar. Kelebihan dari penggunaan bahan PVC diproduksi secara massal dikarenakan harga lebih murah per unit luas permukaan dibandingkan pencetakan secara injeksi. PVC relative merupakan resin murah dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan PP atau HDPE. PVC pada awalnya bersifat *hydrophobic* namun biasanya menjadi basah atau mempunyai sifat kebasahan yang baik dalam waktu satu atau dua minggu.



Gambar 2.11 Bentuk media terstruktur tipe sarang tawon (cross flow) yang digunakan pada biofilter

Lembaran-lembaran PVC dibentuk berbentuk blok segi empat yang memungkinkan terbentuknya aliran *cross corrugated packing* yang memungkinkan aliran mengalir sepanjang dua axis. Hampir semua media terstruktur digunakan untuk biofilter adalah jenis aliran silang (*cross crossflow*).

2.8 Tangki Septik Dan Resapan (*On Site*)

Tangki Septik Berdasarkan SNI 03 –2398- 2001 adalah suatu ruangan kedap air/ beberapa kompartemen yang berfungsi menampung & mengolah air limbah rumah tangga dengan kecepatan alir lambat, sehingga memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap suspensi benda-benda padat & penguraian bahan organik oleh jasa dan aerobik membentuk bahan larut air & gas.

Tangki septik dapat disusun dengan sistem kombinasi yaitu: anaerobik dan aerobik, yang terbuat dari bahan bangunan yang tahan terhadap asam dan harus kedap air. Sedangkan untuk pipa aliran masuk dan aliran keluar pada tangki septik disesuaikan dengan ketentuan SNI yang berlaku. Demikian pula untuk pipa udara (pipa *vent*) sesuai dengan ketentuan serta dilengkapi dengan bidang resapan.

Sumur resapan air memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah untuk meminimalisir terjadinya banjir saat musim penghujan. Selain itu juga berguna untuk 'menanam air' ke dalam tanah. Bayangkan jika keseluruhan lahan rumah Anda tertutup dengan lahan terbangun atau material yang tidak dapat menyerap air, pastilah saat hujan turun akan sedikit sekali bahkan tidak ada air yang meresap ke dalam tanah, sehingga air akan mengalir dan terbuang begitu saja. Namun dengan adanya sumur resapan air, persediaan air bersih di dalam tanah dapat bertambah saat musim penghujan dan dapat dimanfaatkan saat musim kemarau. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.12 Susunan IPAL sesuai SNI

2.9 Penelitian Terdahulu

“Dengan menggunakan reactor dengan ukuran 62x20x40 cm dengan volume efektif 50 Liter dan reactor dibuat dari bahan acrilix (plexyglass). Reaktor dibagi menjadi beberapa zona yakni ruang pengendapan awal, zona anerob, zona aerob dan ruang pengendap akhir. Dari penelitian didapatkan konsentrasi COD berkurang rata-rata 74.4%-92.8%, konsentrasi BOD berkurang kira-kira 82.2%-98.96% dan konsentrasi ammonia berkurang rata-rata 48.5% dengan waktu tinggal 1 hari” (Idaman, 2012)

“Untuk meningkatkan kinerja *trickling filter* efisiensi, biofilter media tercelup dikembangkan dan diaplikasikan dalam mengolah air sungai dengan polusi tinggi. Media yang digunakan *porous coal fly ash* dan patahan keramik, dengan HLR 4.0-5.0 m³/m².hari didapatkan hasil persentase removal masing-masing dari parameter COD, ammonium (NH₄-N), dan Total Nitrogrn (TN) adalah 80%, 85% dan 60% dengan C/N rasio adalah 6-10. (Zhaoqian, 2012)

“Area urban di Vietnam umumnya menggunakan tangki septik fasilitas pengolahan air limbah *on-site*. Penelitian ini membandingkan *baffled Septik Tank* (BAST) dengan atau tanpa *Anaerobik Filter* (BASTAF). Penelitian ini menghasilkan efisiensi BOD, COD, dan TSS bekisar 80-90% tanpa adanya *Anaerobik Filter* dan peningkatan dapat dicapai dengan tambahan 10% efisiensi apabila menambahkan pengolahan *Anaerobik Filter* . Penelitian ini mendesain BAST dan BASTF dengan HRT 2 hari. (Nguyen, 2007)

“Dengan menetapkan debit limbah domestic dan kriteria desain dari bangunan biofilter maka konsentrasi maksimum yang dapat dicapai maksimum untuk BOD dan TSS maksimum adalah 88.5% dan 98.99% (Razak, 2010)

“*Anaerobik Digestion* adalah alternatif pengolahan untuk pengolahan limbah domestic untuk daerah iklim panas. Penelitian ini dibuat pada keadaan OLR rendah (<2.0 kgCOD/m³.hari). Penelitian ini menghasilkan bahwa untuk mengolah limbah maka



OLR dijaga pada 1.7 kgCOD/m^3 .hari sehingga menghasilkan kondisi effluent yang paling baik. (Da Silva, 2013)

“Reaktor down-flow hanging sponge (DHS) merupakan salah satu system pengolahan biologis attached growth reactor yang dapat digunakan mengolah air limbah domestic. Penelitian ini menghasilkan persentase removal untuk konsentrasi BOD adalah 73.1%, COD 65%, TSS 90.7% dan Amonia 75.69% dengan penggunaan HRT selama 4 jam” (Katrina, 2012)

“Faktor penyebab adanya pencemaran air tanah adalah penggunaan tangkis septik sehingga perlu penanganan lebih lajut. Konsep High Performance Biofiltration (HPB) merupakan pengembangan intermittent sand filter (ISF), dengan menggunakan konsep tersebut maka persentase removal zat organik dapat mencapai 83.8% dengan waktu cycling 8 menit, rasio kedalaman per diameter adalah 16 dan volume feeding dose adalah 450 ml/jam (Abdul, 2008)

BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Ide Studi

Perencanaan IPAL ini disusun berdasarkan pada kasus banjir yang sering melanda perkotaan pada saat musim hujan tiba. Selain itu perencanaan ini juga mengacu realita yang ada bahwa aktivitas rumah tangga yang hampir seluruhnya menyalurkan *grey water dan black water* ke sungai atau saluran di sekitar permukiman dan lebih tepatnya dibuang ke got depan rumah. Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk mempertahankan kualitas air pada sungai/saluran dan untuk menciptakan suatu teknologi pengolahan air limbah serta menuju terciptanya *eco-drainase/eco-river* yang ramah lingkungan. Dengan demikian, perencanaan IPAL pada tugas akhir ini dapat diharapkan menjadi acuan bagi penetapan tipe pengolahan air limbah rumah tangga (grey dan black water) pada setiap kawasan yang berbeda.

Perencanaan IPAL ini dilaksanakan di Perumahan Dian Regency 2 Keputih Surabaya. Pertimbangan pengambilan lokasi ini dikarenakan Perumahan ini masih menggunakan septik konvensional tanpa pengolahan lanjutan, sehingga diharapkan tugas akhir ini dapat menjadi suatu opsi bagi manajemen perusahaan. Gambar 3.1 merupakan lokasi perencanaan perencanaan.



Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan(Sumber :Google maps)

3.1.1 Penentuan Konsentrasi Limbah Campuran Domestik

Pada tugas akhir ini, untuk mengetahui karakteristik kualitas air limbah yang dihasilkan dilakukan dengan pengambilan data sekunder. Pengambilan data sekunder diambil dari penelitian Polprasert dan Rajput, 1987 di *urban area* di Bangkok, Thailand. Pengambilan data sekunder di Bangkok didasarkan atas konsumsi air dan makanan dianggap sama, sehingga dapat dipakai untuk kondisi Indonesia khususnya perumahan yang direncanakan. Air limbah yang diteliti berupa air limbah campuran (campuran *black water* dan *grey water*). Air limbah campurannya berupa air limbah ekskret manusia (*excreta human*), *cleaning material* berupa kegiatan mandi, *laundry*, dan dari dapur. Pada Tabel 3.1 berikut merupakan kualitas air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah (Campuran *black water* dan *grey water*) yang diambil dari data sekunder.

Tabel 3.1 Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Bangkok

No	Parameter	Konsentrasi Influen (mg/L)
1	BOD	220
2	COD	610
3	TSS	300

Sumber : Polprasert dan Rajput.1987

Pengambilan data sekunder juga dilakukan pada keadaan di Malaysia. Pengambilan data sekunder diambil juga dari penelitian Ling, T.Y., et al. 2012 dengan judul “**Domestik Wastewater Quality and Pollutant Loadings from Urban Housing Areas**” . Pengambilan data sekunder di Malaysia didasarkan atas konsumsi air dan makanan dianggap sama, sehingga dapat dipakai untuk kondisi Indonesia khususnya perumahan yang direncanakan. Air limbah yang diteliti berupa air limbah campuran (campuran *black water* dan *grey water*). Air limbah campurannya berupa *cleaning material* berupa kegiatan mandi, *laundry*, dan dari dapur dan air limbah ekskret manusia (*excreta human*). Kedua material pencemar ini akan mengalir ke saluran drainase dan akan berujung ke Sungai Kuching. Pada Tabel 3.2 berikut merupakan kualitas air limbah yang dihasilkan dari kegiatan

rumah (Campuran black water dan grey water) yang diambil dari data sekunder.

Tabel 3.2 Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Kuching

No	Parameter	Konsentrasi Influen (mg/L)
1	BOD	161.2
2	TSS	231

Sumber : Ling, T.Y.,et al. 2012

Sedangkan penelitian sebelumnya dilakukan di lokasi yang sama. Penelitian ini dilakukan oleh Kling, Sohami (2007) dengan judul **“Determination of Domestik Wastewater Characteistics and its Relationship to the Type and Size Development”**. Pada penelitian ini dilakukan di Permukiman di Kuching, Malaysia dan air limbah yang dihasilkan dari rumah tangga akan menuju ke Sewarage System, sehingga penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan grey water dan black water. Pada Tabel 3.3 berikut merupakan kualitas air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah (Campuran black water dan grey water)

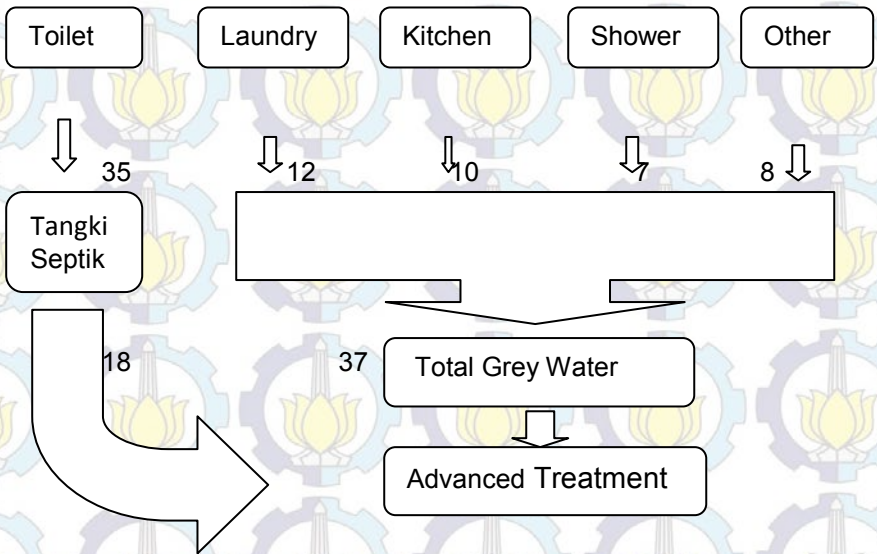
Tabel 3.3 Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Kuala Lumpur

No	Parameter	Konsentrasi Influen (mg/L)
1	BOD	239
2	COD	420

Sumber : Kling, Sohami (2007)

Analisa kualitas air limbah pada perencanaan ini juga ditinjau di Negara Vietnam. Vietnam merupakan negara berkembang yang memiliki kondisi yang mirip di Indonesia. Oleh karena itu pengambilan data sekunder juga dilakukan di Hanoy City, Vietnam. Penelitian yang menjadi dasar pengambilan data sekunder ini dilakukan oleh Anh, Nguyen Viet.,et al (2007) dengan judul **“Characteristics and Quantities of Domestiks Wastewater in Urban and Peri-Urban Household in Hanoi”** Penelitian dilakukan dengan penelitian terhadap campuran limbah grey water dan black water. Campuran air limbah terdiri dari kontribusi Grey water mencampai 68-90 % dari total dari

kegiatan rumah tangga dan limbah black water berkontribusi 10-32% dari total air limbah domestik. Kebutuhan air bersih di Kota Hanoi mencapai 170 L/cap.hari (Anh,2005). Pada penelitian ini dijelaskan tentang mass flow dari limbah domestik. Mass flow ini didasarkan pada COD flows. Gambar 3.2 merupakan mass flow dari COD pada air limbah campuran di Kota Hanoi, Vietnam



Gambar 3.2 Flows COD pada Air Limbah Campuran (g/p/d)

Kualitas Air limbah yang diteliti berupa air limbah campuran (campuran *black water* dan *grey water*). Air limbah campurannya berupa air limbah ekskret manusia (*excreta human*), *cleaning material* berupa kegiatan mandi, *laundry*, dan dari dapur. Pada Tabel 3.4 berikut merupakan kualitas air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah (Campuran *black water* dan *grey water*) yang diambil dari data sekunder

Tabel 3.4 Konsentrasi Mix Wastewater di Kota Hanoi

No	Parameter	Konsentrasi Influen (mg/L)
1	BOD	364.2
2	COD	367.8
3	TSS	271.4

Sumber : Anh, Nguyen Viet., et al (2007)

Menurut Mara, 2004 bahwa kualitas air limbah di negara tropis memiliki kualitas air limbah dengan tipe *Weak* dengan BOD (<200 mg/L) dan COD (<400) hingga tipe *Medium* BOD (200-350 mg/L) dan COD (400-700). Dengan penentuan rentang kualitas air limbah maka dapat diketahui kebenarannya dengan meninjau kualitas air limbah di negara tropis seperti Malaysia, Vietnam, dan Thailand.

Kualitas air limbah black water maupun grey water memiliki kualitas yang berbeda, sehingga dengan meninjau kualitas air limbah maka kualitas air limbah di tempat perencanaan mengikuti tipe air limbah yang telah diteliti sebelumnya. Pada perencanaan ini debit black water akan masuk ke tangki septik sedangkan grey water akan masuk ke bak control. Bak control yang direncanakan akan dapat menampung dari efluen dari tangki septik dan grey water sehingga akan terjadi proses mixing dari black water dan grey water. Kualitas air limbah mixing harus mengikuti dari tingkat kualitas air limbah pada negara tropis. Black water maupun black water diambil dari data sekunder.

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

- BOD₅ = 195 mg/L
- COD = 290 mg/L
- TSS = 480 mg/L

Kualitas grey water diambil dari hasil Balai Lingkungan Permukiman (2004), bahwa rata – rata karakteristik limbah grey water adalah sebagai berikut :

- BOD₅ = 189 mg/L
- COD = 317 mg/L
- TSS = 200 mg/L

Pada tugas akhir ini air limbah yang telah terolah akan dimanfaatkan untuk kebutuhan air menyiram tanaman di taman rumah. Pemanfaatan air limbah ini akan bermanfaat dalam mengurangi kebutuhan air bersih dari PDAM. Dengan pemanfaatan air limbah ini maka tidak diperlukan baku mutu air limbah karena kualitas efluen air limbah akan bermanfaat untuk menyiram tanaman. Kelebihan dari penggunaan efluen air limbah ini dapat dilihat dari sisi kualitas air limbah yang masih mengandung kadar nitrogen dan fosfat. Kadar Nitrogen dan Fosfat merupakan nutrient untuk perkembangan.

3.1.2 Perhitungan Debit Air Limbah Setiap Tipikal Rumah

Dalam penentuan debit air limbah didasarkan dari kebutuhan air bersih perkotaan. Indonesia menerapkan perbedaan dari kebutuhan air bersih berdasarkan tingkat kota. Perencanaan ini menggunakan Kota Besar dengan kebutuhan air bersih sebesar 120 L/orang.hari. Menurut Wagner dan LANOIX (1983) kebutuhan air bersih rata-rata kota di Asia mencapai 120 L/orang.hari, sedangkan menurut Anh, Nguyen Viet., et al (2007) di Vietnam kebutuhan air bersih dapat mencapai maksimal 170 L/orang.hari. Penentuan debit air limbah didasarkan atas 65-85% dari kebutuhan air bersih. Air limbah yang dihasilkan sebesar 65-85% dari kebutuhan air bersih merupakan campuran air limbah *grey water* dan *black water*, sehingga dalam perencanaan ini dilakukan peninjauan terhadap debit *grey water* dan *black water* berdasarkan penelitian terdahulu. Penentuan ini sangat penting karena dalam perencanaan pembangunan tangki septik hanya dapat menampung dari air limbah *black water* dari proses *excrete* manusia dan air yang terpakai sedangkan *grey water* akan langsung masuk ke dalam bak control, sehingga bak control akan menerima air limbah dari efluen tangki septik dan dari *grey water* itu sendiri. Pada perencanaan ini ditetapkan bahwa 80% merupakan angka persentase yang digunakan untuk menentukan air limbah yang terbentuk dari proses harian dari masyarakat. Persentase ini disamakan dengan persentase yang digunakan oleh Mara,2004.

Dengan menentukan persentase air limbah yang terbentuk, maka dapat ditentukan debit air limbah yang dihasilkan. Dimana menurut Pham, 2003 bahwa greywater berkontribusi sebesar 68-

90% dari total air limbah domestik sedangkan black water berkontribusi sebesar 10-32%. Menurut Polprasert, et al.1988 menyatakan bahwa grey water berkontribusi 90% dari total air limbah domestik sedangkan black water berkontribusi sebesar 10%. Dalam penelitian Urban area di Bangkok, Thailand Polprasert, et al.1988 menyatakan bahwa debit air limbah black water yang masuk ke tangki septik yang masuk mencapai rata-rata 20 L/orang.hari sedangkan maksimal black water dapat mencapai 50 L/orang.hari. Menurut Sudarmadji dan Handi 2013 dalam IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987 menyatakan bahwa debit air limbah black water yang masuk ke tangki septik yang masuk mencapai rata-rata 10 L/orang.hari, sehingga dari pemantauan literatur maka ditetapkan perencanaan ini penggunaan kebutuhan air bersih adalah 120 L/orang.hari. Debit air limbah black water adalah 10 L/orang.hari.

a. Tipe Rumah 49

Terdiri dari Kamar tidur dengan jumlah ruangan adalah 2 ruangan dimana setiap ruangan diisi oleh 2 orang. Jadi diperkirakan jumlah penghuni rumah adalah 4 orang ditambah 1 orang pembantu rumah tangga. Jadi pada tipe rumah 49 diisi maksimal 5 orang.

Jumlah Penghuni Rumah	= 5 orang
Kebutuhan Air Bersih Domestik	= 120 L/orang.hari
Debit black water	= 10 L/orang.hari

(Sudarmadji dan Handi 2013)

Q air bersih	= Jumlah orang x Kebutuhan air bersih
	= 5 orang x 120 L/orang.hari
	= 600 L/hari
	= 0.6 L/hari

Debit air limbah dapat diperkirakan mencapai 80% kebutuhan air minum pada permukiman tersebut (Tchobanoglous, 2003).

Q black water	= Jumlah orang x Kebutuhan air bersih
	= 5 orang x 10 L/orang.hari
	= 50 L/hari

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah} &= 80\% \times 600 \text{ L/hari} \\ &= 480 \text{ L/hari} \\ &= 0.01667 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ grey water} &= (Q_{\text{air limbah}} - Q_{\text{black water}}) \\ &= 480 \text{ L/hari} - 50 \text{ L/hari} \\ &= 430 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

b. Tipe Rumah 79

Terdiri dari Kamar tidur dengan jumlah ruangan adalah 3 ruangan dimana setiap ruangan diisi oleh 3 orang. Jadi diperkirakan jumlah penghuni rumah adalah 6 orang ditambah 1 orang pembantu rumah tangga. Jadi pada tipe rumah 45 diisi maksimal 7 orang.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Penghuni Rumah} &= 7 \text{ orang} \\ \text{Kebutuhan Air Bersih Domestik} &= 120 \text{ L/orang.hari} \\ \text{Debit black water} &= 10 \text{ L/orang.hari} \end{aligned} \quad (\text{Sudarmadji dan Handi 2013})$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air bersih} &= \text{Jumlah orang} \times \text{Kebutuhan air bers} \\ &= 5 \text{ orang} \times 120 \text{ L/orang.hari} \\ &= 840 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Debit air limbah dapat diperkirakan mencapai 80% kebutuhan air minum padperumahan tersebut (Tchobanoglous, 2003).

$$\begin{aligned} Q \text{ black water} &= \text{Jumlah orang} \times \text{Kebutuhan air bersih} \\ &= 7 \text{ orang} \times 10 \text{ L/orang.hari} \\ &= 70 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah} &= 80\% \times 840 \text{ L/hari} \\ &= 672 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ grey water} &= (Q_{\text{air limbah}} - Q_{\text{black water}}) \\ &= 672 \text{ L/hari} - 70 \text{ L/hari} \\ &= 602 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

c. Tipe Rumah 129

Terdiri dari Kamar tidur dengan jumlah ruangan adalah 4 ruangan dimana setiap ruangan diisi oleh 2 orang. Jadi diperkirakan jumlah penghuni rumah adalah 8 orang ditambah 1 orang pembantu rumah tangga. Jadi pada tipe rumah 45 diisi maksimal 9 orang.

Jumlah Penghuni Rumah = 9 orang
Kebutuhan Air Bersih Domestik = 120 L/orang.hari
Debit black water = 10 L/orang.hari
(Sudarmadji dan Handi 2013)

Q air bersih = Jumlah orang x Kebutuhan air bersih
= 9 orang x 120 L/orang.hari
= 1080 L/hari

Debit air limbah dapat diperkirakan mencapai 80% kebutuhan air minum padpermuhan tersebut (Tchobanoglous, 2003).

Q black water = Jumlah orang x Kebutuhan air bersih
= 9 orang x 10 L/orang.hari
= 90 L/hari

Q air limbah = 80% x 1080 L/hari
= 864 L/hari

Q grey water = (Qair limbah – Q black water)
= 864 L/hari – 90 L/hari
= 774 L/hari

Tabel 3.5. Persentase Kontribusi Black dan Grey water

Tipe Rumah	Debit Grey Water (L/hari)	Debit black Water (L/hari)	Kontribusi Grey Water (%)	Kontribusi Black Water (%)
49	430	50	88.37	11.63
79	602	70	88.37	11.63
129	774	90	88.37	11.63

3.2 Tahapan Perencanaan

Pada tugas akhir ini dibutuhkan tahapan perencanaan 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 3.3**

3.2.1 Judul Tugas akhir

Judul tugas akhir yang akan dilaksanakan adalah “ **Tipikal Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Seri Biofilter Melalui Proses Pengendapan (Studi Kasus : Perumahan Dian Regency Sukulilo 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

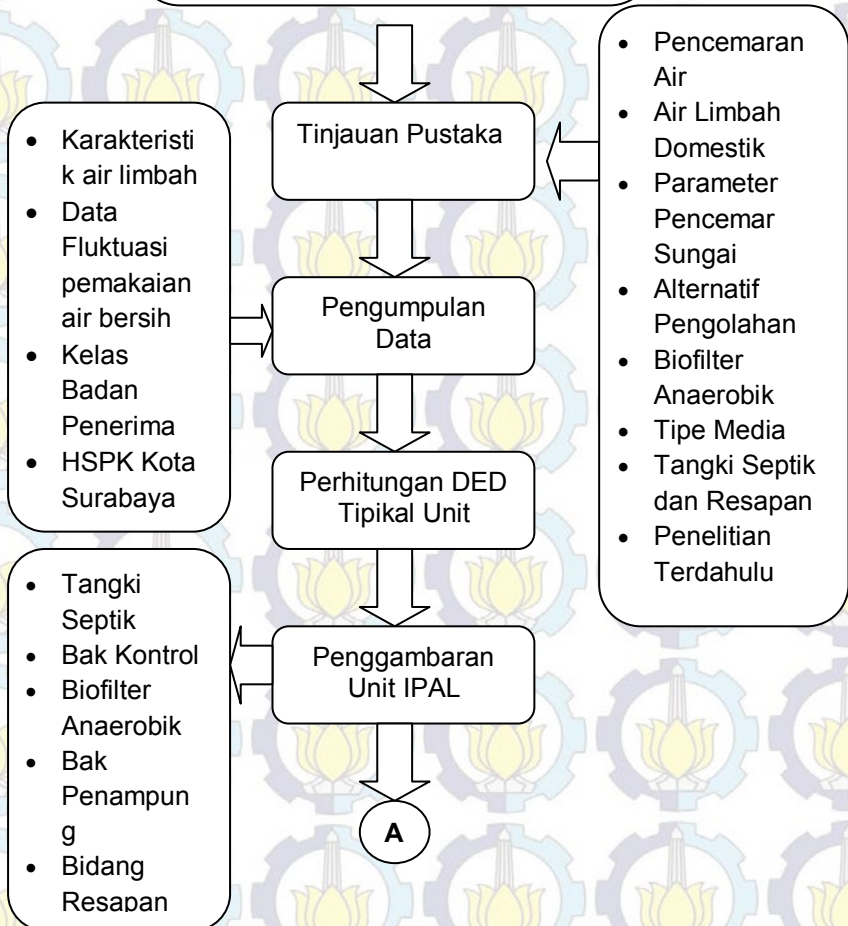
1. Banjir dan Permasalahan Lingkungan
2. Pencemaran Air
3. Air Limbah Domestik
4. Parameter Pencemar Sungai/Saluran
5. Black Water and Grey Water
6. Baku Mutu Air Limbah Yang digunakan
7. Proses Pengolahan Air Limbah
8. Unit IPAL
9. Tangki Septik dan Resapan

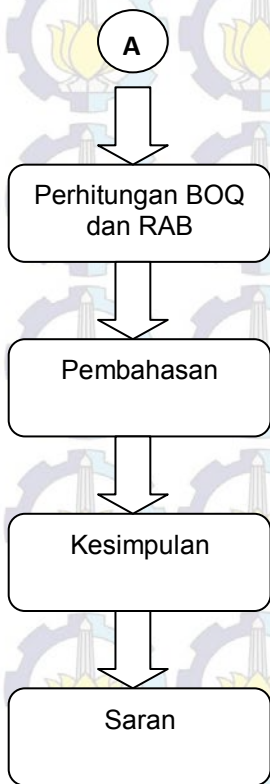
3.2.3 Pengumpulan Data

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 sekunder, yakni:

1. Karakteristik Limbah yang akan diolah dari sumber. Karakteristik air limbah yang dicari adalah TSS, COD, BOD, Nitrat, Fosfat
2. Data tipe rumah dalam pemakaian air bersih untuk perhitungan kuantitas air limbah
3. Kelas badan penerima drainase permukaan.
4. Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Kota Surabaya

Judul:
Tipikal Perencanaan Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan seri Biofilter
Melalui Proses Pengendapan
(Studi Kasus :Perumahan Dian
Regency)





Gambar 3.3 Kerangka Metodologi Perencanaan

3.2.4 Perhitungan DED Seri Unit Biofilter melalui Proses Pengendapan

Untuk proses perhitungan DED tiap-tiap unit dilakukan studi literatur terlebih dahulu untuk mendapatkan rumus-rumus serta gambar-gambar sehingga dapat dilakukan perhitungan unit IPAL. Setelah didapatkan rumus perhitungan, maka perlu diketahui kriteria perencanaan IPAL yang akan digunakan.

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah sehingga data yang telah siap dibahas. Adapun pengolahan data yang perlu dilakukan adalah:

1. Perhitungan debit limbah yang didasarkan atas kebutuhan air bersih. Dalam perencanaan ini diasumsikan bahwa debit air limbah sebesar 70% dari debit air minum.
2. Penetapan baku mutu effluent air limbah didasarkan dari peraturan Pergub Jatim no. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu bagi kegiatan Industri dan Usaha lainnya. Adapun besaran baku mutu untuk parameter-parameter kualitas air limbah.
 - a. COD
 - b. BOD
 - c. TSS
 - d. pH
3. Penetapan kriteria desain yang disesuaikan dengan literatur yang telah terbukti. Adapun kriteria desain untuk masing-masing unit adalah:
 - a. Septik Tank
 - a. Hydraulic Retention Time (HRT) = 2-5 hari (SNI 03-2398-200)
 - b. Efisiensi removal
 - COD = 58%
 - TSS = 77%(Bound, 1997)
 - c. Secara umum, tangki septik dengan bentuk persegi panjang mengikuti kriteria disain yang mengacu pada SNI 03-2398-2002 yaitu sebagai berikut:
 - Perbandingan antara panjang dan lebar adalah (2-3) : 1
 - Lebar minimum tangki adalah 0,75 m

- Panjang minimum tangki adalah 1,5 m
- Kedalaman air efektif di dalam tangki antara (1-2,1)m
- Tinggi tangki septik adalah ketinggian air dalam tangki ditambah dengan tinggi ruang bebas (*free board*) yang berkisar antara (0,2-0,4)m
- Penutup tangki septik yang terbenam ke dalam tanah maksimum sedalam 0,4m

b. Bak Kontrol

c. Anaerobik Biofilter

Kriteria desain untuk biofilter meliputi

- a. COD loading = 10-12 kg COD/m³.hari
- b. Hydraulic Loading Rate (HLR) = 5-6 m³/m².hari
- c.
- d. Hydraulic Retention Time (HRT) = 24-48 jam
- e. HLR = 1 m³/m².hari (<2 m³/m².hari)
- f. OLR = 5 kg COD/m³.hari (5-10 COD/m³.hari)

(Metcalf and Eddy,2003)

4. Perhitungan Simulasi Luas Lahan (*Preliminary Sizing*) yang Digunakan Bangunan Pengolahan Air Limbah

a. Tangki Septik

- Tipe Rumah 45

$$Q \text{ air Limbah} = 0.01667 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu detesi (td)} = 4 \text{ hari} \quad (2-5 \text{ hari})$$

$$\text{Rasio panjang : lebar} = 2:1$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak tangki Septik} &= Q \text{ air limbah} \times \text{td} \\ &= 0.01667 \text{ m}^3/\text{jam} \times 96 \text{ jam} \\ &= 1.6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Tangki Septik} &= V/H \\ &= 1.6 \text{ m}^3/2 \text{ m} \\ &= 0.8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Lebar Tangki Septik

$$= \sqrt{\frac{A}{2}}$$
$$= \sqrt{\frac{0.8}{2}}$$
$$= 0.632 \text{ m}$$

Panjang Tangki Septik
Cek td

$$= 1.264 \text{ m}$$
$$= V/Q$$
$$= \frac{0.632 \times 1.264 \times 3}{0.01667}$$
$$= 96 \text{ jam} \quad \text{OK}$$

- Tipe Rumah 70

Q air Limbah

$$= 0.0233 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu detesi (td) = 18 jam

(6-24 jam)

Rasio panjang : lebar

$$= 2:1$$

Kedalaman

$$= 3 \text{ m}$$

Vtangki Septik

$$= Q \text{ air limbah} \times \text{td}$$

$$= 0.0233 \text{ m}^3/\text{jam} \times 96 \text{ jam}$$

$$= 2.34 \text{ m}^3$$

Asurface

$$= V/H$$
$$= 2.237 \text{ m}^3/2 \text{ m}$$
$$= 1.1184 \text{ m}^2$$

L

$$= \sqrt{\frac{A}{2}}$$
$$= \sqrt{\frac{1.1184}{2}}$$
$$= 0.755 \text{ m}$$

P

$$= 1.55 \text{ m}$$

Cek td

$$= V/Q$$
$$= \frac{1.495 \times 0.748 \times 2}{0.0233}$$
$$= 96.03 \text{ jam} \quad \text{OK}$$

- Tipe Rumah 90

Q air Limbah

$$= 0.03 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu detesi (td) = 18 jam

(6-24 jam)

Rasio panjang : lebar

$$= 2:1$$

Kedalaman

$$= 2 \text{ m}$$

Vtangki Septik

$$= Q \text{ air limbah} \times t_d \\ = 0.03 \text{ m}^3/\text{jam} \times 96 \text{ jam}$$

$$= 2.88 \text{ m}^3$$

A_{surface}

$$= V/H \\ = 2.88 \text{ m}^3/2 \text{ m}$$

$$= 1.44 \text{ m}^2$$

L

$$= \sqrt{\frac{A}{2}} \\ = \sqrt{\frac{1.44}{2}}$$

$$= 0.85 \text{ m}$$

P

Cek t_d

$$= 1.7 \text{ m} \\ = V/Q \\ = \frac{1.7 \times 0.85 \times 2}{0.03}$$

$$= 18 \text{ jam}$$

OK

Tabel 3.6 Dimensi Bangunan Tangki Septik Setiap Tipikal Rumah

No	Type Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
1	Tipe 45	1.265	0.632	2
2	Tipe 70	1.55	0.775	2
3	Tipe 90	1.7	0.85	2

Pada tabel dimensi bangunan tangki septik ditunjukkan bahwa Rumah tipe 45 belum memenuhi syarat dari SNI 03-2398-2002 karena panjang maupun lebar bangunan belum memenuhi standar SNI. Panjang dan lebar minimum menurut standar SNI 03-2398-2002 adalah 1.5 dan 0.75 m, sehingga perlu perubahan dimensi pada tipe rumah 45. Tabel 3.3 berikut menunjukkan dimensi baru pada bangunan tangki Septik.

