



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN
PROSES *ANAEROBIC BAFFLED REACTOR* DAN
ANAEROBIC FILTER PADA HOTEL BINTANG 5
SURABAYA**

AFFAN MAULANA ASSIDIQY
3313100042

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN
PROSES *ANAEROBIC BAFFLED REACTOR* DAN
ANAEROBIC FILTER PADA HOTEL BINTANG 5
SURABAYA**

AFFAN MAULANA ASSIDIQY
3313100042

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT PLANT
BY USING ANAEROBIC BAFFLED REACTOR AND
ANAEROBIC FILTER PROCESS ON FIVE STARS
HOTEL IN SURABAYA**

AFFAN MAULANA ASSIDIQY
3313100042

SUPERVISOR
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN PROSES ANAEROBIC BAFFLED REACTOR DAN ANAEROBIC FILTER PADA HOTEL BINTANG LIMA SURABAYA

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

AFFAN MAULANA ASSIDIQY
NRP. 3313100042

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
NIP. 19530502 198103 1 004



**PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC
BAFFLED REACTOR* DAN *ANAEROBIC FILTER* PADA
HOTEL BINTANG 5 DI SURABAYA**

Nama : Affan Maulana Assidiqy
NRP : 331310042
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.,

ABSTRAK

Surabaya, sebagai Ibukota provinsi Jawa Timur dan salah satu kota besar di Indonesia merupakan salah satu gerbang perdagangan utama di wilayah Indonesia Timur. Dengan segala potensi, fasilitas dan keunggulan geografisnya Surabaya memiliki potensi ekonomi yang sangat besar. Salah satu bisnis yang berkembang pesat di kota besar adalah bisnis perhotelan. Hotel adalah suatu perusahaan yang dikelola oleh pemiliknya dengan menyediakan makanan, minuman, dan fasilitas kamar untuk tidur. Dengan adanya fasilitas dan aktifitas, hotel menghasilkan limbah berupa limbah padat dan cair. Air limbah hotel adalah air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan hotel dimana air limbah ini bisa berupa sisa-sisa kegiatan memasak, kamar mandi, spa, kolam renang, dan lain-lain. Air limbah yang dihasilkan akan mencemari lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu, maka perlu adanya suatu unit pengolahan air limbah untuk mengolah air limbah yang dihasilkan hotel bintang lima. Pada perencanaan ini digunakan *anaerobic baffled reactor* dan *anaerobic filter* sebagai alternatif pengolahan air limbah yang dihasilkan hotel bintang lima. Parameter air limbah yang digunakan adalah COD, BOD, TSS, dan minyak dan lemak. Data karakteristik air limbah didapatkan berdasarkan data sekunder hasil penelitian terdahulu dengan objek beberapa hotel bintang lima. Perhitungan dimensi unit anaerobic baffled reactor dan anaerobic filter mengacu pada modul DEWATS. Dari hasil perhitungan desain didapatkan desain rinci IPAL unit *Anaerobic Baffled Reactor* meliputi dimensi bak ekualisasi (3,1m x 3,1m x 2m), bak kompartemen I (6m x 4,5m x 2,5m), kompartemen II (1,5m x 4,5m x 2,5m)

sebanyak 7 buah kompartemen. Sedangkan desain rinci unit *Anaerobic Filter* meliputi bak pengendap (6m x 4,5m x 2,5m) dan tangki media filter (2m x 4,5m x 2,5m) sebanyak 8 buah kompartemen. Nilai anggaran yang dibutuhkan untuk membangun masing-masing alternatif adalah Rp. 147.570.620 dan Rp. 198.933.190.

Kata Kunci: *Air Limbah Hotel Bintang Lima, Desain Anaerobic Baffled Reactor, Desain Anaerobic Filter.*

**DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT PLANT BY
USING ANAEROBIC BAFFLED REACTOR AND
ANAEROBIC FILTER PROCESS ON FIVE STARS HOTEL
IN SURABAYA**

Name : Affan Maulana Assidiqy
SID : 331310042
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM.,

ABSTRACT

Surabaya, Indonesia's second largest city and the capital of East Java Province, has been one of the most important and busiest trading city ports in Asia. As its potential, facility and geography advantages, Surabaya has great economical potential as example hotel is one of the most rapidly growth bussines in Surabaya. Hotel is a commercial establishment providing lodging, meals, and other guest services. By the existance of facility and human activity, hotel produced waste such as wastewater and solid waste. Hotel wastewater produced from hotel activity sourced from cooking residue, restroom, spa, swimming pool, and etc. Wastewater generated can contaminate ground water so wastewater treatment is needed to treat wastewater before disposed into environment. In this study, wastewater produced is treated by wastewater treatment with anaerobic baffled reactor and anaerobic filter as the alternatives. The parameters of wastewater used are COD, BOD, TSS and oil and grease. Characteristic of wastewater is based on secondary data from earlier experimental studies with five stars hotel as the objects. Calculation of dimension of anaerobic baffled reactor and anaerobic filter refers to DEWATS module. According to the results of calculation, Anaerobic Baffled Reactor is designed with 1 settling tank and 7 compartments. The dimension of Anaerobic Baffled Reactor is 25m x 4,5m x 2,5m within dimension of settling tank is 6m x 4,5m x 2,5; dimension of each compartements are 1,5m x 4,5m x 2,5m. Whereas Anaerobic Filter is designed with 1 septic tank and 8 compartments. The dimension of Anaerobic Filter is 19,2m x 4,5m x 2,5m within dimension of septic tank is 6m x 4,5m x

2,5m; dimension of each compartments are 2m x 4,5m x 2,5m. Estimation cost that needed to build anaerobic baffled reactor and anaerobic filter are IDR 147.570.620 and IDR 198.933.190.

Keywords: *Anaerobic Baffled Reactor Design, Anaerobic Filter Design, Five stars Hotel Wastewater.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* pada Hotel Bintang Lima Surabaya”** dengan segala kemampuan yang ada.

Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan tugas ini, yakni :

1. Dr. Ir. M. Razif, M.M., selaku dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan membimbing hingga tugas akhir ini selesai.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D., dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei S.T., MEPM., atas bimbingan dan arahan serta masukkan dalam asistensi tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua yang tiada hentinya memberikan doa serta dukungan kepada penulis selama menyelesaikan studi.
4. Keluarga besar angkatan 2013, atas kebersamaan kritik dan sarannya.
5. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga selanjutnya dapat lebih baik lagi. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 27 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hotel	5
2.2 Air Limbah Hotel.....	6
2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Hotel	7
2.2.2 Baku Mutu Limbah Cair Hotel	8
2.3 Pengolahan Air Limbah	9
2.3.1 Pengolahan Biologis.....	10
2.3.2 Pengolahan Anaerobic.....	14
2.4 Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah yang Didesain.....	15
2.4.1 Grease Trap	15
2.4.2 Bak Ekualisasi	16
2.4.3 Anaerobic Baffle Reactor	17
2.4.4 Anaerobic Filter	20
2.5 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN	25
3.1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir.....	25
3.1.1 Judul Tugas Akhir.....	26
3.1.2 Tinjauan Pustaka.....	26
3.1.3 Pengumpulan Data.....	27
3.1.4 Pengolahan Data.....	27
3.1.5 Hasil dan Pembahasan.....	28
3.1.6 Kesimpulan dan Saran.....	29
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1 Perhitungan Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Hotel Bintang Lima	31

4.2	Perhitungan Detail Engineering Design Unit Pengolahan Air Limbah	32
4.2.1	Grease Trap	33
4.2.2	Bak Ekualisasi	36
4.2.3	Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	40
4.2.4	Anaerobic Filter	52
4.2.5	Bak Kontrol	67
4.3	Perhitungan Mass Balance	67
4.3.1	Mass Balance Anaerobic Baffled Reactor	67
4.3.2	Mass Balance Anaerobic Filter	70
4.4	Perhitungan Profil Hidrolis	75
4.4.1	Perhitungan Profil Hidrolis Alternatif 1	75
4.4.2	Perhitungan Profil Hidrolis Alternatif 2	76
4.5	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	76
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	85
	DAFTAR PUSTAKA	87
	BIOGRAFI PENULIS	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alir Alternatif 1	15
Gambar 2. 2 Diagram Alir Alternatif 2	15
Gambar 2. 3 Grease Trap	16
Gambar 2. 4 Bak Ekualisasi	17
Gambar 2. 5 <i>Anaerobic Baffled Filter</i>	18
Gambar 2. 6 <i>Anaerobic Filter</i>	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan Tugas Akhir.....	26
Gambar 4. 1 Diagram Alir Alternatif 1	32
Gambar 4. 2 Diagram Alir Alternatif 2	33
Gambar 4. 3 Grafik Fluktuasi Air Limbah	37
Gambar 4. 4 Faktor HRT Terhadap Penyisihan COD	41
Gambar 4. 5 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD	42
Gambar 4. 6 Kurva Hubungan Laju Akumulasi lumpur dengan Periode Pengurasan	43
Gambar 4. 7 Faktor Pengaruh Konsentrasi COD pada Penyisihan COD.....	47
Gambar 4. 8 Faktor Pengaruh Temperatur terhadap Penyisihan COD.....	47
Gambar 4. 9 Faktor Pengaruh HRT Terhadap Penyisihan COD.....	48
Gambar 4. 10 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD	49
Gambar 4. 11 Faktor HRT Terhadap Penyisihan COD	53
Gambar 4. 12 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD	54
Gambar 4. 13 Kurva Hubungan Laju Akumulasi lumpur dengan Periode Pengurasan	55
Gambar 4. 14 Faktor Pengaruh Temperatur terhadap Penyisihan COD.....	59
Gambar 4. 15 Faktor Pengaruh Konsentrasi COD pada Penyisihan COD.....	60
Gambar 4. 16 Faktor Pengaruh Luas Spesifik terhadap Penyisihan COD.....	61
Gambar 4. 17 Faktor Pengaruh HRT terhadap Penyisihan COD.....	61

Gambar 4. 18 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD	62
Gambar 4. 19 Kesetimbangan Massa <i>Anaerobic Baffled Reactor</i>	73
Gambar 4. 20 Kesetimbangan Massa <i>Anaerobic Filter</i>	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Domestik.....	8
Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>	12
Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Sequencing Batch Reactor</i>	13
Tabel 2. 4 Kelebihan dan Kekurangan <i>Septic Tank</i>	13
Tabel 2. 5 Syarat Kondisi Lingkungan Proses Aerob	14
Tabel 4. 1 Debit Air Limbah Hotel Bintang Lima.....	31
Tabel 4. 2 Kualitas Air Limbah Hotel Bintang Lima	31
Tabel 4. 3 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah Hotel Bintang Lima	32
Tabel 4. 4 Fluktuasi Limbah yang Dihasilkan Tiap Jam.....	36
Tabel 4. 5 HSPK kota Surabaya 2016	77
Tabel 4. 6 Rencana Anggaran Biaya Alternatif I	82
Tabel 4. 7 Rencana Anggaran Biaya Alternatif II	83

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Spread Sheet Dimensi ABR dan AF	91
Lampiran B Spesifikasi Pompa.....	109
Lampiran C Gambar Teknik Perencanaan.....	111

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya, sebagai Ibukota provinsi Jawa Timur dan salah satu kota besar di Indonesia merupakan salah satu gerbang perdagangan utama di wilayah Indonesia Timur. Dengan segala potensi, fasilitas dan keunggulan geografisnya Surabaya memiliki potensi ekonomi yang sangat besar. Salah satu bisnis yang berkembang pesat di kota besar adalah bisnis perhotelan. Menurut Soleh, Wakil Ketua I Perhimpunan Hotel dan Restoran Indonesia, Surabaya mulai dilirik oleh sejumlah investor dan pengusaha untuk membangun hotel. Sekarang ini ada lebih dari 25 hotel, baik yang sedang proses pembangunan ataupun sedang proses perizinan pembangunan baik dari hotel kelas melati hingga hotel bintang (Bisnis Jatim, 2013). Berdasarkan Surabaya dalam Angka (2015), jumlah hotel pada Kota Surabaya mencapai 104 unit termasuk diantaranya hotel berbintang maupun tidak berbintang. Namun hal ini dapat menimbulkan permasalahan lingkungan dimana hotel-hotel tertentu membuang air limbah yang kualitas maupun kuantitasnya berdampak pada penurunan kualitas lingkungan perkotaan dan menurunnya kesejahteraan masyarakat kota.

Limbah cair perhotelan adalah limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan oleh kegiatan hotel yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Karena aktivitas yang ada di hotel relatif sama seperti layaknya permukiman, maka sumber limbah yang ada juga relatif sama seperti pada permukiman dan fasilitas ta,bahan lainnya yang ada di hotel. Sumber limbah cair perhotelan tersebut antara lain limbah dari kamar mandi; limbah dari kegiatan di dapur/restaurant; limbah dari kegiatan pencucian/laundry; limbah dari fasilitas kolam renang. Di sisi lain, kebutuhan air bersih pada hotel sangat tinggi. Air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan kamar, laundry, kolam renang, kolam ikan dan siram tanaman serta. Berdasarkan kondisi

tersebut, maka perlu adanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mengolah air limbah agar sesuai dengan baku mutu effluen.

Pada perencanaan kali ini, akan direncanakan instalasi pengolahan air limbah dengan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF) sebagai unit alternatif untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan hotel. *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF) merupakan unit pengolahan air limbah yang biasa digunakan untuk mengolah limbah domestik maupun limbah industri. ABR dan AF memiliki keunggulan dimana dalam proses pengolahan limbah kedua unit ini memiliki efisiensi yang tinggi, dan dari segi konstruksi kedua unit ini tidak membutuhkan lahan yang luas dan dapat dibangun di bawah permukaan tanah, sehingga sangat cocok untuk digunakan pada perhotelan. Maka berdasarkan keunggulan tersebut perencanaan ini akan menggunakan ABR dan AF sebagai alternatif untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan hotel bintang lima Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah perencanaan ini antara lain :

1. Bagaimana *detail engineering design* (DED) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan unit *Anaerobic Baffled Reactor* untuk mengolah air limbah pada hotel bintang lima?
2. Bagaimana *detail engineering design* (DED) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan unit *Anaerobic Filter* untuk mengolah air limbah pada hotel bintang lima?
3. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk membangun masing-masing unit alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah air limbah pada hotel bintang lima?

1.3 Tujuan

Tujuan perencanaan ini antara lain :

1. Menghasilkan *detail engineering design* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan unit

Anaerobic Baffled Reactor untuk mengolah air limbah pada hotel bintang lima.

2. Menghasilkan *detail engineering design* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan unit *Anaerobic Filter* untuk mengolah air limbah pada hotel bintang lima.
3. Mengetahui Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk membangun masing-masing alternatif unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah air limbah pada hotel bintang lima.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup perencanaan ini antara lain :

1. Perhitungan debit air limbah diasumsikan sebesar 80% dari penggunaan air bersih salah satu hotel bintang lima di Surabaya.
2. Karakteristik air limbah didapatkan dari data sekunder bersumber dari penelitian terdahulu atau laporan tipikal.
3. Penentuan baku mutu effluen yang mengacu pada baku mutu air kelas satu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Usaha Lainnya.
4. Membuat alternatif perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk menurunkan sifat pencemar dalam air limbah sesuai dengan baku mutu effluen air limbah.
5. Perencanaan *Detail Engineering Design* (DED) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada masing-masing alternatif IPAL, meliputi :
 - a. Dimensi unit IPAL dengan proses *Anaerobic Baffled Reactor*
 - b. Dimensi unit IPAL dengan proses *Anaerobic Filter*
 - c. Gambar denah IPAL dengan proses *Anaerobic Baffled Reactor*

- d. Gambar denah IPAL dengan proses *Anaerobic Filter*
 - e. Gambar potongan unit IPAL dengan proses *Anaerobic Baffled Reactor*
 - f. Gambar potongan unit IPAL dengan proses *Anaerobic Filter*
6. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016.