Tabel 3.7 Dimensi Bangunan Tangki Septik Setiap Tipikal Rumah setelah standarisasi dari SNI 03-2398-2002

No	Tipe Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Volume (m ³)
1	Tipe 45	1.5	0.75	2	2.25
2	Tipe 70	1.55	0.775	2	2.34
3	Tipe 90	1.7	0.85	2	2.88

b. Anaerobik Biofilter

- Anaerobik Biofilter (Media Kerikil)
 - Kedalaman = 1.25 m
 - Panjang Tiap Kamar = 1,25 m
 - Ruang dibawah media = 0.5 m
 - Jumlah Kamar = 1 buah
 - Ketinggian Filter = 0.3 m (40 cm dibawah muka air)
 - HRT = 12-24 jam
 - Porositas = 50%

Dihitung:

a. Tipe Rumah 45

Qlimbah = 0.01667 m³/jam

- Media Kerikil

Volume Tangki filter = HRT x Q
 = 24 jam x 0.01667 m³/jam
 = 0.4 m³

Lebar Kamar =

$$\frac{\text{Volume Tangki Filter}}{\text{Jumlah kamar} \left(\frac{1}{4} \times \text{Kedalaman} \right) + (P_{\text{kamar}} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian filter}) \times (1 - \text{porositas}))}$$

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{0.4/1}{\left(\frac{1}{4} \times 1.25 \right) + (1.25 \times (1.25 - 0.3) \times (1 - 0.5))}$$

Lebar Kamar = 0.44 m

- Media Sarang Tawon

Volume Tangki filter = HRT x Q
 = 24 jam x 0.01667 m³/jam
 = 0.4 m³

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{\text{Volume Tangki Filter}}{\text{Jumlah kamar}} \cdot \text{Leba}$$

$$\frac{\left(\frac{1}{4} \times \text{Kedalaman}\right) + (P \text{ kamar} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian filter}) \times (1 - \text{porositas})}{0.4/1}$$

$$r \text{ Kamar} = \frac{0.4/1}{\left(\frac{1}{4} \times 1.25\right) + (1.25 \times (1.25 - 0.3) \times (1 - 0.98))}$$

$$\text{Lebar Kamar} = 1.2 \text{ m}$$

b. Tipe Rumah 70
Qlimbah = 0.0233 m³/jam

- Media Kerikil
Volume Tangki filter = HRT x Q
= 24 jam x 0.0233 m³/jam
= 0.5592 m³

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{\text{Volume Tangki Filter}}{\text{Jumlah kamar}} \cdot \text{Leba}$$

$$\frac{\left(\frac{1}{4} \times \text{Kedalaman}\right) + (P \text{ kamar} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian filter}) \times (1 - \text{porositas})}{0.5592/1}$$

$$r \text{ Kamar} = \frac{0.5592/1}{\left(\frac{1}{4} \times 1.25\right) + (1.25 \times (1.25 - 0.3) \times (1 - 0.5))}$$

$$\text{Lebar Kamar} = 0.62 \text{ m}$$

- Media Sarang Tawon
Volume Tangki filter = HRT x Q
= 24 jam x 0.0233 m³/jam
= 0.5592 m³

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{\text{Volume Tangki Filter}}{\text{Jumlah kamar}} \cdot \text{Leba}$$

$$\frac{\left(\frac{1}{4} \times \text{Kedalaman}\right) + (P \text{ kamar} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian filter}) \times (1 - \text{porositas})}{0.5592/1}$$

$$r \text{ Kamar} = \frac{0.5592/1}{\left(\frac{1}{4} \times 1.25\right) + (1.25 \times (1.25 - 0.3) \times (1 - 0.98))}$$

$$\text{Lebar Kamar} = 1.66 \text{ m}$$

c. Tipe Rumah 90
Qlimbah = 0.03 m³/jam

- Media Kerikil
Volume Tangki filter = HRT x Q

$$= 24 \text{ jam} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0.72 \text{ m}^3$$

Lebar Kamar

$$= \frac{\text{Volume Tangki Filter}}{\text{Jumlah kamar}}$$

$\left(\frac{1}{4} \times \text{Kedalaman}\right) + (P_{\text{kamar}} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian filter}) \times (1 - \text{porositas}))$ Lebar

$$r \text{ Kamar} = \frac{0.72/1}{\left(\frac{1}{4} \times 1.25\right) + (1.25 \times (1.25 - 0.3) \times (1 - 0.5))}$$

$$\text{Lebar Kamar} = 0.914 \text{ m}$$

- Media Sarang Tawon

$$\text{Volume Tangki filter} = \text{HRT} \times Q$$

$$= 24 \text{ jam} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0.72 \text{ m}^3$$

Lebar Kamar

=

$$\frac{\text{Volume Tangki Filter}}{\text{Jumlah kamar}}$$

$\left(\frac{1}{4} \times \text{Kedalaman}\right) + (P_{\text{kamar}} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian filter}) \times (1 - \text{porositas}))$ Lebar

$$r \text{ Kamar} = \frac{0.72/1}{\left(\frac{1}{4} \times 1.25\right) + (1.25 \times (1.25 - 0.3) \times (1 - 0.98))}$$

$$\text{Lebar Kamar} = 2.2 \text{ m}$$

5. Perhitungan Detail Engineering Design (Secara rinci)

5.1 Tangki Septik

- a. Cara menghitung dimensi *Septik Tank*

1. Tentukan efisiensi removal COD dari gambar grafik 3.4

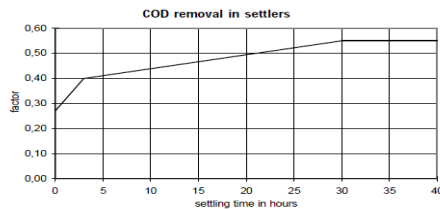
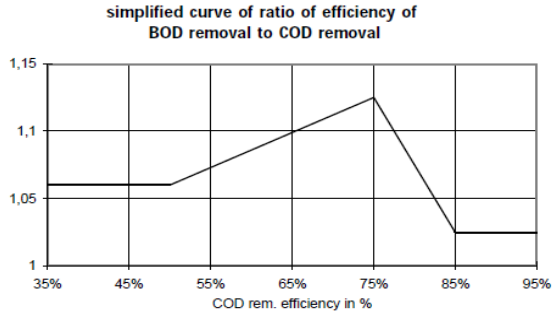


Fig. 68.
COD removal in settlers

Gambar 3.4 Grafik persentase removal COD berdasarkan waktu tinggal pada tangki septik (Sumber: Sasse, 1998)

- Setelah didapatkan konsentrasi COD maka perlu dilakukan pencarian efisiensi removal menggunakan gambar grafik 3.5



Gambar 3.5 Grafik rasio efisiensi removal BOD/COD (Sumber: Sasse, 1998)

- Tentukan waktu tinggal (td)
- Volume bak = debit x td
- Tentukan kedalaman bak
- Hitung luas permukaan dengan rumus:
 $A_{surface} = \text{volume} / \text{kedalaman}$
- Tentukan bentuk bak yang direncanakan. Apabila berbentuk persegi maka tentukan rasio panjang : lebar
- Hitung luas lahannya
- Cek kembali waktu tinggal dengan rumus

$$T_d = \text{volume} / \text{debit.}$$

- Cara Menghitung Produksi Lumpur

- Menetapkan removal TSS berdasarkan penelitian sebelumnya
- Menetapkan kadar solid dan air di dalam lumpur
- Menghitung TSS yang terendapkan dengan menggunakan rumus
 $\text{TSS yang terendapkan} = \text{TSS removal} \times \text{TSS influent}$
- Menghitung Sg lumpur dengan menggunakan persamaan berikut

Sg lumpur = $\frac{\% \text{solid}}{S_{gs}} + \frac{\% \text{air}}{S_{ga}}$
 Dimana: S_{gs} = *Specific Gravity* padatan
 S_{ga} = *Specific Gravity* air

5. Menghitung Volume Lumpur yang dihasilkan dengan persamaan berikut:

Volume Lumpur = $\frac{\text{TSS}}{\% \text{solid} \times S_{gl} \times S_{ga}}$
 Dimana: S_{gl} = *Specific Gravity* lumpur
 S_{ga} = *Specific Gravity* air
 V_l = Volume Lumpur (m^3/hari)

c. Cara Menghitung Produksi Gas yang Terbentuk di Tangki Septik

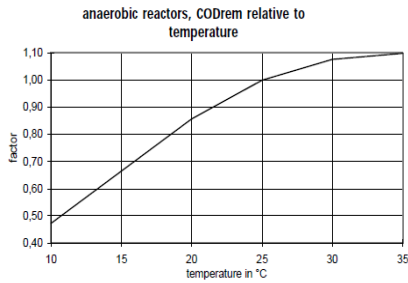
V_{gas} = $(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{inf AF}}) \times Q \times 0.35/1000/0.7 \times 0.5$

Dimana:
 V_{gas} = Volume Gas yang terbentuk (m^3)
 COD_{inf} = Konsentrasi COD masuk ke tangki Septik (mg/L)
 $\text{COD}_{\text{inf AF}}$ = Konsentrasi COD masuk Anaerobik Biofilter (mg/L)
 Q = Debit Air Limbah (m^3/hari)
 0.35 = 350 L gas methane terbentuk setiap kg removal COD
 0.7 = Volume methane 70% dari volume total
 0.5 = Faktor berdasarkan pengalaman

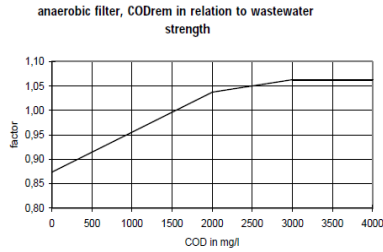
5.2 Anaerobik Biofilter

a. Cara menghitung dimensi Anaerobik Filter

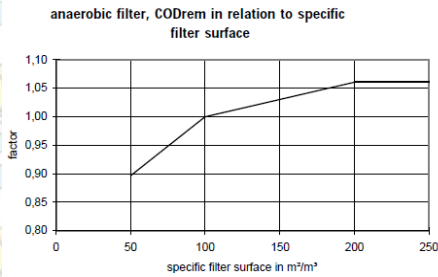
1. Tentukan data-data pendukung seperti nilai BOD dan COD influen, spesifik permukaan media filter, pori media filter, dan hydraulic retention time (td)
2. Tentukan factor strength, factor permukaan dan factor HRT berdasarkan grafik.



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

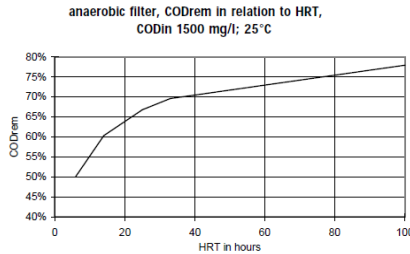


Gambar 3.7 Grafik Faktor Strength (Sumber: Sasse, 1998)



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

3. Hitung efisiensi removal BOD dan COD dengan melihat pada grafik.



Gambar 3.9 Grafik Faktor Waktu Tinggal (Sumber: Sasse, 1998)

4. Hitung volume media dengan rumus

$$\text{Volume Media} = \frac{Q_{ave} \times COD}{OLR}$$

Dimana:

V = Volume (m^3)

Q = debit (l/hari) COD = Organic Loading rate (kg COD/ m^3 .hari)

OLR = Organic Loading Rate (kgCOD/ m^3 .hari)

5. Hitung volume rongga dengan persamaan

$$\text{Volume Rongga} = P_o \times V_r$$

Dimana :

V_r = Volume rongga (m^3)

P_o = Porositas media (%)

6. Hitung Luas permukaannya dengan persamaan

$$A_{surface} = V_r \times HLR$$

Dimana:

$A_{surface}$ = Luas Permukaan (m^2)

HLR = Hydraulic Loading Rate (m^3/m^2 .jam)

V_r = Volume rongga (m^3)

b. Cara Menghitung Produksi Gas yang Terbentuk di Tangki Septik

$$V_{\text{gas}} = (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times 0.35/1000/0.7 \times 0.5$$

Dimana:

V_{gas} = Volume Gas yang terbentuk (m^3)

COD_{in} = Konsentrasi COD in ke Anaerobik Biofilter (mg/L)

COD_{out} = Konsentrasi COD out ke Anaerobik Biofilter (mg/L)

Q = Debit Air Limbah (m^3/hari)

0.35 = 350 L gas methane pada setiap kg removal COD 0.7 = % removal COD di Tangki Septik

0.5 = Faktor berdasarkan pengalaman

5.3 Perhitungan DED Tangki Septik dan Anaerobik Biofilter berdasarkan Spreadsheet (Sasse, 1998)

Tabel 3.8 Perhitungan dengan Spreadsheet Untuk Anaerobik Biofilter dan Tangki Septik

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
General spread sheet for anaerobic filter (AF) with integrated septic tank (ST)											
daily waste water flow	time of most waste water flow	max. peak flow per hour	COD inflow	BOD_5 inflow	$\text{SS}_{\text{settle}}$ / 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
given	given	calcul.	given	given	given	given	chosen	chosen	calcul.	calcul.	calc.
m^3/day	h	m^3/h	mg/l	mg/l	mg/l / mg/l	$^{\circ}\text{C}$	h	months	%	%	ratio
25,00	12	2,08	633	333	0,42	25	2	36	25%	26%	1,06
COD/BOD ₅ →			1,90	0,35-0,45 (domestic)			2h				

$$C5 = A5/B5$$

$$J5 = \text{IF}(H5 < 1; H5 * 0,3; \text{IF}(H5 < 3; (H5 - 1) * 0,1 / 2 + 0,3; \text{IF}(H5 < 30; (H5 - 3) * 0,15 / 27 + 0,4; 0,55)))$$

Rumus direlaskan pada gambar 3.5 dan angka 0.6 merupakan factor yang didapat berdasarkan pengalaman K5 = $L5 * J5$

$$L5 = \text{IF}(J5 < 0,5; 1,06; \text{IF}(J5 < 0,75; (J5 - 0,5) * 0,065 / 0,25 + 1,06; \text{IF}(J5 < 0,85; 1,125 - (J5 - 0,75) * 0,1 / 0,1; 1,025)))$$

Rumus diatas direlaskan pada gambar 3.6

$$D6 = D5/E5$$

Tabel 3.9 Perhitungan dengan *Spreadsheet* Untuk Pengolahan Data

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
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-strenght	f-surface	f-HRT	%	mg/l	%	
11	478	247	100	35%	30	1,00	0,91	1,00	69%	70%	142	78%	
12			80-120	30-45	24 - 48 h								

$$A11 = D5*(1-J5)$$

$$B11 = E5*(1-K5)$$

$$F11 = IF(G5<20;(G5-10)*0,39/20+0,47;IF(G5<25;(G5-20)*0,14/5+0,86;IF(G5<30;(G5-25)* 0,08/5+1 ; 1,1)))$$

Rumus diatas disesuaikan berdasarkan Gambar 3.7

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

Rumus diatas disesuaikan berdasarkan Gambar 3.8

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

Rumus diatas disesuaikan berdasarkan Gambar 3.9

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

Rumus diatas disesuaikan berdasarkan Gambar 3.9

$$J11 = IF(F11*G11*H11*I11*(1+(D23*0,04))<0,98;F11*G11*H11*I11*(1+(D23*0,04));0,98)$$

Rumus diatas mempertimbangkan peningkatan pengolahan karena peningkatan jumlah kamar dan batas efisiensi mencapai 98%

$$K11 = A11*(1-J11)$$

$$L11 = (1-K11/D5)$$

Tabel 3.10 Perhitungan dengan *Spreadsheet* Untuk Dimensi Tangki Septik

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
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.	requir.	calcul.
16	ratio	%	mg/l	m	m	m	m	m	m	l/kg BOD	m ³	m ³
17	1,10	85%	49	1,75	2,25	1,69	1,70	0,85	0,85	0,00	10,00	10,04

$$A17 = \text{IF}(L11 < 0,5; 1,06; \text{IF}(L11 < 0,75; (L11 - 0,5) * 0,065 / 0,25 + 1,06; \text{IF}(L11 < 0,85; 1,125 - (L11 - 0,75) * 0,1 / 0,1; 1,025)))$$

Rumus diatas disesuaikan berdasarkan Gambar 3.5

$$B17 = L11 * A17$$

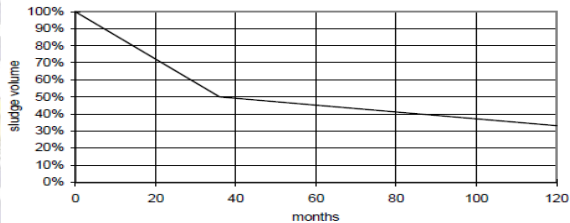
$$C17 = (1 - B17) * E$$

$$F17 = 2/3 * K17 / D17 / E17$$

$$H17 = F17 / 2$$

$$J17 = 0,005 * \text{IF}(I5 < 36; 1 - I5 * 0,014; \text{IF}(I5 < 120; 0,5 - (I5 - 36) * 0,002; 1/3))$$

Rumus diatas disesuaikan berdasarkan Gambar 3.11 di bawah ini
reduction of sludge volume during storage



Gambar 3.10 Reduksi Volume Lumpur selama Penyimpanan

$$K17 = \text{IF}(\text{OR}(K5 > 0; J5 > 0); \text{IF}(J17 * (E5 - B11) / 1000 * I5 * 30 * A5 + H5 * C5 < 2 * H5 * C5; 2 * H5 * C5; J1 * (E5 - B11) / 1000 * I5 * 30 * A5 + H5 * C5); 0)$$

Formula tersebut dihitung berdasarkan volume lumpur kurang dari setengah dari volume total dan memungkinkan menghilangkan *settler*.

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

Tabel 3.11 Perhitungan dengan *Spreadsheet* Untuk Dimensi Anaerobik Biofilter dengan Perhitungan Produksi Biogas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
19	dimension of anaerobic filter							biogas production			check !	
	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 COD	maximum up-flow velocity inside filter voids
20												
21	calcul.	chosen	calcul.	chosen	requir.	chosen	calcul.	assump: 70%CH ₄ , 50% 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	<2,0

$$A23 = E11*A5/24$$

$$C23 = B23$$

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

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

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

350 L Gas Methane diproduksi setiap kg COD

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

350 L Gas Metjhane diproduksi setiap kg COD

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

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

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

3.2.5 Penggambaran Tipikal Unit Biofilter melalui Proses Pengendapan

Setelah didapatkan masing-masing dimensi dari bangunan pengolahan maka tahapan selanjutnya adalah menggambar tiap unit IPAL berupa unit sedimentasi dan Biosand/Biofilter. Tujuan penggambaran unit IPAL untuk memudahkan proses pekerjaan konstruksi. Penggambaran ini dilakukan menggunakan software autocad dengan skala yang telah disesuaikan.

3.2.6 Pembahasan

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

1. Perhitungan *Detail Engineering Design* (DED)
2. Gambar *Detail Engineering Design* (DED)
3. BOQ dan RAB rencana berdasarkan HSPK Kota Surabaya
4. *Operation and Maintenance* (OM) dari bangunan yang direncanakan

3.2.7 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 IPAL tersebut

3.2.8 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan merupakan tahap terakhir dalam perencanaan yang akan dilakukan, hasil ini merupakan kesimpulan yang didasarkan pada tujuan perencanaan dan harus sesuai dengan pembahasan yang telah dilakukan. Kemudian dibutuhkan saran yang ditujukan kepada perencana yang akan mengembangkan tugas akhir ini selanjutnya.

Secara garis besar, hasil perhitungan dapat dibagi menjadi beberapa poin :

1. Dimensi DED Tipikal Unit Biofilter melalui Proses Pengendapan
2. Gambar DED Tipikal Unit Biofilter melalui Proses Pengendapan
3. *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)
4. *Operation and Maintenance* (OM)

BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Perumahan Dian Regency Sukolilo 2 dikelola oleh perusahaan Diparanu Rucitra yang terletak di Jalan Raya Sukolilo Mulia Perumahan Sukolilo 2 Dian Regency. Pada dasarnya PT Diparanaru Rucitra sudah melakukan pembangunan sejak tahun 2010 berupa perumahan yang bernama Sukolilo Dian Regency dan pada tahun 2012 dilakukan pembangunan apartemen Sukolilo Dian Regency. Pada akhir tahun 2013 telah dilakukan pembangunan perumahan selanjutnya yang bernama Perumahan Sukolilo 2 Dian Regency dan Perumahan Sukolilo ini digunakan sebagai lokasi perencanaan yang akan dilakukan. Lokasi Perumahan ini dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Lokasi Perumahan Sukolilo2 Dian Regency (Sumber : Brosur PT Diparanu Rucitra Property)

Perumahan ini terletak di kawasan yang strategis, karena akan mempermudah akses jalan ke wilayah perdagangan, pendidikan, dan pemerintahan. Berdasarkan dari brosur PT Diparanu Rucitra disebutkan bahwa

- Perumahan ini dapat ditempuh hanya 50 meter dari outer east ring road

- Perumahan ini terletak 5 menit dari Kampus ITS
- Perumahan ini dapat ditempuh hanya membutuhkan waktu 8 menit dari middle east ring road
- Perumahan ini dapat ditempuh hanya membutuhkan waktu 10 menit dari Galaxy Mall

Perumahan Sukolilo 2 Dian Regency dibangun di atas lahan 2990 m² yang dilengkapi berbagai fasilitas untuk menunjang penghuni perumahan dalam melakukan kegiatan di luar rumah termasuk fasilitas rekreasi keluarga. Berbagai fasilitas yang dilengkapi untuk menunjang hobi dan kebugaran keluarga, maka pihak PT Diparanaru Rucitra menyediakan kolam renang, pusat olahraga diantaranya *tennis* dan *fitness center*, dan *water park* untuk rekreasi keluarga.



Gambar 4.2 Fasilitas Pendukung Perumahan
(Sumber : Brosur Perumahan Sukolilo 2 Dian Regency)

Perumahan Sukolilo 2 Dian Regency mengembangkan 5 tipe rumah yakni Tipe rumah 49, 59, 79, 129 dan 169. Perbedaan masing-masing tipe rumah terletak perbedaan dari jumlah ruangan tempat tidur dan fasilitas rumah lainnya. Tipe rumah 49 hanya memiliki 2 ruangan tempat tidur, tipe rumah 59 dan 79 memiliki 3 ruangan tempat tidur dan tipe rumah 129 dan 169 memiliki 4 ruangan tempat tidur. Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan pada tipe rumah 49, 79 dan 129. Pemilihan tipe rumah untuk perencanaan ini didasarkan pada perbedaan jumlah ruangan tempat tidur. Perbedaan tipe rumah akan

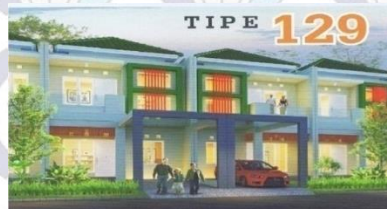
mengistimasikan jumlah penghuni rumah pada setiap ruangan yang dapat dihuni oleh maksimum 2 orang, sehingga dengan perbedaan pada ruangan tempat tidur maka akan menunjukkan perbedaan jumlah penghuni rumah.



Gambar 4.3 Tipe Rumah 49



Gambar 4.4 Tipe Rumah 79





Gambar 4.5 Tipe Rumah 129

Lokasi perencanaan bangunan pengolahan air limbah direncanakan pada lahan yang masih tersedia kosong di setiap kawasan tipe rumah. Hal ini akan mempermudah dalam melakukan perencanaan sesuai dengan lahan yang dibutuhkan. Lahan kosong yang dimaksud adalah lahan belakang rumah, maupun taman yang berada di depan rumah. Luas lahan kosong yang dibutuhkan akan ditentukan berdasarkan perhitungan dimensi setiap bangunan yang akan direncanakan. Pada gambar-gambar berikut merupakan luas lahan yang masih kosong yang dapat dipergunakan untuk bangunan pengolah air limbah.



Gambar 4.6 Detail Rumah Tipe 49 dan 79



Gambar 4.7 Detail Rumah Tipe 129

Dari gambar denah perumahan setiap tipe rumah dapat diperkirakan panjang dan lebar lahan yang masih kosong. Pada dasarnya setiap tipe rumah memiliki lahan kosong di depan rumah maupun di belakang rumah. Pengambilan lahan kosong di depan maupun di belakang dapat bermanfaat untuk peletakan bangunan pengolah air limbah. Tabela 4.1 berikut merupakan data panjang maupun lebar lahan yang masih kosong yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan bangunan pengolah air limbah.

Tabel 4.1 Luas Lahan yang Kosong

No	Tipe Rumah	Taman Depan		Taman Belakang	
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)
1	49	3000	2500	5000	3000
2	79	4000	4000	7000	3750
3	129	4000	3000	4250	3500

Sumber: PT Diparanaru Rucitra, 2014

4.2 PERHITUNGAN DED (*Detail Engineering Design*)

Perencanaan DED (*Detail Engineering Design*) yang direncanakan adalah bangunan tangki septik, bak kontrol dan grease trap, Anaerobik Biofilter, dan Bak Penampung. Perencanaan Pengolahan Air Limbah dihitung berdasarkan dari ***Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*** oleh Ludwig Sasse, 1998 dan SNI 03-2398-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Sistem Resapan.

4.2.1. DED Bangunan Tangki Septik

Diketahui :

BOD5 = 195 mg/L

COD = 290 mg/L

TSS = 480 mg/L

Direncanakan:

HRT Tangki Septik = 48 jam (48-120 jam)

Pengurasan Lumpur = 36 bulan (>24 bulan)

Rasio SS/COD = 0.42 (0.35-0.45)

1. Perhitungan Kapasitas Tangki Septik

Menurut Suharmadji, 2013 menyatakan bahwa volume penampungan lumpur dan busa menggunakan formula :

$$A = P \times N \times S$$

Di mana :

A : Penampungan lumpur yang diperlukan (L)

P : Jumlah orang yang diperkirakan menggunakan tangki septik

N : Jumlah tahun, jangka waktu pengurasan lumpur (min 2 tahun)

S : Rata-rata lumpur terkumpul (liter/orang/ tahun).

Dimana : 25 liter untuk WC yang hanya menampung kotoran manusia.

40 liter untuk WC yang juga menampung air limbah dari kamar mandi.

(IKK, *Sanitation Improvement Program*, 1987)

$$B = P \times Q \times Th$$

Di mana :

P : Jumlah orang yang diperkirakan menggunakan tangki septik

Q : Banyaknya aliran air limbah (liter/orang/hari)

Th : Keperluan waktu penahanan minimum dalam sehari.

Untuk tangki septik hanya menampung limbah WC (terpisah)

$$Th = 2,5 - 0,3 \log (P \cdot Q) > 0,5$$

a. Tipe Rumah 49

- Jumlah penghuni 1KK = 5 orang
- Waktu pengurusan direncanakan setiap (N) = 3 tahun (IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987)
- Rata-rata Lumpur terkumpul l/orang/tahun (S) = 40 lt, untuk air limbah dari KM/WC. (IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987)
- Air limbah yang dihasilkan tiap orang/hari = 10 l/orang/hari (tangki septik hanya untuk menampung air kotor)
- Kebutuhan kapasitas penampungan untuk lumpur.

$$A = P \times N \times S$$

$$A = 5 \text{ org} \times 3 \text{ tahun} \times 40 \text{ l/orang/tahun} \\ = 600 \text{ L}$$

- Kebutuhan kapasitas penampungan air.

$$B = P \times Q \times Th$$

$$Th = 2.5 - 0,3 \log (P \times Q) > 0,5$$

$$B = 5 \text{ org} \times 10 \text{ l/orang/hari} \times (2,5 - 0,3 \log (5 \text{ org} \times 10 \\ \text{l/orang/hari})) \\ = 99,52 \text{ L}$$

- Volume Total Tangki Septik = A + B
$$= 600 + 99.52 \\ = 699.52 \text{ L} = 700 \text{ L} \\ = 0.7 \text{ m}^3$$

- Dimensi tangki septik komunal

Tinggi tangki septik (h) = 1,00 m + 0,30 m (free board/tinggi jagaan)

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan Tangki Septik} &= V/h \\ &= 0.7 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\ &= 0.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perbandingan Lebar tangki septik (L) : Panjang tangki (P) = 1 : 2

$$\begin{aligned} \text{Lebar tangki (L)} &= \sqrt{\frac{0.7}{2}} \\ &= 0,60 \text{ m} \\ \text{Panjang tangki (P)} &= 1,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa Influen dan Efluen Tangki Septik

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan air (Vin)} &= 1.5 \text{ m/s} \\ &= 5400 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit air masuk (Qin)} &= 50 \text{ L/hari} \\ &= 0.0021 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.0021 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 3.85 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3.85 \times 10^{-7}}{\pi}}$$

$$D = 0.0007 \text{ m}$$

$$D = 0.7 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 0.7 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

b. Tipe Rumah 79

- Jumlah penghuni 1KK = 7 orang
- Waktu pengurusan direncanakan setiap (N) = 3 tahun (IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987)

- Rata-rata Lumpur terkumpul l/orang/tahun (S) = 40 lt, untuk air limbah dari KM/WC. (IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987)

- Air limbah yang dihasilkan tiap orang/hari = 10 l/orang/hari (tangki septik hanya untuk menampung air kotor)

- Kebutuhan kapasitas penampungan untuk lumpur.

$$A = P \times N \times S$$

$$A = 7 \text{ org} \times 3 \text{ tahun} \times 40 \text{ l/orang/tahun} = 840 \text{ L}$$

- Kebutuhan kapasitas penampungan air.

$$B = P \times Q \times Th$$

$$Th = 2.5 - 0.3 \log (P \times Q) > 0.5$$

$$B = 7 \text{ org} \times 10 \text{ l/orang/hari} \times (2.5 - 0.3 \log (7 \text{ org} \times 10 \text{ l/orang/hari})) = 136.25 \text{ L}$$

- Volume Total Tangki Septik

$$= A + B$$

$$= 840 + 136.25$$

$$= 976.25 \text{ L} = 976.3 \text{ L}$$

$$= 0.9763 \text{ m}^3$$

- Dimensi tangki septik komunal

Tinggi tangki septik (h)
board/tinggi jagaan)

$$= 1,00 \text{ m} + 0,30 \text{ m} \text{ (free$$

Luas Permukaan Tangki Septik = V/h

$$= 0.9763 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$$

$$= 0.9763 \text{ m}^2$$

Perbandingan Lebar tangki septik (L) : Panjang tangki (P) = 1 : 2

Lebar tangki (L)

$$= \sqrt{\frac{0.9763}{2}}$$

$$= 0,7 \text{ m}$$

Panjang tangki (P)

$$= 1,40 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Tangki Septik

Direncanakan:

Kecepatan air masuk ke tangki septik (V_{in}) = 1.5 m/s = 5400 m/jam

Debit air masuk (Q_{in}) = 70 L/hari
= 0.003 m³/jam

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.003 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m}/\text{jam}}$$

$$A = 5.4 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3.85 \times 10^{-7}}{\pi}}$$

$$D = 0.0009 \text{ m}$$

$$D = 0.9 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 0.9 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

c. Tipe Rumah 129

- Jumlah penghuni 1KK = 9 orang
- Waktu pengurasan direncanakan setiap (N) = 3 tahun (IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987)
- Rata-rata Lumpur terkumpul l/orang/tahun (S) = 40 lt, untuk air limbah dari KM/WC. (IKK *Sanitation Improvement Programme*, 1987)
- Air limbah yang dihasilkan tiap orang/hari = 10 l/orang/hari (tangki septik hanya untuk menampung air kotor)
- Kebutuhan kapasitas penampungan untuk lumpur.

$$A = P \times N \times S$$

$$A = 9 \text{ org} \times 3 \text{ tahun} \times 40 \text{ l/orang/tahun} \\ = 1080 \text{ L}$$

- Kebutuhan kapasitas penampungan air.

$$B = P \times Q \times Th$$

$$Th = 2.5 - 0,3 \log (P \times Q) > 0,5$$

$$B = 9 \text{ org} \times 10 \text{ l/orang/hari} \times (2,5 - 0,3 \log (9 \text{ org} \times \\ 10 \text{ l/orang/hari})) \\ = 172.24 \text{ L}$$

- Volume Total Tangki Septik = A + B
= 1080 + 172.24
= 1252.24 L
= 1.252 m³

- Dimensi tangki septik komunal

$$\text{Tinggi tangki septik (h)} = 1,00 \text{ m} + 0,30 \text{ m (free board/tinggi jagaan)}$$

$$\text{Luas Permukaan Tangki Septik} = V/h \\ = 1.252 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\ = 1.252 \text{ m}^2$$

$$\text{Perbandingan Lebar tangki septik (L) : Panjang tangki (P)} \\ = 1 : 2$$

$$\text{Lebar tangki (L)} = \sqrt{\frac{1.252}{2}} \\ = 0.8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tangki (P)} = 1,60 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Tangki Septik

Direncanakan:

$$\text{Kecepatan air masuk ke tangki septik (Vin)} = 1.5 \text{ m/s} = 5400 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air masuk (Qin)} = 90 \text{ L/hari} \\ = 0.00375 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Qin = A \times Vin$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.00375 \frac{m^3}{jam}}{5400 \frac{m}{jam}}$$

$$A = 6.94 \times 10^{-7} m^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3.85 \times 10^{-7}}{\pi}}$$

$$D = 0.00104 m$$

$$D = 10.4 mm$$

Pipa dengan diameter 0.9 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

2. Penentuan Efisiensi Removal Tangki Septik (Sasse,1988)

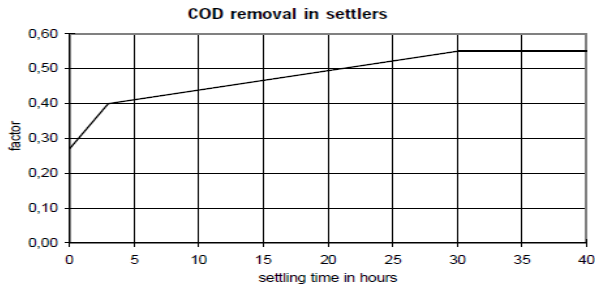
a. Efisiensi Removal COD

Removal COD di settler tergantung dari jumlah padatan yang terendapkan, sehingga dengan mengetahui SS/COD maka efisiensi removal COD akan didapatkan. Hal penentu dari Efisiensi removal COD adalah HRT dari bangunan tangki septik.

$$\% \text{ Removal COD} = \frac{\left(\frac{SS}{COD}\right)}{0.6} \times \text{Faktor COD removal}$$

Dimana :

- 0.6 merupakan angka berdasarkan pengalaman yang ditetapkan oleh Sasse, 1988
- Faktor COD removal ditentukan berdasarkan grafik "COD Removal in Settler"



Gambar 4.8 Removal COD di *Settler*

Penentuan Faktor dari COD removal maka sangat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Pada graik tersebut memiliki 3 titik kritis yakni di titik (1,0.3), (3,0.4), (30,0.55). Setelah HRT \geq 30 jam maka Faktor COD removal akan mengalami faktor efisiensi removal yang konstan. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel.

Pada titik kritis (1,0.3) maka HRT < 1 jam maka nilai faktor COD removal rate akan konstan di nilai 0.3. Hal ini berbeda dengan pada titik kritis di (3,0.4) dan (30,0.55). Perbedaan ini terletak pada dengan peningkatan HRT maka faktor COD removal rate akan meningkat. Rumus yang digunakan untuk menentukan sumbu- y apabila settling time hours (HRT) telah ditentukan pada sumbu-x. Berikut merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung Faktor COD removal

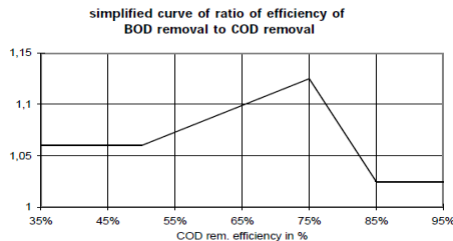
$$\text{Faktor COD removal} = \text{IF}(\text{HRT} < 1; \text{HRT} * 0,3; \text{IF}(\text{HRT} < 3; (\text{HRT} - 1) * 0,1/2 + 0,3; \text{IF}(\text{HRT} < 30; (\text{HRT} - 3) * 0,15/27 + 0,4; 0,55)))$$

Dari persamaan fungsi IF maka dapat ditentukan Faktor COD removal pada air limbah dengan menentukan HRT pada bangunan tangki septik. Pada perencanaan ini menggunakan Hydraulic Retention Time (HRT) adalah 48 jam. Dari grafik dan persamaan fungsi IF maka apabila HRT = 48 jam maka Faktor COD removal ratenya adalah 0.55.

$$\begin{aligned} \% \text{ Removal COD} &= \left(\frac{0,42}{0,6} \times 0,55 \right) \times 100\% \\ &= 38,5\% \end{aligned}$$

b. Efisiensi Removal BOD

Dalam menentukan efisiensi removal BOD dari bangunan tangki septik maka terlebih dahulu penentuan rasio BODrem/CODrem pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.9 Kurva Perbandingan Efisiensi BOD dan COD

Dalam menentukan faktor BODrem/CODrem digunakan prinsip bangunan segitiga kongruen yang dimuat dalam fungsi. Berikut merupakan fungsi persamaan IF yang digunakan berdasarkan grafik di atas

Faktor CODrem = 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)

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa efisiensi removal COD adalah 38.5%, sehingga dengan menggunakan grafik dan fungsi persamaan IF maka Faktor BODrem/COD rem adalah 1.06.

$$\begin{aligned} \text{BODrem} &= (\text{Rasio BODrem/CODrem}) \times \text{CODrem} \\ &= 1.06 \times 38.5\% \\ &= 40.81\% \\ \text{TSSrem} &= 2 \times \text{BODrem} && (\text{Ahmad,2014}) \\ &= 2 \times 40.81\% \\ &= 81.62\% \end{aligned}$$

BOD = 195 mg/L
COD = 290 mg/L
TSS = 480 mg/L

Tangki Septik

CODrem = 38.5%
BODrem = 40.81%
TSSrem = 81.62%

BOD = 115.42 mg/L
COD = 178.35 mg/L
TSS = 88.224 mg/L

Gambar 4.10 Karakteristik Limbah Keluar dari Tangki Septik

4.2.2. BAK KONTROL (BAK PENAMPUNG EFLUEN BLACK WATER + GREY WATER)

Penentuan Kualitas Air Limbah Mixing

Kualitas Grey Water:

- BOD5 = 189 mg/L
- COD = 317 mg/L
- TSS = 200 mg/L

Kualitas Efluen Tangki Septik:

- BOD5 = 115.42 mg/L
- COD = 178.35 mg/L
- TSS = 88.224 mg/L

Dalam menentukan kualitas air limbah mixing maka diperlukan pendekatan rumus campuran konsentrasi air limbah.

Rumus pendekatan yang digunakan adalah

$$C_{mix} = \frac{(C_{black} \times Q_{black}) + (C_{grey} \times Q_{grey})}{Q_{black} + Q_{grey}}$$

Dimana :

C_{black} = Konsentrasi Efluen Tangki Septik (mg/L)

C_{grey} = Konsentrasi Grey Water yang masuk ke bak kontrol (mg/L)

Q_{black} = Debit Efluen Tangki Septik (L/hari)

Q_{grey} = Debit Grey Water yang masuk ke bak kontrol (L/hari)

Dengan menentukan pendekatan rumus yang digunakan dalam menentukan kualitas air limbah campuran, maka langkah selanjutnya adalah menentukan kualitas air limbah mixing effluent tangki septik dan grey water. Kualitas air limbah mixing tersebut akan memiliki kualitas air limbah yang akan sama walaupun Hydraulic Loadingnya akan berbeda .

Tipe rumah 49

Q black water = 50 L/hari

Q grey water = 430 L/hari

$$\text{BODmix} = \frac{(C_{black} \times Q_{black}) + (C_{grey} \times Q_{grey})}{Q_{black} + Q_{grey}}$$

$$\text{BODmix} = \frac{(115.42 \times 50) + (189 \times 430)}{50 + 430}$$

$$\text{BODmix} = 181.33 \text{ mg/L}$$

$$\text{CODmix} = \frac{(C_{black} \times Q_{black}) + (C_{grey} \times Q_{grey})}{Q_{black} + Q_{grey}}$$

$$\text{CODmix} = \frac{(178.35 \times 50) + (317 \times 430)}{50 + 430}$$

$$\text{CODmix} = 302.56 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSSmix} = \frac{(C_{black} \times Q_{black}) + (C_{grey} \times Q_{grey})}{Q_{black} + Q_{grey}}$$

$$\text{TSSmix} = \frac{(88.224 \times 50) + (200 \times 430)}{50 + 430}$$

$$\text{TSSmix} = 188.36 \text{ mg/L}$$

Tipe rumah 79

Q black water = 70 L/hari

Q grey water = 602 L/hari

$$\text{BODmix} = \frac{(C_{black} \times Q_{black}) + (C_{grey} \times Q_{grey})}{Q_{black} + Q_{grey}}$$

$$\text{BOD}_{\text{mix}} = \frac{(115.42 \times 70) + (189 \times 602)}{70 + 602}$$

$$\text{BOD}_{\text{mix}} = 181.33 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{mix}} = \frac{(C_{\text{black}} \times Q_{\text{black}}) + (C_{\text{grey}} \times Q_{\text{grey}})}{Q_{\text{black}} + Q_{\text{grey}}}$$

$$\text{COD}_{\text{mix}} = \frac{(178.35 \times 70) + (317 \times 602)}{70 + 602}$$

$$\text{COD}_{\text{mix}} = 302.56 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{mix}} = \frac{(C_{\text{black}} \times Q_{\text{black}}) + (C_{\text{grey}} \times Q_{\text{grey}})}{Q_{\text{black}} + Q_{\text{grey}}}$$

$$\text{TSS}_{\text{mix}} = \frac{(88.224 \times 70) + (200 \times 602)}{70 + 602}$$

$$\text{TSS}_{\text{mix}} = 188.36 \text{ mg/L}$$

Tipe rumah 129

$$Q_{\text{black water}} = 90 \text{ L/hari}$$

$$Q_{\text{grey water}} = 774 \text{ L/hari}$$

$$\text{BOD}_{\text{mix}} = \frac{(C_{\text{black}} \times Q_{\text{black}}) + (C_{\text{grey}} \times Q_{\text{grey}})}{Q_{\text{black}} + Q_{\text{grey}}}$$

$$\text{BOD}_{\text{mix}} = \frac{(115.42 \times 90) + (189 \times 774)}{90 + 774}$$

$$\text{BOD}_{\text{mix}} = 181.33 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{mix}} = \frac{(C_{\text{black}} \times Q_{\text{black}}) + (C_{\text{grey}} \times Q_{\text{grey}})}{Q_{\text{black}} + Q_{\text{grey}}}$$

$$\text{COD}_{\text{mix}} = \frac{(178.35 \times 90) + (317 \times 774)}{90 + 774}$$

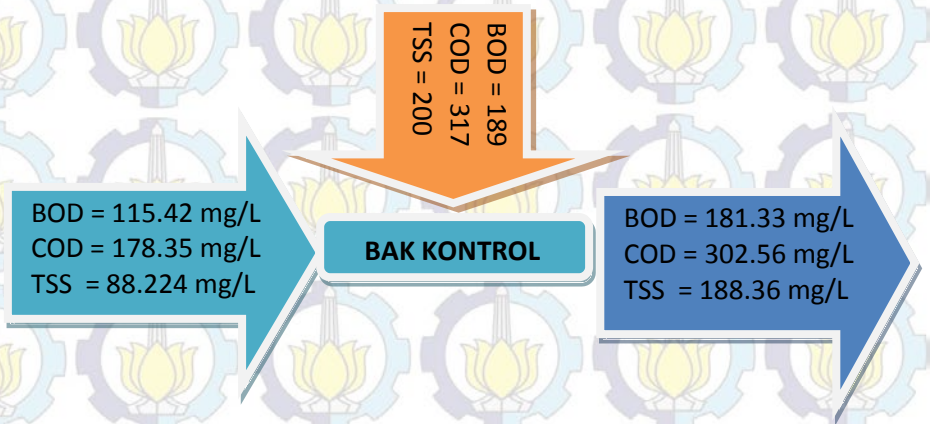
$$\text{COD}_{\text{mix}} = 302.56 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{mix}} = \frac{(C_{\text{black}} \times Q_{\text{black}}) + (C_{\text{grey}} \times Q_{\text{grey}})}{Q_{\text{black}} + Q_{\text{grey}}}$$

$$TSS_{mix} = \frac{(88.224 \times 90) + (200 \times 774)}{90 + 774}$$

$$TSS_{mix} = 188.36 \text{ mg/L}$$

Berikut merupakan diagram yang menunjukkan kualitas air limbah campuran yang masuk ke bak control yang seterusnya akan menuju ke pengolahan selanjutnya yakni bangunan Anaerobik Biofilter



Gambar 4.11 Karakteristik Campuran Air Limbah

Dimensi Bak Kontrol

Bak control berfungsi sebagai bak untuk menampung hasil efluen dari tangki septik dan grey water.

$$Q \text{ bak control} = Q_{\text{efluen tangki septik}} + Q_{\text{grey water}}$$

Tipe Rumah 79

$$\begin{aligned} Q \text{ bak control} &= 50 \text{ L/hari} + 430 \text{ L/hari} \\ &= 480 \text{ L/hari} \\ &= 0.02 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini waktu detensi yang digunakan adalah waktu detensi tangki septik, hal ini dikarenakan bak ini hanya dapat menampung hasil dari tangki septik setiap 48 jam, sehingga waktu detensi bak control adalah 48 jam.

$$\begin{aligned} T_d &= 48 \text{ jam} \\ V &= Q \times t_d \\ &= 0.02 \text{ m}^3/\text{jam} \times 48 \text{ jam} \\ &= 0.96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 1.5 \text{ m} \\ A &= V/H \\ &= 0.96/1.5 \\ &= 0.64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{\frac{0.64}{2}} \\ L &= 0.56 \text{ m} \\ P &= 1.13 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa Influen dan Efluen Bak Kontrol

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan air (Vin)} &= 1.5 \text{ m/s} \\ &= 5400 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Debit air masuk (Qin)} = 480 \text{ L/hari}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$\begin{aligned} Q_{in} &= A \times V_{in} \\ A &= \frac{Q_{in}}{v_{in}} \\ A &= \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}} \\ A &= 3.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3.7 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

$$D = 0.0022 \text{ m}$$

$$D = 2.2 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 2.2 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

Tipe Rumah 79

$$\begin{aligned} Q \text{ bak control} &= 70 \text{ L/hari} + 602 \text{ L/hari} \\ &= 672 \text{ L/hari} \\ &= 0.028 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini waktu detensi yang digunakan adalah waktu detensi tangki septik, hal ini dikarenakan bak ini hanya dapat menampung hasil dari tangki septik setiap 48 jam, sehingga waktu detensi bak control adalah 48 jam.

$$T_d = 48 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= 0.028 \text{ m}^3/\text{jam} \times 48 \text{ jam} \\ &= 1.344 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= V/H \\ &= 1.344/1.5 \\ &= 0.9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{\frac{0.9}{2}}$$

$$L = 0.67 \text{ m}$$

$$P = 1.34 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Bak Kontrol

Direnakan:

$$\text{Kecepatan septik (} V_{in} \text{)} = 1.5 \text{ m/s} = 5400 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air masuk (} Q_{in} \text{)} = 0.028 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.028 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 5.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5.2 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

$$D = 0.00256 \text{ m}$$

$$D = 2.56 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 2.56 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

Tipe Rumah 129

$$Q \text{ bak kontrol} = 90 \text{ L/hari} + 774 \text{ L/hari}$$

$$= 864 \text{ L/hari}$$

$$= 0.036 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pada perencanaan ini waktu detensi yang digunakan adalah waktu detensi tangki septik, hal ini dikarenakan bak ini hanya

dapat menampung hasil dari tangki septik setiap 48 jam, sehingga waktu detensi bak control adalah 48 jam.

$$T_d = 48 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= 0.036 \text{ m}^3/\text{jam} \times 48 \text{ jam} \\ &= 1.728 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= V/H \\ &= 1.728/1.5 \\ &= 1.152 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{\frac{1.152}{2}}$$

$$L = 0.77 \text{ m}$$

$$P = 1.54 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Bak Kontrol

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan air masuk ke tangki septik (} V_{in} \text{)} &= 1.5 \text{ m/s} \\ &= 5400 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Debit air masuk (} Q_{in} \text{)} = 0.0360 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.036 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 6.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 6.7 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

$$D = 0.00291 \text{ m}$$

$$D = 3 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 3 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

4.2.3 ANAEROBIK BIOFILTER

Diketahui :

BOD = 181.33 mg/L

COD = 302.56 mg/L

TSS = 188.36 mg/L

Direncanakan:

HRT = 48 jam (24-48 jam)

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

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

Suhu Reaktor = 27°C

Porositas Media

Kerikil = 50% (Notodarmojo, dkk. 2004)

Sarang Tawon = 98% (berdasarkan tipe bahan)

Spesifik Permukaan

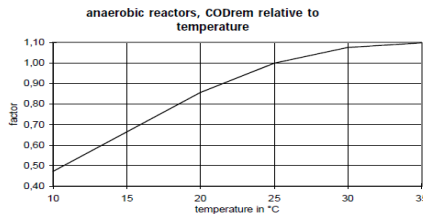
Baktu Kerikil = 100 m²/m³ (Notodarmojo, dkk. 2004)

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

1. Penentuan Faktor Efisiensi Removal Anaerobik Biofilter

Dalam menentukan efisiensi removal dari Anaerobik Biofilter, maka perlu peninjauan Faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap laju removal dari anaerobic biofilter itu sendiri. 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

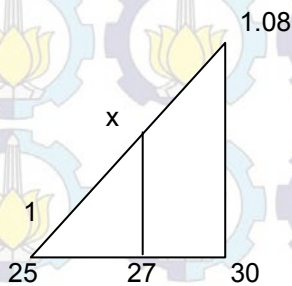


Gambar 4.12 Faktor Suhu terhadap Efisiensi Removal

Penentuan Faktor dari Faktor suhu maka dapat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Pada grafik tersebut memiliki 3 titik kritis yakni di pada keadaan suhu dibawah 20°C, pada suhu 25°C, dan pada suhu 30°C. Titik kritis merupakan penentu untuk mengetahui persamaan fungsi grafik, dengan demikian maka pada suhu tertentu akan dapat diketahui dengan mudah. Dalam menentukan fungsi persamaan grafik maka dilakukan perhitungan pada titik kritis yang dibandingkan dengan titik yang akan ditentukan, perhitungan didasarkan atas persamaan segitiga kongruen. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel. Rumus yang digunakan untuk menentukan sumbu- y apabila suhu reaktor telah ditentukan pada sumbu-x. Berikut merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung Faktor COD removal

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

Suhu reaktor diatur pada suhu 27°C maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 1.032. Berikut merupakan ilustrasi penentuan manual faktornya



Dengan menggunakan prinsip persamaan segitiga kongruen maka titik x dapat diketahui (titik x merupakan Faktor suhu yang dicari) dengan persamaan berikut:

$$\frac{(30 - 25)}{(1 - 1.08)} = \frac{(27 - 25)}{(x - 1)}$$

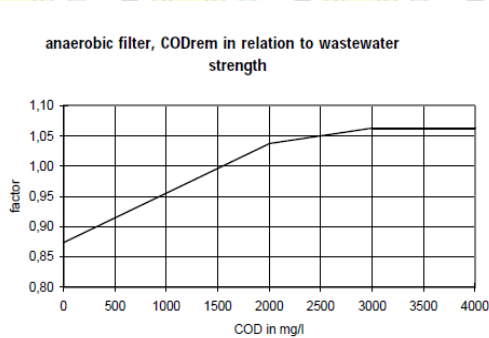
$$\frac{5}{0.08} = \frac{2}{(x - 1)}$$

$$\frac{(2 \times 0.08)}{5} = x - 1$$

$$x = 1.032$$

Jadi, persamaan segitiga kongruen yang menjadi dasar persamaan fungsi IF pada software Ms Excel. Persamaan segitiga kongruen merupakan segitiga dimana fungsi dari persamaan didasarkan atas perbandingan antara pengurangan sumbu x titik pertama dan titik ketiga dan sumbu y titik pertama dan titik ketiga yang ekuivalen dengan perbandingan antara sumbu x dengan titik kedua dan titik pertama dan sumbu y titik kedua dengan titik pertama. Dengan mengetahui fungsi dari segitiga kongruen inilah yang akan menjadi persamaan untuk setiap fungsi pada semua grafik. Pertimbangan segitiga kongruen digunakan apabila grafik sudah membentuk gambar segitiga.

2. Faktor *Strength Wastewater*



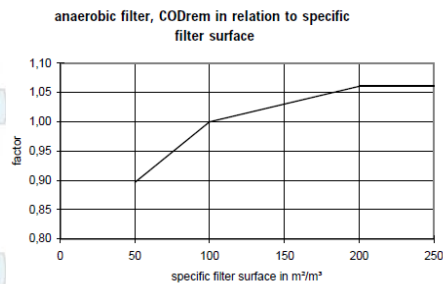
Gambar 4.13 Faktor Kualitas Air Limbah terhadap Efisiensi Removal

Penentuan Faktor dari Faktor wastewater strength maka dapat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Pada grafik tersebut memiliki 2 titik kritis yakni di pada CODin dibawah 2000 mg/L, dan pada CODin 3000 mg/L. Titik kritis merupakan penentu untuk mengetahui persamaan fungsi grafik, dengan demikian maka pada suhu tertentu akan dapat diketahui dengan mudah. Dalam menentukan fungsi persamaan grafik maka dilakukan perhitungan pada titik kritis yang dibandingkan dengan titik yang akan ditentukan, perhitungan didasarkan atas persamaan segitiga kongruen. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel. Rumus yang digunakan untuk menentukan sumbu- y apabila suhu reaktor telah ditentukan pada sumbu-x. Berikut merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung Faktor wastewater strength dalam menentukan COD removal

Faktor *Wastewater Strength* = 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 anaerobic adalah 302.56 mg/L maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 0.895

3. Faktor Luas Permukaan Filter



Gambar 4.14 Faktor Luas Permukaan terhadap Efisiensi Removal

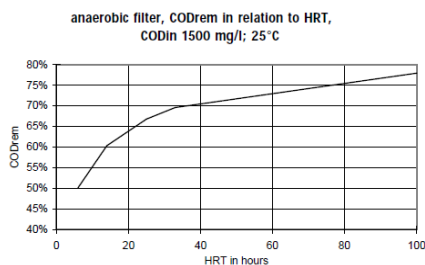
Penentuan Faktor dari Faktor Luas Permukaan filter maka dapat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Pada grafik tersebut memiliki 2 titik kritis yakni di pada Luas Permukaan filter pada $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Titik kritis merupakan penentu untuk mengetahui persamaan fungsi grafik, dengan demikian maka pada suhu tertentu akan dapat diketahui dengan mudah. Dalam menentukan fungsi persamaan grafik maka dilakukan perhitungan pada titik kritis yang dibandingkan dengan titik yang akan ditentukan, perhitungan didasarkan atas persamaan segitiga kongruen. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel. Rumus yang digunakan untuk menentukan sumbu- y apabila suhu reaktor telah ditentukan pada sumbu-x. Berikut merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung Faktor wastewater strength dalam menentukan COD removal

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

Pada perencanaan ini digunakan dua variabel media yaitu dengan media kerikil dengan luas permukaan $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ dan

media sarang tawon dengan luas permukaan $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Dengan demikian Faktor luas permukaan akan berbeda. Media kerikil dengan luas permukaan $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 1. Media Sarang Tawon dengan luas permukaan $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$ L maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 1.03.

4. Faktor HRT



Gambar 4.15 Faktor HRT terhadap Efisiensi Removal

Penentuan Faktor dari Faktor HRT filter maka dapat ditentukan oleh titik kritis dari grafik di atas. Pada grafik tersebut memiliki 4 titik kritis (titik peninjauan) yakni di pada HRT 12 jam, HRT 24 jam, HRT 33 jam, dan HRT 100 jam. Titik kritis merupakan penentu untuk mengetahui persamaan fungsi grafik, dengan demikian maka pada suhu tertentu akan dapat diketahui dengan mudah. Dalam menentukan fungsi persamaan grafik maka dilakukan perhitungan pada titik kritis yang dibandingkan dengan titik yang akan ditentukan, perhitungan didasarkan atas persamaan segitiga kongruen. Dengan mengetahui titik kritis dari grafik tersebut maka dapat dibuat dalam bentuk fungsi IF pada Ms Excel. Rumus yang digunakan untuk menentukan sumbu- y apabila suhu reaktor telah ditentukan pada sumbu-x. Berikut merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung Faktor wastewater strength dalam menentukan COD removal.

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 anaerobic adalah 48 jam, maka pada rumus yang dibentuk di Software MS Excel maka akan menunjukkan angka 0.69.

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

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

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

2. Penentuan Jumlah Kompartemen Anaerobik Biofilter

a. Media Kerikil

Tipe Rumah 49

$$\text{Volume Media} = \frac{Q_{ave} \times COD}{OLR}$$

$$\text{Volume Media} = \frac{480 \frac{L}{hari} \times 0.0030256 \frac{kgCOD}{L}}{5 \frac{kgCOD}{m^3 \cdot hari}}$$

$$\text{Volume Media} = 0.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Rongga} = \text{Porositas} \times V_{media}$$

$$\text{Volume Rongga} = 0.3 \times 0.5$$

$$= 0.15$$

$$\text{Asurface} = V_{rongga} / \text{HLR}$$

$$= 0.15 / 1$$

$$= 0.15 \text{ m}^2$$

$$\text{Total tinggi media} = 0.3 \text{ m}^3 / 0.15 \text{ m}^2$$

$$= 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi 1 media} = 1.25 \text{ m}$$

Jumlah Media = Total tinggi media/tinggi 1 media
 = 2/1.25
 = 1.6 = 2 kompartemen

Tipe Rumah 79

Volume Media = $\frac{Qave \times COD}{OLR}$
 = $\frac{672 \frac{L}{hari} \times 0.0030256 \frac{kgCOD}{L}}{5 \frac{kgCOD}{m^3 \cdot hari}}$

Volume Media = 0.4 m³

Volume Rongga = Porositas x Vmedia

Volume Rongga = 0.4 x 0.5
 = 0.2 m³

Asurface = Vrongga/HLR

= 0.2/1
 = 0.2 m²

Total tinggi media = 0.4 m³/0.2 m²

= 2 m

Tinggi 1 media = 1.25 m

Jumlah Media = Total tinggi media/tinggi 1 media

= 2/1.25

= 1.6 = 2 Kompartemen

Tipe Rumah 129

Volume Media = $\frac{Qave \times COD}{OLR}$
 = $\frac{864 \frac{L}{hari} \times 0.0030256 \frac{kgCOD}{L}}{5 \frac{kgCOD}{m^3 \cdot hari}}$

Volume Media = 0.52 m³

Volume Rongga = Porositas x Vmedia

Volume Rongga = 0.52 x 0.5
 = 0.26 m³

Asurface = Vrongga/HLR

= 0.26/1

= 0.26 m²

Total tinggi media = 0.4 m³/0.26 m²

= 1.53 m

$$\begin{aligned} \text{Tinggi 1 media} &= 1.25 \text{ m} \\ \text{Jumlah Media} &= \text{Total tinggi media/tinggi 1 media} \\ &= 1.53/1.25 \\ &= 1.3 = 2 \text{ Kompartemen} \end{aligned}$$

Dengan mengetahui jumlah kompartemen yang dibutuhkan untuk tipe media kerikil, maka dapat dilanjutkan dengan penentuan efisiensi removal bangunan anaerobik biofilter

$$\begin{aligned} \% \text{Removal COD} &= ((1.032 \times 0.895 \times 1 \times 0.69) \times (1 + (2 \times 0.04))) \\ &= 0.688 \\ &= 68.8\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa efisiensi removal COD adalah 68.8%, sehingga dengan menggunakan grafik dan fungsi persamaan IF pada grafik "Simplified Curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal" dan persamaan fungsi IF, maka dapat ditentukan factor BODrem/CODrem maka Faktor BODrem/CODrem adalah 1.102.

$$\begin{aligned} \% \text{Removal BOD} &= (\text{Faktor BODem/CODrem}) \times \text{COD removal} \\ &= 1.102 \times 68.8\% \\ &= 75.82\% \end{aligned}$$

$$\% \text{Removal TSS} = 97.1 \quad (\text{Ahmad, 2014})$$

b. Media Sarang Tawon Tipe Rumah 49

$$\begin{aligned} \text{Volume Media} &= \frac{Q_{ave} \times COD}{OLR} \\ \text{Volume Media} &= \frac{480 \frac{L}{hari} \times 0.0030256 \frac{kgCOD}{L}}{5 \frac{kgCOD}{m^3 \cdot hari}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Media} &= 0.3 \text{ m}^3 \\ \text{Volume Rongga} &= \text{Porositas} \times V_{media} \\ \text{Volume Rongga} &= 0.3 \times 0.98 \\ &= 0.294 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{surface} &= V_{rongga}/HLR \\ &= 0.294/1 \\ &= 0.294 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Total tinggi media} = 0.3 \text{ m}^3 / 0.294 \text{ m}^2$$

Tinggi 1 media

$$= 1.02 \text{ m}$$
$$= 1.25 \text{ m}$$

Jumlah Media

$$= \text{Total tinggi media/tinggi 1 media}$$
$$= 1.02/1.25$$
$$= 0.82 = 1 \text{ kompartemen}$$

Tipe Rumah 79

Volume Media

$$= \frac{Q_{ave} \times COD}{OLR}$$

Volume Media

$$= \frac{672 \frac{L}{hari} \times 0.0030256 \text{ kgCOD/L}}{5 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$$

Volume Media

$$= 0.4 \text{ m}^3$$

Volume Rongga

$$= \text{Porositas} \times V_{media}$$

Volume Rongga

$$= 0.4 \times 0.98$$

Asurface

$$= 0.392$$

$$= V_{rongga}/HLR$$

$$= 0.392/1$$

$$= 0.392 \text{ m}^2$$

Total tinggi media

$$= 0.4 \text{ m}^3 / 0.392 \text{ m}^2$$

Tinggi 1 media

$$= 1.02 \text{ m}$$

$$= 1.25 \text{ m}$$

Jumlah Media

$$= \text{Total tinggi media/tinggi 1 media}$$
$$= 1.02/1.25$$
$$= 0.82 = 1 \text{ Kompartemen}$$

Tipe Rumah 129

Volume Media

$$= \frac{Q_{ave} \times COD}{OLR}$$

Volume Media

$$= \frac{864 \frac{L}{hari} \times 0.0030256 \text{ kgCOD/L}}{5 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$$

Volume Media

$$= 0.52 \text{ m}^3$$

Volume Rongga

$$= \text{Porositas} \times V_{media}$$

Volume Rongga

$$= 0.52 \times 0.98$$

$$= 0.51 \text{ m}^3$$

Asurface

$$= V_{rongga}/HLR$$

$$= 0.51/1$$

$$\begin{aligned} \text{Total tinggi media} &= 0.51 \text{ m}^2 \\ &= 0.52 \text{ m}^3 / 0.51 \text{ m}^2 \\ &= 1.02 \text{ m} \\ \text{Tinggi 1 media} &= 1.25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Media} &= \text{Total tinggi media/tinggi 1 media} \\ &= 1.02/1.25 \\ &= 0.82 = 1 \text{ Kompartemen} \end{aligned}$$

3. Penentuan Efisiensi Removal Anaerobik Biofilter

Dengan mengetahui jumlah kompartemen yang dibutuhkan untuk tipe media sarang tawon, maka dapat dilanjutkan dengan penentuan efisiensi removal bangunan anaerobik biofilter

$$\begin{aligned} \% \text{Removal COD} &= ((1.032 \times 0.895 \times 1.03 \times 0.69) \times (1 + (1 \times 0.04))) \\ &= 0.688 \\ &= 68.3\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa efisiensi removal COD adalah 68.8%, sehingga dengan menggunakan grafik dan fungsi persamaan IF pada grafik "*Simplified Curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal*" dan persamaan fungsi IF, maka dapat ditentukan factor BODrem/CODrem maka Faktor BODrem/COD rem adalah 1.107.

$$\begin{aligned} \% \text{Removal BOD} &= (\text{Faktor BODem/CODrem}) \times \text{COD removal} \\ &= 1.107 \times 68.8\% \\ &= 76.16\% \end{aligned}$$

$$\% \text{Removal TSS} = 97.1 \quad (\text{Ahmad, 2014})$$

4. Penentuan Dimensi Anaerobik Biofilter

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman Total} &= 2.2 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 1.25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kompartemen} &= 2 \text{ Kompartemen} \\ \text{Media Kerikil} &= 2 \text{ Kompartemen} \\ \text{Media Sarang Tawon} &= 1 \text{ Kompartemen} \end{aligned}$$

Ruang dibawah Media = 50 cm
 Ketebalan Penyangga = 5 cm
 Ketinggian Filter = 1.25 m (40 cm dibawah muka air)

Dihitung :

Volume Tangki Filter
 • Tipe Rumah 49 = $Q \times t_d$
 = 0.02 m³/jam x 48 jam
 = 0.96 m³

• Tipe Rumah 79 = $Q \times t_d$
 = 0.028 m³/jam x 48 jam
 = 1.344 m³

• Tipe Rumah 129 = $Q \times t_d$
 = 0.036 m³/jam x 48 jam
 = 1.728 m³

Lebar Kamar =

$$\frac{Volume\ Filter}{(Jlhh\ Filter) \times ((Hfilter \times 0.25) + (Pfilter \times (Hfilter - Hfilter)) \times (1 - Porositas))}$$

Tipe Rumah 49

Media Kerikil

$$Lebar\ Kamar = \frac{0.96}{(2) \times ((2.2 \times 0.25) + (1.25 \times (2.2 - 1.25) \times (1 - 0.5)))}$$

$$= 0.42\ m$$

Media Sarang Tawon

$$Lebar\ Kamar = \frac{0.96}{(1) \times ((2.2 \times 0.25) + (1.25 \times (2.2 - 1.25) \times (1 - 0.98)))}$$

$$= 0.53\ m$$

Pipa Influen dan Efluen Biofilter

Direncanakan:

Kecepatan (Vin) = 1.5 m/s
 = 5400 m/jam

Debit air masuk (Q_{in}) = 480 L/hari

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$\begin{aligned}Q_{in} &= A \times V_{in} \\ A &= \frac{Q_{in}}{V_{in}} \\ A &= \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m}/\text{jam}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= 3.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ D &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ D &= \sqrt{\frac{4 \times 3.7 \times 10^{-6}}{\pi}} \\ D &= 0.0022 \text{ m} \\ D &= 2.2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pipa dengan diameter 2.2 mm tidak ada di pasaran sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 1 ¼" (42 mm) yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 210022001.