1.5 Manfaat

Manfaat perencanaan ini antara lain :

1. Memberikan alternatif desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) bagi pengelola hotel bintang lima.
2. Mengurangi beban pencemaran pada badan air penerima di sekitar hotel yang berasal dari aktifitas hotel.
3. Memberikan alternatif desain IPAL yang dapat dijadikan pertimbangan bagi konsultan dan perancang IPAL dalam merencanakan IPAL untuk hotel bintang lima.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hotel

Berdasarkan Permen LH No. 5 Tahun 2014 Hotel sebagai jenis akomodasi yang memppergunakan sebagian besar atau seluruh bangunan untuk menyediakan jasa penginapan, yang dikelola secara komersial yang meliputi hotel berbintang dan hotel melati. Menurut Hotel Propietors Act, 1956 (Sulatiyono, 1999) hotel adalah suatu perusahaan yang dikelola oleh pemiliknya dengan menyediakan makanan, minuman, dan fasilitas kamar untuk tidur kepada orang-orang yang sedang melakukan perjalanan dan mampu membatar dengan jumlah wajar sesuai dengan pelayanan yang diterima tanpa adanya perjanjian khusus (perjanjian membeli barang yang disertai dengan perundingan-perundingan sebelumnya).

Berdasarkan keputusan Dirjen Pariwisata No. 14/U/II/1988, tentang usaha dan pengelolaan hotel menjelaskan bahwa klasifikasi hotel menggunakan sistem bintang. Dari kelas yang terendah diberi bintang satu, sampai kelas tertinggi adalah hotel bintang lima. Sedangkan hotel-hotel yang tidak memenuhi standar kelima kelas tersebut atau yang berada dibawah standar minimum yang ditentukan disebut hotel non bintang. Pernyataan penentuan kelas hotel ini dinyatakan oleh Dirjen Pariwisata dengan sertifikat yang dikeluarkan dan dilakukan tiga tahun sekali dengan tata cara pelaksanaan ditentukan oleh Dirjen Pariwisata.

Dasar penilaian yang digunakan antara lain mencakup:

- a. Persyaratan fisik, meliputi lokasi hotel dan kondisi bangunan.
- b. Jumlah kamar yang tersedia.
- c. Bentuk pelayanan yang diberikan
- d. Kualifikasi tenaga kerja, meliputi pendidikan dan kesejahteraan karyawan.
- e. Fasilitas olahraga dan rekreasi lainnya yang tersedia seperti kolam renang lapangan tenis dan diskotik.

Berdasarkan keputusan Dirjen Pariwisata No. 14/U/II/1988, tentang usaha dan pengelolaan hotel menjelaskan bahwa klasifikasi hotel bintang lima adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah kamar minimal 100 kamar (termasuk minimal 4 suite room, 58 m²)
- b. Ukuran kamar minimum termasuk kamar mandi 26 m² untuk kamar single dan 52 m² untuk kamar double.
- c. Ruang public luas 3 m² x jumlah kamar tidur, minimal terdiri dari lobby, ruang makan (>135 m²) dan bar (>75 m²).
- d. Pelayanan akomodasi yaitu berupa penitipan barang berharga, penukaran uang asing, postal service dan antar jemput.
- e. Fasilitas penunjang berupa ruang linen (>0,5 m² x jumlah kamar), ruang laundry (>40 m²), dry cleaning (>30 m²), dapur (>60% dari seluruh luasantai ruang makan).
- f. Fasilitas tambahan : pertokoan, kantor biro perjalanan, maskapai perjalanan, drugstore, salon, function room, banquet hall, serta fasilitas olahraga dan sauna.

Dengan adanya klasifikasi hotel tersebut dapat melindungi konsumen dalam memperoleh fasilitas yang sesuai dengan keinginan. Memberikan bimbingan pada pengusaha hotel serta tercapainya mutu pelayanan yang baik.

2.2 Air Limbah Hotel

Air limbah hotel adalah air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan hotel dimana air limbah ini bisa berupa sisa-sisa kegiatan memasak, kamar mandi, spa, kolam renang, dan lain-lain. Komposisi air limbah hotel dapat terdiri dari beberapa persenyawaan baik yang bersifat organik maupun anorganik. Secara umum air limbah perhotelan menimbulkan berbagai dampak yang cukup merugikan bagi manusia. Dampaknya dapat menyebabkan atau menimbulkan banjir karena banyak orang-orang yang membuang air limbah rumah tangga ke sungai, sehingga

pintu air mampet dan pada waktu musim hujan air tidak dapat mengalir dan air naik menggenangi rumah-rumah penduduk, sehingga dapat meresahkan penduduk (BPPT, 2009).

Volume limbah yang dihasilkan suatu komunitas seperti hotel, biasanya dikaitkan dengan konsumsi air bersih dari komunitas tersebut. Air digunakan oleh hotel untuk berbagai keperluan antara lain : minum dan berbagai kebutuhan untuk masakan, mencuci mandi dan binatu, membersihkan jendela, tembok, dan lantai, pemasangan dan AC, menyiram rumput dan kebun, mencuci kendaraan dan penyiraman jalan, mengisi kolam renang, membuat air mancur dan air terjun kecil riam dan keram, memproduksi uap panas, membantu sejumlah proses produksi, menggelontorkan limbah hotel ke saluran pembuangan limbah (Fair, J.C. et al, 1958).

Berdasarkan Morimura dan Soufyan (1988), standar pemakaian air untuk hotel adalah 250-300 liter per orang tamu per hari, dan untuk karyawan adalah 120-150 liter per karyawan per hari. Aliran limbah yang berasal dari setiap tamu hotel rata-rata 290 liter/hari dan dari pekerja hotel tiap orang rata-rata 40 liter/hari (Tchobanoglous, 1991).

2.2.1 **Karakteristik Limbah Cair Hotel**

Karakteristik limbah cair dari perhotelan relatif sama seperti limbah domestik dari permukiman karena aktivitas yang ada di hotel relatif sama seperti aktivitas yang di lingkungan permukiman. Sementara jumlah limbah yang dihasilkan dari perhotelan tergantung jumlah kamar yang ada dan tingkat huniannya. Disamping itu juga dipengaruhi oleh fasilitas tambahan yang ada di hotel tersebut (BPPT, 2009).

Limbah perhotelan pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Senyawa fisik: berwarna, mengandung padatan;
2. Senyawa kimia organik: mengandung karbohidrat, mengandung minyak dan lemak, mengandung

- protein, mengandung surfactan antara lain detergen dan sabun;
3. Senyawa kimia anorganik: mengandung alkalinitas, mengandung khlorida, mengandung nitrogen, mengandung fosfor, mengandung sulfur;
 4. Unsur biologi: mengandung protista dan virus.

Rata-rata karakteristik air limbah hotel adalah sebagai berikut (Morimura, *et al.*, 1988) :

- a. Konsentrasi BOD dalam air limbah 200-300 mg/L
- b. Konsentrasi SS dalam air limbah 200-250 mg/L

2.2.2 Baku Mutu Limbah Cair Hotel

Baku mutu air limbah hotel adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah hotel yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Jadi semua air limbah hotel sebelum dibuang ke perairan/saluran umum harus diolah terlebih dahulu sampai memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Volume Limah Cair Maximum 120 L/(orang.hari)		
Parameter	satuan	kadar maksimum
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50
pH	-	6 – 9
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Berikut penjelasan terkait BOD, COD, dan TSS:

1. BOD (Biochemical Oxygen Demand)
Adalah banyaknya oksigen dalam PPM atau miligram/liter yang diperlukan untuk menguraikan material organik oleh bakteri pada suhu 20oC selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari,

sebanyak 60 – 70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai. Kebutuhan oksigen biologi (Biological Oxygen Demand) hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (Mulia, 2005).

2. COD (Chemical Oxygen Demand)
Adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wisnu, 1995). Menurut Mulia (2005) COD menggambarkan jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia, baik yang dapat didekomposisi secara biologis (biodegradable) maupun yang sukar didekomposisi secara biologis (non-biodegradable). Oksigen yang didekomposisikan setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel.
3. TSS (Total Dissolved Solid)
Padatan tidak terlarut (suspended solid) merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membrane berukuran 0,45 mikron. Suspended solid (material tersuspensi) dapat dibagi menjadi zat padat dan koloid. Selain suspensi solid ada juga istilah dissolved solid (padatan terlarut) (Mulia, 2005).

2.3 Pengolahan Air Limbah

Definisi *treatment* atau pengolahan adalah pemisahan padatan dan stabilisasi polutan. Maksud dari stabilisasi adalah mendegradasi materi organik sampai pada suatu titik dimana reaksi kimia dan reaksi biologis tidak berlangsung lagi. *Treatment* juga dapat diartikan dengan menghilangkan racun atau substansi yang berbahaya (misalnya logam berat atau fosfor) yang bisa menghentikan siklus biologis yang berkelanjutan, meskipun telah terjadi stabilisasi materi organik (Sasse, 1998).

Menurut Chandra (2007), berdasarkan proses yang berlangsung, pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu pengolahan secara kimia, fisika dan biologis.

1. Pengolahan limbah secara kimia
Merupakan proses pengolahan limbah yang memanfaatkan reaksi-reaksi kimia untuk mentransformasi limbah berbahaya menjadi limbah tidak berbahaya. Berbagai bentuk pengolahan misalnya, seperti netralisasi, koagulasi-flokulasi, oksidasi dan pertukaran ion, dan klorinasi.
2. Pengolahan limbah secara fisika
Merupakan proses pengolahan limbah tanpa adanya reaksi kimia atau biologi. Setiap tahap dari proses fisik melibatkan tahapan pemisahan materi tersuspensi dari fase fluidanya.
3. Pengolahan limbah secara biologis
Merupakan proses pengolahan limbah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri, untuk mendegradasi polutan-polutan yang terdapat di dalam air limbah.

Pada umumnya limbah domestik mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, sehingga pengolahan pada air limbah domestik menggunakan pengolahan secara biologis.

2.3.1 Pengolahan Biologis

Pengolahan biologis merupakan pengolahan yang menggunakan aktivitas biologi dalam penyisihan bahan-bahan pencemar. Pengolahan air buangan secara biologis didasarkan pada penggunaan substansi-substansi pencemar air sebagai nutrisi oleh campuran populasi mikroorganisme. Mekanisme ini berlangsung secara alamiah dalam badan-badan air yang sehat, seperti danau dan sungai sebagai proses purifikasi (Chandra, 2007).

Tujuan dari pengolahan air limbah secara biologis adalah untuk menstabilisasi materi organik terlarut serta mengkoagulasi dan menyisihkan padatan koloid (Tchobanoglous, 1991).

Klasifikasi pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) dan pertumbuhan melekat (*attached growth*) dan *lagoon*/kolam. Proses biologis dengan pertumbuhan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme yang tumbuh secara tersuspensi untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air. Proses biologis secara pertumbuhan melekat yakni proses pengolahan media dimana mikroorganisme yang digunakan tumbuh pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Klasifikasi lain yang sering digunakan oleh peneliti adalah berdasarkan lingkungan prosesnya yakni proses biologis dengan lingkungan aerob, anaerob, anoksik, kombinasi aerob-anaerob-anoksik, dan sistem kolam/*lagoon* (Said, 2015).

Proses biologis dengan lingkungan aerob merupakan lingkungan dimana oksigen terlarut berada dalam jumlah yang cukup, sehingga oksigen bukan merupakan faktor pembatas pertumbuhan dan oksigen berfungsi mutlak sebagai terminal akseptor elektron. Proses biologis dengan lingkungan anaerob merupakan lingkungan dimana oksigen berada dalam jumlah yang kurang sehingga merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan mikroorganisme. Dalam hal ini yang berperan sebagai akseptor elektron adalah oksigen dalam bentuk yang tidak bebas (senyawa O_2), misal NO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} . Proses biologis dengan lingkungan anoksik merupakan proses yang memakai senyawa inorganik teroksidasi sebagai akseptor elektron, oksidasi amonia dan nitrit menjadi nitrat terjadi pada kondisi anoksik (tanpa oksigen) dilakukan oleh bakteri nitrifikasi (Tchobanoglous, 2003).

Berdasarkan Departemen Perindustrian (2007) berikut merupakan contoh unit pengolahan biologis yang biasa digunakan untuk mengolah air limbah domestik: *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, *Sequencing Batch Reactor*, *Septic Tank*. Berikut uraian dan kelebihan maupun kekurangan masing-masing unit pengolahan.

1. Upflow Anaerobic Sludge Blanket

UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) merupakan salah jenis reaktor anaerobik yang paling banyak- diterapkan untuk pengolahan berbagai Jenis limbah cair. Berbeda dengan proses aerobik, dimana bahan organik dikonversi menjadi produk akhir berupa karbon dioksida dan air, pada proses anaerobik sebagai produk adalah gas metana dan karbon dioksida. Reaktor UASB merupakan reaktor anaerobik, dimana influen dialirkan dari bawah menuju ke atas, Akibat pertumbuhan mikroorganisme, pada bagian bawah reaktor terbentuk lapisan biomassa (sludge). Pendukan media terjadi akibat aliran influen dan aliran gas yang terbentuk. Sistem UASB dilengkapi dengan fasilitas pengeluaran gas, yang sekaligus berfungsi sebagai unit pemisahan biomassa.

Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

Kelebihan	Kekurangan
Konstruksi sederhana	Sangat sensitif terhadap perubahan beban hidrolis
Tanpa bahan untuk pertumbuhan mikroorganisme	Beban organik laju perombakan relatif rendah dibanding dengan reaktor anaerobik lainnya.
	Kadar bahan organik dalam efluen umumnya masih tinggi, sehingga memerlukan pengolahan tambahan

2. Sequencing Batch Reactor

Sistem SBR adalah suatu sistem lumpur aktif yang dioperasikan secara curah (batch). Satuan proses dalam sistem SBR identik dengan satuan proses dalam sistem lumpur aktif, yaitu aerasi dan sedimentasi untuk memisahkan biomassa. Pada sistem lumpur aktif, kedua

proses tersebut berlangsung dalam dua tanki yang berdan, sedangkan pada SBR berlangsung secara bergantian pada tanki yang sama. Keunikan lain sistem SBR adalah bahwa tidak diperlukan resirkulasi sludpe. Proses sistem SBR terdiri atas lima tahap, yaitu pengistan, reaksi (aerasi), pengendapan (sedimentasi), pembuangan, dan istirahat (idle).

Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan *Sequencing Batch Reactor*

Kelebihan	Kekurangan
Sesuai untuk volume limbah cair kecil atau bervariasi	Hanya sesuai untuk jumlah limbah cair kecil dan tidak kontinu
Dapat digunakan untuk eliminasi karbon, nitrogen dan fosfor pada satu reaktor	Sistem SBR dioperasikan secara curah (batch), sehingga untuk operasi kontinu diperlukan beberapa SBR yang dioperasikan secara paralel

3. Septic Tank

Sistem septik tank merupakan salah satu cara pengolahan limbah cair yang paling sederhana. Dalam sistem septik tank proses perombakan limbah cair berlangsung dalam kondisi anaerobik. Sistem septik tank harus dilengkapi dengan fasilitas untuk peresapan efluen. Berdasarkan Gotzenberger (2009) berikut kekurangan dan kelebihan septik tank:

Tabel 2. 4 Kelebihan dan Kekurangan *Septic Tank*

Kelebihan	Kekurangan
Sangat sederhana dan tahan lama	Efisiensi pengolahan rendah
Membutuhkan lahan yang sangat kecil	Effluen berbau

Lanjutan Tabel 2.4

Biaya operasi dan maintenance rendah	Perlu pengurasan lumpur secara teratur
	Unit pre-treatment sehingga butuh unit pengolahan lebih lanjut

2.3.2 **Pengolahan Anaerobic**

Dalam pengolahan limbah cair secara anaerobik, mikroorganisme berperan penting dalam menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu. Utamanya senyawa-senyawa organik dalam air buangan. Dimana dalam proses metabolisme sel dipisahkan dalam 2 jenis yaitu katabolisme dan anabolisme (Rittman dan McCarty, 2001).

Sistem pengolahan secara anaerobik dirasa cukup efektif dengan biaya pengoperasian yang rendah dan dapat mereduksi BOD sampai 90% (Fardiaz, 1992). Namun, dalam mendesain pengolahan limbah secara anaerobik hendaknya memperhatikan beberapa faktor, yaitu (Tchobanoglous, 2014): karakteristik air limbah; konsentrasi organik dan temperatur; variasi debit dan beban; fraksi material organik tidak terlarut; nutrisi, makronutrien dan senyawa organik dan anorganik yang toksik; alkalinitas.

Keberhasilan proses anaerobik bergantung pada kesetimbangan dari sistem ekologisnya. Perhatian khusus harus diberikan pada bakteri metanogen yang mana bakteri tersebut rentan pada perubahan kondisi lingkungan. Syarat utama kondisi lingkungan untuk mendukung proses anaerob menurut von Sperling dkk. (2005) dijelaskan pada Tabel 2.5 :

Tabel 2. 5 Syarat Kondisi Lingkungan Proses Aerob

No	Parameter	Besaran nilai
1	BOD : COD rasio	$\geq 0,4$
2	COD : N : P rasio	1000 : 5 : 1 (untuk yield rendah) 350 : 5 : 1 (untuk yield tinggi)

Lanjutan Tabel 2.5

3	Suhu	25 – 38° C
4	pH	6,0 – 8,0
5	Oksigen Terlarut	< 2 mg/L
6	Amonia	< 150 mg/L
7	Sulfida	< 200 mg/L

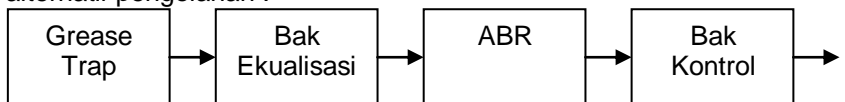
Pada umumnya, penggunaan pengolahan secara anaerobik lebih menguntungkan dalam segi teknis perawatan karena dapat menghasilkan padatan yang lebih tersebar dan flok padatan yang lebih sedikit daripada sistem aerobik (Tchobanoglous, 2014).

2.4 Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah yang Didesain

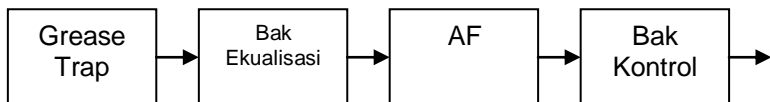
Pada perencanaan kali ini, unit-unit yang akan didesain sebagai alternatif pengolahan air limbah hotel adalah :

1. *Grease Trap*
2. Bak Ekualisasi
3. *Anaerobic Baffled Reactor*
4. *Anaerobic Filter*
5. Bak Kontrol

Berikut adalah diagram alir pengolahan air limbah domestik yang dihasilkan hotel dengan menggunakan 2 alternatif pengolahan :



Gambar 2. 1 Diagram Alir Alternatif 1

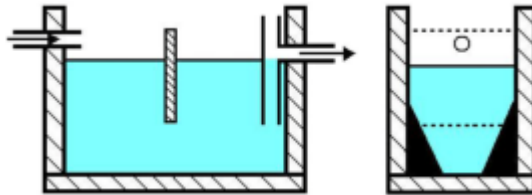


Gambar 2. 2 Diagram Alir Alternatif 2

2.4.1 Grease Trap

Penggunaan *grease trap* tergantung pada karakteristik fisik dari air limbah. Namun, limbah cair yang

dihasilkan dari kantin atau dapur dengan kuantitas lemak dan minyak yang tinggi, *grease trap* sangat dibutuhkan. Fungsi dari *grease trap* adalah untuk memisahkan zat-zat yang mengapung (lemak dan minyak). Akan tetapi, zat organik biodegradasi tidak dapat diendapkan pada bangunan ini karena waktu tinggal yang sangat singkat. Dinding baffle berguna untuk mengurangi turbulensi dan menahan zat-zat yang mengapung pada air limbah. Minyak dan lemak yang tersaring perlu dibersihkan secara manual tiap minggu (Gotzenberger, 2009).



Gambar 2. 3 Grease Trap
(Sumber: Gotzenberger, 2009)

2.4.1.1 Kekurangan dan Kelebihan Grease Trap

Kelebihan dari *grease trap* sebagai berikut :

1. Sederhana dan tahan lama
2. Membutuhkan lahan yang kecil

Kekurangan dari *grease trap* sebagai berikut :

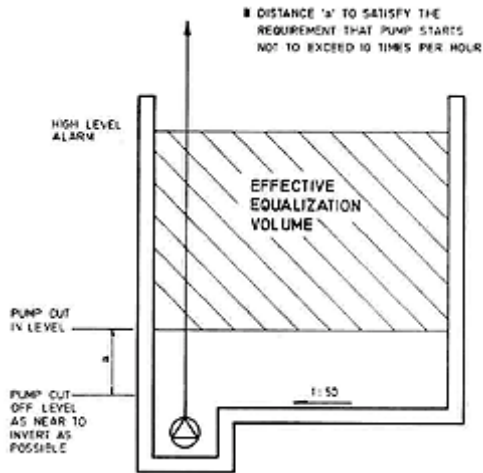
1. Hanya unit *pre-treatment*
2. Perlu dibersihkan secara berkala

2.4.2 Bak Ekualisasi

Menurut Tchobanoglous (2003), bak ekualisasi merupakan suatu bak penampung air limbah agar debit air limbah yang akan diolah menjadi konstan. Hamid (2004) menjelaskan fungsi dari bak ekualisasi adalah :

1. Sebagai bak penampung air limbah dari berbagai sumber agar air limbah tersebut dapat tercampur dan mendapatkan karakteristik air limbah yang homogen.
2. Mendapatkan debit air limbah yang konstan sebelum diolah pada unit selanjutnya.

3. Menstabilkan konsentrasi air limbah sebelum masuk ke unit pengolahan selanjutnya.

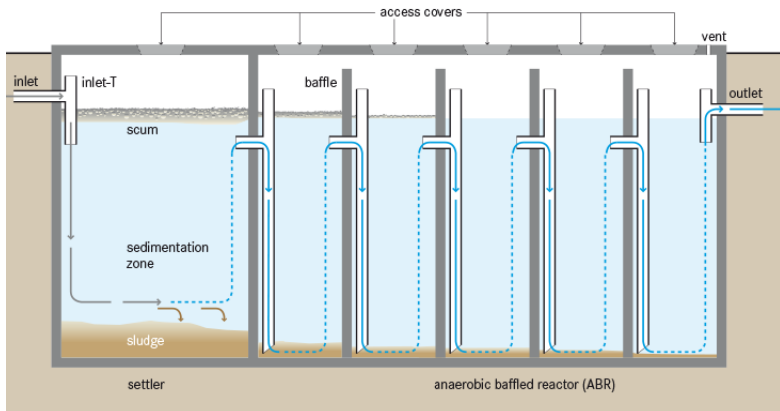


Gambar 2. 4 Bak Ekualisasi
(Sumber: Anonim, 2016)

2.4.3 Anaerobic Baffle Reactor

Anaerobic Baffle Reactor (ABR) secara prinsipnya merupakan kombinasi antara *septic tanks*, *reactor moving bed*, dan *reactor up-flow anaerobic sludge blanket*. ABR sangat efisien digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan organik yang tinggi dengan persentase padatan tidak terendap yang tinggi dan rasio COD/BOD yang kecil (Sasse, L. 2008).

Menurut Hudson (2010), ABR merupakan suatu jenis reaktor anaerob laju tinggi yang terdiri dari beberapa kompartemen bervolume sama. Antar tiap kompartemen ABR dipisahkan oleh *hanging* dan *standing baffle* secara selang-seling yang berfungsi memaksa cairan mengalir ke atas dan ke bawah pada setiap kompartemen untuk meningkatkan kontak antara air limbah dan mikroorganisme dalam selimut lumpur pada tiap dasar kompartemen.



Gambar 2. 5 Anaerobic Baffled Filter

(sumber: Tilley et al., 2014)

ABR mampu menurunkan 70–90% BOD dan 72–95% COD (Foxon dkk., 2006). Operasi ABR 2 *baffle* juga dapat berlangsung dalam waktu tinggal 2 kali lebih singkat dibanding jika digunakan *septic tank* bervolume yang sama untuk dapat menghasilkan besar penurunan *Total Suspended Solid* (TSS), COD dan BOD sama (Koottatep dkk., 2004). Waktu tinggal dibutuhkan pengoperasian ABR 39% lebih singkat dibandingkan UASB (Krishna dkk., 2007).

2.4.3.1 Kriteria Desain ABR

Variabel-variabel yang perlu diperhatikan dalam desain reaktor ABR antara lain :

- a. Organic Loading Rate (OLR)
Beban organik sebaiknya < 3 kgCOD/m³.hari. Beban lebih tinggi diperbolehkan seiring kenaikan suhu dan substrat yang lebih mudah didegradasi (Sasse, 2009).
- b. Kecepatan aliran (V_{up})
Kecepatan aliran ke atas tidak boleh melebihi 2 (satu) m³/m²/jam. Hal tersebut dapat diatasi dengan mendesain ABR yang mempunyai luas penampang besar dan kedalaman dangkal (Sasse, 2009). Hal ini

dilakukan untuk menjamin 95% padatan tetap tinggal dalam kompartemen guna mengurangi kemungkinan wash out dan mendukung populasi mikroba yang mampu menangani anaerobic digestion 2 fase (Foxon dkk., 2001).

c. Lebar Reaktor

Agar influen limbah terdistribusi merata dan kontak dengan mikroorganisme efisien, lebar reaktor dianjurkan berkisar antara 0,5-0,6 kedalamannya (Rahayu dan Purnavita, 2008).

d. Hydraulic Retention Time (HRT)

Nilai HRT terlalu kecil dapat mengakibatkan terjadinya laju pertumbuhan bakteri yang tidak cukup untuk menghilangkan polutan (Schuner dkk., 2009). Dengan memperpanjang HRT, kemungkinan terjadinya wash out menjadi semakin kecil. Perbaikan proses hidrolisis senyawa organik dan pembentukan lumpur anaerobic yang lebih stabil juga dapat dilakukan dengan menambah waktu kontak antara limbah dan mikroorganisme (Pillay dk., 2006). Nilai HRT yang dipersyaratkan adalah lebih dari 8 jam (Sasse, 2009).

2.4.3.2 Kelebihan dan Kekurangan ABR

Berikut kelebihan dari penggunaan ABR dalam mengolah air limbah domestik.

1. Sebuah ABR mudah untuk dibangun dan tidak mahal karena tidak ada bagian yang bergerak atau mesin pencampur (Polprasert, 1992).
2. Resiko penyumbatan kecil, biaya operasi rendah (Barber dan Stuckey, 1999)
3. Lumpur yang terbentuk sedikit (Barber dan Stuckey, 1999)
4. Tidak memerlukan mikroorganisme dengan kemampuan pengendapan tertentu (Barber dan Stuckey, 1999)
5. Stabil terhadap shock loading hidrolis dan organik (Barber dkk., 1999; Sasse, 1998)
6. Umur reaktor lama tanpa pembuangan lumpur (Barber dan Stuckey, 1999)

Sedangkan kekurangan dari penggunaan ABR adalah sebagai berikut.

1. Sulit untuk mempertahankan distribusi merata influen (Tilche dan Vieira, 1991).
2. Pembatasan kecepatan upflow (V_{up}) yang rendah menjadikan volume reaktor cenderung lebih besar.
3. Waktu start-up relatif lama.

2.4.4 **Anaerobic Filter**

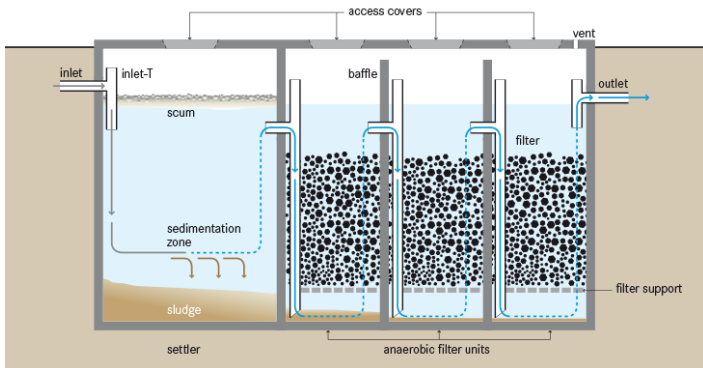
Menurut von Sperling (2005), anaerobic filter merupakan sebuah reaktor kontak, yang mana air limbah mengalir melewati mikroorganisme yang ada di dalam reaktor. Mikroorganisme yang ada di dalam reaktor dibedakan menjadi tiga jenis yakni :

1. Lapisan biofilm tipis yang menempel pada permukaan media filter
2. Mikroorganisme yang tersebar pada celah media filter
3. Flok-flok atau gumpalan di dasar kompartemen, yang berada di bawah media filter.

Senyawa organik terlarut yang terkandung pada influen air limbah akan mengalami kontak dengan mikroorganisme, senyawa tersebut akan terdifusi melewati permukaan biofilm atau gumpalan lumpur. Kemudian senyawa tersebut akan dikonversi menjadi produk antara dan produk akhir, berupa gas CH_4 dan gas CO_2 .

Secara umum, reaktor anaerobic filter dikonstruksikan secara upflow dan downflow. Pada reaktor upflow, media filter akan berada di bawah permukaan air. Pada reaktor downflow, media filter dapat berada di bawah maupun di atas permukaan air. Umumnya reaktor anaerobic filter dibangun secara tertutup, hal ini untuk menghindari bau yang menyengat.

Efisiensi penghilangan COD dan BOD₅ berkisar antara 41%-95%. Efisiensi penghilangan bergantung pada temperatur dan waktu tinggal (Bodik dkk., 1999).



Gambar 2. 6 Anaerobic Filter
(Sumber: Tilley et al., 2014)

2.4.4.1 Kriteria Desain Anaerobic Filter

Variabel-variabel yang perlu diperhatikan dalam desain reaktor AF antara lain:

1. Hydraulic Retention Time (HRT)
HRT memiliki maksud rata-rata waktu tinggal cairan di dalam reaktor, nilai HRT ditetapkan sebesar 36-48 jam (Sasse, 2009)
2. Ketinggian Media Filter
Berdasarkan penelitian Goncalves dkk. (2001) merekomendasikan ketinggian media filter berada antara 0,8-0,3 meter. Batasan yang lebih tinggi dapat digunakan jika media filter memiliki kerusakan yang lebih kecil. Ukuran typical yang disarankan adalah 1,5 meter.
3. Organic Loading Rate (OLR)
OLR merupakan beban materia organik yang masuk per volume media per harinya. Nilai OLR pengolahan limbah domestik bernilai <5 kgCOD/m³.hari (Sasse, 2009).
4. Kecepatan upflow (V_{up})
Selain waktu tinggal, terdapat batasan kecepatan upflow yang harus diatur di bawah kecepatan yang

dapat membuat mikroorganisme hilang bersama effluen. Kecepatan upflow ditetapkan tidak lebih dari 2,0 m/jam (Sasse, 2009). Namun, selama proses start-up disarankan tidak melebihi 0,4m/jam (von Sperling dkk., 2005)

5. Jenis Media Filter

Pemilihan media filter sangat penting dilakukan karena merupakan tempat tumbuh dan melekatnya mikroorganisme. Bahan yang ringan, tahan karat, memiliki luas permukaan spesifik yang besar dan rasio volume rongga (voids) yang besar adalah beberapa kriteria pemilihan media filter yang umum digunakan (said., 2007). Penggunaan media dengan porositas dan rasio volume rongga yang besar akan mengurangi aliran pendek (short circuiting) akibat adanya ruang mati karena akumulasi mikroorganisme, yang juga akan mengurangi volume efektif reaktor dan meningkatkan kecepatan upflow (Manariotis dkk., 2010).

2.4.4.2 Kelebihan dan Kekurangan Anaerobic Filter

Berikut kelebihan dari penggunaan Anaerobic Filter dalam mengolah air limbah domestik.

1. Kuat dan bisa diandalkan (Sasse, 1998)
2. Efisiensi tinggi (Sasse, 1998)
3. Memiliki ketahanan terhadap hidrolis dan organik shock loading
4. Lumpur yang terbentuk sedikit (Barber dan Stuckey, 1999)
5. Tidak memerlukan mikroorganisme dengan kemampuan pengendapan tertentu (Barber dan Stuckey, 1999)
6. Waktu start-up lebih cepat (Sasse, 1998)

Sedangkan kekurangan dari penggunaan Anaerobic Filter dalam mengolah air limbah domestik adalah sebagai berikut.

1. Membutuhkan penggantian/pembersihan media filter
2. Resiko penyumbatan besar (Sasse, 1998).

2.5 Penelitian Terdahulu

Arifin (2000) melakukan penelitian pengelolaan limbah hotel berbintang. Berdasarkan penelitian lapangan didapatkan data bahwa debit limbah rata-rata yang dihasilkan hotel bintang 5 di Jakarta adalah sekitar 700 m³/hari dengan rata-rata konsentrasi COD 419,335 mg/L; BOD 171,28 mg/L; TSS 223,5 mg/L; minyak dan lemak berkisar 1,04-2,34 mg/L.

Raman dan Chakladar (1972) di India, telah melakukan penelitian menguji kinerja pengolahan *septic tank-anaerobic filter* (ST-AF), dimana filter dalam sistem ST-AF dapat berfungsi dengan baik selama 18 bulan tanpa pembersihan. Sistem ST-AF dirancang dengan OLR 0,37-1,09 kg COD/m³.hari dengan HRT berkisar antara 1,2-8,5 hari. OLR optimal berada pada kisaran antara 1 kg COD/m³.hari. penyisihan BOD yang dicapai oleh ST-AF berkisar antara 65-75%, sedangkan penyisihan COD berkisar antara 40-70% dan penyisihan TSS berkisar antara 60-90%. Tangki septik berperan sebagai pengolahan primer dengan kontribusi penyisihan COD sebesar 30-50%. Opsi ST-AF dapat menjadi alternatif IPAL untuk daerah yang belum memiliki jaringan pipa air limbah seperti negara-negara berkembang.

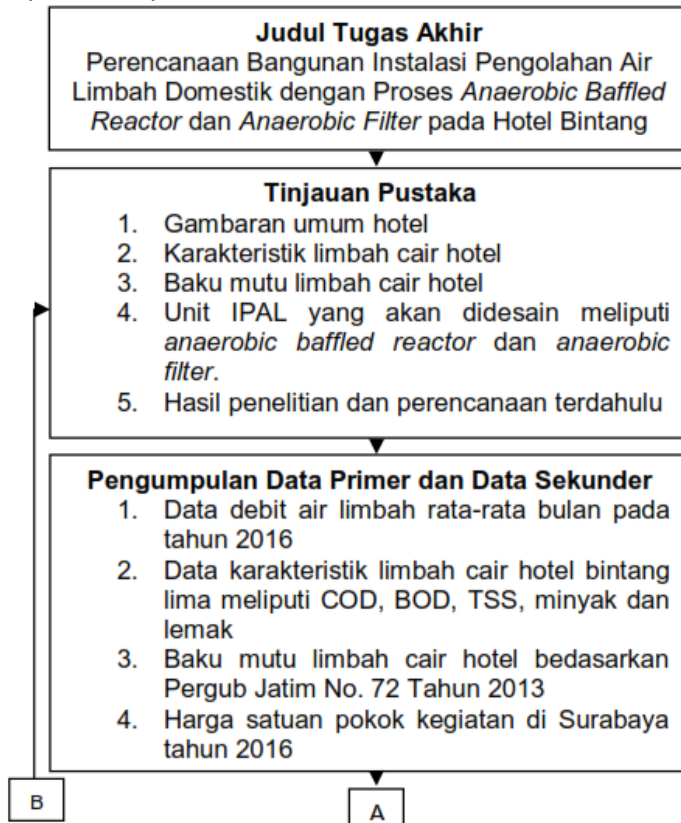
Singh dkk. (2009) melakukan penelitian untuk melihat performa ABR dalam mengolah limbah domestik di Nepal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ABR mampu menurunkan TSS hingga 91%, BOD hingga 78% dan COD hingga 77%. ABR dirancang dengan model DEWATS bervolume efektif 42 m³ yang melayani 400 orang. Kriteria desain yang digunakan adalah 4 jam waktu tinggal untuk sedimentasi, 3 bulan untuk digestasi lumpur dan 1 tahun pengurasan. ABR terbukti baik untuk digunakan sebagai pengolahan perimer.

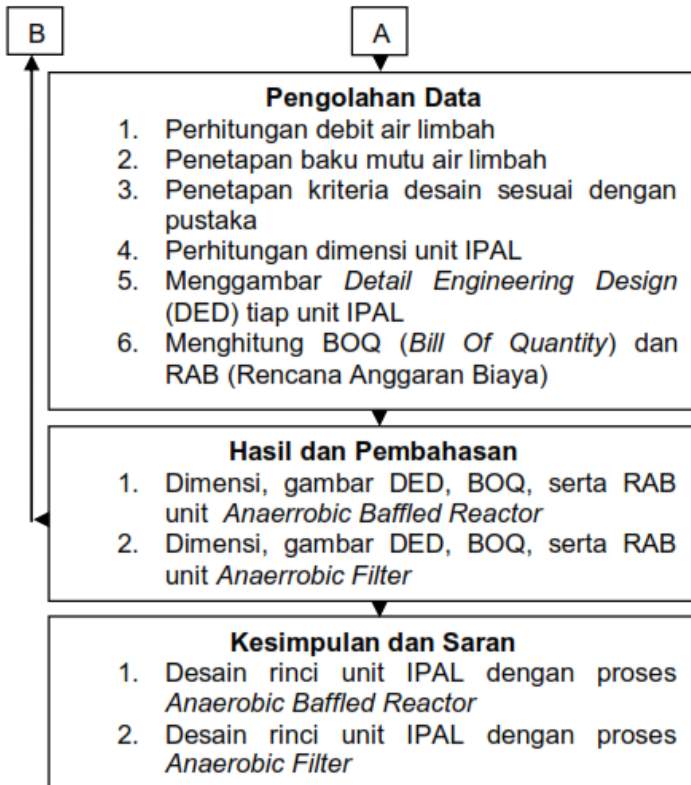
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Kerangka Perencanaan Tugas Akhir

Kerangka perencanaan adalah dasar pemikiran yang digunakan untuk mengetahui tahapan – tahapan secara sistematis yang akan dilakukan dalam kegiatan perencanaan. Adanya kerangka perencanaan ini diharapkan dapat mempermudah dalam tiap tahapan perencanaan yang akan dilakukan. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan Tugas Akhir

Penjelasan diagram alir kerangka perencanaan tugas akhir adalah sebagai berikut:

3.1.1 Judul Tugas Akhir

Judul tugas akhir ini adalah “Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* pada Hotel Bintang Lima di Surabaya”

3.1.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk mendapatkan teori-teori yang mendukung dalam penyusunan tugas akhir

ini. Adapun data pendukung yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Gambaran umum hotel
2. Karakteristik limbah cair hotel
3. Baku mutu limbah cair hotel
4. Unit IPAL yang akan didesain meliputi *anaerobic baffled reactor* dan *anaerobic filter*
5. Hasil penelitian dan perencanaan terdahulu

3.1.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam perencanaan ini. Data yang dikumpulkan meliputi :

1. Data penggunaan air bersih pada salah satu hotel bintang lima di Surabaya dari rekening pemakaian air bersih tiap bulan pada tahun 2016.
2. Data karakteristik limbah cair hotel bintang lima meliputi COD, BOD, TSS dan minyak dan lemak didapatkan berdasarkan penelitian atau perencanaan atau laporan tipikal terdahulu.
3. Baku mutu limbah cair hotel berdasarkan Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013.
4. Harga satuan pokok kegiatan di Surabaya tahun 2016.

3.1.4 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan akan diolah yang nantinya akan dibahas dalam tugas akhir ini. Pengolahan data yang akan dilakukan meliputi :

1. Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dengan mengasumsikan sebesar 80% dari penggunaan air bersih.
2. Penetapan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
3. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka
 - A. *Anaerobic Baffled Filter*
Kriteria desain untuk *anaerobic baffled reactor*
 - (a) *Up flow velocity* : < 2 m/jam
 - (b) Panjang : 50 – 60 % dari ketinggian

- (c) COD *removal* : 65 – 90 %
- (d) BOD *removal* : 70 – 95 %
- (e) *Organic loading rate* : < 3 kg
COD/m³.hari
- (f) HRT : > 8 jam
- (g) Rasio COD/BOD : 1,5 – 3,5

(Sumber : Sasse, 1998)

B. *Anaerobic Filter*

Kriteria desain untuk *anaerobic filter*

- (a) *Organik loading rate* : 4 – 5 kg
COD/m³.hari
- (b) HRT di tangki septik : 2 jam
- (c) HRT di *anaerobic filter* : 5 – 40 jam
- (d) BOD *removal* : 70 – 90 %
- (e) Rasio SS/COD : 0,35 – 0,45
- (f) Luas spesifik media : 80 – 180 m²/m³
- (g) Massa kosong filter : 30 – 45 %
- (h) *Velocity upflow* : < 2 m/jam
- (i) Rasio COD/BOD : 1,5 – 3,5

(Sumber : Sasse, 1998)

4. Perhitungan dimensi IPAL unit ABR dan AF.
Perhitungan dimensi IPAL unit ABR dan AF berdasarkan sumber Sasse (2009). Contoh *spread sheet* perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.
5. Menggambar *Detail Engineering Design* (DED) tiap unit IPAL berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan program *AutoCAD*
6. Menghitung BOQ (*Bill Of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan gambar DED yang telah dibuat berdasarkan HSPK Kota Surabaya tahun 2016 menggunakan program *Microsoft Excel*.

3.1.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan merupakan ulasan dari data yang telah diolah sebelumnya. Hasil dan pembahasan dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit *Anaerobic Baffled Reactor*

2. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit *Anaerobic Filter*

3.1.6 **Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan tugas akhir ini. Tugas akhir ini juga memaparkan saran mengenai kesalahan dan kendala yang dihadapi agar menjadi masukan untuk perencanaan berikutnya. Kesimpulan dari tugas akhir ini meliputi :

1. Desain rinci unit IPAL dengan proses *Anaerobic Baffled Reactor*
2. Desain rinci unit IPAL dengan proses *Anaerobic Filter*
3. RAB pembangunan untuk masing-masing alternatif IPAL

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Hotel Bintang Lima

Pada umumnya, perhitungan debit dan kualitas air limbah didapatkan dari data primer maupun data sekunder. Penggunaan data primer sangat diperlukan guna menjadi acuan yang sesuai dengan keadaan eksisting yang terjadi di lapangan. Namun pada perencanaan tugas akhir ini perhitungan debit dan kualitas air limbah didapatkan dari data sekunder bersumber dari dinas terkait dan beberapa jurnal ataupun perencanaan terdahulu dengan objek yang sama dalam hal ini adalah hotel berbintang lima. Berdasarkan Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2016), debit air limbah hotel yang dihasilkan oleh hotel bintang lima dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Debit Air Limbah Hotel Bintang Lima

No	Hotel	Debit (m ³ /hari)
1	A	140
2	B	187
3	C	272
4	D	395
	Debit rata-rata	248,5

Menurut Arifin (2000), dalam studinya telah melakukan penelitian terkait pengelolaan limbah hotel berbintang dengan studi kasus beberapa hotel berbintang di Jakarta Selatan. Dari penelitian tersebut didapatkan limbah cair yang dihasilkan hotel bintang lima dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Kualitas Air Limbah Hotel Bintang Lima

No	Hotel	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	Minyak/Lemak (mg/L)
1.	A	172	102,25	175	1,04
2.	B	666	240,31	272	2,34

Berdasarkan Tabel 4.1 dan 4.2 didapatkan nilai rata-rata kualitas air limbah yang dihasilkan adalah sebagai berikut pada Tabel 4.3 :

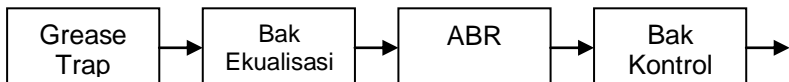
Tabel 4. 3 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah Hotel Bintang Lima

Debit Air Limbah 248,5 m³/hari		
No.	Parameter	Konsentrasi (mg/L)
1.	COD	419,3
2.	BOD	171,28
3.	TSS	223,5
4.	Minyak dan Lemak	1,69

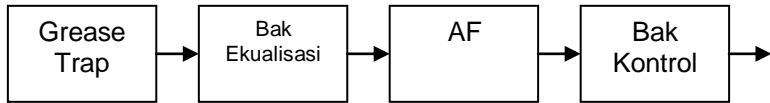
Dari Tabel 4.3, didapatkan rasio COD/BOD adalah sebesar 2,44 dan rasio BOD/COD sebesar 0,4. Berdasarkan Sasse (1998) rasio COD/BOD pada inlet berkisar antara 1,5 – 3,5. Semakin tinggi rasio COD/BOD menunjukkan degradasi secara biologis tidak sempurna, sebaliknya semakin rendah rasio COD/BOD menunjukkan efisiensi pengolahan mendekati 100 persen. Menurut Mangkoedihardjo (2010), rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologis adalah di dalam range biodegradable yaitu 0,2 – 0,5. Dengan begitu berdasarkan rasio COD/BOD maupun BOD/COD air limbah ini dapat diolah secara biologis.