Cek Kecepatan Air

$$\begin{aligned}V &= \frac{Q_{in}}{A} \\ V &= \frac{0.0021 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.25 \times 3.14 \times 0.0022^2)} \\ V &= 1444.3 \text{ m}/\text{jam} = 0.54 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Tipe Rumah 79

Media Kerikil

$$\begin{aligned}\text{Lebar Kamar} &= \frac{1.344}{(2) \times ((2.2 \times 0.25) + (1.25 \times (2.2 - 1.25) \times (1 - 0.5)))} \\ &= 0.58 \text{ m}\end{aligned}$$

Media Sarang Tawon

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{1.344}{(1) \times ((2.2 \times 0.25) + (1.25 \times (2.2 - 1.25) \times (1 - 0.98)))}$$

$$= 0.72 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Biofilter

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan septik (V}_{in}) &= 1.5 \text{ m/s} \\ &= 5400 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Debit air masuk (Q}_{in}) = 0.028 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.028 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 5.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5.2 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

$$D = 0.00256 \text{ m}$$

$$D = 2.56 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 2.56 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

Tipe Rumah 129

Media Kerikil

$$\begin{aligned} \text{Lebar Kamar} &= \frac{1.728}{(2) \times ((2.2 \times 0.25) + (1.25 \times (2.25 - 1.25) \times (1 - 0.5)))} \\ &= 0.72 \text{ m} \end{aligned}$$

Media Sarang Tawon

$$\text{Lebar Kamar} = \frac{1.728}{(1) \times ((2.2 \times 0.25) + (1.25 \times (2.2 - 1.25) \times (1 - 0.98)))}$$

$$= 0.92 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Biofilter

Direncanakan:

$$\text{Kecepatan (Vin)} = 1.5 \text{ m/s}$$

$$= 5400 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air masuk (Qin)} = 0.0360 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.036 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 6.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 6.7 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

$$D = 0.00291 \text{ m}$$

$$D = 3 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 3 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

Dalam menetapkan apakah perencanaan yang telah dihitung sudah benar atau tidak, maka diperlukan pengecekan terhadap criteria desain tertentu. Menurut Sasse, 1998 Pengecekan ditinjau dari Organic Loading Rate (OLR) dan Kecepatan kea tan (V_{up}).

Dengan demikian, diperlukan pengecekan terhadap OLR dan Vup.

$$\text{OLR} = \frac{\text{COD in}}{\left(\frac{Q}{1000}\right) \times (\text{HFikter} \times L \text{ kamar} \times P_{\text{kamar}} \times \text{Porositas} \times \text{Jlh Kompartemen})}$$

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

Tipe Rumah 49
Media Kerikil

$$\text{OLR} = \frac{302.56 \text{ mg/L}}{\left(\frac{0.48 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (0.3 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.5 \times 2)}$$

$$\text{OLR} = 4.2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.4 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0.04 \text{ m}^3/\text{jam} \quad (< 2 \text{ m}^3/\text{jam})$$

Media Sarang Tawon

$$\text{OLR} = \frac{302.56 \text{ mg/L}}{\left(\frac{0.48 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (0.53 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.98 \times 1)}$$

$$\text{OLR} = 2.43 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.53 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.98)}$$

$$\text{Vupflow} = 0.017 \text{ m}^3/\text{jam} \quad (< 2 \text{ m}^3/\text{jam})$$

Tipe Rumah 79
Media Kerikil

$$\text{OLR} = \frac{302.56 \text{ mg/L}}{\left(\frac{0.672 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (0.3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.5 \times 2)}$$

$$\text{OLR} = 2.4 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (<4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{0.028 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.58 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0.043 \text{ m/jam} \quad (<2 \text{ m/jam})$$

Media Sarang Tawon

$$\text{OLR} = \frac{302.56 \text{ mg/L}}{\left(\frac{0.672 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (0.3 \text{ m} \times 0.72 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.98 \times 1)}$$

$$\text{OLR} = 1.7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (<4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{0.028 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.72 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.98)}$$

$$\text{Vupflow} = 0.0176 \text{ m/jam} \quad (<2 \text{ m/jam})$$

Tipe Rumah 129
Media Kerikil

$$\text{OLR} = \frac{302.56 \text{ mg/L}}{\left(\frac{0.864 \text{ m}^3/\text{hari}}{1000}\right) \times (0.3 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.5 \times 2)}$$

$$\text{OLR} = 1.556 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (<4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{0.036 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.72 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.5)}$$

$$\text{Vupflow} = 0.044 \text{ m/jam} \quad (<2 \text{ m/jam})$$

Media Sarang Tawon

$$\text{OLR} = \frac{302.56 \text{ mg/L}}{\left(\frac{0.864 \text{ m}^3/\text{jam}}{1000}\right) \times (0.3 \text{ m} \times 0.92 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.98 \times 1)}$$

$$\text{OLR} = 1.035 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \quad (< 4.5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

$$\text{Vupflow} = \frac{0.036 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0.92 \text{ m} \times 1.25 \text{ m} \times 0.98)}$$

$$\text{Vupflow} = 0.0177 \text{ m/jam} \quad (< 2 \text{ m/jam})$$

4.2.4 BAK PENAMPUNG

Bak Penampung berfungsi sebagai bak untuk menampung hasil efluen dari proses biofilter dan merupakan bak yang akan dimanfaatkan untuk penggunaan kembali air hasil olahan.

Tipe Rumah 49

$$\begin{aligned} \text{Q Bak Penampung} &= 480 \text{ L/hari} \\ &= 0.02 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini waktu detensi yang digunakan adalah waktu detensi tangki septik, hal ini dikarenakan bak ini hanya dapat menampung hasil dari tangki septik setiap 48 jam, sehingga waktu detensi bak control adalah 48 jam.

$$\begin{aligned} T_d &= 48 \text{ jam} \\ V &= Q \times t_d \\ &= 0.02 \text{ m}^3/\text{jam} \times 48 \text{ jam} \\ &= 0.96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 1.5 \text{ m} \\ A &= V/H \\ &= 0.96/1.5 \\ &= 0.64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{\frac{0.8}{2}}$$

$$\begin{aligned} L &= 0.57 \text{ m} \\ P &= 1.14 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa Influen dan Efluen Bak Penampung

Direncanakan:

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan } (V_{in}) &= 1.5 \text{ m/s} \\ &= 5400 \text{ m/jam} \\ \text{Debit air masuk } (Q_{in}) &= 480 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$\begin{aligned}Q_{in} &= A \times V_{in} \\ A &= \frac{Q_{in}}{V_{in}} \\ A &= \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}} \\ A &= 3.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \\ D &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ D &= \sqrt{\frac{4 \times 3.7 \times 10^{-6}}{\pi}} \\ D &= 0.0022 \text{ m} \\ D &= 2.2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Pipa dengan diameter 2.2 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

Tipe Rumah 79

$$\begin{aligned}Q \text{ bak control} &= 70 \text{ L/hari} + 602 \text{ L/hari} \\ &= 672 \text{ L/hari} \\ &= 0.028 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Pada perencanaan ini waktu detensi yang digunakan adalah waktu detensi tangki septik, hal ini dikarenakan bak ini hanya dapat menampung hasil dari tangki septik setiap 48 jam, sehingga waktu detensi bak control adalah 48 jam.

$$T_d = 48 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times t_d \\
 &= 0.028 \text{ m}^3/\text{jam} \times 48 \text{ jam} \\
 &= 1.344 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 A &= V/H \\
 &= 1.344/1.5 \\
 &= 0.9 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{\frac{0.9}{2}}$$

$$L = 0.67 \text{ m}$$

$$P = 1.34 \text{ m}$$

Pipa Influen dan Efluen Bak Penampung

Direncanakan:

$$\text{Kecepatan (Vin)} = 1.5 \text{ m/s}$$

$$= 5400 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air masuk (Qin)} = 0.028 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.028 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 5.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5.2 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

$$D = 0.00256 \text{ m}$$

$$D = 2.56 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 0.9 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perencanaan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.

Tipe Rumah 129

$$\begin{aligned} Q \text{ bak control} &= 90 \text{ L/hari} + 774 \text{ L/hari} \\ &= 864 \text{ L/hari} \\ &= 0.036 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini waktu detensi yang digunakan adalah waktu detensi tangki septik, hal ini dikarenakan bak ini hanya dapat menampung hasil dari tangki septik setiap 48 jam, sehingga waktu detensi bak control adalah 48 jam.

$$\begin{aligned} T_d &= 48 \text{ jam} \\ V &= Q \times t_d \\ &= 0.036 \text{ m}^3/\text{jam} \times 48 \text{ jam} \\ &= 1.728 \text{ m}^3 \\ H &= 1.5 \text{ m} \\ A &= V/H \\ &= 1.728/1.5 \\ &= 1.152 \text{ m}^2 \\ L &= \sqrt{\frac{1.152}{2}} \\ L &= 0.77 \text{ m} \\ P &= 1.54 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa Influen dan Efluen Bak Penampung

Direnakanan:

$$\text{Kecepatan (Vin)} = 1.5 \text{ m/s}$$

$$= 5400 \text{ m/jam}$$

$$\text{Debit air masuk (Qin)} = 0.0360 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Karena pada debit yang dikeluarkan akan sama dengan debit yang masuk, maka diameter pipa akan memiliki ukuran yang sama.

$$Q_{in} = A \times V_{in}$$

$$A = \frac{Q_{in}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.036 \text{ m}^3/\text{jam}}{5400 \text{ m/jam}}$$

$$A = 6.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

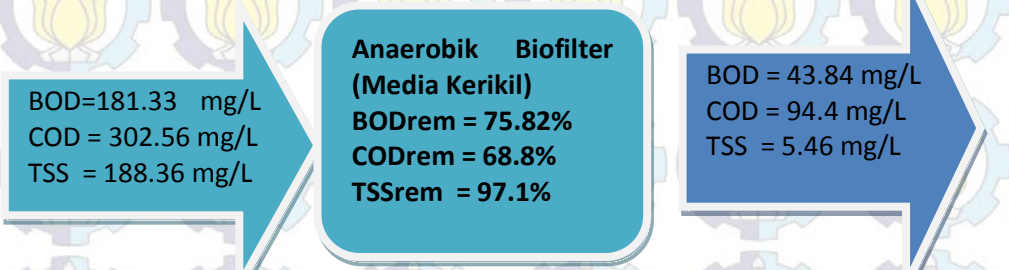
$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 6.7 \times 10^{-6}}{\pi}}$$

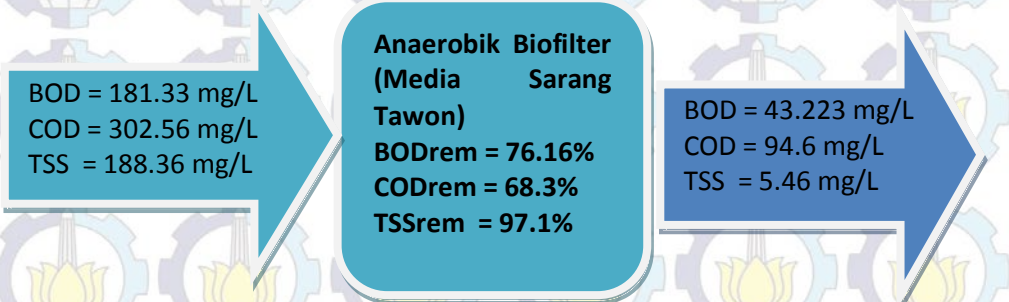
$$D = 0.00291 \text{ m}$$

$$D = 3 \text{ mm}$$

Pipa dengan diameter 0.9 mm tidak ada di pasaran dan tidak sesuai untuk standard pipa yang ditetapkan oleh standard SNI sehingga pada perancangan ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 100 mm yang diproduksi dari Wavin dengan kode produk 21002001.



Gambar 4.16 Kualitas Efluen Air Limbah (Media Kerikil)



Gambar 4.17 Kualitas Efluen Air Limbah (Media Sarang Tawon)

Pada gambar diatas bahwa efluen dari biofilter anaerobik masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah

berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 tahun 2014. Pada peraturan tersebut dijelaskan bahwa BOD dan TSS maksimum yang diperuntukkan untuk kegiatan domestik adalah 100 mg/L dan 100 mg/L. Sehingga apabila air olahan dari bangunan tersebut dibuang ke badan air masih memenuhi dari standard maksimum yang diberlakukan pemerintah, sedangkan pada Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 kadar maksimum yang dibuang ke lingkungan untuk parameter BOD COD dan TSS adalah 30 mg/L, 50 mg/L, dan 50 mg/L. Sehingga dapat disimpulkan bahwa air limbah yang diolah belum memenuhi baku mutu sesuai dengan standard Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013. Hal yang memungkinkan untuk dilakukan adalah penambahan jumlah kompartemen hingga minimal 7 kompartemen untuk media plastik sarang tawon dan 8 kompartemen untuk media kerikil batuan dimana hasil tersebut didapatkan dari perhitungan yang sama dengan persentase removal masing-masing parameter BOD dan COD adalah untuk media plastik dengan 7 kompartemen dapat meremoval BOD dan COD adalah 93.32% dan 84.3% dengan hasil efluen 12.27 mg/L BOD dan 47.5 mg/L COD untuk media kerikil dengan 8 kompartemen dapat meremoval BOD dan COD adalah 92.7% dan 84.12% dengan hasil efluen 13.24 mg/L BOD dan 48.05% mg/L COD. Dengan demikian hasil efluen dari anaerobik biofilter dapat memenuhi dari Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013, akan tetapi timbul permasalahan lahan untuk menyediakan 7 kompartemen anaerobik biofilter tidak memungkinkan sehingga menambahkan kompartemen hingga 7 buah bukan merupakan solusi. Dengan demikian, diperlukan pengolahan dengan lahan yang sempit tetapi memungkinkan efisiensi removal yang tinggi seperti biosand filter. Dimana menurut Zaidun, 2011 bahwa efisiensi biosand filter dengan keadaan air sudah terolah pada anaerobik biofilter dapat mencapai 85% untuk COD dan 90% untuk removal BOD .

4.2.5 Bidang Peresapan

Sumur peresapan digunakan untuk menerima air efluen dari bak penampung yang melebihi kapasitas dan tidak digunakan kembali. Sumur resapan memiliki fungsi untuk penyerapan air buangan sehingga tidak perlu dibuang ke selokan, karena pada dasarnya, effluent dari pengolahan masih

mengandung bahan organik dan mikroba patogen. Dengan adanya bidang resapan ini, diharapkan air olahan dapat meresap ke dalam tanah sebaagai proses filtrasi dengan media tanah ataupun jenis media lainnya. Kontruksi sumur resapan digunakan dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Kondisi tanah pada bagian permukaannya kedap air sedangkan pada bagian tengahnya tidak kedap air (porous)
2. Kapasitas perkolasi tanah sebesar (0.5-1.2) menit/cm. Sumur peresap juga tepat untuk lokasi dengan lahan terbatas
3. Jarak muka air tanah minimum 0.6 m namun disarankan 1.2 m di bawah dasar konstruksi sumur peresap

Kriteria Perencanaan untuk saluran peresapan adalah sebagai berikut : (Bintek, 2011)

1. Lebar dasar galian pada angka perkolasi tanah yaitu:
 - Lebar 45 cm bila angka perkolasi (0,5-1) menit/cm
 - Lebar 60 cm bila angka perkolasi (1,5-3,5) menit/cm
 - Lebar 90 cm bila angka perkolasi (4-24) menit/cm
2. Pipa distribusi yang akan menyebarkan *effluent* dengan aliran yang dibuat relatif sama ke seluruh bidang peresapan melalui bukaan (perforasi) pada seluruh badan pipa. Spesifikasi pemasangan pipa distribusi adalah:
 - Kedalaman invert pipa (30-50) cm
 - Diameter pipa minimum 100 mm dengan jenis pipa PVC atau 100 mm dengan jenis pipa (saluran) beton
 - Jarak bukaan (perforasi) (3-6) mm
 - Bagian ujung pipa ditutup dengan kertas semen dengan overlap 10 cm.
3. Kedalaman dasar galian (45-90) cm
4. Batu pecah sebagai media pengisi galian harus bersih dan berkualitas baik. Kedalaman minimum lapisan batu pecah (30-60) cm di bawah muka tanah dan (15-40) cm di bawah pipa. Ukuran gradasi batu (15-60) mm.
5. Lapisan ijuk dipasang setebal 5 cm di atas lapisan batu pecah agar tanah urug tidak turun dan masuk ke dalam

lapisan batu pecah. Tanah yang masuk dapat mengakibatkan penyumbatan pada sela-sela batu. Kertas semen sebaiknya tidak digunakan untuk menggantikan ijuk karena dapat menghambat proses evaporasi.

6. Tanah urug diisiikan pada bagian atas lapisan ijuk sebagai penutup akhir dengan ketebalan (15-30) cm dan ditambah lagi setebal (10-15) cm sebagaiantisipasi bila terjadinya penurunan (settlement) tanah urugan. Bahan tanah urug sebaiknya jenis tanah kepasiran atau sejenisnya untuk memudahkan proses evaporasi pada rumput diatasnya sehingga dapat meningkatkan kinerja saluran peresapan.
7. Bidang kontak efektif pada saluran peresap hanya diperhitungkan pada bagian dindingnya sedangkan pada bagian dasar tidak dapat meresapkan air limbah dengan baik karena cenderung dalam keadaan tertutup dan tersumbat.

Penentuan Luas Resapan

Menurut Sudarmaji dan Hamdi, 2013, perhitungan bidang kontak efektif dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Ae = \frac{Q}{I}$$

Dimana:

- Ae = Luas bidang kontak efektif (m²)
- Q = Debit efluen (Liter/hari)
- I = Kapasitas Absorpsi/infiltrasi tanah (Liter/hari/m²)

Tabel 4.2 Jenis tanah dan Kapasitas Peresapan

Jenis Tanah	Tipikal Kapasitas Peresapan/hari
	Liter/m ²
Lempung dan sedikit pasir	40-60
Lempung dengan sedikit lebih banyak pasir dari atas	60-80
Lempung Kepasiran	100
Pasir Halus	160
Pasir kasar atau kerikil	200

Sumber : Bintek, 2011

Tipe Rumah 49

Q_{total} = 477.04 L/hari
 $Q_{resirkulasi}$ = 150.552 L/hari
 $Q_{bak\ penampung}$ = 326.488 L/hari
Jarak antar resapan = 100 cm (Sudarnaji dan Hamdi, 2011)

Direncanakan:

Jenis tanah di lokasi perencanaan adalah Lempung kepasiran
 I = 100 Liter/ m^2
 n resapan = 3 buah
 $H_{resapan}$ = 0.6 m (0.6-0.9 m) (Sudarmaji dan Hamdi, 2013)
 $D_{resapan}$ = 0.6 m (0.45-0.9 m) (Sudarmaji dan Hamdi, 2013)

A_e = $H_{resapan} \times D_{resapan}$
= 0.6 m x 0.6 m
= 0.36 m^2

A_e

$$= \frac{Q}{I}$$

$Q_{resapan}$ = $A_e \times I$

$Q_{resapan}$ = 0.36 $m^2 \times 100$ Liter/hari/ m^2
= 36 Liter/hari

$Q_{resapan\ total}$ = 36 Liter/hari x 3 resapan
= 108 Liter/hari

Q_{sisa} = $Q_{bak\ penampung} - Q_{resapan}$
= 326.488 L/hari – 108 L/hari
= 218.488 L/hari

Dengan perhitungan diatas dapat ditentukan bahwa air efluen yang perlu diresapkan adalah 108 Liter/hari sehingga air efluen yang perlu dimanfaatkan kembali dapat dimanfaatkan adalah 218.488 Liter/hari.

Perhitungan juga dapat dipergunakan untuk debit yang harus diresapkan ke tanah untuk tipe rumah 79 dan tipe rumah 129. Tabel berikut merupakan debit yang air efluen yang bisa dimanfaatkan lagi

Tabel 4.3 Perhitungan penggunaan debit air efluen untuk berbagai tipe rumah dengan menggunakan media kerikil pada bangunan biofilter anaerobik

Tipe Rumah	Debit Total (L/hari)	Debit Resirkulasi (L/hari)	Debit Resapan (L/hari)	Debit Bak Penampung (L/hari)
49	477.04	150.552	108	218.448
79	667.86	213	108	346.86
129	856.66	264.384	108	484.276

Tabel 4.4 Perhitungan penggunaan debit air efluen untuk berbagai tipe rumah dengan menggunakan mediasarang tawon pada bangunan biofilter anaerobik

Tipe Rumah	Debit Total (L/hari)	Debit Resirkulasi (L/hari)	Debit Resapan (L/hari)	Debit Bak Penampung (L/hari)
49	477.04	191.754	108	177.286
79	667.86	260.5	108	299.36
129	856.66	332.856	108	415.804

Konstruksi Saluran Peresapan

- Bidang resapan terdiri dari pipa PVC berdiameter 4" (100 mm) disesuaikan dengan pipa efluen bak penampung dan pipa dalam keadaan berlobang yang berfungsi menyebarkan/mendistribusikan cairan, yang diletakkan dalam parit dengan lebar 60 cm.
- Pipa berlobang ditempatkan dan dikubur dengan beberapa bahan tambahan, yakni bahan berupa kerikil yang selanjutnya berturut-turut ke atas yaitu lapisan ijuk yang berfungsi untuk mencegah material halus masuk ke kerikil, lapisan pasir untuk mencegah bau dan pertumbuhan akar tanaman agar tidak mencapai kerikil dan pipa, lapisan tanag secukupnya untuk mengurangi infiltrasi air hujan.
- Adanya pembuatan tanah khusus sesuai dengan tanah yang direncanakan dengan menggunakan tanah lempung kepasiran, sehingga air dapat menyerap dengan baik.

Pemeliharaan

1. Jika sistem ini berhenti berfungsi secara optimal suatu ketika, maka pipa harus dibersihkan atau diganti.

2. Pohon dan tanaman berakar dalam harus dijauhkan dari bidang resapan karena bisa merusak dan mengganggu dasar parit
3. Tidak boleh ada pemberi beban yang tinggi Karen dapat memecahkan pipa atau memadatkan tanah.

4.3 WATER DAN MASS BALANCE

Perhitungan kesetimbangan massa ini diperlukan dalam menentukan arah massa dan energi yang terbebaskan pada proses yang terjadi pada setiap unit bangunan. Massa dan Energi yang dimaksud merupakan padatan yang terbentuk dan gas yang terbentuk. Perhitungan mass balance untuk setiap bangunan sebagai berikut:

1. Tangki Septik

Tipe Rumah 49

$$\begin{aligned}
 Q &= 50 \text{ L/hari} = 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{MBOD5} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times (195 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.00975 \text{ kg BOD/hari} \\
 &= 9.75 \text{ g BOD/hari} \\
 \text{MCOD} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times (290 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.0145 \text{ kg COD/hari} \\
 &= 14.5 \text{ g COD/hari} \\
 \text{TSS} &= Q \times \text{TSS} \\
 &= 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times (480 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.024 \text{ kg TSS/hari} \\
 &= 24 \text{ g TSS/hari}
 \end{aligned}$$

Tipe Rumah 79

$$\begin{aligned}
 Q &= 70 \text{ L/hari} = 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{MBOD5} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times (195 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.01365 \text{ kg BOD/hari} \\
 &= 13.65 \text{ g BOD/hari} \\
 \text{MCOD} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times (290 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.0203 \text{ kg COD/hari} \\
 &= 20.3 \text{ gCOD/hari} \\
 \text{TSS} &= Q \times \text{TSS}
 \end{aligned}$$

$$= 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times (480 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.0336 \text{ kg TSS/hari}$$

$$= 33.6 \text{ gTSS/hari}$$

Tipe Rumah 129

$$Q = 90 \text{ L/hari} = 0.09 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MBOD5} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times (195 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.0155 \text{ kg BOD/hari}$$

$$= 17.55 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCOD} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times (290 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.0261 \text{ kg COD/hari}$$

$$= 26.1 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{TSS} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times (480 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.0432 \text{ kg TSS/hari}$$

$$= 43.2 \text{ gTSS/hari}$$

Mass Balance Tangki Septik

Efisiensi Removal

$$\text{BODrem} = 40.81\%$$

$$\text{CODrem} = 38.5\%$$

$$\text{TSSrem} = 81.62\%$$

Tipe Rumah 49

$$Q = 50 \text{ L/hari} = 0.05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MBOD5out} = Q \times \text{BODout}$$

$$= 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times (195 - (195 \times 0.4081))/1000$$

$$= 0.00577 \text{ kg BOD/hari} = 5.77 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCODout} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((290 - (290 \times 0.385))/1000)$$

$$= 0.00892 \text{ kg COD/hari} = 8.92 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSSout} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((480 - (480 \times 0.8162))/1000)$$

$$= 0.00441 \text{ kg TSS/hari} = 4.441 \text{ g TSS/hari}$$

Tipe Rumah 79

$$Q = 70 \text{ L/hari} = 0.07 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MBOD5out} = Q \times \text{BODout}$$

$$= 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times (195 - (195 \times 0.4081))/1000$$

$$= 0.0081 \text{ kg BOD/hari} = 8.1 \text{ g BOD/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD}_{\text{out}} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((290 - (290 \times 0.385))/1000) \\ &= 0.0125 \text{ kg COD/hari} = 12.5 \text{ gCOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS}_{\text{out}} &= Q \times \text{TSS} \\ &= 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((480 - (480 \times 0.8162))/1000) \\ &= 0.0062 \text{ kg TSS/hari} = 6.2 \text{ g TSS/hari} \end{aligned}$$

Tipe Rumah 129

$$Q = 90 \text{ L/hari} = 0.09 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MBOD}_{5\text{out}} &= Q \times \text{BOD}_{\text{out}} \\ &= 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times (195 - (195 \times 0.4081))/1000 \\ &= 0.0104 \text{ kg BOD/hari} = 10.4 \text{ g BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD}_{\text{out}} &= Q \times \text{COD} \\ &= 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((290 - (290 \times 0.385))/1000) \\ &= 0.01605 \text{ kg COD/hari} = 16.05 \text{ gCOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS}_{\text{out}} &= Q \times \text{TSS} \\ &= 0.059 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((480 - (480 \times 0.8162))/1000) \\ &= 0.00794 \text{ kg TSS/hari} \\ &= 7.94 \text{ gTSS/hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Mass Balance pada Tangki Septik

Tipe Rumah	Satuan	Min	Mout	Mp
49	gBOD/d	9.75	5.77	3.98
	gCOD/d	14.5	8.92	5,58
	gTSS/d	24	4.441	19.559
79	gBOD/d	13.65	8.1	5.55
	gCOD/d	20.3	12.5	7.8
	gTSS/d	33.6	6.2 g	27.4
129	gBOD/d	17.55	10.4	7.15
	gCOD/d	26.1	16.05	10.05
	gTSS/d	43.2	7.94	35.28

Keterangan:

Min = Massa Masuk ke Bangunan

Mout = Massa yang Keluar

Mp = Massa yang mengendap

Produksi Biogas

Dalam menentukan kesetimbangan massa, sehingga perlu dilakukan peninjauan terhadap semua aspek yang menghasilkan massa maupun energi lainnya. Biogas merupakan energi dalam

bentuk gas yang terbentuk selama proses berlangsung. Menurut Sasse, 1998 biogas yang terbentuk terdiri dari 2 gas utama, yakni gas Methana (CH_4) memiliki volume sebesar 70% dari total gas yang terbentuk dan gas Karbondioksida (CO_2) yang memiliki volume 30% dari total gas yang terbentuk. Setiap kg COD teremoval akan menghasilkan 350 L gas Methana (CH_4) dan 50% dari gas Methana akan terlarut kembali (Sasse, 1988). Produksi Biogas di Tangki Septik adalah:

Gas yang terbentuk pada Tangki Septik dari Penguraian COD

Tipe Rumah 49

Gas yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35 / 1000 / (0.7 \times 0.5)) \\ &= (290 \text{ mg/L} - 178.35 \text{ mg/L}) \times 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35 / 1000 / (0.7 \times 0.5)) \\ &= 0.0056 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tipe Rumah 79

Gas yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35 / 1000 / (0.7 \times 0.5)) \\ &= (290 \text{ mg/L} - 178.35 \text{ mg/L}) \times 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35 / 1000 / (0.7 \times 0.5)) \\ &= 0.0078 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tipe Rumah 129

Gas yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35 / 1000 / (0.7 \times 0.5)) \\ &= (290 \text{ mg/L} - 178.35 \text{ mg/L}) \times 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35 / 1000 / (0.7 \times 0.5)) \\ &= 0.01 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Gas yang terbentuk pada Tangki Septik dari Konversi TSS

Menurut Paulostathis dan Giraldo Gomez, 1991 dalam Deublein dan Steinhauer, 2008 menyatakan bahwa 40% TSS akan tetap dalam fase lumpur dan mengendap, 25% TSS akan terkonversi menjadi metana dalam bentuk gas, dan 30% TSS keluar reaktor bersamaan effluen.