4.2 Perhitungan Detail Engineering Design Unit Pengolahan Air Limbah

Pada perencanaan kali ini, dibuat 2 alternatif untuk mengolah air limbah hotel bintang lima. Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut menunjukkan skema unit pengolahan air limbah :



Gambar 4. 1 Diagram Alir Alternatif 1



Gambar 4. 2 Diagram Alir Alternatif 2

Alternatif tersebut digunakan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan aspek teknis, dimana aspek ekonomi mencakup biaya pembangunan, biaya operasional, biaya perawatan yang rendah serta aspek teknis mencakup teknis pengoperasian dan teknis perawatan yang sederhana. Dengan penggunaan alternatif ini diharapkan effluen air limbah sesuai dengan baku mutu effluen yang tertulis pada Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 dimana parameter yang diperhatikan adalah COD, BOD, TSS serta minyak dan lemak.

4.2.1 Grease Trap

Grease trap digunakan untuk menangkap minyak dan lemak yang terkandung pada air limbah agar tidak masuk ke dalam bangunan pengolahan air limbah. Berikut perencanaan grease trap pada perencanaan ini :

Direncanakan :

Debit rata-rata	=	248,5	m ³ /hari
Minyak	=	1,69	mg/L
Massa jenis minyak	=	0,900	kg/L
Td	=	10	menit

Perhitungan Produksi Grease Trap

Debit rata-rata	=	248,5	m ³ /hari
	=	0,172569	m ³ /menit
Minyak dan Lemak	=	1,69	mg/L
	=	1,69 x 10 ⁻³	kg/m ³
		Konsentrasi minyak (kg/m ³)	
Massa minyak	=	x debit rata-rata (m ³ /hari)	
		1,69 x 10 ⁻³ kg/m ³ x 248,5	
	=	m ³ /hari	
	=	0,419 kg/hari	
		Massa minyak (kg/hari) /	
Volume minyak	=	massa jenis minyak (kg/L)	

$$\begin{aligned}
 &= 0,419 \text{ kg} / 0,900 \text{ kg/L} \\
 &= 0,466 \text{ L/hari} \\
 &= 4,66 \times 10^{-4} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Minyak dan lemak yang terperangkap selanjutnya akan dibuang secara berkala dengan cara manual selama maksimal 3 hari sekali dengan mempertimbangkan ditakutkannya *scum* yang terbentuk akan mengeras sehingga sulit dibuang.

Perencanaan Bangunan Grease Trap

Kedalaman	=	1	M
Panjang	=	Lebar	
Volume grease trap	=	debit air limbah (m^3/menit) x Td (menit)	
	=	$0,1725 \text{ m}^3/\text{menit} \times 10 \text{ menit}$	
	=	$1,726 \text{ m}^3$	
Luas grease trap	=	volume grease trap (m^3) / kedalaman (m)	
	=	$1,7257 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$	
	=	$1,725694 \text{ m}^2$	
$1,725694 \text{ m}^2$	=	panjang (m) x lebar (m)	
$1,725694 \text{ m}^2$	=	panjang ²	
Panjang	=	$\sqrt{\text{luas}}$	
	=	$1,313657$	m
	=	$1,5$	m
Lebar	=	$1,5$	m
Panjang kompartemen 1	=	$1/3$ panjang Grease trap	
	=	$0,5 \text{ m}$	
Panjang Kompartemen 2	=	$2/3$ panjang Grease trap	
	=	1 m	

Perencanaan Pipa Grease Trap

Debit rata-rata	=	$248,5 \text{ m}^3/\text{hari}$
	=	$0,002876 \text{ m}^3/\text{detik}$
Jumlah pipa	=	1 buah

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan} &= 1 \text{ m/detik} \\
\text{Panjang} &= 0,97 \text{ m} \\
\text{Debit per pipa} &= Q / \text{jumlah pipa} \\
&= 0,002876 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ buah} \\
&= 0,002876 \text{ m}^3/\text{detik.pipa} \\
\text{Q per pipa} &= \text{luas (m}^2) \times \text{kecepatan (m/detik)} \\
\text{Luas (m}^2) &= Q \text{ (m}^3/\text{detik)} / \text{kecepatan (m/detik)} \\
&= 0,002876 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
&= 0,002876 \text{ m}^2 \\
\text{Luas (m}^2) &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\
0,002876 \text{ m}^2 &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\
D^2 &= 0,002876 \times 4 / 3,14 \\
&= 0,06053 \text{ m} \\
&= 60,53011 \text{ mm} \\
\text{Pipa pasar} &= 110 \text{ mm} \\
&= 4,330711 \text{ inch} \\
\text{A cek} &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\
\text{A cek} &= 1/4 \times 3,14 \times 0,1^2 \\
&= 0,009499 \text{ m}^2 \\
\text{V cek} &= Q \text{ (m}^3/\text{detik)} / \text{A (m}^2) \\
&= 0,002876 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,009499 \\
&= 0,302801 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

Head Loss

$$\begin{aligned}
\text{Hf mayor} &= \left[\frac{\text{debit (L/detik)}}{0,00155 \times C \times D^{2,65}} \right]^{1,85} \times \text{panjang pipa (m)} \\
&= \left[\frac{2,876 \text{ L/detik}}{0,00155 \times 120 \times 11^{2,65}} \right]^{1,85} \times 0,97 \text{ m} \\
&= 0,001207 \text{ m} \\
\text{hf belokan (2 buah, k=0,9)} &= 2 \times k \times v^2 \text{ (m/detik)} / 2g \\
&= (\text{m/detik}^2) \\
&= 2 \times 0,9 \times 0,302 \text{ m}^2/\text{detik}^2 / 2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \\
&= 0,008412 \text{ m} \\
\text{Hf total} &= \text{Hf Mayor} + \text{Hf belokan} \\
&= 0,001207 \text{ m} + 0,008412 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$= 0,009168 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan dimensi grease trap adalah 1,5m x 1,5m x 1m.

4.2.2 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi digunakan untuk meratakan kualitas maupun kuantitas air limbah yang akan diolah kedalam suatu pengolahan air limbah. Pada perencanaan kali ini perhitungan dimensi ini menggunakan fluktuatif pemompaan, air limbah dimasukkan ke dalam bak ekualisasi selanjutnya dialirkan ke bak ABR dengan menggunakan pompa sesuai dengan Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Fluktuasi Limbah yang Dihasilkan Tiap Jam

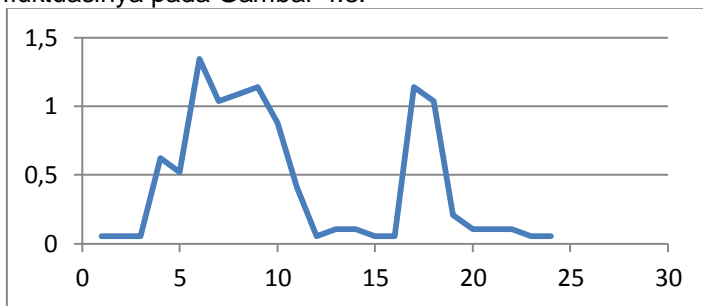
waktu	Q tiap jam (%)	Debit Limbah per Jam	Q pengaliran limbah (%)	Selisih (%)
0-1	0,5	0,051771	0	0,051771
1-2	0,5	0,051771	0	0,051771
2-3	0,5	0,051771	0	0,051771
3-4	6	0,62125	0	0,62125
4-5	5	0,517708	0	0,517708
5-6	13	1,346042	0	1,346042
6-7	10	1,035417	6,25	-5,21458
7-8	10,5	1,087188	6,25	-5,16281
8-9	11	1,138958	6,25	-5,11104
9-10	8,5	0,880104	6,25	-5,3699
10-11	4	0,414167	6,25	-5,83583
11-12	0,5	0,051771	6,25	-6,19823
12-13	1	0,103542	6,25	-6,14646
13-14	1	0,103542	6,25	-6,14646
14-15	0,5	0,051771	6,25	-6,19823

Lanjutan Tabel 4.4

15-16	0,5	0,051771	6,25	-6,19823
16-17	11	1,138958	6,25	-5,11104
17-18	10	1,035417	6,25	-5,21458

18-19	2	0,207083	6,25	-6,04292
19-20	1	0,103542	6,25	-6,14646
20-21	1	0,103542	6,25	-6,14646
21-22	1	0,103542	6,25	-6,14646
22-23	0,5	0,051771	0	0,051771
23-24	0,5	0,051771	0	0,051771
	100	10,35417	100	

Berdasarkan Tabel 4.4 diatas dapat dilihat grafik fluktuasinya pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik Fluktuasi Air Limbah

Dari tabel tersebut diperoleh :

Direncanakan :

Kedalaman = 2 m

Freeboard = 0,3 m

Q ave = 248,5 m³/hari

= 10,35417 m³/jam

V bak ekualisasi = Q desain x (%positif terbesar - %negatif terbesar)

= 248,5 m³/hari x (1,34 - (-6,198))

= 18,74751m³

kedalaman = 2 m

V bak

ekualisasi = A x h

18,74751 = A x 2

A = 9,373757 m²

rasio P:L = 1 : 1

$$\begin{aligned}
L &= \sqrt{\text{luas}} \\
&= 3,061659 \text{ m} \\
&= 3,1 \text{ m} \\
P &= L \\
&= 3,1 \text{ m} \\
fb &= 0,3 \text{ m} \\
\text{kedalaman} & \\
\text{total} &= 2,3 \text{ m} \\
\text{cek td} &= \text{volume bak (m}^3\text{) / debit rata-rata (m}^3\text{/jam)} \\
&= \text{panjang (m) x lebar (m) x kedalaman (m) /} \\
&\quad \text{debit rata-rata (m}^3\text{/jam)} \\
&= 3,1 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 2 \text{ m} / 10,3542 \text{ m}^3\text{/jam} \\
&= 1,856 \text{ jam}
\end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa

Debit yang digunakan adalah 2 kali debit rata-rata, karena akan digunakan 1 kali debit rata-rata untuk sirkulasi ke bak ekualisasi untuk proses pemerataan kuantitas dan kualitas air limbah.

$$\begin{aligned}
\text{Head Statis} &= 2,3 \text{ m} \\
\text{Panjang Pipa} & \\
\text{Discharge} &= 4 \text{ m} \\
\text{Debit Rata-Rata} &= 248,5 \text{ m}^3\text{/hari} \times 2 \\
&= 497 \text{ m}^3\text{/hari} \\
&= 20,708 \text{ m}^3\text{/jam} \\
&= 0,00575 \text{ m}^3\text{/detik} \\
&= 5,75 \text{ L/detik} \\
\text{Jumlah Pipa} &= 1 \text{ buah} \\
\text{Kecepatan} &= 1 \text{ m/detik} \\
\text{Debit Per Pipa} &= Q / \text{jumlah pipa} \\
&= 20,708 \text{ m}^3\text{/jam} / 1 \text{ buah} \\
&= 20,708 \text{ m}^3\text{/jam.pipa} \\
&= 0,005752 \text{ m}^3\text{/detik.pipa} \\
&\quad \text{luas (m}^2\text{) x kecepatan} \\
\text{Q Per Pipa} &= (\text{m/detik}) \\
&\quad Q (\text{m}^3\text{/detik}) / \text{kecepatan} \\
\text{Luas (m}^2\text{)} &= (\text{m/detik}) \\
&= 0,005752 \text{ m}^3\text{/detik} / 1 \text{ m/detik} \\
&= 0,005752 \text{ m}^2 \\
\text{Luas (m}^2\text{)} &= 1/4 \times \square \times D^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D^2 \quad 0,005752 \text{ m}^2 &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\
 &= 0,005752 \times 4 / 3,14 \\
 &= 0,08560 \text{ m} \\
 &= 85,60 \text{ mm} \\
 &= 3,37 \text{ inch} \\
 \text{Pipa Pasar} &= 110 \text{ mm} \\
 &= 4,33 \text{ inch} \\
 \text{Luas (m}^2\text{)} &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 0,11 \text{ m} \\
 &= 0,009949 \text{ m}^2 \\
 \text{V Cek} &= Q \text{ (m}^3\text{/detik)} / A \text{ (m}^2\text{)} \\
 &= 0,005752 \text{ m}^3\text{/detik} / 0,0099 \text{ m}^2 \\
 &= 0,605 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Head Pompa

$$\begin{aligned}
 \text{Hf Discharge} &= \frac{[\text{debit (L/detik)} / (0,00155 \times C \times D \text{ (cm)}^{2,65})]^{1,85} \times \text{panjang pipa (m)}}{[5,752 \text{ L/detik} / (0,00155 \times 120 \times 11^{2,65})]^{1,85} \times 4 \text{ m}} \\
 &= 0,017937 \text{ m} \\
 \text{Hf Velocity} &= v^2 \text{ (m/detik)} / 2g \text{ (m/detik}^2\text{)} \\
 &= 0,605 \text{ (m/detik)}^2 / 2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \\
 &= 0,018693 \text{ m} \\
 \text{Hf Belokan (2 Buah, K=0,9)} &= \frac{2 \times k \times v^2 \text{ (m/detik)} / 2g}{\text{(m/detik}^2\text{)}} \\
 &= \frac{2 \times 0,9 \times 0,605 \text{ m}^2\text{/detik}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\
 &= 0,033647 \text{ m} \\
 \text{Hf Total} &= \text{head statis (m)} + \text{hf discharge (m)} + \text{hf velocity (m)} + \text{hf belokan (m)} \\
 &= 2,3 \text{ m} + 0,0179 \text{ m} + 0,01869 \text{ m} + 0,033647 \text{ m} \\
 &= 2,3702 \text{ m} \\
 \text{Power Pompa} &= g \text{ (m}^2\text{/detik)} \times Q \text{ pompa (m}^3\text{/detik)} \times \text{Hf total (m)} \times \text{densitas (kg/m}^3\text{)} \\
 &= 9,81 \text{ m}^2\text{/detik} \times 0,005752
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{m}^3/\text{detik} \times 2,786 \text{ m} \times 1000 \\
 & \text{kg/m}^3 \\
 & = 132,7431 \text{ watt} \\
 & = 0,132743 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan dimensi bak ekualiasasi yang dibutuhkan adalah 3,1m x 3,1m x 2m, spesifikasi pompa yang dibutuhkan untuk memompa air dari bak ekualisasi menuju unit pengolahan selanjutnya adalah sebagai berikut :

Merek : Grundfos
 Nama Produk : Unilift AP12.40.08.A1
 Debit maksimal : 21 m³/jam
 Head maksimal : 15 m
 Daya : 1,3 kW

4.2.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Karakteristik Air Limbah :

Debit rata-rata = 248,5 m³/hari
 Jam operasional = 24 Jam
 Debit puncak = 10,35417 m³/jam
 COD in = 419,3 mg/L
 BOD in = 171,28 mg/L
 TSS in = 223,5 mg/L
 Temperatur = 28 °C
 Rasio COD/BOD = 2,448038
 Rasio SS/COD = 0,45 (0,35 - 0,45)

Direncanakan :