Tipe Rumah 49

Gas yang terbentuk

$$\begin{aligned} &= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times 0.25 \\ &= (480 \text{ mg/L} - 88.224 \text{ mg/L}) \times 0.05 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.25 \\ &= 0.005 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tipe Rumah 79

Gas yang terbentuk

$$= (TSS_{in} - TSS_{out}) \times Q \times 0.25$$

$$= (480 \text{ mg/L} - 88.224 \text{ mg/L}) \times 0.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.25$$

$$= 0.0069 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tipe Rumah 129

Gas yang terbentuk

$$= (TSS_{in} - TSS_{out}) \times Q \times 0.25$$

$$= (480 \text{ mg/L} - 88.224 \text{ mg/L}) \times 0.09 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.25$$

$$= 0.0088 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tabel 4.6 Produksi Biogas Total

Tipe Rumah	Produksi biogas dari COD (m ³ /hari)	Produksi biogas dari TSS (m ³ /hari)	Produksi Biogas Total (m ³ /hari)
49	0.0056	0.005	0.0106
79	0.0078	0.0069	0.0147
129	0.01	0.0088	0.0188

2. Mass Balance Anaerobik Biofilter

Kualitas yang masuk ke Anaerobik Biofilter

BOD = 181.33 mg/L

COD = 302.56 mg/L

TSS = 188.36 mg/L

Efisiensi Removal Media Kerikil

BODrem = 75.82 %

CODrem = 68.8 %

TSSrem = 97.1 %

Efisiensi Removal Media Sarang Tawon

BODrem = 76.16 %

CODrem = 68.3 %

TSSrem = 97.1 %

Tipe Rumah 49

Q = 530 L/hari = 0.53 m³/hari

MBOD₅ = Q x BOD

$$= 0.53 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.096 \text{ kg BOD}/\text{hari}$$

$$= 96 \text{ g BOD}/\text{hari}$$

MCOD = Q x BOD

$$\begin{aligned}
 &= 0.53 \text{ m}^3/\text{hari} \times (302.56 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.160 \text{ kg COD/hari} \\
 &= 160 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{TSS} &= Q \times \text{TSS} \\
 &= 0.53 \text{ m}^3/\text{hari} \times (188.36 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.0998 \text{ kg TSS/hari} \\
 &= 100 \text{ g TSS/hari}
 \end{aligned}$$

Media Kerikil

$$\begin{aligned}
 Q &= 480 \text{ L/hari} = 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{MBOD5out} &= Q \times \text{BODout} \\
 &= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 - (181.33 \times 0.7582))/1000 \\
 &= 0.021 \text{ kg BOD/hari} = 21 \text{ g BOD/hari} \\
 \text{MCODout} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((302.56 - (302.56 \times 0.688))/1000) \\
 &= 0.0453 \text{ kg COD/hari} = 45.3 \text{ gCOD/hari} \\
 \text{MTSSout} &= Q \times \text{TSS} \\
 &= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((188.36 - (188.36 \times 0.971))/1000) \\
 &= 0.00262 \text{ kg TSS/hari} = 2.62 \text{ g TSS/hari}
 \end{aligned}$$

Media Sarang Tawon

$$\begin{aligned}
 \text{MBOD5out} &= Q \times \text{BODout} \\
 &= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 - (181.33 \times 0.7616))/1000 \\
 &= 0.0207 \text{ kg BOD/hari} = 20.7 \text{ g BOD/hari} \\
 \text{MCODout} &= Q \times \text{COD} \\
 &= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((302.56 - (302.56 \times 0.683))/1000) \\
 &= 0.046 \text{ kg COD/hari} = 46 \text{ gCOD/hari} \\
 \text{MTSSout} &= Q \times \text{TSS} \\
 &= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((188.36 - (188.36 \times 0.971))/1000) \\
 &= 0.00262 \text{ kg TSS/hari} = 2.62 \text{ g TSS/hari}
 \end{aligned}$$

Tipe Rumah 79

$$\begin{aligned}
 Q &= 672 \text{ L/hari} = 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{MBOD5} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.122 \text{ kg BOD/hari} \\
 &= 122 \text{ g BOD/hari} \\
 \text{MCOD} &= Q \times \text{BOD} \\
 &= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (302.56 \text{ mg/L}/1000) \\
 &= 0.2033 \text{ kg COD/hari} \\
 &= 203.3 \text{ kg COD/hari} \\
 \text{TSS} &= Q \times \text{TSS}
 \end{aligned}$$

$$= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.1265 \text{ kg TSS/hari}$$

$$= 126.5 \text{ g TSS/hari}$$

Media Kerikil

$$Q = 672 \text{ L/hari} = 0.672 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MBOD}_{5\text{out}} = Q \times \text{BOD}_{\text{out}}$$

$$= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 - (181.33 \times 0.7582)/1000)$$

$$= 0.0294 \text{ kg BOD/hari} = 29.4 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCOD}_{\text{out}} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((302.56 - (302.56 \times 0.688))/1000)$$

$$= 0.0634 \text{ kg COD/hari} = 63.4 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSS}_{\text{out}} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((188.36 - (188.36 \times 0.971))/1000)$$

$$= 0.00367 \text{ kg TSS/hari} = 3.67 \text{ g TSS/hari}$$

Media Sarang Tawon

$$\text{MBOD}_{5\text{out}} = Q \times \text{BOD}_{\text{out}}$$

$$= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 - (181.33 \times 0.7616)/1000)$$

$$= 0.02905 \text{ kg BOD/hari} = 29.05 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCOD}_{\text{out}} = Q \times \text{COD}$$

$$= 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((302.56 - (302.56 \times 0.683))/1000)$$

$$= 0.0644 \text{ kg COD/hari}$$

$$= 64.4 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSS}_{\text{out}} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((188.36 - (188.36 \times 0.971))/1000)$$

$$= 0.00367 \text{ kg TSS/hari} = 3.67 \text{ g TSS/hari}$$

Tipe Rumah 129

$$Q = 864 \text{ L/hari} = 0.864 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MBOD}_5 = Q \times \text{BOD}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.1627 \text{ kg BOD/hari}$$

$$= 162.7 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCOD} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (302.56 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.2614 \text{ kg COD/hari}$$

$$= 261.4 \text{ g COD/hari}$$

$$\text{TSS} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 \text{ mg/L}/1000)$$

$$= 0.1627 \text{ kg TSS/hari}$$

$$= 162.7 \text{ g TSS/hari}$$

Media Kerikil

$$Q = 864 \text{ L/hari} = 0.864 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MBOD}_{5\text{out}} = Q \times \text{BOD}_{\text{out}}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 - (181.33 \times 0.7582))/1000$$

$$= 0.0379 \text{ kg BOD/hari} = 37.9 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCOD}_{\text{out}} = Q \times \text{COD}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((302.56 - (302.56 \times 0.688))/1000)$$

$$= 0.0815 \text{ kg COD/hari} = 81.5 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSS}_{\text{out}} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((188.36 - (188.36 \times 0.971))/1000)$$

$$= 0.00472 \text{ kg TSS/hari} = 4.72 \text{ g TSS/hari}$$

Media Sarang Tawon

$$\text{MBOD}_{5\text{out}} = Q \times \text{BOD}_{\text{out}}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (181.33 - (181.33 \times 0.7616))/1000$$

$$= 0.0373 \text{ kg BOD/hari}$$

$$= 37.3 \text{ g BOD/hari}$$

$$\text{MCOD}_{\text{out}} = Q \times \text{COD}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((302.56 - (302.56 \times 0.683))/1000)$$

$$= 0.083 \text{ kg COD/hari} = 83 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSS}_{\text{out}} = Q \times \text{TSS}$$

$$= 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((188.36 - (188.36 \times 0.971))/1000)$$

$$= 0.00472 \text{ kg TSS/hari}$$

$$= 4.72 \text{ g TSS/hari}$$

Tabel 4.7 Mass Balance di Anaerobik Biofilter

Tipe	Stn	Min	Media	Mout	Mp
49	gBOD/d	87	Kerikil	21 g	66
	gCOD/d	145.2		45.3	99.9
	gTSS/d	90.4		2.62 g	87.8
	gBOD/d		Plastik	20.7	66.3
79	gCOD/d			46	99.2
	gTSS/d			2.62	87.8
	gBOD/d	122	Kerikil	29.4	92.6 g
	gCOD/d	203.3		63.4	139.9
	gTSS/d	126.5		3.67	122.83
	gBOD/d		Plastik	29.05	92.95
	gCOD/d			64.4	139.9
	gTSS/d			3.67	122.83

Type	Stn	Min	Media	Mout	Mp
129	gBOD/d	162.7	Kerikil	37.9	124.8
	gCOD/d	261.4		81.5	179.9
	gTSS/d	162.7		4.72	157.98
	gBOD/d		Plastic	37.3	124.4 \
	gCOD/d			83	179.9
	gTSS/d			4.72	157.98 g

Keterangan:

Min = Massa Masuk ke Bangunan

Mout = Massa yang Keluar

Mp = Massa yang mengendap

Gas yang terbentuk pada Anaerobik Biofilter dari Konversi COD

Biogas merupakan energi dalam bentuk gas yang terbentuk selama proses berlangsung. Menurut Sasse,1998 biogas yang terbentuk terdiri dari 2 gas utama, yakni gas Methana (CH₄) memiliki volume sebesar 70% dari total gas yang terbentuk dan gas Karbondioksida (CO₂) yang memiliki volume 30% dari total gas yang terbentuk. Setiap kg COD teremoval akan menghasilkan 350 L gas Methana (CH₄) dan 50% dari gas Methana akan terlarut kembali (Sasse,1988). Produksi Biogas di Tangki Septik adalah:

Gas yang terbentuk = (COD_{in}-COD_{out}) x Q x (0.35/1000)/(0.7 x 0.5)

Type Rumah 49

Media Kerikil

Gas yang terbentuk

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (302.56 \text{ mg/L} - 94.4 \text{ mg/L}) \times 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000/ (0.7 \times 0.5))$$

$$= 0.1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Media Sarang Tawon

Gas yang terbentuk

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (302.56 \text{ mg/L} - 95.3 \text{ mg/L}) \times 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000/ (0.7 \times 0.5))$$

$$= 0.098 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tipe Rumah 79

Media Kerikil

Gas yang terbentuk

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (302.56 \text{ mg/L} - 94.4 \text{ mg/L}) \times 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= 0.1396 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Media Sarang Tawon

Gas yang terbentuk

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (302.56 \text{ mg/L} - 95.3 \text{ mg/L}) \times 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= 0.1392 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tipe Rumah 129

Media Kerikil

Gas yang terbentuk

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (302.56 \text{ mg/L} - 94.4 \text{ mg/L}) \times 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= 0.18 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Media Sarang Tawon

Gas yang terbentuk

$$= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \times Q \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= (302.56 \text{ mg/L} - 95.3 \text{ mg/L}) \times 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000)/(0.7 \times 0.5)$$

$$= 0.179 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Gas yang terbentuk pada Tangki Septik dari Konversi TSS

Menurut Paulostathis dan Giraldo Gomez, 1991 dalam Deublein dan Steinhauster, 2008 menyatakan bahwa 40% TSS akan tetap dalam fase lumpur dan mengendap, 25% TSS akan terkonversi menjadi metana dalam bentuk gas, dan 30% TSS keluar reaktor bersamaan effluen.

Tipe Rumah 49

Gas yang terbentuk

$$= (\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{out}}) \times Q \times (0.25/1000)$$

$$= (188.36 \text{ mg/L} - 5.46 \text{ mg/L}) \times 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.25$$

$$= 0.022 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tipe Rumah 79

Gas yang terbentuk

$$\begin{aligned}
 &= (TSS_{in} - TSS_{out}) \times Q \times 0.25 \\
 &= (188.36 \text{ mg/L} - 5.46 \text{ mg/L}) \times 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.25 \\
 &= 0.031 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Tipe Rumah 129

Media Kerikil

Gas yang terbentuk

$$\begin{aligned}
 &= (TSS_{in} - TSS_{out}) \times Q \times 0.25 \\
 &= (188.36 \text{ mg/L} - 5.46 \text{ mg/L}) \times 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.25 \\
 &= 0.039 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Produksi Biogas Total Media Sarang Tawon

Tipe Rumah	Produksi biogas dari COD (m ³ /hari)	Produksi biogas dari TSS (m ³ /hari)	Produksi Biogas Total (m ³ /hari)
49	0.098	0.022	0.12
79	0.1392	0.031	0.1702
129	0.179	0.039	0.218

Tabel 4.9 Produksi Biogas Total Media Kerikil

Tipe Rumah	Produksi biogas dari COD (m ³ /hari)	Produksi biogas dari TSS (m ³ /hari)	Produksi Biogas Total (m ³ /hari)
49	0.1	0.022	0.122
79	0.1396	0.031	0.1706
129	0.18	0.039	0.219

3. Perhitungan Debit Air Lumpur Yang Mengendap

Diketahui

Sludge Concentration = 5% (50 kg/m³ atau 50 g/L)
(Metcalf dan Eddy, 1991)

Tipe Rumah 49

Sludge Loading

MBOD = 5.77 gBOD/hari

MCOD = 8.92 gCOD/hari

MTSS = 4.441 gTSS/hari

Lumpur dari Degradasi BOD

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur } \left(\frac{g}{\text{hari}}\right)}{\text{Konsentrasi lumpur } \left(\frac{g}{L}\right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{5.77 \text{ g/hari}}{50 \text{ g/L}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.1154 \text{ L/hari}$$

Lumpur dari Degradasi COD

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur } \left(\frac{g}{\text{hari}}\right)}{\text{Konsentrasi lumpur } \left(\frac{g}{L}\right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{8.92 \text{ g/hari}}{50 \text{ g/L}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.1784 \text{ L/hari}$$

Lumpur dari Degradasi TSS

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur } \left(\frac{g}{\text{hari}}\right)}{\text{Konsentrasi lumpur } \left(\frac{g}{L}\right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{4.441 \text{ g/hari}}{50 \text{ g/L}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.0882 \text{ L/hari}$$

Qlumpur Total

$$= Q_{\text{BOD}} + Q_{\text{COD}} + Q_{\text{TSS}}$$

$$= 0.1154 \text{ L/hari} + 0.1784 \text{ L/hari} + 0.0882 \text{ L/hari}$$

$$= 0.38262 \text{ L/hari}$$

Tipe Rumah 79

Sludge Loading

$$\text{MBOD} = 8.1 \text{ gBOD/hari}$$

$$\text{MCOD} = 12.3 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSS} = 6.2 \text{ gTSS/hari}$$

Lumpur dari Degradasi BOD

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur } \left(\frac{g}{\text{hari}}\right)}{\text{Konsentrasi lumpur } \left(\frac{g}{L}\right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{8.1 \text{ g/hari}}{50 \text{ g/L}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.162 \text{ L/hari}$$

Lumpur dari Degradasi COD

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur} \left(\frac{g}{\text{hari}} \right)}{\text{Konsentrasi lumpur} \left(\frac{g}{L} \right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{12.3 \text{ g/hari}}{50 \text{ g/L}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.246 \text{ L/hari}$$

Lumpur dari Degradasi TSS

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur} \left(\frac{g}{\text{hari}} \right)}{\text{Konsentrasi lumpur} \left(\frac{g}{L} \right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{6.2 \text{ g/hari}}{50 \text{ g/L}}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.124 \text{ L/hari}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{lumpur Total}} &= Q_{\text{BOD}} + Q_{\text{COD}} + Q_{\text{COD}} \\ &= 0.162 \text{ L/hari} + 0.246 \text{ L/hari} + 0.124 \text{ L/hari} \\ &= 0.532 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Tip Rumah 129

Sludge Loading

$$\text{MBOD} = 10.4 \text{ gBOD/hari}$$

$$\text{MCOD} = 16.5 \text{ gCOD/hari}$$

$$\text{MTSS} = 7.94 \text{ gTSS/hari}$$

Lumpur dari Degradasi BOD

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur} \left(\frac{g}{\text{hari}} \right)}{\text{Konsentrasi lumpur} \left(\frac{g}{L} \right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\quad}{/h}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.208 \text{ L/hari}$$

Lumpur dari Degradasi COD

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur} \left(\frac{g}{\text{hari}} \right)}{\text{Konsentrasi lumpur} \left(\frac{g}{L} \right)}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\quad}{/h}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = 0.33 \text{ L/hari}$$

Lumpur dari Degradasi TSS

$$Q_{\text{lumpur}} = \frac{\text{Massa Lumpur} \left(\frac{g}{\text{hari}} \right)}{\text{Konsentrasi lumpur} \left(\frac{g}{L} \right)}$$

$$\begin{aligned} \text{Qlumpur} &= \frac{\quad}{/h} \\ \text{Qlumpur} &= 0.1588 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qlumpur Total} &= \text{QBOD} + \text{QCOD} + \text{QCOD} \\ &= 0.208 \text{ L/hari} + 0.33 \text{ L/hari} + 0.1588 \text{ L/hari} \\ &= 0.6968 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

4. Penentuan Makanan yang dikonversi dari Biofilter

Diketahui:

$$Y = 0.5 \text{ g/g} \quad (0.4-0.6 \text{ g biomass/g substrat})$$

$$K_d = 0,06/\text{hari}$$

$$\theta_c = 10 \text{ hari} \quad (3-15 \text{ hari})$$

$$\text{VSS} = 10000 \quad (8000-12000 \text{ gMLSS/m}^3)$$

$$\text{MLVSS} = 80\% \text{MLSS}$$

$$S_o (\text{BOD}) = 181.33 \text{ mg/L}$$

$$S_e (\text{BODef}) = 43.84 \text{ mg/L} \quad (\text{Media Kerikil})$$

$$S_e (\text{BODef}) = 43.223 \quad (\text{Media Sarang Tawon})$$

$$Q_{49} = 0.48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{79} = 0.72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{129} = 0.864 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Yobs} = \frac{Y}{\frac{K_d x \theta_c}{1 + (K_d x \theta_c)} + (0.6 x 10)}$$

$$\text{Yobs} = 0.3125 \text{ g/g} \quad P_x = \text{Yobs} \times Q_{49} \times (S_o - S_e)$$

$$P_x = 0.3125 \text{ g/g} \times 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((181.33 \text{ mg/L} - 43.84 \text{ mg/L}) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/1 \text{ m}^3)$$

$$P_x = 20.6235 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$P_x = 25.8 \text{ g MLSS/hari} \quad (\text{Media Kerikil})$$

$$Q_w = P_x / \text{TSS}$$

$$Q_w = 25.8 \text{ gMLSS/hari} / 10000 \text{ gMLSS/m}^3$$

$$Q_w = 2.58 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_w = 2.58 \text{ L/hari} \quad (\text{Media Kerikil})$$

$$P_x = \text{Yobs} \times Q_{49} \times (S_o - S_e)$$

$$P_x = 0.3125 \text{ g/g} \times 0.48 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((181.33 \text{ mg/L} - 43.223 \text{ mg/L}) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/1 \text{ m}^3)$$

$$P_x = 20.72 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$Px = 26 \text{ g MLSS/hari (Media Sarang Tawon)}$$

$$Qw = Px/TSS$$

$$Qw = 26 \text{ gMLSS/hari} / 10000 \text{ gMLSS/m}^3$$

$$Qw = 2.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Qw = 2.6 \text{ L/hari (Media Sarang Tawon)}$$

$$Px = Yobs \times Q_{79} \times (So-Se)$$

$$Px = 0.3125 \text{ g/g} \times 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((181.33 \text{ mg/L} - 43.84 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/1 \text{ m}^3)$$

$$Px = 28.873 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$Px = 36.1 \text{ g MLSS/hari (Media Kerikil)}$$

$$Qw = Px/TSS$$

$$Qw = 26.1 \text{ gMLSS/hari} / 10000 \text{ gMLSS/m}^3$$

$$Qw = 3.61 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Qw = 3.61 \text{ L/hari (Media Kerikil)}$$

$$Px = Yobs \times Q_{79} \times (So-Se)$$

$$Px = 0.3125 \text{ g/g} \times 0.672 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((181.33 \text{ mg/L} - 43.223 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/1 \text{ m}^3)$$

$$Px = 29 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$Px = 36.25 \text{ g MLSS/hari (Media Sarang Tawon)}$$

$$Qw = Px/TSS$$

$$Qw = 36.25 \text{ gMLSS/hari} / 10000 \text{ gMLSS/m}^3$$

$$Qw = 3.625 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Qw = 3.625 \text{ L/hari (Media Sarang Tawon)}$$

$$Px = Yobs \times Q_{129} \times (So-Se)$$

$$Px = 0.3125 \text{ g/g} \times 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((181.33 \text{ mg/L} - 43.84 \text{ mg/L} \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/1 \text{ m}^3)$$

$$Px = 37.1223 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$Px = 46.4 \text{ g MLSS/hari (Media Kerikil)}$$

$$Qw = Px/TSS$$

$$Qw = 46.4 \text{ gMLSS/hari} / 10000 \text{ gMLSS/m}^3$$

$$Qw = 4.64 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Qw = 4.64 \text{ L/hari (Media Kerikil)}$$

$$Px = Yobs \times Q_{129} \times (So-Se)$$

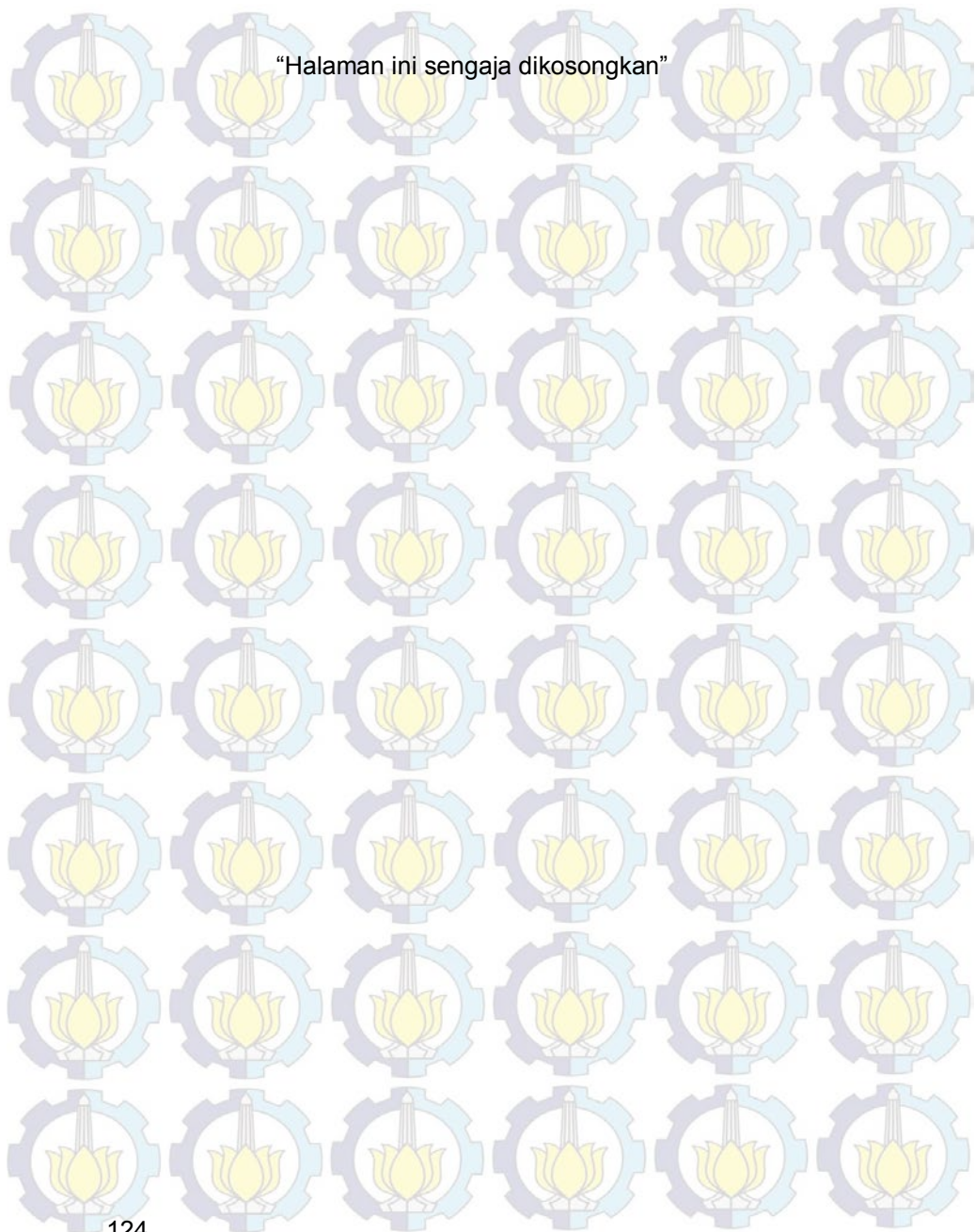
$$Px = 0.3125 \text{ g/g} \times 0.864 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((181.33 \text{ mg/L} - 43.223 \text{ mg/L}) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/1 \text{ m}^3)$$

$$Px = 37.3 \text{ g MLVSS/hari}$$

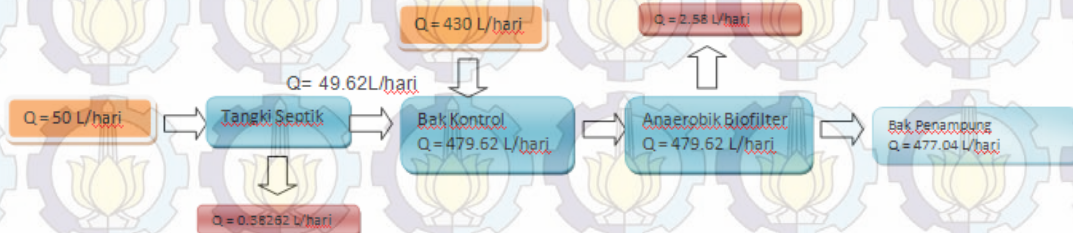

$$\begin{aligned} P_x &= 46.6 \text{ g MLSS/hari (Media Sarang Tawon)} \\ Q_w &= P_x/TSS \\ Q_w &= 46.6 \text{ gMLSS/hari} / 10000 \text{ gMLSS/m}^3 \\ Q_w &= 4.66 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q_w &= 4.66 \text{ L/hari (Media Sarang Tawon)} \end{aligned}$$

Dengan mengetahui semua kesetimbangan massa (*mass balance*) dan kesetimbangan air (*water balance*) setiap proses selama di bangunan, sehingga dapat dijadikan dalam bentuk diagram yang menunjukkan 3 fase yang menentukan kesetimbangan massa yakni air, gas dan lumpur. Untuk kesetimbangan air dan massa dapat dilihat pada gambar 4.18 hingga gambar 4.27 di bawah ini.

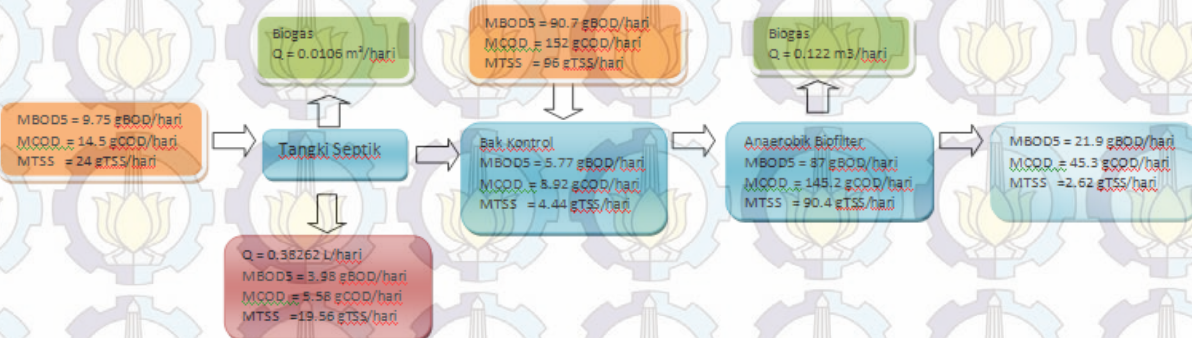
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Tipe Rumah 49 (Media Kerikil)

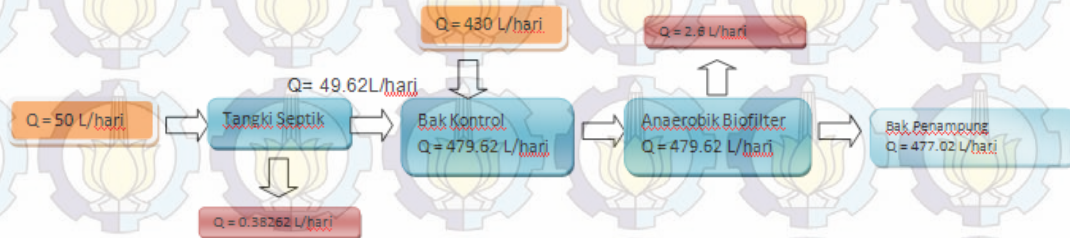


Gambar 4.18 Water Balance Tipe Rumah 49 Media Kerikil

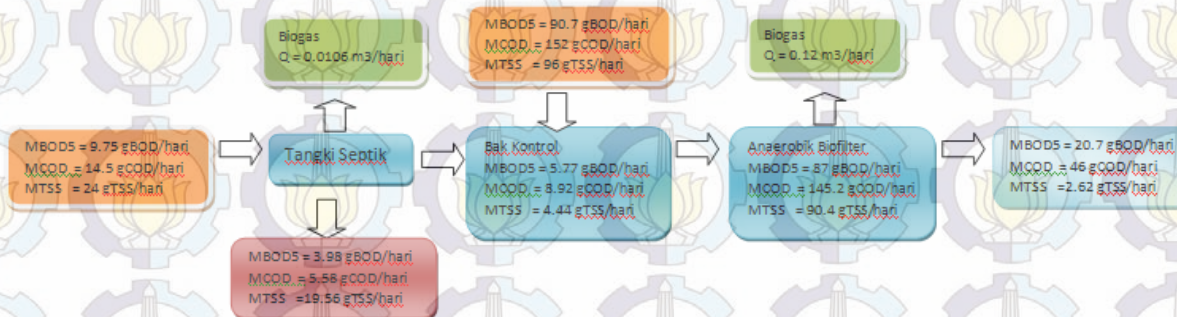


Gambar 4.19 Mass Balance Tipe Rumah 49 Media Kerikil

TIPE RUMAH 49 (MEDIA SARANG TAWON)

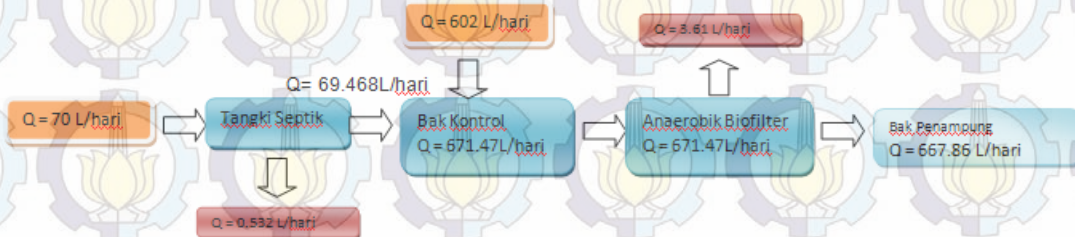


Gambar 4.20 Water Balance Tipe Rumah 49 Media Plastik Sarang Tawon

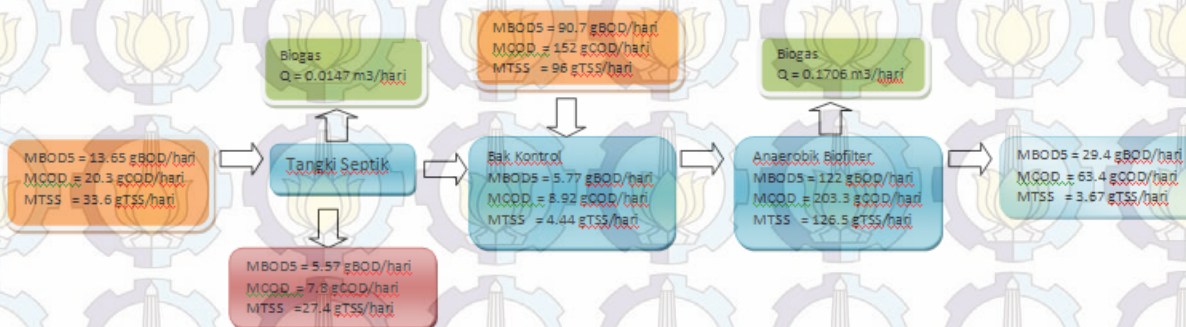


Gambar 4.21 Mass Balance Tipe Rumah 49 Media Plastik Sarang Tawon

TIPE RUMAH 79 (MEDI KARIKIL)

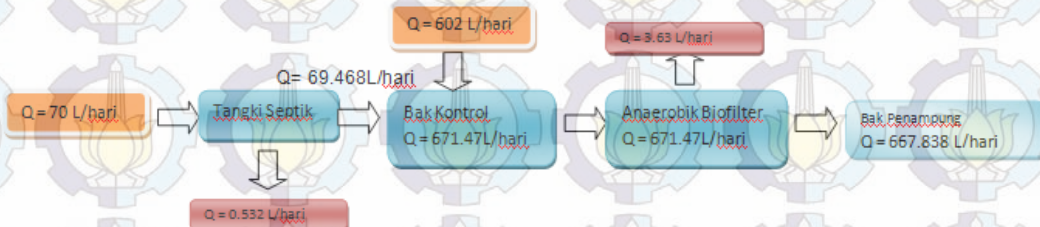


Gambar 4.22 Water Balance Tipe Rumah 79 Media Kerikil

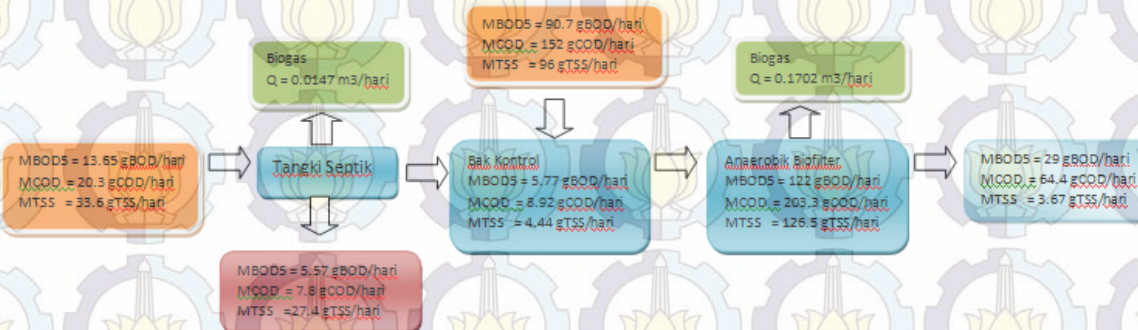


Gambar 4.23 Mass Balance Tipe Rumah 79 Media Kerikil

TIPE RUMAH 79 (MEDIA SARANG TAWON)

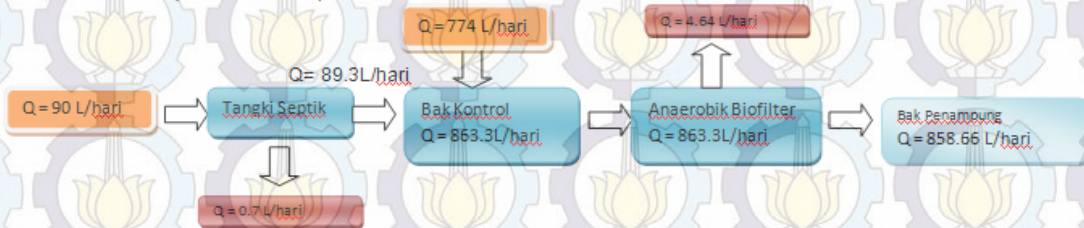


Gambar 4.24 Water Balance Tipe Rumah 79 Media Plastik Sarang Tawon

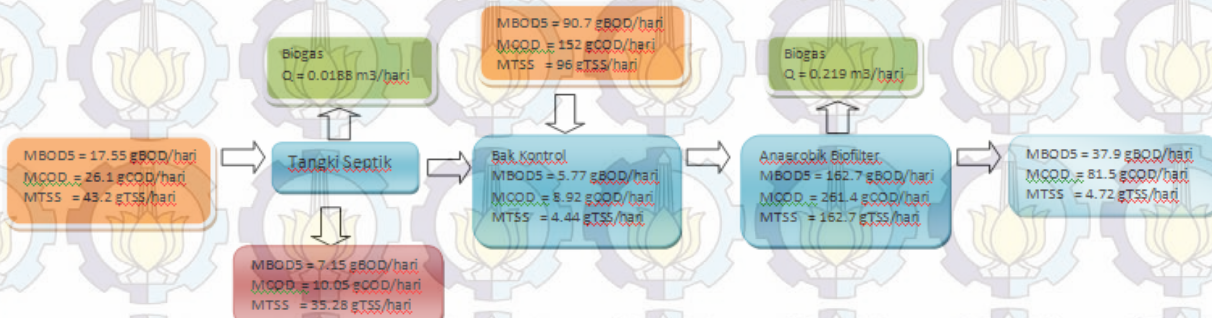


Gambar 4.25 Mass Balance Tipe Rumah 79 Media Plastik Sarang Tawon

TIPE RUMAH 129 (MEDIA KERIKIL)

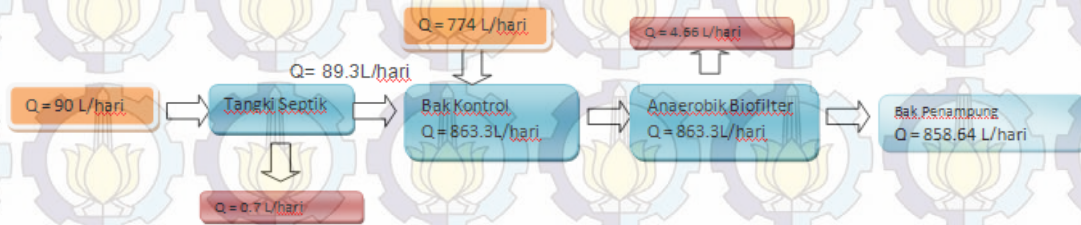


Gambar 4.26 Water Balance Tipe Rumah 129 Media Kerikil

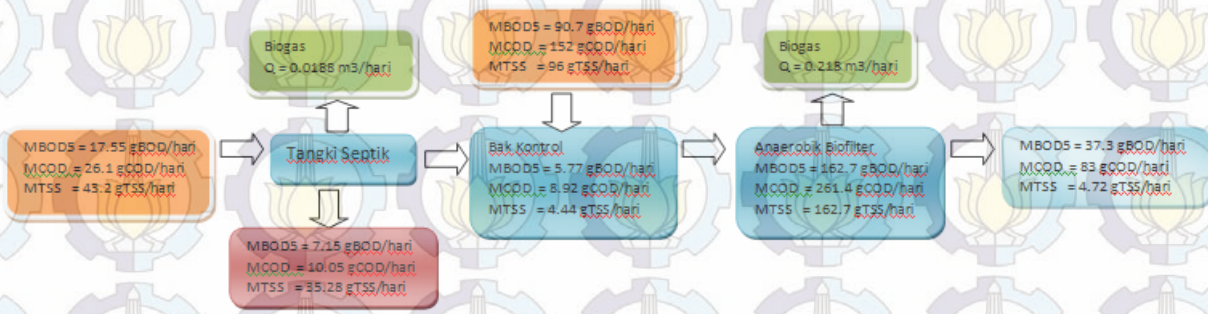


Gambar 4.27 Mass Balance Tipe Rumah 129 Media Kerikil

TIPE RUMAH 129 (MEDIA SARANG TAWON)



Gambar 4.28 Water Balance Tipe Rumah 129 Media Plastik Sarang Tawon



Gambar 4.29 Mass Balance Tipe Rumah 129 Media Plastik Sarang Tawon

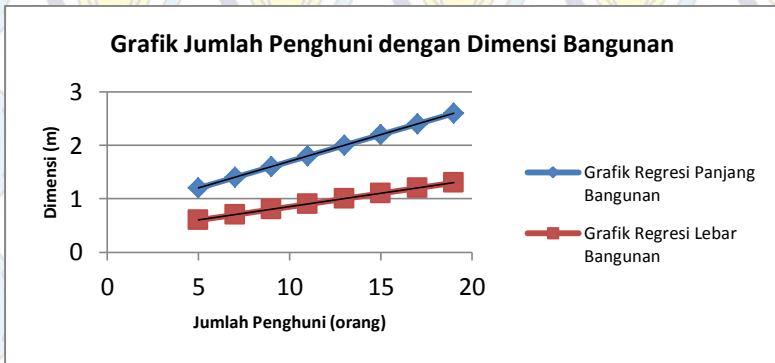
4.4 Gambar Detai Engineering Design (DED)

Berdasarkan perhitungan pada penentuan setiap dimensi bangunan, maka dapat disimpulkan ukuran dari setiap dimensi bangunan pada tabel berikut:

1. Tangki Septik

Tabel 4.10 Data Dimensi Bangunan Tangki Septik

Tipe Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
49	1.2	0.6	1
79	1.4	0.7	1
129	1.6	0.8	1



Gambar 4.30 Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan panjang dan lebar bangunan

Dari grafik diatas menunjukkan pola hubungan antara jumlah penghuni rumah dengan panjang dan lebar bangunan merupakan bentukan fungsi linear. Hal ini dapat diperjelas dengan menambahkan data berupa jumlah penghuni, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat. Fungsi linear dapat terbentuk karena adanya data yang konstan berupa panjang dan lebar yang sama akan berbanding lurus dengan penambahan jumlah penghuni rumah.

Dari dimensi bangunan diatas mengikuti pola perhitungan sebagai berikut :

$$P = (1.2 + 0.1 n) \text{ m}$$

$$L = (0.6 + 0.05 n) \text{ m}$$

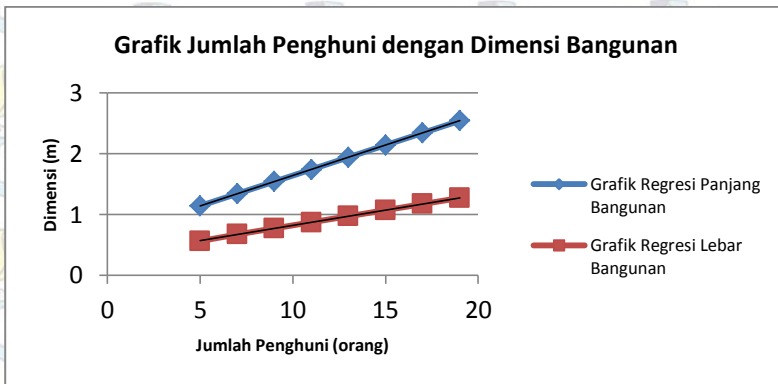
Dimana :

n = Jumlah tambahan orang jika dianggap tipe rumah 49 merupakan rumah paling sederhana dengan kapasitas 5 orang

2. Bak Kontrol

Tabel 4.11 Data Dimensi Bangunan Bak Kontrol

Tipe Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
49	1.14	0.56	1.5
79	1.34	0.67	1.5
129	1.54	0.77	1.5



Gambar 4.31 Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan panjang dan lebar bangunan

Dari grafik diatas menunjukkan pola hubungan antara jumlah penghuni rumah dengan panjang dan lebar bangunan merupakan bentukan fungsi linear. Hal ini dapat diperjelas dengan menambahkan data berupa jumlah penghuni, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat. Fungsi linear dapat terbentuk karena adanya data yang konstan berupa panjang dan lebar yang sama akan berbanding lurus dengan penambahan jumlah penghuni rumah.

Dari dimensi bangunan diatas mengikuti pola perhitungan sebagai berikut :

$$P = (1.14 + 0.1 n) \text{ m}$$

$$L = (0.57 + 0.05 n) \text{ m}$$

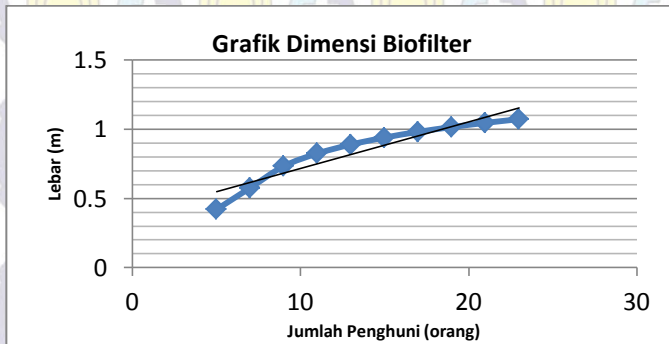
Dimana :

n = Jumlah tambahan orang jika dianggap tipe rumah 49 merupakan rumah paling sederhana dengan kapasitas 5 orang

3. Biofilter Anaerobik

Tabel 4.12 Data Dimensi Bangunan Biofilter Anaerobik Media Kerikil

Tipe Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
49	1.25	0.42	2.25
79	1.25	0.58	2.25
129	1.25	0.72	2.25



Gambar 4.32 Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan dimensi bangunan

Dari grafik diatas menunjukkan pola hubungan antara jumlah penghuni rumah dengan lebar bangunan merupakan bentuk fungsi logaritma. Hal ini dapat diperjelas dengan menambahkan data berupa jumlah penghuni, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat. Fungsi logaritma dapat terbentuk karena adanya data yang konstan berupa lebar yang sama dengan jumlah penghuni rumah yang berbeda. Fungsi logaritma dimensi dapat

terbentuk karena grafik persentase removal merupakan fungsi logaritma juga, hal ini memungkinkan dimana fungsi logaritma akan menunjukkan dimensi yang sama dan persentase removal yang sama walaupun jumlah penghuni rumah berbeda.

Dari dimensi bangunan diatas mengikuti pola perhitungan sebagai berikut :

$$P = 1.25 \text{ m}$$

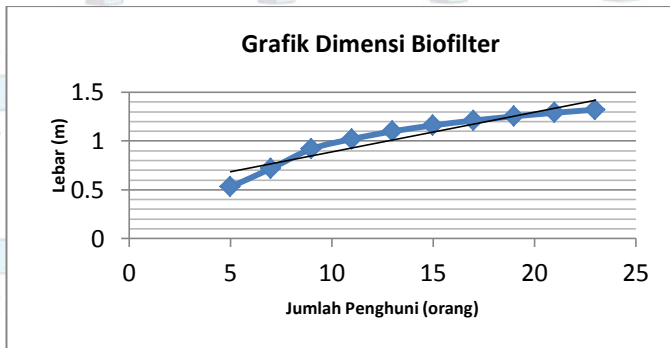
$$L = 0.42 + 0.52\log(n) \text{ m}$$

Dimana :

n = Jumlah tambahan orang jika dianggap tipe rumah 49 merupakan rumah paling sederhana dengan kapasitas 5 orang

Tabel 4.13 Data Dimensi Bangunan Biofilter Anaerobik Media Plastik Sarang Tawon

Tipe Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
49	1.25	0.53	2.25
79	1.25	0.72	2.25
129	1.25	0.92	2.25



Gambar 4.33 Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan lebar bangunan

Dari grafik diatas menunjukkan pola hubungan antara jumlah penghuni rumah dengan lebar bangunan merupakan bentuk fungsi logaritma. Hal ini dapat diperjelas dengan menambahkan data berupa jumlah penghuni, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat. Fungsi logaritma dapat terbentuk karena adanya

data yang konstan berupa lebar yang sama dengan jumlah penghuni rumah yang berbeda. Fungsi logaritma dimensi dapat terbentuk karena grafik persentase removal merupakan fungsi logaritma juga, hal ini memungkinkan dimana fungsi logaritma akan menunjukkan dimensi yang sama dan persentase removal yang sama walaupun jumlah penghuni rumah berbeda.

Dari dimensi bangunan diatas mengikuti pola perhitungan sebagai berikut :

$$P = 1.25 \text{ m}$$

$$L = 0.53 + 0.631\log(n) \text{ m}$$

Dimana :

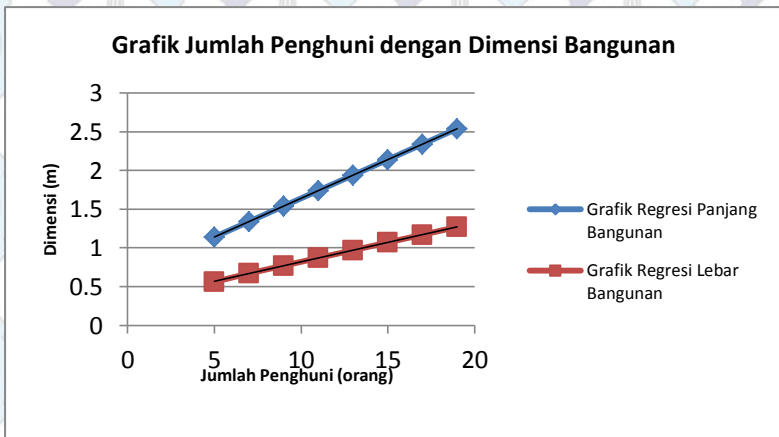
n = Jumlah tambahan orang jika dianggap tipe rumah 49 merupakan rumah paling sederhana dengan kapasitas 5 orang

4. Bak Penampung

Tabel 4.14 Data Dimensi Bangunan Bak Penampung

Tipe Rumah	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
49	1.14	0.56	1.5
79	1.34	0.67	1.5
129	1.54	0.77	1.5

Dari grafik berikut menunjukkan pola hubungan antara jumlah penghuni rumah dengan panjang dan lebar bangunan merupakan bentuk fungsi linear. Hal ini dapat diperjelas dengan menambahkan data berupa jumlah penghuni, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat. Fungsi linear dapat terbentuk karena adanya data yang konstan berupa panjang dan lebar yang sama akan berbanding lurus dengan penambahan jumlah penghuni rumah.



Gambar 4.34 Grafik Hubungan antara jumlah orang dengan panjang dan lebar bangunan

Dari dimensi bangunan diatas mengikuti pola perhitungan sebagai berikut :

$$P = (1.14 + 0.1 n) \text{ m}$$

$$L = (0.57 + 0.05 n) \text{ m}$$

Dimana :

n = Jumlah tambahan orang jika dianggap tipe rumah 49 merupakan rumah paling sederhana dengan kapasitas 5 orang.

Pada perencanaan ini menggunakan pipa ven sebagai pipa pembuang biogas yang terbentuk selama proses di tangki Septik, bak kontrol, dan anaerobik biofilter. Pada umumnya pipa ven diletakkan langsung dari atap bangunan, karena pipa ven memiliki tinggi hamper setinggi rumah dan berjumlah 3 maka akan mengganggu estetika dari taman belakang, sehingga penempatan dari pipa ven harus ditelaah.

4.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan gambaran perbandingan tentang permukaan air dengan elevasi muka tanah. Profil hidrolis ini dihitung dengan memperkirakan seberapa besar penurunan muka air (*headloss*) akibat adanya gesekan, jatuhnya, belokan, kecepatan air di bangunan, dan akibat adanya gesekan air dengan media. Persamaan yang digunakan untuk mempertimbangkan *headloss* yang terjadi pada bangunan

- Headloss karena kecepatan aliran di bangunan pengolahan

$$H_f = f \frac{L}{4R} \frac{v^2}{2g}$$
$$f = 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4R} \right)$$

- Headloss akibat melewati perforated baffle

$$H_f = 0.051 x K x v^2$$

- Headloss di media filter

$$H_f = 8.9 x 10^{-5} v x^{-2}$$

- Headloss karena adanya belokan dan jatuhnya

$$H_f = \left[\frac{Q}{2(1.86)L} \right]^{2/3}$$

(Marsono, 1995)

Dimana:

v = Kecepatan aliran di bangunan (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m²/m)

g = Percepatan gravitas (m/s²)

L = Lebar bangunan (m)

K = Konstanta (K= 4; Orifice)

x = diameter media maupun tebal (m)

l = panjang olakan air di bangunan (m)

4.7.1 Tangki Septik

Diketahui:

$$Q_{49} = 50 \text{ L/hari} = 5.787 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{79} = 70 \text{ L/hari} = 8.102 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{129} = 90 \text{ L/hari} = 1.042 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{HLR} = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = 0.00116 \text{ m/s}$$

Tipe Rumah 49
Kompartemen 1

Headloss Kecepatan

$$\begin{aligned}\text{Panjang (b)} &= 2/3 \times \text{Panjang Total} \\ &= 2/3 \times 1.2 \\ &= 0.8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Lebar basah (y)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total (z)} = 1.35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}R &= \frac{b \times z}{b + 2 \cdot y} \\ &= \frac{0.8 \times 1.35}{0.8 + 2.1}\end{aligned}$$

$$= 0.3857$$

$$f = 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4R} \right)$$

$$\begin{aligned}&= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4 \times 0.3857} \right) \\ &= 0.02990845\end{aligned}$$

Headloss karena kecepatan aliran di bangunan pengolahan

$$\begin{aligned}H_f &= 0.02990845 \frac{0.6}{4 \times 0.0299} \frac{0.001157^2}{2 \times 9.81} \\ &= 7.94 \times 10^{-10} \text{ m}\end{aligned}$$

Headloss Jatuhan dan Belokan

$$l \text{ jatuhan} = 1 \text{ m}$$

$$l \text{ belokan} = 0.8 \text{ m}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{Q}{2(1.86) \cdot l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{5.787^{-7}}{2(1.86) \cdot 1} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 2.882 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{Q}{2(1.86) \cdot l} \right]^{2/3}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ belokan} &= \left[\frac{5.787^{-7}}{2(1.86).0.8} \right]^{2/3} \\ H_f \text{ belokan} &= 3.34 \times 10^{-5} \text{ m} \end{aligned}$$

Kompartemen 2

Headloss Kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Panjang}(b) &= 1/3 \times \text{Panjang Total} \\ &= 1/3 \times 1.2 \\ &= 0.4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar basah } (y) = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total } (z) = 1.35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{b \times z}{b+2.y} \\ &= \frac{0.4 \times 1.35}{0.4+2.1} \\ &= 0.2166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4R} \right) \\ &= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4 \times 0.2166} \right) \\ &= 0.0298 \end{aligned}$$

Headloss karena kecepatan aliran di bangunan pengolahan

$$\begin{aligned} H_f &= 0.0298 \frac{0.6}{4 \times 0.0298} \frac{0.001157^2}{2 \times 9.81} \\ &= 1.412 \times 10^{-9} \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss Jatuhan dan Belokan

$$l \text{ jatuhan} = 0.7 \text{ m}$$

$$l \text{ belokan} = 0.4 \text{ m}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{5.787^{-7}}{2(1.86).0.7} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 3.66 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{5.787^{-7}}{2(1.86).0.4} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = 5.3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Dengan mengetahui setiap headloss setiap komponen maka dapat ditentukan profil hidrolis total dari bangunan tangki septik. Apabila muka permukaan air berada pada (-0.35)

Muka air di TS	= -0.35	Muka air
Hf jatuhan	= $3.66 \times 10^{-5} \text{ m}$	-0.34997118
Hf <i>velocity</i> 1	= $7.94 \times 10^{-10} \text{ m}$	-0.34997118
Hf Belokan	= $3.34 \times 10^{-5} \text{ m}$	-0.34993773
Hf <i>velocity</i> 2	= $1.412 \times 10^{-9} \text{ m}$	-0.34993773
Hf Jatuhan	= $3.66 \times 10^{-5} \text{ m}$	-0.34990117
Hf Belokan	= $5.3 \times 10^{-5} \text{ m}$	-0.34984808

Penurunan muka air dari influen ke efluen adalah sebesar 0.000151918 m (0.152 mm)

Dengan menggunakan rumus dan pola yang sama maka tipe rumah dapat ditentukan untuk tipe rumah 79 (inlet:-0.35) dan 129 (inlet:-0.35). Untuk profil hidrolis untuk tipe rumah 79 dan tipe rumah 129 dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.15 Profil Hidrolis Bangunan Untuk Semua Tipe Rumah

Tipe Rumah	Kompartemen 1			Kompartemen 2			Total (mm)
	Hf kecepatan aliran (m)	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	Hf kecepatan aliran (m)	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	
49	7.94×10^{-10}	2.882×10^{-5}	3.34×10^{-5}	1.412×10^{-9}	3.66×10^{-5}	5.3×10^{-5}	0.152
79	8.324×10^{-10}	2.88×10^{-5}	3.77×10^{-5}	1.451×10^{-9}	3.66×10^{-5}	6×10^{-5}	0.1338
129	8.702×10^{-10}	2.9×10^{-5}	4.085×10^{-5}	1.451×10^{-9}	3.66×10^{-5}	6.9×10^{-5}	0.1484

4.7.2 Bak Kontrol

Diketahui:

Q 49 = 480 L/hari	= $5.555 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
Q79 = 672 L/hari	= $7.777 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
Q129 = 864 L/hari	= $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{HLR} = 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = 0.00116 \text{ m/s}$$

Tipe Rumah 49

Kompartemen 1

Headloss Kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Panjang(b)} &= 1/4 \times \text{Panjang Total} \\ &= 1/4 \times 1.13 \\ &= 0.2825 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar basah (y)} &= 1.5 \text{ m} \\ \text{Lebar total (z)} &= 1.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{b \times z}{b+2 \cdot y} \\ &= \frac{0.2825 \times 1.85}{0.2825+2 \cdot 1.5} \end{aligned}$$

$$= 0.1592155$$

$$\begin{aligned} f &= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4R} \right) \\ &= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4 \times 0.1592155} \right) \\ &= 0.029865319 \end{aligned}$$

Headloss karena kecepatan aliran di bangunan pengolahan

$$\begin{aligned} H_f &= 0.029865319 \frac{0.56}{4 \times 0.1592155} \frac{0.001157^2}{2 \times 9.81} \\ &= 1.793 \times 10^{-9} \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss Jatuhan dan Belokan

$$l \text{ jatuhan} = 1 \text{ m}$$

$$l \text{ belokan} = 0.2825 \text{ m}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{Q}{2(1.86) \cdot l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{5.555 \cdot 10^{-6}}{2(1.86) \cdot 1} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = 1.30188 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{Q}{2(1.86) \cdot l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{5.555 \cdot 10^{-6}}{2(1.86) \cdot 0.2825} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = 3.02 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Kompartemen 2

Headloss Kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Panjang (b)} &= 2/4 \times \text{Panjang Total} \\ &= 2/4 \times 1.13 \\ &= 0.8475 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar basah (y)} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total (z)} = 1.85 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{b \times z}{b+2 \cdot y} \\ &= \frac{0.8475 \times 1.85}{0.8475+2 \times 1.5} \end{aligned}$$

$$= 0.407505$$

$$f = 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4R} \right)$$

$$= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4 \times 0.407505} \right) = 0.0298704$$

Headloss karena kecepatan aliran di bangunan pengolahan

$$H_f = 0.0298704 \frac{0.56}{4 \times 0.407505} \frac{0.001157^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 7.517 \times 10^{-10} \text{ m}$$

Dengan mengetahui setiap headloss setiap komponen maka dapat ditentukan profil hidrolis total dari bangunan bak kontrol. Muka permukaan air ditinjau dari permukaan air di tangki septik yang berada pada (-0.350152)

$$\text{Muka air di TS} = -0.350152$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 0.0001302 \text{ m} - 0.35028210$$

$$H_f \text{ velocity 1} = 1.793 \times 10^{-9} \text{ m} - 0.35028211$$

$$H_f \text{ Belokan} = 0.0003024 \text{ m} - 0.35058450$$

$$H_f \text{ velocity 2} = 7.51 \times 10^{-10} \text{ m} - 0.35058450$$

Penurunan muka air dari influen ke efluen adalah sebesar 0.00043257 m (0.43257 mm)

Dengan menggunakan rumus dan pola yang sama maka tipe rumah dapat ditentukan untuk tipe rumah 79 (inlet:-0.35018) dan 129 (inlet:-0.350202). Untuk profil hidrolis untuk tipe rumah 79 dan tipe rumah 129 dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.16 Profil Hidrolis Bangunan Untuk Semua Tipe Rumah

Tipe Rumah	Kompartemen 1			Kompartemen 2	Total (mm)
	Hf kecepatan aliran (m)	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	Hf kecepatan aliran (m)	
49	1.8×10^{-9}	1.32×10^{-4}	3.02×10^{-4}	7.52×10^{-10}	0.43257
79	1.84×10^{-9}	1.32×10^{-4}	3.38×10^{-4}	7.38×10^{-10}	0.5007
129	1.87×10^{-9}	1.32×10^{-4}	3.64×10^{-4}	7.65×10^{-10}	0.56654

4.7.3 Anaerobik Biofilter

Diketahui:

Q 49 = 480 L/hari = $5.555 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

Q79 = 672 L/hari = $7.777 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$

Q129 = 864 L/hari = $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

HLR = $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ (melalui media)

= $1.157 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Tebal plastik = 0.036 cm

Økerikil = 0.02025 cm

a. Media Kerikil

Tabel 4.17 Data Orifice Media Kerikil

Tipe Rumah	Jumlah Orifice	Qtiap orifice (m^3/s)	Luas Orifice (m^2)
49	10	5.56×10^{-7}	0.525
79	15	5.185×10^{-7}	0.725
129	15	6.667×10^{-7}	0.9

Tipe Rumah 49

➤ Headloss di Media

$$v_{49} = 1.157 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$H_f = 8.9 \times 10^{-5} v x^{-2}$$

$$H_f = 8.9 \times 10^{-5} \times 1.157 \times 10^{-5} \times 0.02025^{-2}$$

$$H_f = 2.51204 \times 10^{-6} \text{ m}$$

➤ Headloss di baffle

$$v_{49} = \frac{Q_{orifice}}{N \times 0.0001}$$

$$v_{49} = \frac{5.556 \times 10^{-7}}{10 \times 0.0001}$$

$$v_{49} = 0.005556 \text{ m/s}$$

$$H_f = 0.051 \times K \times v^2$$

Dimana $K = 4$

$$H_f = 0.051 \times 4 \times 0.005556^2$$

$$H_f = 6.296 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Headloss Jatuhan dan Belokan

$$l_{\text{jatuhan}} = 2.25 \text{ m}$$

$$l_{\text{belokan}} = 0.6 \text{ m}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{5.555 \cdot 10^{-6}}{2(1.86).2.25} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 7.61 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{5.555 \times 10^{-6}}{2(1.86).0.6} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ belokan} = 0.0001836 \text{ m}$$

Dengan mengetahui setiap headloss setiap komponen maka dapat ditentukan profil hidrolis total dari bangunan bak kontrol. Muka permukaan air ditinjau dari permukaan air di bak kontrol yang berada pada (-0.3505845). Biofilter Anaerobik memiliki 2 kompartemen dengan luas yang sama.