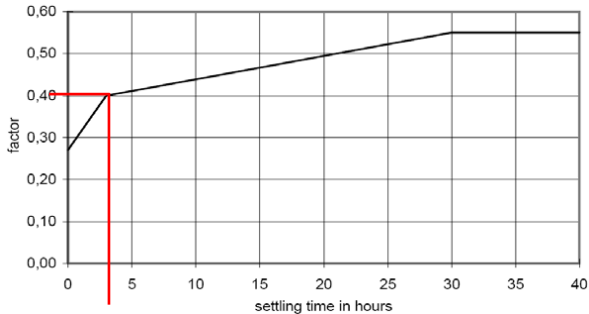
Bak Pengendap

HRT = 3 Jam
 Periode pengurusan = 24 Bulan
 Kedalaman bak = 2,5 m
 Freeboard = 0,3 m
 COD in = 419,3 mg/L
 BOD in = 171,28 mg/L
 TSS in = 223,5 mg/L

Perhitungan Efisiensi Bak Pengendap

1. Menentukan faktor penyisihan COD berdasarkan HRT.

Direncanakan HRT adalah 3 jam, maka berdasarkan Gambar 4.4 didapatkan faktor penyisihan COD adalah 0,4



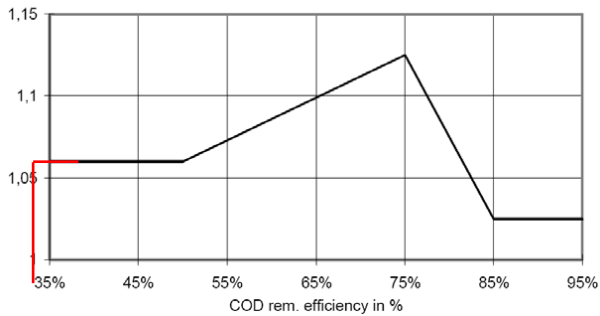
Gambar 4. 4 Faktor HRT Terhadap Penyisihan COD
(Sumber : Sasse, 2009)

2. Menghitung Persentase Penyisihan COD

Persentase penyisihan COD	=	rasio SS/COD / 0,6 x Faktor
	=	COD removal
	=	0,45 / 0,6 x 0,4
	=	30%
3. Menghitung COD effluen

COD effluen	=	COD in x (1 - COD removal rate)
	=	419,3 mg/l x (1 - 30 %)
	=	293,51 mg/L
4. Menentukan rasio efisiensi BOD oleh COD

Berdasarkan Sasse (2009) nilai efisiensi BOD bisa didapatkan dari besarnya efisiensi penyisihan COD. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD
(Sumber : Sasse, 2009)

Berdasarkan Gambar 4.5, faktor efisiensi BOD/COD adalah 1,06. Setelah didapatkan faktor efisiensi BOD/COD ($f_{BOD/COD}$), dapat dihitung persentase penyisihan BOD.

5. Menghitung Persentase Penyisihan BOD

Persentase penyisihan BOD	=	Persentase penyisihan COD x Faktor penyisihan BOD
	=	30% x 1,06
	=	32%

6. Menghitung BODeffluen

BOD effluen	=	BOD in x (1-BOD removal rate)
	=	171,28 mg/L x (1 - 32%)
	=	116,813 mg/L

7. Menghitung TSS effluen

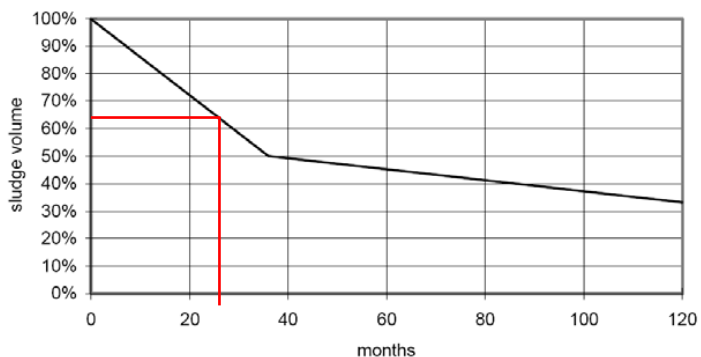
TSS effluen	=	SS/COD x COD out (mg/L)
	=	0,45 x 293,51 mg/L
	=	132,0795 mg/L

8. Menghitung persentase penyisihan TSS

TSS removal rate	=	(TSS out / TSS in) x 100%
	=	(144,078 mg/L / 223,5 mg/L) x 100%
	=	64%

- Menentukan faktor reduksi volum lumpur selama penyendapan

Pada bak pengendap ini akan terjadi pengendapan partikel diskrit yang nantinya akan menjadi lumpur dengan laju akumulasi tertentu. Pada perencanaan ini pengurasan bak pengendap akan dilakukan selama 24 bulan sekali. Berdasarkan Gambar 4.6 persentase reduksi volum lumpur pada periode pengurasan 24 bulan adalah sebesar 66%



Gambar 4. 6 Kurva Hubungan Laju Akumulasi lumpur dengan Periode Pengurasan

(Sumber : Sasse, 2009)

Perhitungan Volume Bak Pengendap

- Menghitung volume lumpur per BOD yang tersisihkan

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur per BOD tersisih} &= 0,005 \times \text{faktor reduksi lumpur} \\ &= 0,005 \times 66\% \\ &= 0,00332 \text{ L/g} \\ &= \text{BODremoved} \end{aligned}$$
- Menghitung BOD tersisihkan

$$\begin{aligned} \text{BOD tersisihkan} &= \text{BOD in} - \text{BOD out} \\ &= 171,28 \text{ mg/L} - 116,813 \\ &= \text{mg/L} \\ &= 54,46704 \text{ mg/L} \end{aligned}$$
- Menghitung volume lumpur berdasarkan reduksi BOD

$$\text{Volume lumpur hasil} = \text{volume lumpur per BOD}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD tersisihkan} &= \frac{\text{removal (L/g BODremoved)} \times \text{BOD removed (mg/L)}}{\text{L/m}^3} \\ &= \frac{0,00332 \text{ L/g} \times 54,467 \text{ mg/L}}{1000} \\ &= 0,000181 \text{ m}^3/\text{m}^3 \end{aligned}$$

4. Menghitung volume lumpur

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{volume lumpur hasil BOD removed (m}^3/\text{m}^3)}{\text{periode pengurusan (bulan)} \times 30 \text{ hari/bulan} \times \text{debit rata-rata (m}^3/\text{hari)}} \\ &= \frac{0,000214 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 24}{\text{bulan} \times 30 \text{ hari/bulan} \times 248,5 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 32,3542 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume lumpur yang terbentuk pada bak pengendap akan dibersihkan dengan bantuan jasa sedot WC dan disisakan sedikit lumpur pada bak pengendap agar mikroorganismenya pada bak pengendap tetap pada keadaan *steady state* dimana tidak memerlukan proses adaptasi mikroorganismenya kembali pada bak pengendap.

5. Menghitung volume air

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{HRT (jam)} \times \text{debit puncak (m}^3/\text{jam)} \\ &= 3 \text{ jam} \times 10,35 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 31,0625 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6. Menghitung luas permukaan

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan bak} &= \frac{(\text{volum air} + \text{volume lumpur}) \text{ (m}^3\text{)}}{\text{kedalaman (m)}} \\ &= \frac{32,354 \text{ m}^3 + 31,0625 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m}} \\ &= 25,36668 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

7. Menghitung volume freeboard

$$\begin{aligned} \text{Volume Freeboard} &= \text{Luas permukaan} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 25,36 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \\ &= 7,61 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

8. Menghitung total volume bak pengendap

$$\begin{aligned} \text{Total Volume Bak Pengendap} &= \text{Volume lumpur (m}^3\text{)} + \\ &= \text{Volume Air (m}^3\text{)} + \\ &= \text{Volume Freeboard (m}^3\text{)} \\ &= 31,062 \text{ m}^3 + 32,354 \text{ m}^3 \\ &= + 7,61 \text{ m}^3 \\ &= 71,026 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

9. Menentukan Panjang Bak Pengendap

Direncanakan kedalaman bek pengendap adalah 2,5 m dan rasio panjang : lebar adalah 4 : 3 maka dapat ditentukan panjang dan lebar dari ruang bak pengendap sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ 25,36668 \text{ m}^2 &= 4/3L \times L \\ 4/3L^2 &= 25,36668 \text{ m}^2 \\ \text{Lebar} &= 4,361767 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 4/3 \times \text{Lebar} \\ &= 4/3 \times 6 \text{ m} \\ &= 6 \text{ m} \end{aligned}$$

10. Cek luas permukaan bak

$$\begin{aligned} \text{Cek Luas Permukaan} &= \text{lebar (m)} \times \text{panjang (m)} \\ &= 4,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\ &= 27 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

11. Cek volume bak

$$\begin{aligned} \text{Cek Volume Bak} &= \text{Luas permukaan (m}^2\text{)} \times (\text{kedalaman (m)} + \text{freeboard (m)}) \\ &= 48 \text{ m}^2 \times 2,8 \text{ m} \\ &= 75,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

12. Cek Vs (kecepatan pengendapan)

$$\begin{aligned} V_h &= Q \text{ (m}^3\text{/hari)} / A \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 248,5 \text{ m}^3\text{/hari} / 29,25 \text{ m}^2 \\ &= 0,0001065 \text{ m/detik} \\ \text{Nre} &= (V_h \times R)/\nu \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,0001065 \times 1,184 / \\
&= 0,8394 \times 10^{-6} \\
&= 150,24 \\
\text{Cd (koefisien drag)} &= 18,5 / \text{Nre}^{0,6} \\
&= 18,5 / 150,24^{0,6} \\
&= 0,915
\end{aligned}$$

Dengan suhu 28°C, ρ air = 996,26 kg/m³, ρ lumpur diasumsikan = 1,024 kg/m³

$$\begin{aligned}
\text{Vs} &= \frac{(4g \times (\rho_s - \rho/p) \times d /}{3\text{Cd})^{0,5}} \\
&= 0,4 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

Dengan nilai Vs (kecepatan mengendap) lebih tinggi daripada Vh (kecepatan aliran) maka lumpur yang mengendap tidak akan terangkat kembali atau mengapung kembali.

Anaerobic Baffled Reactor

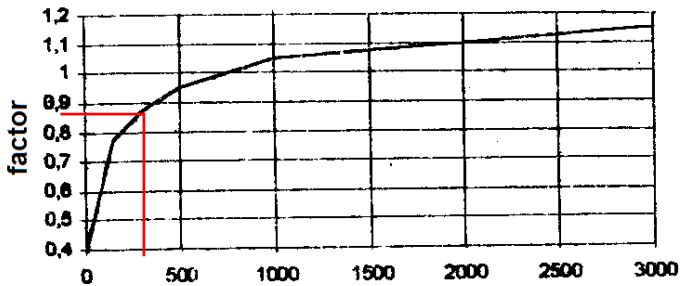
Diketahui :

HRT rencana	= 12 jam (12 - 14 jam)
Debit puncak	= 10,35417 m ³ /jam
Kedalaman bak	= 2,5 m
Lebar bak	= Lebar bak pengendap
	= 4,5 m
Jumlah kompartemen	= 7 buah
Olr	< 3 kg COD/m ³ .hari
Up flow velocity	< 2 m/jam
Temperatur	= 28 °c
COD in	= 293,51 mg/L
BOD in	= 116,813 mg/L
TSS in	= 132,0795 mg/L
Rasio COD/BOD	= 2,512649
Rasio SS/COD	= 0,45 (0,35 - 0,45)

Perhitungan Efisiensi Anaerobic Baffled Reactor

1. Faktor Efisiensi ABR Berdasarkan Konsentrasi COD

Faktor efisiensi ini didapatkan erdasarkan konsentrasi COD yang masuk ke dalam ABR. Pada perencanaan ini konsentrasi COD yang masuk ada sebesar 293,51 mg/L, maka besaran faktornya dapat dilihat pada Gambar 4.7 sebagai berikut :

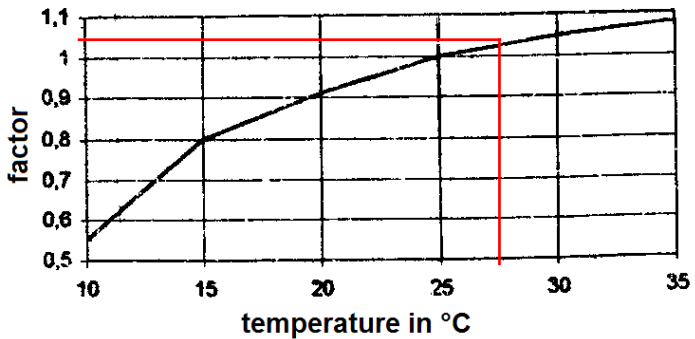


Gambar 4. 7 Faktor Pengaruh Konsentrasi COD pada Penyisihan COD
(Sumber: Sasse, 2009)

Dari Gambar 4.7 grafik menunjukkan bahwa besaran faktor konsentrasi COD terhadap penyisihan COD adalah sebesar **0,895**.

2. Faktor Efisiensi ABR Berdasarkan Temperatur Air Limbah

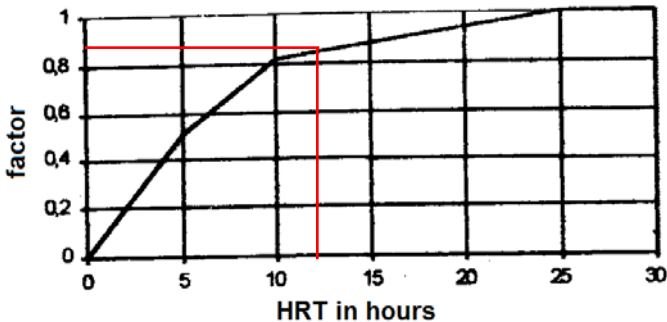
Faktor ini didapatkan berdasarkan temperatur air limbah yang masuk ke dalam bangunan ABR. Pada studi kasus ini temperatur air pada lingkungan yaitu 28 °C. Dengan temperatur tersebut maka didapatkan faktor temperatur sebesar **1,04** sesuai dengan Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Faktor Pengaruh Temperatur terhadap Penyisihan COD
(Sumber: Sasse, 2009)

3. Faktor Efisiensi ABR Berdasarkan HRT

Sesuai dengan perhitungan sebelumnya bahwa waktu tinggal air limbah dalam ABR ini adalah selama 12 jam. Dari angka tersebut didapatkan nilai faktornya (f_{HRT}) adalah **84,6%**



Gambar 4. 9 Faktor Pengaruh HRT Terhadap Penyisihan COD

(Sumber: Sasse, 2009)

4. Faktor Efisiensi ABR Berdasarkan Jumlah Kompartemen

Jumlah kompartemen berpengaruh terhadap efisiensi pengolahan air limbah pada ABR, perhitungan faktor kompartemen berdasarkan Sasse (2009) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{\text{kompartemen}} &= \text{Jumlah kompartemen} \times 0,04 + 0,82 \\
 &= 7 \times 0,04 + 0,82 \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

5. Persentase Penyisihan COD Berdasarkan Keseluruhan Faktor

Setelah didapatkan seluruh faktor, maka dapat dihitung persentase penyisihan COD pada ABR

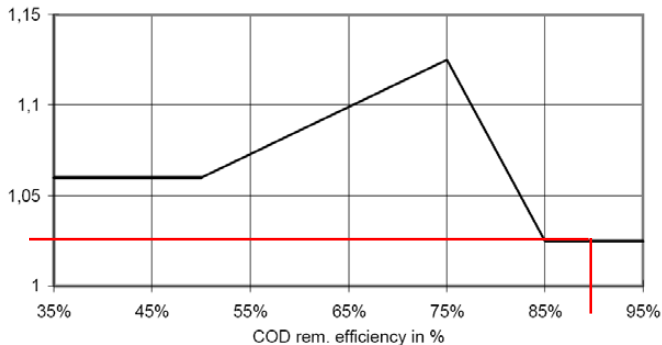
$$\begin{aligned}
 \text{Penyisihan COD} &= F_{\text{strength}} \times F_{\text{Temp}} \times F_{\text{HRT}} \times F_{\text{kompartemen}} \\
 &= 0,895 \times 1,048 \times 0,846 \times 1,1 \\
 &= 87\%
 \end{aligned}$$

6. Menghitung COD effluen

$$\begin{aligned}
 \text{COD Effluen} &= (1 - \% \text{penyisihan COD}) \times \text{COD in} \\
 &= (1 - 87\%) \times 293,51 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$= 37,33 \text{ mg/L}$$

7. Menentukan rasio efisiensi BOD oleh COD
 Berdasarkan Sasse (2009) nilai efisiensi BOD bisa didapatkan dari besarnya efisiensi penyisihan COD. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD
 (Sumber : Sasse, 2009)

Berdasarkan Gambar 4.10, faktor efisiensi BOD/COD adalah 1,025. Setelah didapatkan faktor efisiensi BOD/COD ($f_{\text{BOD/COD}}$), dapat dihitung persentase penyisihan BOD.

8. Menghitung Persentase Penyisihan BOD
 Penyisihan BOD = Penyisihan COD x faktor penyisihan COD/BOD
 $= 87\% \times 1,025$
 $= 89\%$
9. Menghitung BODeffluen
 BOD Effluen = $(1 - \text{Penyisihan BOD}) \times \text{BOD in}$
 $= (1 - 89\%) \times 116,813 \text{ mg/L}$
 $= 12,307 \text{ mg/L}$
10. Menghitung TSS effluen
 TSS Effluen = $\text{SS/COD} \times \text{COD effluen}$
 $= 0,45 \times 37,33 \text{ mg/L}$
 $= 16,7985 \text{ mg/L}$
11. Menghitung penyisihan TSS
 Penyisihan = $(\text{TSS effluen} / \text{TSS influen}) \times$

- TSS = 100%
= 16,798 mg/L / 132,08 mg/L
= 13%
12. Menghitung penyisihan COD total
Penyisihan COD Total = $[1 - (\text{COD out (mg/L)} / \text{COD in (mg/L)})] \times 100\%$
= $[1 - (37,33 \text{ mg/L} / 419,3 \text{ mg/L})] \times 100\%$
= 91%
13. Menghitung penyisihan BOD total
Penyisihan BOD Total = $[1 - (\text{BOD out (mg/L)} / \text{BOD in (mg/L)})] \times 100\%$
= $[1 - (12,307 \text{ mg/L} / 171,28 \text{ mg/L})] \times 100\%$
= 93%
14. Menghitung penyisihan TSS total
Penyisihan TSS Total = $[1 - (\text{TSS out (mg/L)} / \text{TSS in (mg/L)})] \times 100\%$
= $[1 - (16,798 \text{ mg/L} / 223,5 \text{ mg/L})] \times 100\%$
= 92%
15. Menghitung produksi gas
Produksi Gas Total = $(\text{COD in (mg/L)} - \text{COD out (mg/L)}) \times \text{debit rata-rata (m}^3/\text{hari)} \times 0,35 \times 50\% / 1000 \times 70\%$
= $(419,3 \text{ mg/L} - 37,33 \text{ mg/L}) \times 248,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 \times 50\% / 1000 \times 70\%$
= 23,72989 m³/jam

Pada perencanaan ini, gas yang dihasilkan akan dilepas ke atmosfer langsung melalui pipa vent dengan ketinggian dari pipa vent tidak sejajar dengan tinggi manusia dewasa pada umumnya. Ketinggian pipa vent bisa setinggi betis kaki orang dewasa atau bisa melebihi tinggi rata-rata orang dewasa. Hal ini bertujuan agar gas yang dilepas ke udara atmosfer tidak langsung terhirup. Pada perencanaan ini

ketinggian pipa vent adalah 10 cm diatas permukaan bak.

Perhitungan Volume ABR

16. Menghitung Panjang Kompartemen ABR
- $$\begin{aligned} \text{Volume total ABR (m}^3\text{) / debit} \\ \text{rata-rata (m}^3\text{/hari)} \\ \text{HRT} &= \\ 12 \text{ Jam} &= [\text{panjang (m) x lebar (m) x} \\ &\text{kedalaman (m)}] \times \text{jumlah} \\ &\text{kompartemen / debit rata-rata} \\ &\text{(m}^3\text{/hari)} \\ 12 \text{ jam} &= \text{panjang (m) x 4,5 m x 2,5 m x} \\ &7 / 248,5 \text{ m}^3\text{/hari} \\ 124,25 \text{ m}^3 &= \text{panjang (m) x 4,5 m x 2,5 m x} \\ &7 \\ \text{panjang} \\ \text{kompartemen} &= 134,604 \text{ m}^3 / 78,75 \text{ m}^2 \\ &= 1,577778 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$
17. Menghitung volume total ABR
- $$\begin{aligned} \text{panjang (m) x lebar (m) x} \\ \text{kedalaman (m) x jumlah} \\ \text{Volume total} &= \text{kompartemen} \\ \text{ABR} &= 1,5 \text{ m x 4,5 m x 2,5 m x 7} \\ &= 118,125 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
18. Cek OLR
- $$\begin{aligned} \text{debit rata-rata (m}^3\text{/hari) x} \\ \text{CODin (mg/L) / volume total} \\ \text{Cek OLR} &= \text{ABR (m}^3\text{) x 1000} \\ &= 248,5 \text{ m}^3\text{/hari x 413,9 mg/L /} \\ &= 118,125 \text{ m}^3 \times 1000 \\ &= 0,882083 \text{ kg COD/m}^3\text{.hari} \\ &\text{(memenuhi } < 3 \text{ kg} \\ &\text{COD/m}^3\text{.hari)} \end{aligned}$$
19. Cek Vup flow
- $$\begin{aligned} \text{debit puncak (m/jam) / luas} \\ \text{permukaan kompartemen} \\ \text{Cek Vup} &= \text{(m}^2\text{)} \\ &= 10,35 \text{ m/jam / (4,5 m x 1,5 m)} \end{aligned}$$

$$= 1,533951 \text{ m/jam}$$

(memenuhi < 2 m/jam)

20. Perhitungan *Head Loss*

Headloss Mayor

$$H_f \text{ (m)} = \frac{\{Q \times n / [(b \times h) / (b + 2 \times h)]\}^2 / 3 \times b \times h^2 \times L}{}$$

$$\text{bak pengendap} = 4,50743 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$H_f \text{ (m)} = \frac{\{Q \times n / [(b \times h) / (b + 2 \times h)]\}^2 / 3 \times b \times h^2 \times L}{}$$

$$\text{Kompartemen} = 1,12686 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Jumlah

$$\text{kompartemen} = 7 \text{ buah}$$

H_f kompartemen

$$\text{total} = 7,888 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$\text{headloss mayor} = (Q/0,2783 \times C \times D^{2,63})^{1,85} \times$$

$$\text{pipa} = L$$

$$= 0,000121079 \text{ m}$$

Jumlah pipa tiap kompartemen 7, dengan 7 kompartemen

$$H_f \text{ mayor total pipa} = 0,005932864 \text{ m}$$

Headloss Minor

$$\text{headloss minor pipa} = \frac{\text{jumlah aksesoris pipa} \times k \times v^2}{2g}$$

Aksesoris bend 90° 2 buah tiap sambungan pipa kompartemen, $k = 0,5$.

$$= 9,53718 \times 10^{-05} \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor pipa} = 0,00467322 \text{ m}$$

Headloss Total

$$H_f \text{ total ABR} = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

$$= 0,010606084 \text{ m}$$

4.2.4 **Anaerobic Filter**

Karakteristik Air Limbah :

$$\text{Debit rata-rata} = 248,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Jam operasional} = 24 \text{ Jam}$$

Debit puncak = 10,35417 m³/jam
 COD in = 419,3 mg/L
 BOD in = 171,28 mg/L
 TSS in = 223,5 mg/L
 Temperatur = 28 °C
 Rasio COD/BOD = 2,448038
 Rasio SS/COD = 0,45 (0,35 - 0,45)

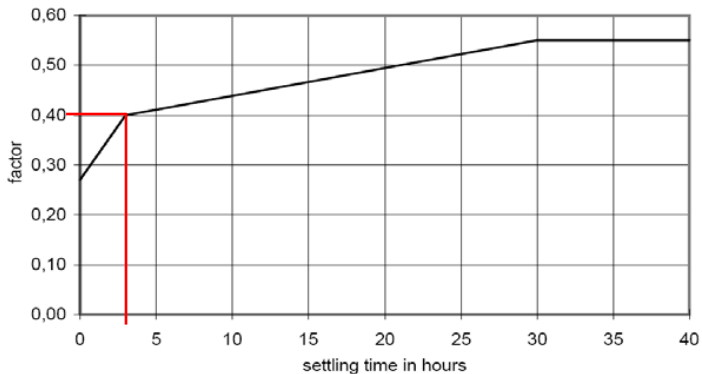
Direncanakan :

Bak Pengendap

HRT = 3 Jam
 Periode pengurusan = 24 Bulan
 Kedalaman bak = 2,5 m
 Freeboard = 0,3 m
 COD in = 419,3 mg/L
 BOD in = 171,28 mg/L
 TSS in = 223,5 mg/L

Perhitungan Efisiensi Bak Pengendap

- Menentukan faktor penyisihan COD berdasarkan HRT.
 Direncanakan HRT adalah 3 jam, maka berdasarkan Gambar 4.11 didapatkan faktor penyisihan COD adalah 0,4



Gambar 4. 11 Faktor HRT Terhadap Penyisihan COD

(Sumber : Sasse, 2009)

- Menghitung Persentase Penyisihan COD
 Persentase = rasio SS/COD / 0,6 x Faktor

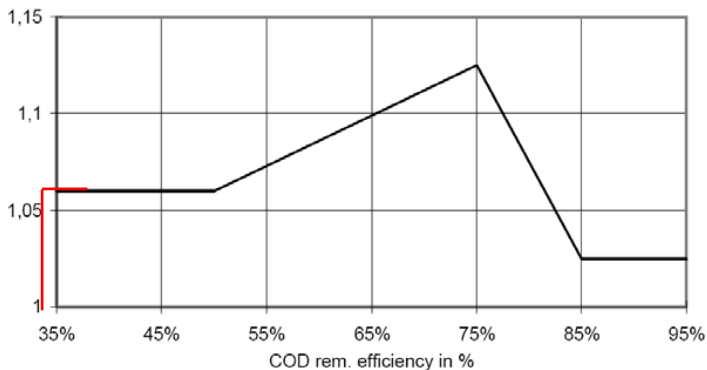
$$\begin{aligned}
 \text{penyisihan COD} &= \text{COD removal} \\
 &= 0,45 / 0,6 \times 0,4 \\
 &= 30\%
 \end{aligned}$$

3. Menghitung COD effluen

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluen} &= \text{COD in x (1- COD removal rate)} \\
 &= 419,3 \text{ mg/l x (1 - 30 \%)} \\
 &= 293,51 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan rasio efisiensi BOD oleh COD

Berdasarkan Sasse (2009) nilai efisiensi BOD bisa didapatkan dari besarnya efisiensi penyisihan COD. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD
(Sumber : Sasse, 2009)

Berdasarkan Gambar 4.12, faktor efisiensi BOD/COD adalah 1,06. Setelah didapatkan faktor efisiensi BOD/COD ($f_{\text{BOD/COD}}$), dapat dihitung persentase penyisihan BOD.

5. Menghitung Persentase Penyisihan BOD

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase penyisihan BOD} &= \text{Persentase penyisihan COD x Faktor penyisihan BOD} \\
 &= 30\% \times 1,06 \\
 &= 32\%
 \end{aligned}$$

6. Menghitung BODeffluen

$$\begin{aligned} \text{BOD effluen} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal rate}) \\ &= 171,28 \text{ mg/L} \times (1 - 32\%) \\ &= 116,813 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

7. Menghitung TSS effluen

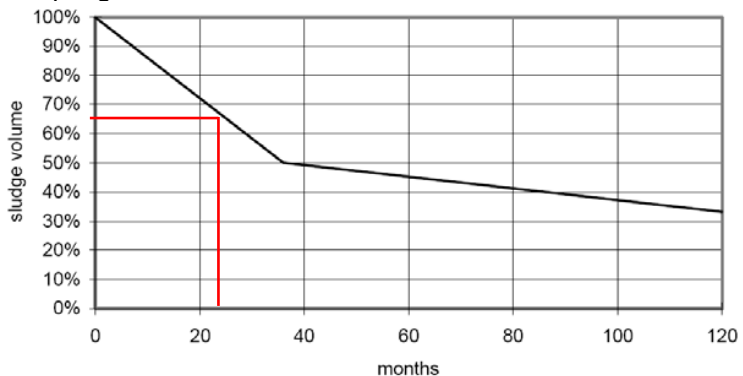
$$\begin{aligned} \text{TSS effluen} &= \text{SS/COD} \times \text{COD out (mg/L)} \\ &= 0,45 \times 293,51 \text{ mg/L} \\ &= 132,0795 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

8. Menghitung persentase penyisihan TSS

$$\begin{aligned} \text{TSS removal rate} &= (\text{TSS out} / \text{TSS in}) \times 100\% \\ &= (144,078 \text{ mg/L} / 223,5 \text{ mg/L}) \times 100\% \\ &= 64\% \end{aligned}$$

9. Menentukan faktor reduksi volum lumpur selama penyendapan

Pada bak pengendap ini akan terjadi pengendapan partikel diskrit yang nantinya akan menjadi lumpur dengan laju akumulasi tertentu. Pada perencanaan ini pengurasan bak pengendap akan dilakukan selama 24 bulan sekali. Berdasarkan Gambar 4.13 persentase reduksi volum lumpur pada periode pengurasan 24 bulan adalah sebesar 66%



Gambar 4. 13 Kurva Hubungan Laju Akumulasi lumpur dengan Periode Pengurasan

(Sumber : Sasse, 2009)

Perhitungan Volume Bak Pengendap

1. Menghitung volume lumpur per BOD yang tersisihkan

$$\begin{aligned} & 0,005 \times \text{faktor reduksi} \\ \text{Volume lumpur per} & = \text{lumpur} \\ \text{BOD tersisih} & = 0,005 \times 66\% \\ & = 0,00332 \text{ L/g} \\ & = \text{BODremoved} \end{aligned}$$

2. Menghitung BOD tersisihkan

$$\begin{aligned} \text{BOD tersisihkan} & = \text{BOD in} - \text{BOD out} \\ & = 171,28 \text{ mg/L} - 116,813 \\ & = \text{mg/L} \\ & = 54,46704 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3. Menghitung volume lumpur berdasarkan reduksi BOD volume lumpur per BOD

$$\begin{aligned} & \text{removal (L/g} \\ & \text{BODremoved) x BOD} \\ \text{Volume lumpur hasil} & \text{removed (mg/L) / 1000} \\ \text{BOD tersisihkan} & = \frac{\text{L}}{\text{m}^3} \\ & = 0,00332 \text{ L/g} \\ & \text{BODremoved x 54,467} \\ & = \text{mg/L} \\ & = 0,000181 \text{ m}^3/\text{m}^3 \end{aligned}$$

4. Menghitung volume lumpur

$$\begin{aligned} & \text{volume lumpur hasil BOD} \\ & \text{removed (m}^3/\text{m}^3) \times \\ \text{Volume lumpur} & = \text{periode pengurusan} \\ & \text{(bulan) x 30 hari/bulan x} \\ & \text{debit rata-rata (m}^3/\text{hari)} \\ & = 0,000214 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 24 \\ & = \text{bulan x 30 hari/bulan x} \\ & = 248,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ & = 32,3542 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume lumpur yang terbentuk pada bak pengendap akan dibersihkan dengan bantuan jasa sedot WC dan disisakan sedikit lumpur pada bak pengendap agar mikroorganismenya pada bak pengendap tetap pada keadaan *steady state* dimana tidak memerlukan proses adaptasi mikroorganismenya kembali pada bak pengendap.