Muka air ABF	= -0.3505845	Muka air
Hf jatuhan	= 7.61×10^{-5} m	-0.35066058
Hf belokan	= 0.0001836 m	-0.35084425
Hf baffle	= 6.296×10^{-6} m	-0.35085054
Hf media	= 6.296×10^{-6} m	-0.35085306
Hf jatuhan 2	= 7.61×10^{-5} m	-0.35092915
Hf belokan 2	= 0.0001836 m	-0.35111281
Hf baffle 2	= 6.296×10^{-6} m	-0.35111911
Hf media 2	= 6.296×10^{-6} m	-0.35112162

Penurunan muka air dari influen ke efluen adalah sebesar 0.000537126 m (0.537126 mm)

Dengan menggunakan rumus dan pola yang sama maka tipe rumah dapat ditentukan untuk tipe rumah 79 (inlet: -0.3506802) dan 129 (inlet: -0.3507591). Untuk profil hidrolis untuk tipe rumah 79 dan tipe rumah 129 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Profil Hidrolis Bangunan Untuk Semua Tipe Rumah

Kompartemen 1					
Tipe Rumah	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	Hf Baffle (m)	Hf Media (m)	
49	7.61×10^{-5}	0.0001836	6.296×10^{-6}	6.296×10^{-6}	
79	9.522×10^{-5}	0.0002299	5.4877×10^{-6}	2.512×10^{-6}	
129	0.000112594	0.0002718	9.066×10^{-6}	2.512×10^{-6}	
Kompartemen 2					Total (mm)
Tipe Rumah	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	Hf Baffle (m)	Hf Media (m)	
49	7.61×10^{-5}	0.000184	6.3×10^{-6}	6.3×10^{-6}	0.537126
79	9.522×10^{-5}	0.00023	5.5×10^{-6}	2.5×10^{-6}	0.666141
129	0.0001126	0.00027	9.1×10^{-6}	2.5×10^{-6}	0.79189

b. Media Plastik Sarang Tawon

Tabel 4.19 Data Orifice Media Kerikil

Tipe Rumah	Jumlah Orifice	Qtiap orifice (m^3/s)	Luas Orifice (m^2)
49	10	5.56×10^{-7}	0.6625
79	15	5.185×10^{-7}	0.9
129	20	5×10^{-6}	1.15

Tipe Rumah 49

➤ Headloss di Media

$$v_{49} = 1.157 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$H_f = 8.9 \times 10^{-5} v x^{-2}$$

$$H_f = 8.9 \times 10^{-5} \times 1.157 \times 10^{-5} \times 0.036^{-2}$$

$$H_f = 7.95 \times 10^{-7} \text{ m}$$

➤ Headloss di baffle

$$v_{49} = \frac{Q_{orifice}}{N \times 0.0001}$$

$$v_{49} = \frac{5.556 \times 10^{-7}}{10 \times 0.0001}$$

$$v_{49} = 0.005556 \text{ m/s}$$

$$H_f = 0.051 \times K \times v^2$$

Dimana $K = 4$

$$H_f = 0.051 \times 4 \times 0.005556^2$$

$$H_f = 6.296 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Headloss Jatuhan dan Belokan

$$l_{\text{jatuhan}} = 2.25 \text{ m}$$

$$l_{\text{belokan}} = 0.6 \text{ m}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{5.555 \cdot 10^{-6}}{2(1.86).2.25} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 7.61 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{5.555 \times 10^{-6}}{2(1.86).0.6} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_f \text{ belokan} = 0.000272 \text{ m}$$

Dengan mengetahui setiap headloss setiap komponen maka dapat ditentukan profil hidrolis total dari bangunan bak kontrol. Muka permukaan air ditinjau dari permukaan air di bak kontrol yang berada pada (-0.3505845). Biofilter Anaerobik memiliki 2 kompartemen dengan luas yang sama.

$$\begin{aligned}
 \text{Muka air ABF} &= -0.3505845 & \text{Muka air} \\
 \text{Hf jatuhan} &= 7.61 \times 10^{-5} \text{ m} & -0.35066058 \\
 \text{Hf belokan} &= 0.000272 \text{ m} & -0.35093236 \\
 \text{Hf baffle} &= 6.296 \times 10^{-6} \text{ m} & -0.35093865 \\
 \text{Hf media} &= 7.95 \times 10^{-7} \text{ m} & -0.35093945
 \end{aligned}$$

Penurunan muka air dari influen ke efluen adalah sebesar 0.000354954 m (0.354954 mm)

Dengan menggunakan rumus dan pola yang sama maka tipe rumah dapat ditentukan untuk tipe rumah 79 (inlet :- 0.3506802) dan 129 (inlet: -0.3507591) . Untuk profil hidrolis untuk tipe rumah 79 dan tipe rumah 129 dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.20 Profil Hidrolis Bangunan Untuk Semua Tipe Rumah

Tipe Rumah	Kompartemen 2				Total (mm)
	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	Hf Baffle (m)	Hf Media (m)	
49	7.61×10^{-5}	0.000272	6.3×10^{-6}	7.95×10^{-7}	0.354954
79	9.5×10^{-5}	0.000271771	5.5×10^{-6}	7.95×10^{-7}	0.373277
129	0.000116	0.000271771	5.1×10^{-6}	7.95×10^{-6}	0.390261

4.7.4 BAK PENAMPUNG

Tipe Rumah 49

Headloss Kecepatan

$$\text{Panjang}(b) = 1.13$$

$$\text{Lebar basah}(y) = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total}(z) = 1.85 \text{ m}$$

$$R = \frac{b \times z}{b+2.y}$$

$$= \frac{1.13 \times 1.85}{1.13+2.15}$$

$$= 0.50617$$

$$f = 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4R} \right)$$

$$= 1.50 \left(0.01989 + \frac{0.0005078}{4 \times 0.50617} \right)$$

$$= 0.146012$$

Headloss karena kecepatan aliran di bangunan pengolahan

$$H_f = 0.146012 \frac{0.56}{4 \times 0.50617} \frac{0.001157^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 2.755 \times 10^{-9} \text{ m}$$

Headloss Jatuhan dan Belokan

l jatuhan = 1.5 m

l belokan = 1.13 m

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = \left[\frac{5.555 \cdot 10^{-6}}{2(1.86).1.5} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 9.935 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{Q}{2(1.86).l} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = \left[\frac{5.555 \cdot 10^{-6}}{2(1.86).1.13} \right]^{2/3}$$

$$H_f \text{ belokan} = 0.00012 \text{ m}$$

Dengan mengetahui setiap headloss setiap komponen maka dapat ditentukan profil hidrolis total dari bangunan Anaerobik Biofilter. Muka permukaan air ditinjau dari permukaan air di anaerobik biofilter media kerikil yang berada pada (-0.3511216) dan media plastik berada pada (-0.3509394)

$$\text{Muka air di BP} = -0.3511216$$

$$H_f \text{ jatuhan} = 9.935 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$H_f \text{ Belokan} = 0.00012 \text{ m}$$

$$H_f \text{ velocity} = 2.755 \times 10^{-9} \text{ m}$$

Muka air

$$-0.3512210$$

$$-0.3513409$$

$$-0.3513409$$

Penurunan muka air dari influen ke efluen dengan media kerikil adalah sebesar 0.000219356 m (0.219356 mm)

Muka air di BP	= -0.3509394	Muka air
Hf jatuhan	= 9.935×10^{-4} m	-0.3510388
Hf Belokan	= 0.00012 m	-0.3511588
Hf velocity	= 2.755×10^{-9} m	-0.3511588

Penurunan muka air dari influen ke efluen dengan media sarang tawon adalah sebesar 0.00021935574 m (0.21935574 mm)

Dengan menggunakan rumus dan pola yang sama maka tipe rumah dapat ditentukan untuk tipe rumah 79 (inlet media kerikil :-0.3513464 dan inlet media plastik:-0.351054) dan 129 (inlet media kerikil:-0.351551 dan media plastik:-0.3511494) . Untuk profil hidrolis untuk tipe rumah 79 dan tipe rumah 129 dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.15 Profil Hidrolis Bangunan Untuk Semua Tipe Rumah

Tipe Rumah	Kompartemen			Total (mm)
	Hf Jatuhan (m)	Hf Belokan (m)	Hf velocity (m)	
49	9.935×10^{-4}	0.00012	2.755×10^{-9}	0.219356
79	0.000124335	0.00013405	3.3×10^{-9}	0.258384
129	0.00014704	0.0001446	3.789×10^{-9}	0.2915

4.6 Perhitungan Shock Loading

Perhitungan shock loading bertujuan untuk pertimbangan pemakaian bangunan pengolahan untuk kebutuhan dimana kelebihan HLR masih dapat dipertimbangkan atau tidak. Dari pemaparan tersebut, maka perlu adanya suatu parameter tertentu yang dapat memastikan apakah kemungkinan pemakaian debit berlebih masih bisa ditanggung olah bangunan tersebut atau tidak. Pada dasarnya perhitungan shock loading dapat ditinjau dari parameter HLR (Hydraulic Loading Rate) dan Organik Loading Rate (OLR). Pertimbangan parameter uji yang dapat digunakan adalah parameter HLR (*Hydraulic Loading Rate*), sedangkan OLR tidak dapat digunakan karena kualitas air limbah tidak bervariasi. Menurut Eliasson, John.2003, HLR merupakan volume air limbah yang diaplikasikan per volume

reactor atau luas permukaan reactor yang digunakan, selain itu juga HLR bertanggungjawab terhadap kecepatan air di pengolahan tersebut. Tangki Septik dapat berkinerja baik apabila HLR reaktor dibawah 2 m³/m².jam. Apabila HLR melebihi dari 2 m³/m².jam, maka akan berpengaruh terhadap proses pengendapan pada bangunan tangki Septik dan berpengaruh terhadap sloughing biofilm pada Anaerobik biofilter. Pada Tugas akhir ini, variasi debit yang digunakan adalah peningkatan debit sebesar 50%,100%, dan 200%.

$$HLR = \frac{Q}{A}$$

Dimana:

HLR = Hydrulic Loading Rate (m³/m².hari)

Q = Debit reactor (m³/hari)

A = Luas Permukaan *cross section* (m²)

Diketahui:

Q₄₉ = 50 L/hari = 0.00208 m³/jam

Dimensi Tangki Septik:

Tipe Rumah 49

Panjang = 1.2 m

Kedalaman = 1 m

$$HLR_{49} = \frac{0.00208 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)}$$

$$HLR_{49} = 0.00174 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Tabel 4.22 Perhitungan Shock LoadingTangki Septik Penigkatan Debit 0%

Tipe Rumah	P (m)	H (m)	Q (L/hari)	Q(m3/jam)	HLR (m3/m2.jam)
49	1.2	1	50	0.002083	0.001736111
79	1.4	1	70	0.002916	0.002083333
129	1.6	1	90	0.00375	0.00234375

Peningkatan Debit Sebesar 50%

$$Q = 0.00208 + (0.00208 \times 0.5) = 0.00313 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Panjang} = 1.2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\ \text{HLR}_{49} &= \frac{0.00313 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)} \\ \text{HLR}_{49} &= 0.0026 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Perhitungan Shock LoadingTangki Septik Penigkatan Debit 50%

Tipe Rumah	P (m)	H (m)	Q (m3/jam)	HLR (m3/m2.hari)
49	1.2	1	0.003125	0.002604167
79	1.4	1	0.004375	0.003125
129	1.6	1	0.005625	0.003515625

Peningkatan Debit Sebesar 100%

$$\begin{aligned} Q &= 0.00208 + (0.00208 \times 1) \\ &= 0.00417 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Panjang} &= 1.2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\ \text{HLR}_{49} &= \frac{0.00417 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)} \\ \text{HLR}_{49} &= 0.00347 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.24 Perhitungan Shock LoadingTangki Septik Penigkatan Debit 100%

Tipe Rumah	P	L	Q (m3/jam)	HLR (m3/m2.jam)
49	1.2	1	0.004166667	0.003472222
79	1.4	1	0.005833333	0.004166667
129	1.6	1	0.0075	0.0046875

Peningkatan Debit Sebesar 200%

$$\begin{aligned} Q &= 0.00208 + (0.00208 \times 2) \\ &= 0.00625 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Panjang} &= 1.2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\ \text{HLR}_{49} &= \frac{0.00625 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)} \end{aligned}$$

$$HLR_{49} = 0.00521 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Tabel 4.25 Perhitungan Shock LoadingTangki Septik Peningkatan Debit 200%

Tipe Rumah	P	L	Q(m3/jam))	HLR (m3/m2.jam)
49	1.2	1	0.00625	0.005208
79	1.4	1	0.00875	0.00625
129	1.6	1	0.01125	0.007031



Gambar 4.33 Grafik Shock Loading terhadap Parameter HLR

Keterangan

- 1= Peningkatan Debit 0%
- 2= Peningkatan Debit 50%
- 3= Peningkatan Debit 100%
- 4= Peningkatan Debit 200%

Dari grafik HLR dengan variasi debit pada ketiga grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa HLR dari kedua bangunan ini masih dibawah keadaan maksimum HLR yang bisa ditolerir oleh bangunan pengolahan berupa tangki septik yaitu maksimum harus berada pada HLR $2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$. Hal ini dapat dijelaskan dengan estimasi bahwa debit akan sangat mempengaruhi keadaan HLR ataupun kecepatan di reactor, dimana HLR berbanding lurus dengan debit, sehingga pada keadaan penambahan debit pada keadaan 200% masih memungkinkan bahwa HLR masih memenuhi kriteria desain dari kedua bangunan tersebut.

2. Biofilter Anaerobik

Media Kerikil

Tipe Rumah 49

$$\text{Panjang} = 2.25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0.42 \text{ m}$$

$$\text{HLR}_{49} = \frac{0.02 \text{ m}^3/\text{jam}}{(2.25 \times 0.42 \times 0.5)}$$

$$\text{HLR}_{49} = 0.04233 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$$

Tabel 4.26 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Kerikil Peningkatan Debit 0%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q (L/hari)	Q(m ³ /jam)	HLR (m ³ /m ² .jam)
49	2.25	0.42	0.5	480	0.02	0.042328
79	2.25	0.58	0.5	672	0.028	0.042912
129	2.25	0.72	0.5	864	0.036	0.044444

Tabel 4.27 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Plastik Peningkatan Debit 0%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q (L/hari)	Q(m ³ /jam)	HLR (m ³ /m ² .jam)
49	2.25	0.53	0.98	480	0.02	0.017114
79	2.25	0.72	0.98	672	0.028	0.017637
129	2.25	0.92	0.98	864	0.036	0.017746

Peningkatan Debit Sebesar 50%

$$\begin{aligned} Q &= 0.02 + (0.02 \times 0.5) \\ &= 0.03 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Panjang} &= 2.25 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0.52 \text{ m} \\ \text{HLR}_{49} &= \frac{0.00313 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)} \\ \text{HLR}_{49} &= 0.0026 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.28 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Kerikil Peningkatan Debit 50%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q(50%)	HLR
49	2.25	0.42	0.5	0.03	0.063492063
79	2.25	0.58	0.5	0.042	0.064367816
129	2.25	0.72	0.5	0.054	0.066666667

Tabel 4.29 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Plastik Peningkatan Debit 50%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q(50%)	HLR
49	2.25	0.53	0.98	0.03	0.025670646
79	2.25	0.72	0.98	0.042	0.026455026
129	2.25	0.92	0.98	0.054	0.026619343

Peningkatan Debit Sebesar 100%

$$\begin{aligned} Q &= 0.02 + (0.02 \times 1) \\ &= 0.04 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Panjang} &= 2.25 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0.42 \text{ m} \\ \text{HLR}_{49} &= \frac{0.00417 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)} \\ \text{HLR}_{49} &= 0.00347 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.30 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Kerikil
Peningkatan Debit 100%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q(100%)	HLR
49	2.25	0.42	0.5	0.04	0.084656085
79	2.25	0.58	0.5	0.056	0.085823755
129	2.25	0.72	0.5	0.072	0.088888889

Tabel 4.31 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Plastik
Peningkatan Debit 100%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q(100%)	HLR
49	2.25	0.53	0.98	0.04	0.03423
79	2.25	0.72	0.98	0.056	0.03527
129	2.25	0.92	0.98	0.072	0.03549

Peningkatan Debit Sebesar 200%

$$Q = 0.00208 + (0.00208 \times 2) = 0.00625 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Panjang} = 1.2 \text{ m}$$

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

$$\text{HLR}_{49} = \frac{0.00625 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1.2 \times 1)}$$

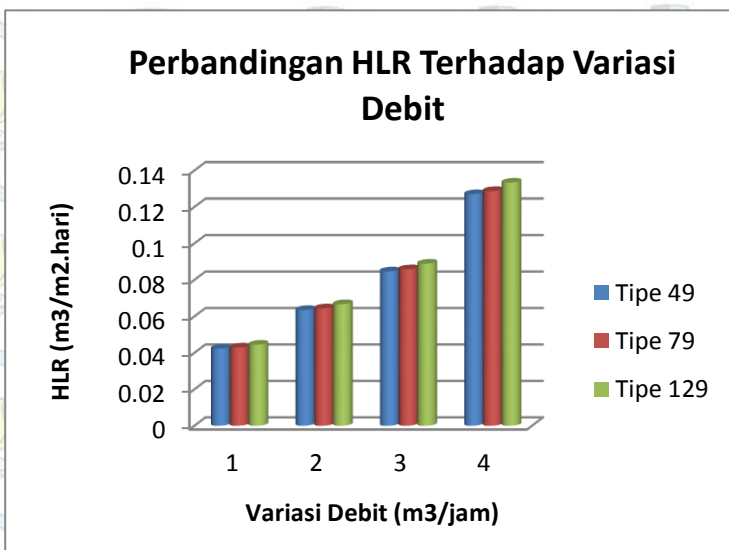
$$\text{HLR}_{49} = 0.00521 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Tabel 4.32 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Kerikil
Peningkatan Debit 200%

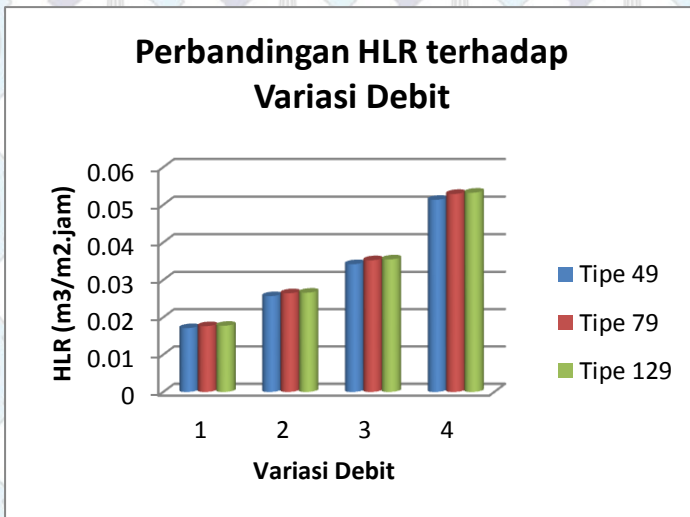
Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q(200%)	HLR
49	2.25	0.42	0.5	0.06	0.126984127
79	2.25	0.58	0.5	0.084	0.128735632
129	2.25	0.72	0.5	0.108	0.133333333

Tabel 4.33 Perhitungan Shock Loading Biofilter Anaerobik Media Plastik Peningkatan Debit 200%

Tipe Rumah	P	L	Porositas	Q(200%)	HLR
49	2.25	0.53	0.98	0.06	0.051341291
79	2.25	0.72	0.98	0.084	0.052910053
129	2.25	0.92	0.98	0.108	0.053238687



Gambar 4.34 Grafik Shock Loading terhadap Parameter HLR Biofilter Anaerobik



Gambar 4.35 Grafik Shock Loading terhadap Parameter HLR Biofilter Anaerobik Media Plastik

Keterangan

- 1= Peningkatan Debit 0%
- 2= Peningkatan Debit 50%
- 3= Peningkatan Debit 100%
- 4= Peningkatan Debit 200%

Dari grafik HLR dengan variasi debit pada ketiga grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa HLR dari kedua bangunan ini masih dibawah keadaan maksimum HLR yang bisa ditolerir oleh bangunan pengolahan berupa Anaerobik biofilter yaitu maksimum harus berada pada HLR 2 m³/m².jam. Hal ini dapat dijelaskan dengan estimasi bahwa debit akan sangat mempengaruhi keadaan HLR ataupun kecepatan di reactor, dimana HLR berbanding lurus dengan debit, sehingga pada keadaan penambahan debit pada keadaan 200% masih memungkinkan bahwa HLR masih memenuhi kriteria desain dari Anaerobik biofilter. Dari hasil perhitungan juga dapat diambil pernyataan bahwa dengan meningkatnya porositas dari media maka akan menunjukkan kecepatan dan HLR dari bangunan biofilter akan

semakin menurun, sehingga akan sangat baik untuk perkembangan biofilm di dalam media dan berujung pada peningkatan efisiensi.

4.7 *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

4.7.1 Harga Satuan Pokok Pekerjaan

Tabel 4.34 HSPK Kota Surabaya 2014

No	Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan				
	Upah				
	Mandor	0.025	O.H	119500	2987.5
	Pembantu Tukang	0.05	O.H	94400	4720
	Total				7707.5
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi				
	Upah				
	Mandor	0.025	O.H	119500	2987.5
	Pembantu Tukang	0.75	O.H	94400	70800
	Total				73787.5
B	1 m ³ Pengurugan Pasir				
	Upah				
	Mandor	0.01	O.H	119500	1195
	Pembantu Tukang	0.3	O.H	94400	28320
	Total				29515
	Bahan				
	Pasir Urug	1.2	O.H	126500	151800
	Total Biaya				181315

III PEKERJAAN BETON**A 1 m³ PEKERJAAN PONDASI BETON BERTULANG (150 KG BESI + BEKISTING)****Upah**

Mandor	0.265	O.H	119500	31667.5
Kepala Tukang Besi	0.262	O.H	104400	27352.8
Tukang Besi	1.05	O.H	99400	104370
Tukang Batu	0.275	O.H	99400	27335
Tukang Kayu	1.3	O.H	99400	129220
Pembantu Tukang	5.3	O.H	99400	526820

Total 846765.3**Bahan**

Semen Portland (40 kg)	8.4	Zak	52300	439320
Pasir Beton	0.54	m ³	159500	86130
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.81	m ³	286000	231660
Besi Beton (polos/ulir) dia 6 mm	157.5	Kg	9100	1433250
Kawat Beton	2.25	Kg	23000	51750
Kayu meranti bekisting	0.2	m ³	3622500	724500
Paku usuk	1.5	Kg	16500	24750
Minyak Bekisting	0.4	Ltr	6600	2640

Total 2994000**Total Biaya 3840765****B 1m³ Pekerjaan Berstruktur K-225 0.12 m³ 884417 106130****C 1 m³ Pekerjaan Bekisting**

Bekisting Kolom					
Upah					
Mandor	0.033	O.H	0	0	
Kepala	0.033	O.H	104400	3445.2	
Tukang Kayu					
Tukang kayu	0.033	O.H	99400	3280.2	
Pembantu					
Tukang	0.66	O.H	94400	62304	
Total				69029.4	
Bahan					
Kayu meranti bekisting	0.04	m ³	3622500	144900	
Pasku usuk	0.4	Kg	16500	6600	
Minyak Bekisting	0.2	Ltr	6600	1320	
Kayu kamper balok 3/5	0.015	m ³	5635000	84525	
Plywood tebal 9 mm	0.35	Lbr	0	0	
Total				237345	
Bekisting Lantai					
Upah					
Mandor	0.033	O.H	119500	3943.5	
Kepala	0.033	O.H	104400	3445.2	
Tukang Kayu					
Tukang kayu	0.033	O.H	99400	3280.2	
Pembantu					
Tukang	0.66	O.H	94400	62304	
Total				72972.9	
Bahan					
Kayu meranti bekisting	0.04	m ³	3622500	144900	
Pasku usuk	0.4	Kg	16500	6600	
Minyak	0.2	Ltr	6600	1320	

Bekisting				
Kayu kamper balok 3/5	0.015	m ³	5635000	84525
Plywood tebal 9 mm	0.35	Lbr	0	0
Total				237345
Bekisting Dinding Upah				
Mandor	0.033	O.H	0	0
Kepala Tukang Kayu	0.033	O.H	104400	3445.2
Tukang kayu	0.033	O.H	99400	3280.2
Pembantu Tukang	0.66	O.H	94400	62304
Total				69029.4
Bahan				
Kayu meranti bekisting	0.04	m ³	3622500	144900
Pasku usuk	0.4	Kg	16500	6600
Minyak Bekisting	0.2	Ltr	6600	1320
Kayu kamper balok 3/5	0.015	m ³	5635000	84525
Plywood tebal 9 mm	0.35	Lbr	0	0
Total				237345
Sewa Alat				
Sewa Concrete Mixer 0.5 m3 (min 3 jam)	0.252	jam	61750	15561
Sewa Concrete Vibrat or	1.08	jam	14250	15390
Sewa alat bantu (1set@3alat)	0.1	jam	950	95

31046

Total Biaya Bekisting 954112.7

IV FINSIHING

A Pemasangan Pipa

Upah

Mandor 0.0018 O.H 119500 215.1

Kepala 0.006 O.H 104400 626.4

Tukang Batu

Tukang Batu 0.06 O.H 99400 5964

Pembantu 0.036 O.H 94400 3398.4

Tukang Batu

Total 10203.9

Bahan

Pipa PVC 1 0.3 Batang 80300 24090

1/4" type AW
panjang 4 m

Perlengkapan 0.105 Buah 80300 8431.5

35% harga
pipa

Pipa Tee 2000 Unit 16550 16550

Elbow 3000 Unit 3550 3550

Total 52621.5

Total Biaya 62825.4

Pemasangan
Pompa

B Pompa 1 Unit

Sumber : HSPK Kota Surabaya 2014

4.7.2 Tangki Septik

a. Tipe Rumah 49

Tabel 4.35 BOQ dan RAB Tangki Septik Tipe 49

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	0.91	7707.5	7013.8
II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.08	73787.5	79690.5
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.036	29515	1062.5
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.144	846765.3	121934.2
B					
	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.18		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.378		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.144		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.702	106130	74503.3
C					
	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.18		
	Pekerjaan	m ³	0.378		

	Dinding				
	Pekerjaan Atap	m ³	0.144		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.702	954113	669787.1
III	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	m	2	45988.8	22994.4
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN TANGKI SEPTIK				976,986

b. Tipe Rumah 79

Tabel 4.36 BOQ dan RAB Tangki Septik Tipe 79

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.2	7707.5	9249.0
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.47	73787.5	108467.63
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.049	29515	1446.2
III	PEKERJAAN BETON				
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.196	846765	165966
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.238		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.43		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.196		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.864	106130	91696.4

C	Pekerjaan Bekisting					
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.238			
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.43			
	Pekerjaan Atap	m ³	0.196			
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.864	954112	824353.4	
III	FINISHING					
	Pemasangan Pipa	M	2	45988.8	22994.4	
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN TANGKI SEPTIK					1,224,173

c. Tipe Rumah 129

Tabel 4.37 BOQ dan RAB Tangki Septik Tipe 129

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.53	7707.5	11792.5
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.92	73787.5	141672
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.064	29515	1889.0
III	PEKERJAAN BETON				
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.256	846765	216771.92
B	Pekerjaan Berstruktur K-				

225					
Pekerjaan Lantai	m ³	0.304			
Pekerjaan Dinding	m ³	0.482			
Pekerjaan Atap	m ³	0.256			
Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	1.042	106130	110587.5	
C					
Pekerjaan Bekisting					
Pekerjaan Lantai	m ³	0.304			
Pekerjaan Dinding	m ³	0.482			
Pekerjaan Atap	m ³	0.256			
Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	1.042	954113	994185.4	
III FINISHING					
Pemasangan Pipa	m	2	45988.8	22994.4	
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN TANGKI SEPTIK				1,499,893	

4.8.3 Bak Kontrol

a. Tipe Rumah 49

Tabel 4.38 BOQ dan RAB Bak Kontrol Tipe 49

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	0.8118	7707.5	6256.9
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalan	m ²	1.2656	73787.5	93385.46

	Tanah Biasa untuk Konstruksi				
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.0316	181315	5736.8
III	PEKERJAAN BETON				
A	1 m ³ Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.1266	846765.3	107163
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.1602		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.4788		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1266		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.7655	106130	81245
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.1602		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.4788		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1263		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.7655	954113	730393
III	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	M	1.42	13753.9	4882.6345
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK KONTROL				1,029,065

b. Tipe Rumah 79

Tabel 4.39 BOQ dan RAB Bak Kontrol Tipe 79

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.1088	7707.5	8546.1
II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.7956	73787.5	132492.84
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.0449	181315	8139.2
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.1796	846765.3	152045.18
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.2198		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.5729		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1796		
	Total	m ³	0.9722	106130	103176.4
C	Pekerjaan Berstruktur Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.2198		

	Pekerjaan Dinding	m ³	0.5729		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1796		
	Total	m ³	0.9722	954112.7	927559.7
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	M	1.42	13753.9	4882.6345
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK KONTROL				1,336,842

c. Tipe Rumah 129

Tabel 4.40 BOQ dan RAB Bak Kontrol Tipe 129

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.4268	7707.5	10997.1
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	2.3716	73787.5	174994.44
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.0593	181315	10750.2
III	PEKERJAAN BETON				
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.2372	846765.3	200818.86
B	Pekerjaan Berstruktur K-				

225					
Pekerjaan Lantai	m ³	0.2834			
Pekerjaan Dinding	m ³	0.6584			
Pekerjaan Atap	m ³	0.2372			
Total	m ³	1.1789	106130	125113.5	
C					
Pekerjaan Bekisting					
Pekerjaan Lantai	m ³	0.2834			
Pekerjaan Dinding	m ³	0.6584			
Pekerjaan Atap	m ³	0.2372			
Total	m ³	1.1789	954112.7	1124774.8	
IV					
FINISHING					
Pemasangan Pipa	M	1.42	13753.9	4882.6345	
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK KONTROL					1,652,332

4.8.4 Biofilter Anaerobik

1. Media Kerikil

a. Tipe Rumah 49

Tabel 4.41 BOQ dan RAB ABF Tipe 49

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.924	7707.5	14829.2

II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ²	m ²	4.158	73787.5	306808.43
	Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi				
B	1 m ³	m ³	0.076	181315	13707.4
	Pengurangan Pasir				
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekerjaan	m ³	0.303	846765.3	256061.83
	Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)				
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.328		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.429		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.303		
	Total	m ³	1.059	106130	112328.0
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.328		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.429		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.303		
	Total	m ³	1.059	954112.7	1009832.9
IV FINISHING					
	Kebutuhan Batu Kerikil dia 2-3 cm	m ³	0.656	13750	9023.44

Pemasangan Pipa	m	4.32	13753.9	14854.212
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				1,737,445

b. Tipe Rumah 79

Tabel 4.42 BOQ dan RAB ABF Tipe 79

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	2.516	7707.5	19392.1
II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	5.742	73787.5	423687.83
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.105	181315	18929.3
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.418	846765.3	353609.19
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.452		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.592		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.418		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	1.462	106130	155119.7

C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.453		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.592		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.418		
	Total	m ³	1.462	954112.7	1394531.1
IV	FINISHING				
	Kebutuhan Batu Kerikil dia 2-3 cm	m ³	0.907	13750	12460.94
	Pemasangan Pipa	M	1.08	13753.9	3713.553
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				2,381,444

c. Tipe Rumah 129

Tabel 4.43 BOQ dan RAB ABF Tipe 129 Media Kerikil

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	3.034	7707.5	23384.6
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	7.128	73787.5	525957.3
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.130	181315	23498.4
III	PEKERJAAN BETON				

A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.519	846765.3	438963.13
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.562		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.735		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.519		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	1.815	106130	192562.3
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.562		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.734		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.518		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	1.814	954112.7	1731142.1
IV	FINISHING				
	Kebutuhan Batu Kerikil dia 2-3 cm	m ³	1.125	13750	15468.75
	Pemasangan Pipa	m	1.64	13753.9	5639.099
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				2,956,616

2. Media Plastik Sarang Tawon

a. Tipe Rumah 49

Tabel 4.44 BOQ dan RAB ABF Tipe 49 Media Sarang Tawon

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	0.882	7707.5	6798.0
II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.8947 5	73787.5	139808.87
B	1 m ³ Pengurangan Pasir	m ³	0.0344 5	181315	6246.3
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.1378	846765.3	116684.26
B Pekerjaan Berstruktur K-225					
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.1696		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.5406		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1378		
	Total	m ³	0.848	106130	89998.3
C Pekerjaan Berstruktur					
C	Pekerjaan Bekisting				

	Pekerjaan Lantai	m ³	0.1696		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.5406		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1378		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	0.848	954112.7	809087.6
III	FINISHING				
	Kebutuhan Media Platik tebal 0.32 mm	m ³	0.8281	750000	621093.75
			3		
	Pemasangan Pipa	m	1.64	13753.9	5639.099
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				1,795,356

b. Tipe Rumah 79

Tabel 4.45 BOQ dan RAB ABF Tipe 79 Media Sarang Tawon

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.148	7707.5	8848.2
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalan Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	2.574	73787.5	189929.03
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.047	181315	8485.5
III	PEKERJAAN BETON				
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150	m ³	0.187	846765.3	158514.46

	kg Besi + Bekisting)				
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.230		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.734		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.187		
	Total	m ³	1.152	106130	122261.8
	Pekerjaan Berstruktur				
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.230		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.734		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.187		
	Total	m ³	1.152	954112.7	1099137.8
	Pekerjaan Berstruktur				
III	FINISHING				
	Kebutuhan Media Platik tebal 0.32 mm	m ³	1.125	750000	843750.00
	Pemasangan Pipa	M	1.64	13753.9	5639.099
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				2,436,566

c. Tipe Rumah 129

Tabel 4.46 BOQ dan RAB ABF Tipe 129 Media Sarang Tawon

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volum e	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan	m ²	1.428	7707.5	11006.3

Lapangan
"Ringan" dan
Perataan

II PEKERJAAN TANAH

A 1 m² m² 3.289 73787.5 242687.09
Penggalian
Tanah Biasa
untuk
Konstruksi

B 1 m³ m³ 0.060 181315 10842.6
Pengurugan
Pasir

III PEKERJAAN BETON

A 1 m³ Pekerjaan m³ 0.239 846765.3 202546.26
Pondasi Beton
Bertulang (150
kg Besi +
Bekisting)

B Pekerjaan
Berstruktur K-
225

Pekerjaan m³ 0.294
Lantai

Pekerjaan m³ 0.938
Dinding

Pekerjaan m³ 0.239
Atap

Total m³ 1.472 106130 156223.4

Pekerjaan
Berstruktur

C Pekerjaan
Bekisting

Pekerjaan m³ 0.294
Lantai

Pekerjaan m³ 0.938
Dinding

Pekerjaan m³ 0.239
Atap

Total m³ 1.472 954112.7 1404453.9

Pekerjaan
Berstruktur

IV FINISHING

Kebutuhan Media Platik tebal 0.32 mm	m ³	1.437	750000	1078125
Pemasangan Pipa	M	1.64	13753.9	5639.099
TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BIOFILTER				3,111,524

4.8.5 Bak Penampung

a. Tipe Rumah 49

Tabel 4.47 BOQ dan RAB Bak Penampung Tipe 49

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	0.8118	7707.5	6256.9
II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.2656	73787.5	93385.46
B	1 m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.0317	181315	5736.8
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.1266	846765.3	107166.62
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.1602		
	Pekerjaan	m ³	0.4032		

	Dinding				
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1266		
	Total	m ³	0.6899	106130	73221.2
	Pekerjaan Berstruktur				
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.1602		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.4032		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1266		
	Total	m ³	0.6899	954112.7	658261.4
	Pekerjaan Berstruktur				
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	m	1.87	13753.9	6429.95
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK PENAMPUNG				950,458

b. Tipe Rumah 79

Tabel 4.48 BOQ dan RAB Bak Penampung Tipe 79

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.1088	7707.5	8546.1
II	PEKERJAAN TANAH				
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	1.7956	73787.5	132492.84

B	1m3Pengurug an Pasir	m ³	0.0449	181315	8139.2
III	PEKERJAAN BETON				
A	1 m3 Pekejaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.1796	846765.3	152045.18
B	Pekerjaan Berstruktur K- 225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.2198		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.4824		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1796		
	Total	m ³	0.8817	106130	93577.0
	Pekerjaan Berstruktur				
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.2198		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.4824		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.1796		
	Total	m ³	0.8817	954112.7	841260.2
	Pekerjaan Berstruktur				
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	M	2.7	13753.9	9283.8825
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK PENAMPUNG				1,245,344

c. Tipe Rumah 129

Tabel 4.49 BOQ dan RAB Bak Penampung Tipe 129

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga Total
I PEKERJAAN PERSIAPAN					
A	1 m ² Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	m ²	1.4268	7707.5	10997.1
II PEKERJAAN TANAH					
A	1 m ² Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi	m ²	2.3716	73787.5	174994.44
B	1m ³ Pengurugan Pasir	m ³	0.0593	181315	10750.2
III PEKERJAAN BETON					
A	1 m ³ Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg Besi + Bekisting)	m ³	0.2372	846765.3	200818.86
B	Pekerjaan Berstruktur K-225				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.2834		
	Pekerjaan Dinding	m ³	0.5544		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.2372		
	Total Pekerjaan Berstruktur	m ³	1.0749	106130	114081.3
C	Pekerjaan Bekisting				
	Pekerjaan Lantai	m ³	0.2834		

	Pekerjaan Dinding	m ³	0.5544		
	Pekerjaan Atap	m ³	0.2372		
	Total	m ³	1.0749	954112.7	1025594.8
	Pekerjaan Berstruktur				
IV	FINISHING				
	Pemasangan Pipa	M	4.32	13753.9	14854.212
	TOTAL BIAYA PEMBANGUNAN BAK PENAMPUNG				1,552,091

4.8 Operasi dan Pemeliharaan (OM)

4.8.1 Pemeliharaan Bangunan

1. Tangki Septik

Pengecekan tangki septik direncanakan untuk dilakukan tiap 2 tahun sekali, hal ini disebabkan dikarenakan dianggap bahwa akumulasi lumpur dan scum telah terkumpul di bangunan tangki septik. Sebelum melakukan tahap pemeliharaan tangki septik maka beberapa hal yang mendasar dalam perawatan dan evaluasi tangki septik antara lain

- **Jenis Limbah dan Bahan yang Masuk**

Jenis limbah yang masuk sangat menentukan dalam pengolahan limbah yang akan terjadi, oleh karena itu perlu dilakukan kajian mendasar dalam menentukan jenis limbah apa saja yang dapat masuk ke bangunan tangki septik. Limbah-limbah yang dapat masuk ke tangki septik adalah buangan domestik non-toksik. Limbah-limbah toksik seperti pestisida atau bahan pemutih, limbah ini dalam jumlah cukup dapat mengganggu bakteri pendegradasi yang hidup di dalam tangki septik.

Pada dasarnya, bukan hanya limbah cair yang dapat mengurangi efektifitas pengolahan limbah domestik, tetapi komponen seperti material dan bahan yang tidak dapat terurai seperti kain lap, tulang, puntung rook, popok (pampers), dan lain-lain, tidak diperkenankan masuk ke

tangki septik meskipun pada hakikatnya komponen-komponen tersebut bersifat *biodegradable*. Bahan-bahan tersebut tidak dapat terurai dalam tangki septik bahkan dapat menyumbat inlet maupun outlet pada tangki septik

- **Akumulasi Lumpur dan Scum**

Akumulasi lumpur dan scum merupakan komponen yang harus diperhatikan melakukan pemeliharaan yang tepat dalam mengolah air limbah. Lumpur dan scum terbentuk karena adanya degradasi mikroorganisme terhadap limbah masuk ke dalam tangki septik, akan tetapi lumpur dan scum dapat mengurangi kinerja tangki septik disebabkan karena tingginya level lumpur atau scum dapat terbawa aliran keluar sehingga akan mengganggu sistem pada bangunan pengolah selanjutnya seperti biofilter yang mudah tersumbat (*clogging*) pada media filter. Ketebalan dan tingginya lumpur dapat dicek melalui lubang inspeksi yang ada pada tangki septik.

- **Kondisi Plumbing Bangunan**

Kondisi *plumbing* bangunan merupakan faktor yang menentukan aliran air di bangunan, dengan membuang limbahnya ke tangki septik sangat berpengaruh terhadap kerjanya. Perubahan *plumbing* atau perpipaan yang membuang limbah ke tangki septik perlu diperhatikan apakah debit limbah yang masuk masih sesuai dengan kapasitas tangki septik yang telah terpasang. Beban yang terlalu besar bagi tangki septik dapat diindikasikan dengan lambatnya aliran air saat kita menyiram air ke WC.

Dengan mengetahui komponen-komponen penting dalam menentukan faktor-faktor yang dapat menyebabkan kegagalan dalam mengolah air limbah domestic maka yang perlu diperhatikan selanjutnya adalah sistem prosedur pengurusan tangki septik.

Untuk melakukan pengurusan perlu mengetahui kondisi volume lumpur dan scum yang terdapat dalam bangunan tangki septik. Kondisi dimana tangki septik perlu dikuras apabila:

- Ketinggian Lumpur kurang lebih 70 cm dari dasar bangunan atau kurang lebih dari 30 cm dari lubang outlet tangki septik atau dari lubang bawah sanitary tee (inlet tangki septik)
- Ketebalan scum di permukaan telah mencapai 10 cm dari bagian baffle atau sekat outlet.
- Prosedur Pengecekan Scum dan Ketebalan Lumpur
Prosedur pengecekan ini perlu dilakukan karena dengan mengetahui tebal scum maupun tebal lumpur di dasar bangunan maka akan lebih mempermudah dalam menentukan waktu yang tepat untuk menguras.
- Ketebalan scum
Langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam mengukur ketebalan scum antara lain:
 1. Masukkan tongkat yang telah dimodifikasi dengan penambahan lilitan kain putih di ujung dari tongkat sekitar 10 cm dengan panjang tongkat kurang lebih 1 m pada tempat yang tersedia berupa manhole yang dapat dibuka-tutup sampai ujung tongkat menyentuh bagian bawah baffle.
 2. Angkat tongkat sampai kita rasa atau melihat bagian bawah dari lapisan scum.
 3. Tandai tongkat untuk mengindikasikan ketebalan scum dengan mengacu pada posisi acuan yang telah ditentukan.
 4. Apabila jarak antara titik acuan dan titik yang didapatkan melebihi dari 3 cm maka tangki septik sudah dapat dikuras.
- Ketinggian Lumpur
 1. Masukkan tongkat yang telah dimodifikasi dengan penambahan lilitan kain putih di ujung dari tongkat sekitar 50 cm dengan panjang tongkat kurang lebih 2 m pada tempat yang tersedia berupa manhole yang dapat dibuka-tutup sampai ujung tongkat menyentuh bagian bawah baffle.
 2. Tahan tongkat kira-kira 10 menit Angkat tongkat sampai kita rasa atau melihat bagian bawah dari lapisan lumpur.

3. Tandai tongkat untuk mengindikasikan ketebalan scum dengan mengacu pada posisi acuan yang telah ditentukan.
4. Apabila jarak antara titik acuan dan titik yang didapatkan melebihi dari 20-30 cm maka tangki septik sudah dapat dikuras.

Dengan mengetahui kondisi saat dimana kita dapat memprediksikan waktu untuk menguras tangki septik dapat ditentukan. Pengurasan umumnya dilakukan oleh perusahaan pengurasan tangki septik yang menggunakan truk tangki penguras lumpur tinja. Tidak dianjurkan untuk melakukan pengurasan sendiri dan membuang lumpur di lingkungan sekitar maupun lahan pribadi karena dapat mencemari lingkungan terutama tanah dan air tanah serta kesehatan masyarakat

Dalam pemeliharaan tangki septik bukan hanya dilihat dari segi pengurasan tetapi terkadang kita harus mengetahui pada kondisi kapan tangki septik tidak berjalan bagus. Kita dapat mengetahuinya dengan melihat kondisi-kondisi tertentu yang dapat ditelaah secara logika. Tanda-tanda umum yang dapat diprediksikan apabila kondisi tangki septik tidak baik anatara lain:

- Kondisi dimana saluran air buangan ke tangki septik tidak berfungsi dengan seharusnya atau tidak mengalir atau bahkan limbah balik naik ke atas, hal ini dapat terjadi apabila:
 1. Terjadi sumbatan saluran air limbah dari WC ke tangki septik, apabila penyebabnya karena terjabaknya lapisan scum di inlet tangki septik, maka hal yang perlu dilakukan adalah menguras tangki septik dan inlet harus terbebas dari lapisan scum
 2. Hal yang mungkin terjadi adalah penyumbatan kotoran atau komponen-komponen luar seperti batu, akar tanaman, dan lain-lain yang masuk ke tangki septik. Apabila kondisi ini memang yang terjadi maka perlu dilakukan perbaikan terhadap pipa tersebut
 3. Apabila setelah dilakukan pengecekan ternyata pipa saluran tidak bermasalah maka kemungkinan terjadi sumbatan di *vent*. Penyumbatan pipa vent akan

menyebabkan udara terjebak dalam pipa dan menyebabkan gangguan pada aliran

- Kondisi dimana air di tangki septik lebih tinggi dari yang seharusnya maka penyebabnya adalah tersumbatnya saluran efluen tangki septik. Kemungkinan penyebabnya adalah lapisan scum yang terlalu tebal atau baffle sebagai pemisah scum rusak maka yang perlu dilakukan adalah perbaikan baffle tangki septik

2. Bak Kontrol

Bak Kontrol berfungsi sebagai Penangkap Lemak (*Grease Trap*) dan bak pencampur *black water* dan *grey water*. *Grease Trap* ini disediakan untuk mengamankan proses biologis yang selanjutnya, karena minyak dan lemak merupakan penyumbang polutan organik yang cukup besar dan zat organik berantai panjang sehingga efisiensi pendegradasian polutan akan berkurang. Air limbah yang mengandung minyak dan lemak berasal dari kegiatan dapur dan perlu dipisahkan dahulu sebelum dialirkan ke bak biofilter Anaerobik agar beban pengolahan di dalam unit berkurang.

Pemisahan minyak dan lemak dapat dilakukan secara gravitasi dikarenakan perbedaan berat jenis antara minyak dan air, sehingga diharapkan minyak akan muncul di permukaan bak. Minyak yang berada di permukaan air dapat dipisahkan dengan menggunakan alat. Pengambilan minyak dan lemak secara periodic perlu dilakukan untuk menjaga efektifitas kinerja bangunan bak biofilter Anaerobik

3. Anaerobik Biofilter

Biofilter anaerobik umumnya memiliki permasalahan pada penyumbatan yang menyebabkan kurang efektifnya kinerja biofilm pada media. Penyumbatan umumnya terjadi karena terbawanya padatan tersuspensi dari ruang pengendap (tangki septik) menuju ke bak biofilter.

Perencanaan ini memiliki 2 media yang ditinjau yaitu media batuan kerikil dan media plastik sarang tawon. Kedua media ini memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing dari segi aspek keteknisan dan efisiensi pengolahan. Pemilihan media

harus ditinjau dari porositas media dimana media dengan porositas diatas 50% yang dianjurkan sebagai media biofilter (Nusadan Ruliasih,2005). Media dari kerikil batuan memiliki porositas 50% dan media plastik sarang tawon memiliki porositas media sebesar 98%. Porositas kedua media sangat berbeda jauh sehingga dapat dipastikan bahwa media kerikil dan batuan akan lebih mudah menyumbat dibandingkan media plastik sarang tawon. Apabila ingin memperbesar porositas maka luas permukaan spesifik harus diperkecil. Dengan luas permukaan spesifik yang kecil, maka jumlah volume reaktor yang diperlukan untuk tempat media menjadi besar (Nusadan Ruliasih,2005).

Kontrol pada media filter harus dilakukan secara periodik setahun sekali (Pedoman Bidang PU,2005). Pembersihan dilakukan dengan membuka manhole dan apabila terjadi penyumbatan dapat dibersihkan dengan menggunakan air yang bertekanan yaitu "*Water Jet Pump*".

Dalam pemeliharaan biofilter anaerobik bukan hanya dilihat dari segi media tetapi terkadang harus mengetahui pada kondisi kapan anaerobik biofilter tidak berjalan semestinya. Kita dapat mengetahuinya dengan melihat kondisi-kondisi tertentu yang dapat ditelaah secara logika. Tanda-tanda umum yang dapat diprediksikan apabila kondisi anaerobik biofilter tidak baik anatara lain:

- Hal yang mungkin terjadi adalah penyumbatan kotoran atau komponen-komponen luar seperti batu, akar tanaman, dan lain-lain yang masuk ke tangki septik. Apabila kondisi ini memang yang terjadi maka perlu dilakukan perbaikan terhadap pipa tersebut
- Apabila setelah dilakukan pengecekan ternyata pipa saluran tidak bermasalah maka kemungkinan terjadi sumbatan di vent. Penyumbatan pipa vent akan menyebabkan udara terjebak dalam pipa dan menyebabkan gangguan pada aliran
- Kondisi dimana air tidak mengalir semestinya, ha ini dapat dicek di bak penampung, apabila air tidak mengalir maka masalah yang mungkin terjadi adalah penyumbatan di media filternya. Hal yang perlu dilakukan adalah mengangkat media pada tempat yang disediakan dan

pembersihan media menggunakan air bertekanan dengan bantuan “*water jet pump*”. Pembersihan dilakukan dengan pengosongan ruang biofilter dengan menutup valve di inlet biofilter.

4. SOP Pengambilan Lumpur

➤ Penentuan Pengurasan Lumpur

Waktu pengurasan dapat ditentukan dengan mengontrol kedalaman lumpur dalam bak tangki septik. Hal ini dikarenakan pada bak tangki septiklah yang paling banyak endapan lumpur, sehingga apabila lumpur di tangki septik sudah melebihi ambang batas dan tidak dikuras, maka berakibat pada bak selanjutnya yang bekerja tidak efisien. Dengan demikian, bangunan tangki septik merupakan bangunan kontrol dalam menetapkan waktu pengurasan lumpur. Kontrol dapat dilakukan sesuai dengan kaidah pada pemeliharaan tangki septik pada subbab sebelumnya. Ruang pengendap dalam bak tangki septik dapat dikuras jika

1. Ketinggian Lumpur kurang lebih 1/3 dalam kedalaman ruang lumpur.
2. Ketebalan scum telah mencapai 10 cm dari bagian baffle atau sekat outlet.

➤ Perhitungan Volume Penyedotan Per 3 Tahun

$$\begin{aligned} Q_{\text{lumpur}_{49}} &= 0.38262 \text{ L/hari} \\ &= 413.23 \text{ L/3 tahun} \\ Q_{\text{lumpur}_{79}} &= 0.532 \text{ L/hari} \\ &= 574.56 \text{ L/3 tahun} \\ Q_{\text{lumpur}_{129}} &= 0.6968 \text{ L/hari} \\ &= 752.544 \text{ L/3 tahun} \\ V_{\text{air}_{49}} &= (p \times l \times h_{\text{air}}) \\ &= (1.2 \times 0.6 \times 0.6) \\ &= 0.432 \text{ m}^3 \\ V_{\text{air}_{79}} &= (p \times l \times h_{\text{air}}) \\ &= (1.4 \times 0.7 \times 0.6) \\ &= 0.588 \text{ m}^3 \\ V_{\text{air}_{129}} &= (p \times l \times h_{\text{air}}) \\ &= (1.6 \times 0.8 \times 0.6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{total_{49}} &= 0.768 \text{ m}^3 \\
 &= V \text{ lumpur} + V_{air} \\
 &= 0.41323 + 0.432 \\
 &= 0.8443 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{total_{79}} &= V \text{ lumpur} + V_{air} \\
 &= 0.57456 + 0.588 \\
 &= 1.16256 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{total_{129}} &= V \text{ lumpur} + V_{air} \\
 &= 0.752544 + 0.767 \\
 &= 1.5205 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan volume penyedotan lumpur per 3 tahun sekali, maka dapat ditentukan waktu pengurasan maksimal disesuaikan dengan volume tangki penyedotan tinja. Mobil tangki penyedotan tinja berkapasitas 2 m³ dan hanya bisa diisi maksimal 1.7 m³. Dengan demikian dapat ditentukan waktu maksimal penyedotan tinja dengan meninjau kapasitas tangki penyedotan. Untuk tipe rumah 49 dapat dilakukan penyedotan maksimal 5 tahun dengan volume lumpur yang dikuras adalah 1.52 m³, tipe rumah 79 dapat melakukan penyedotan lumpur maksimal 4 tahun sekali dengan volume lumpur dikuras adalah 1,55 m³, dan tipe rumah 129 dapat melakukan penyedotan lumpur maksimal 3 tahun sekali dengan volume pengurasan lumpur adalah 1.53 m³. Dengan catatan, apabila hal yang umum terjadi seperti terjadinya aliran balik dan terjadi penyumbatan di pipa maka penyedotan sudah harus dilakukan tanpa harus memperhatikan waktu penyedotan yang disesuaikan dengan perencanaan.

➤ **SOP Pengurasan Lumpur oleh Pihak Ketiga**

1. Dalam melakukan proses pemompaan tidak dianjurkan untuk masuk ke dalam ruang pengendap
2. Dalam melakukan pengurasan sebaiknya melalui manhole yang telah tersedia, bukan melalui pipa inlet maupun outlet.

3. Pengurasan diwajibkan menggunakan pompa vakum atau pompa sentrifugal yang terhubung langsung dengan truk pengangkut lumpur tinja dan dalam kondisi terisolasi
4. Setelah pengurasan selesai dilakukan, maka lumpur akan sedikit tertinggal di ruang pengendap, maka perlu dilakukan pengadukan pada lumpur yang ada dalam ruang pengendap. Hal ini perlu dilakukan untuk menghindari padatan yang tertinggal dalam tangki septik. Proses pengadukan dapat dilakukan dengan beberapa metode yang bervariasi seperti *backflushing*. Dalam pengadukan dengan flushing perlu diperhatikan bahwa level air dalam tangki septik tidak boleh lebih dari 30 cm dari pipa outlet.

4.8.2 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan merupakan aspek penting dalam mengkaji penggunaan bangunan yang direncanakan. Biaya pemeliharaan merupakan biaya tambahan yang dibutuhkan untuk membersihkan bangunan pengolahan. Pada perencanaan ini, biaya pemeliharaan hanya dibutuhkan dalam pembersihan dari endapan lumpur di tangki septik dan pembersihan media di bak biofilter Anaerobik. Pembersihan total dilakukan selama 3 tahun sekali untuk pengurasan lumpur di tangki septik dan 1 tahun sekali untuk pembersihan media biofilter berdasarkan standard SNI. Pembersihan tangki septik dilakukan oleh pihak ketiga yakni perusahaan sedot tinja sedangkan pembersihan media biofilter dilakukan oleh petugas dari perumahan. Berikut merupakan daftar biaya pemeliharaan bangunan pengolahan.

Tabel 4.50 Biaya Pemeliharaan Bangunan

No	Kebutuhan	Keterangan	Volume	Biaya/satuan	Total Biaya
1	Pengurasan Lumpur	Pengurasan dilakukan 3 tahun sekali oleh perusahaan sedot tinja	Tipe 49: 0.38262 L/hari	Rp 250.000	Rp 250.000
			Tipe79: 0.532 L/hari	Rp 250.000	Rp 250.000
			Tipe 129 0.6968 L/hari	Rp 250.000	Rp 250.000
2	Pengadaan Water Jet Pump meMedia	Pembersihan Media dilakukan dengan menggunakan jet pump	-	Rp 1.500.000 /buah	Rp 1.500.000 /buah

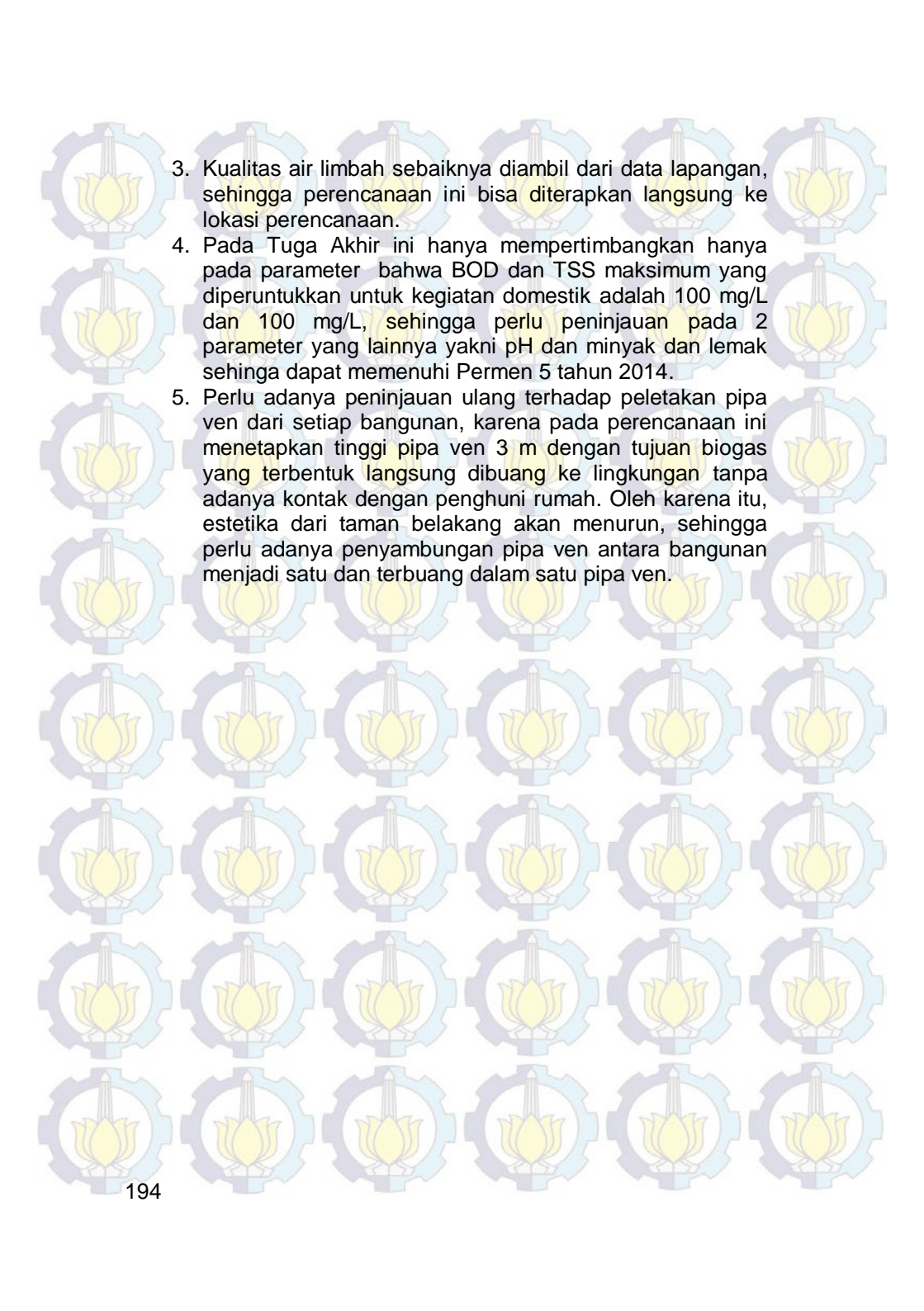
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

- 1.a Hasil perhitungan desain IPAL dengan media kerikil batuan didapatkan dimensi dari tangki septik mengikuti pola dimensi $((1.2+0.1n) \times (0.6+0.05n) \times 1)$ m, bak control mengikuti pola dimensi $((1.14+0.1n) \times (0.57+0.05n) \times 1.5)$ m, bak biofilter anaerobik mengikuti pola dimensi $(1.25 \times (0.42+0.52\log(n)) \times 1.25)$ m.
- 1.b Hasil perhitungan desain IPAL dengan media kerikil batuan didapatkan dimensi dari tangki septik mengikuti pola dimensi $((1.2+0.1n) \times (0.6+0.05n) \times 1)$ m, bak control mengikuti pola dimensi $((1.14+0.1n) \times (0.57+0.05n) \times 1.5)$ m, bak biofilter anaerobik mengikuti pola dimensi $(1.25 \times (0.5+0.631\log(n)) \times 1.25)$ m
- 2.a Biaya total yang dibutuhkan untuk pembangunan bangunan pengolahan (IPAL) dengan media kerikil batuan untuk tipe rumah 49 adalah Rp 4.693.954. Tipe Rumah 79 adalah Rp 6.187.803. Tipe rumah 129 adalah Rp 7.660.932.
- 2.b Biaya total yang dibutuhkan untuk pembangunan bangunan pengolahan (IPAL) dengan media plastik sarang tawon untuk tipe rumah 49 adalah Rp 4.751.865. Tipe Rumah 79 adalah Rp 6.242.925. Tipe rumah 129 adalah Rp 7.815.840
- 2.c Biaya Operation and Maintance (OM) dari pembangunan IPAL adalah Rp 1.750.000 per 3 tahun.

5.2 SARAN

1. Adanya pengolahan lanjutan berupa bisand filter untuk meningkatkan kualitas air buangan sebelum dibuang dimanfaatkan atau diresapkan ke tanah.
2. Mencari alternative selain bangunan anaerobik biofilter dengan pengolahan yang memiliki tingkat efisiensi pengolahan lebih tinggi dan biaya OM yang lebih rendah

- 
3. Kualitas air limbah sebaiknya diambil dari data lapangan, sehingga perencanaan ini bisa diterapkan langsung ke lokasi perencanaan.
 4. Pada Tuga Akhir ini hanya mempertimbangkan hanya pada parameter bahwa BOD dan TSS maksimum yang diperuntukkan untuk kegiatan domestik adalah 100 mg/L dan 100 mg/L, sehingga perlu peninjauan pada 2 parameter yang lainnya yakni pH dan minyak dan lemak sehingga dapat memenuhi Permen 5 tahun 2014.
 5. Perlu adanya peninjauan ulang terhadap peletakan pipa ven dari setiap bangunan, karena pada perencanaan ini menetapkan tinggi pipa ven 3 m dengan tujuan biogas yang terbentuk langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya kontak dengan penghuni rumah. Oleh karena itu, estetika dari taman belakang akan menurun, sehingga perlu adanya penyambungan pipa ven antara bangunan menjadi satu dan terbuang dalam satu pipa ven.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Halim., et al. 2008. Organic Removal From Septic Tank Effluent Using Intermittent Cocopeat Filter. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Anh, Viet Nguyen, et al. 2007. *Improved Tank With Constructed Wetlands, A Promising Decentralized Wastewater Treatment Alternative in Vietnam*. Hanoi, Paer XI-RCS-07-30 NOWRA 16th Annual Technical Education Conference and Exposition
- Anh Viet Nguyen, Parkinson, J., and Barreiro, W. (2005). *For effective decentralized wastewater management. A Hanoi case study*. Final report submitted to GHK under the DFID funded Project: Capacity building for effective wastewater management. GHK, UK, 2002 – 2005.
- Anonim. 2014. Brosur PT Diparanaru Rucitra Property Perumahan Dian Regency2 Sukolilo. Surabaya
- Anonim. 1987. *Laporan Ibukota Kecamatan Sanitation Improvement Programme*. Human Waste Disposal
- Anonim. 2013. Keputusan Gubernur Jawa timur No. 72 Tahun 2013 *tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau kegiatan Usaha lainnya di Jawa Timur*
- Anonim. 2003. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*
- Anonim. 2001. *Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*, pada ayat 14
- Anonim, 2002, “*Tata Cara Perencanaan Tangki Septik Dengan Sistem Resapan*”, SNI : 03-2398-2002, Jakarta
- Anonim. 2014. “*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014*”. Jakarta
- Bodkhe, S.Y. 2009. *A Modified Anaerobic Baffled Reactor for Municipal Wastewater Treatment*. Journal Environmental Management 90, 8: 2488 – 2493
- Bo Jiang, “*The Effect of Trace Elements on the Metabolism of Methanogenic Consortia*,” Thesis Wageningen University, University of Geneva, Switzerland, 2006, page 2-26
- Bound, T.R. 1997. *Design and Performance of Septic Tanks*. American Society for Testing Materials, Philadelphia

- Da Silva, F.J., et al. 2013. *Septic Tank Combined With Anaerobic Filter and Conventional UASB-Result From Full Scale Plants*. Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol 30, No 01, pp 133-140
- Deublein, D. dan Steinhauser, A., (2008). *"Biogas from Waste and Renewable Resources. An Introduction"*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Duncan Mara .1944. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Camden High Street, London, NW1 0JH, UK
- Grady, C.P.L.J.,H.C.Lim., et al.(1999). *Biological Wastewater treatment*. New York. New York Marcel Dekker
- Hammer, M.J., 1986, *Water and Wastewater Technology SI Version*, John Wiley&Sons, Singapore
- Jefferson, et al.,2004. *Greywater characterization and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse*. Water Science and Technology, 50(2): 157-164.
- Idaman, Nusa.2012. *Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup*. Bandung
- IKK Sanitation Improvement Programme*, 1987.
- Karnaningroem, dkk. 2012. *Upaya Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Reaktor Biofilter dan Karbon Aktif. Penelitian Non-Unggulan*. Surabaya
- Katrina, Intan Rosa. 2012. *Performa Reaktor Down-flow Hanging Sponge (DHS) dan mengolah Air Limbah Domestik Jakarta*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Kling, Sohami.2007. *Determination of Domestic Wastewater Characteristics and Its Relation to The Type of Developments*. Universiti Teknologi Malaysia
- Marsono, Bowo Djoko.1995. *Hidrolika untuk Teknik Penyehatan*. Teknik Penyehatan, Surabaya
- Metcalf & Eddy, 1993, *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. McGraw-Hill Company
- Moesriati dan Karnaningroem, 2013 *Pengolahan air limbah laundry dengan menggunakan serie reactor biofilter dan slow sand filter sebagai upaya menuju green laundry*. Surabaya
- Morel, A. dan Dinier, S. 2006. *Greywater Management In Low Middle-Income Countries, Review Of Different Treatment*

- System For Households Or Neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG). Department Of Water And Sanitation In Developing Countries (SANDEC). Duebendorf:Switzerland.
- Pham, Nga Thuy, Büsser, S., Morel, A., and Anh Viet Nguyen (2006). *Characteristics and quantities of domestic wastewater in urban and peri-urban households in Hanoi*. In Publication: CEETIA News, 1/2006. Available from Web-site: www.epe.edu.vn.
- Polprasert Chongrak and Vijay S. Rajput. 1982. *Environmental Sanitation Reviews on Developing Countries*. Environmental Sanitation Information Center Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand
- Razak, Afif Aiman Bin Mohammad. 2010. Design Criteria of Biofilter System as Treatment For Domestic Wastewater. Universiti Malaysia Pahang
- Reynold, Tom D dan Richard, Paul A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. PWS Publishing Company, Boston.
- Sasse, L. 1998. *DEWATS; Decentralized Wastewater Treatment In Developing Countries*. Bremen: BORDA
- Slamet, Agus dan Ali Masduqi. 2000. *Satuan Proses*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Sudarmadji dan Hamdi. 2013. *Tangki Septik dan Peresapannya Sebagai Sistem Pembuangan Air Kotor di Permukiman Rumah Tinggal Keluarga*. Jurnal Teknik Sipil Volume 9, No. 2
- Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI-PRESS, Jakarta.
- Suprihanto Notodarmodjo, dkk. 2004. *Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH*. Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung
- 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, Volume 2 Nomor 3, ITS – Surabaya.

The background of the page is a repeating pattern of a light blue gear with a yellow lotus flower inside. The gear is positioned at the top of each lotus flower, and the lotus is centered within the gear's teeth. This pattern covers the entire page.

Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, “*Biogas Handbook*” (Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbjerg, page 21

Tilley, E., Luethi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. 2008. *Compendium Of Sanitation System And Technologies*. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute Of Aquatic Science (EAWAG).

Veenstra.1995. *Wastewater Treatment international Institute For Infrastructural Hydraulic and environmental Engineering (IHE)*. Delf, Netherland

Zhaoqian, Jing.,et al. 2012. Performance of double layer biofilter packed with coal fly ash ceramic granules in treating highly polluted river water. *Biosource Technology* 212-217