5. Menghitung volume air
- $$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{HRT (jam)} \times \text{debit puncak (m}^3/\text{jam)} \\ &= 3 \text{ jam} \times 10,35 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 31,0625 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
6. Menghitung luas permukaan
- $$\begin{aligned} \text{Luas permukaan bak} &= \frac{(\text{volum air} + \text{volume lumpur}) (\text{m}^3) / \text{kedalaman (m)}}{(\text{m})} \\ &= \frac{32,354 \text{ m}^3 + 31,0625 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m}} \\ &= 25,36668 \text{ m}^2 \end{aligned}$$
7. Menghitung volume freeboard
- $$\begin{aligned} \text{Volume Freeboard} &= \text{Luas permukaan} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 25,36 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \\ &= 7,61 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
8. Menghitung total volume bak pengendap
- $$\begin{aligned} \text{Total Volume Bak Pengendap} &= \text{Volume lumpur (m}^3) + \text{Volume Air (m}^3) + \text{Volume Freeboard (m}^3) \\ &= 31,062 \text{ m}^3 + 32,354 \text{ m}^3 + 7,61 \text{ m}^3 \\ &= 71,026 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
9. Menentukan Panjang Bak Pengendap
- Direncanakan kedalaman bek pengendap adalah 2,5 m dan rasio panjang : lebar adalah 4 : 3 maka dapat ditentukan panjang dan lebar dari ruang bak pengendap sebagai berikut :
- $$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ 25,36668 \text{ m}^2 &= 4/3L \times L \\ 4/3L^2 &= 25,36668 \text{ m}^2 \\ \text{Lebar} &= 4,361767 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 4/3 \times \text{Lebar} \\ &= 4/3 \times 6 \text{ M} \\ &= 6 \text{ m} \end{aligned}$$
10. Cek luas permukaan bak
- $$\text{Cek luas permukaan} = \text{lebar (m)} \times \text{panjang (m)}$$

$$\begin{aligned}
&= 4,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\
&= 27 \text{ m}^3 \\
11. \text{ Cek volume bak} & \quad \text{Luas permukaan (m}^2\text{) x} \\
& \quad \text{(kedalaman (m) +} \\
\text{Cek volume bak} &= \text{freeboard (m))} \\
&= 48 \text{ m}^2 \times 2,8 \text{ m} \\
&= 75,6 \text{ m}^3 \\
12. \text{ Cek } V_s \text{ (kecepatan pengendapan)} \\
V_h &= Q \text{ (m}^3\text{/hari) / A (m}^2\text{)} \\
&= 248,5 \text{ m}^3\text{/hari / 29,25 m}^2 \\
&= 0,0001065 \text{ m/detik} \\
N_{re} &= (V_h \times R) / \nu \\
&= 0,0001065 \times 1,184 / \\
&= 0,8394 \times 10^{-6} \\
&= 150,24 \\
C_d \text{ (koefisien drag)} &= 18,5 / N_{re}^{0,6} \\
&= 18,5 / 150,24^{0,6} \\
&= 0,915
\end{aligned}$$

Dengan suhu 28°C, ρ air = 996,26 kg/m³, ρ lumpur diasumsikan = 1,024 kg/m³

$$\begin{aligned}
V_s &= \frac{(4g \times (\rho_s - \rho) / \rho) \times d}{3C_d}^{0,5} \\
&= 0,4 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

Dengan nilai V_s (kecepatan mengendap) lebih tinggi daripada V_h (kecepatan aliran) maka lumpur yang mengendap tidak akan terangkat kembali atau mengapung kembali.

Anaerobic Filter

Karakteristik air limbah :

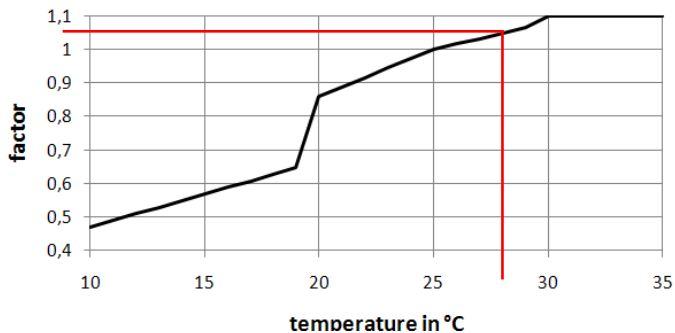
$$\begin{aligned}
\text{HRT rencana} &= 18 \text{ Jam (0,7 - 1,5 hari)} \\
\text{Debit puncak} &= 10,35417 \text{ m}^3\text{/jam} \\
\text{Kedalaman bak} &= 2,5 \text{ m} \\
\text{Lebar bak} &= \text{lebar bak pengendap} \\
&= 4,5 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Freeboard bawah} & \\
\text{media} &= 0,6 \text{ m}
\end{aligned}$$

- Freeboard atas media = 0,4 m
- Ketinggian plat filter = 0,05 m
- Jumlah kompartemen = 8 buah
- Olr < 4 kg COD/m³.hari
- Temperatur = 28 °C
- Media filter = Sarang Tawon
- 200 m²/m³ (150 - 220)
- Luas spesifik = m²/m³)
- Porositas = 98%
- Up flow velocity < 2 m/jam
- COD in = 293,51 mg/L
- BOD in = 116,813 mg/L
- TSS in = 132,0795 mg/L
- Rasio COD/BOD = 2,512649
- Rasio SS/COD = 0,45 (0,35 - 0,45)

1. Faktor Efisiensi AF Berdasarkan Temperatur Air Limbah

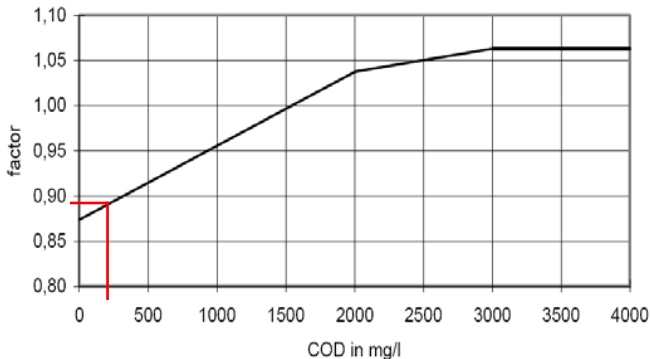
Faktor ini didapatkan berdasarkan temperatur air limbah yang masuk ke dalam bangunan AF. Pada studi kasus ini temperatur air pada lingkungan yaitu 28 °C. Dengan temperatur tersebut maka didapatkan faktor temperatur sebesar 1,048 sesuai dengan Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Faktor Pengaruh Temperatur terhadap Penyisihan COD

(Sumber: Sasse, 2009)

2. Faktor Efisiensi AF Berdasarkan Konsentrasi COD
 Faktor efisiensi ini didapatkan berdasarkan konsentrasi COD yang masuk ke dalam AF. Pada perencanaan ini konsentrasi COD yang masuk ada sebesar 293,51 mg/L, maka besaran faktornya dapat dilihat pada Gambar 4.15 sebagai berikut :



Gambar 4. 15 Faktor Pengaruh Konsentrasi COD pada Penyisihan COD
 (Sumber: Sasse, 2009)

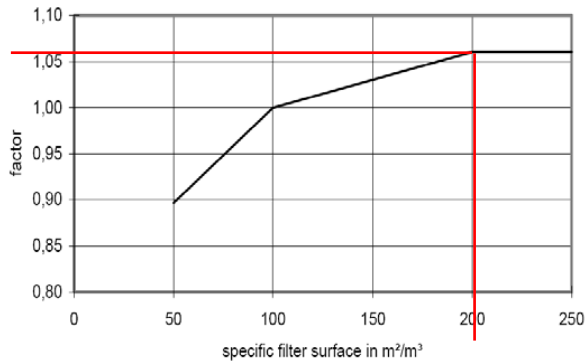
Dari Gambar 4.15 grafik menunjukkan bahwa besaran faktor konsentrasi COD terhadap penyisihan COD adalah sebesar **0,895**.

3. Faktor Efisiensi AF berdasarkan Luas Spesifik Media Filter

Media akan digunakan sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme yang berperan mengurai air limbah. Pada interval waktu tertentu perlu dilakukan pembersihan pada media agar menghindari terjadinya *clogging* akibat penumpukan lumpur yang dihasilkan mikroorganisme.

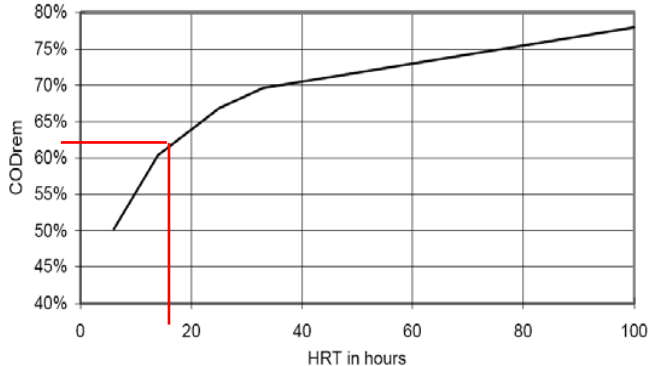
$$\text{Luas Media Spesifik} = 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Berdasarkan Gambar 4.16 diperoleh faktor luas spesifik media filter adalah **1,06**.



Gambar 4. 16 Faktor Pengaruh Luas Spesifik terhadap Penyisihan COD
(Sumber: Sasse, 2009)

- Faktor Efisiensi AF Berdasarkan HRT
Pada perencanaan ini, HRT pada tangki anaerobic filter ditentukan selama 18 jam, maka sesuai Gambar 4.17 nilai faktor efisiensi AF berdasarkan HRT (f_{HRT}) adalah 63,5%



Gambar 4. 17 Faktor Pengaruh HRT terhadap Penyisihan COD

- Faktor Efisiensi AF Berdasarkan Jumlah Kompartemen

Jumlah kompartemen berpengaruh terhadap efisiensi pengolahan air limbah pada AF, perhitungan faktor kompartemen berdasarkan Sasse (2009) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{\text{kompartemen}} &= \text{Jumlah kompartemen} \times 0,04 + 0,82 \\
 &= 8 \times 0,04 + 1 \\
 &= 1,32
 \end{aligned}$$

6. Persentase Penyisihan COD Berdasarkan Keseluruhan Faktor

Setelah didapatkan seluruh faktor, maka dapat dihitung persentase penyisihan COD pada AF

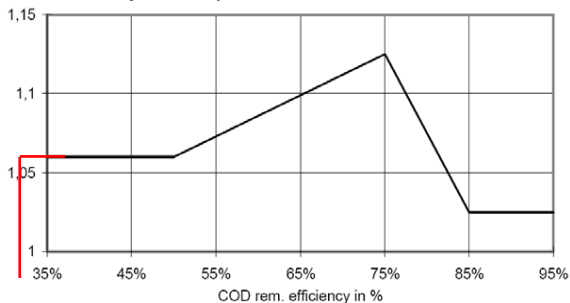
$$\begin{aligned}
 \text{Penyisihan COD} &= F_{\text{Temp}} \times F_{\text{strength}} \times F_{\text{Surface}} \times F_{\text{HRT}} \times F_{\text{kompartemen}} \\
 &= 1,048 \times 0,895 \times 1,06 \times 63,5\% \times 1,32 \\
 &= 83\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluen} &= (1 - \% \text{penyisihan COD}) \times \text{COD in} \\
 &= (1 - 83\%) \times 293,51 \text{ mg/L} \\
 &= 48,921 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

7. Menghitung CODEffluen

8. Menentukan rasio efisiensi BOD oleh COD

Berdasarkan Sasse (2009) nilai efisiensi BOD bisa didapatkan dari besarnya efisiensi penyisihan COD. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Hubungan Efisiensi Penyisihan COD Terhadap Efisiensi Penyisihan BOD
(Sumber : Sasse, 2009)

Berdasarkan Gambar 4.18, faktor efisiensi BOD/COD adalah 1,04. Setelah didapatkan faktor efisiensi BOD/COD ($f_{\text{BOD/COD}}$), dapat dihitung persentase penyisihan BOD.

9. Menghitung Persentase Penyisihan BOD

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan BOD} &= \text{Penyisihan COD} \times \text{faktor penyisihan COD/BOD} \\ &= 83\% \times 1,004 \\ &= 87\% \end{aligned}$$
10. Menghitung BOD effluen

$$\begin{aligned} \text{BOD effluen} &= (1 - \text{Penyisihan BOD}) \times \text{BOD in} \\ &= (1 - 87\%) \times 116,813 \text{ mg/L} \\ &= 15,413 \text{ mg/L} \end{aligned}$$
11. Menghitung TSS effluen

$$\begin{aligned} \text{TSS effluen} &= \text{SS/COD} \times \text{COD effluen} \\ &= 0,45 \times 48,9217 \text{ mg/L} \\ &= 22,014 \text{ mg/L} \end{aligned}$$
12. Menghitung Penyisihan TSS

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan TSS} &= (\text{TSS effluen} / \text{TSS in}) \times 100\% \\ &= (22,0148 \text{ mg/L} / 132,08 \text{ mg/L}) \\ &\quad \times 100\% \\ &= 17\% \end{aligned}$$
13. Menghitung Penyisihan COD Total

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan COD Total} &= [1 - (\text{COD out (mg/L)} / \text{COD in (mg/L)})] \times 100\% \\ &= [1 - (45,30 \text{ mg/L} / 419,3 \text{ mg/L})] \\ &\quad \times 100\% \\ &= 88\% \end{aligned}$$
14. Menghitung Penyisihan BOD Total

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan BOD Total} &= [1 - (\text{BOD out (mg/L)} / \text{BOD in (mg/L)})] \times 100\% \\ &= [1 - (14,1083 \text{ mg/L} / 171,28 \text{ mg/L})] \times 100\% \\ &= 91\% \end{aligned}$$
15. Menghitung Penyisihan TSS Total

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan TSS Total} &= [1 - (\text{TSS out (mg/L)} / \text{TSS in (mg/L)})] \times 100\% \\ &= [1 - (24,1516 \text{ mg/L} / 223,5 \text{ mg/L})] \times 100\% \end{aligned}$$

$$= \text{mg/L}] \times 100\%$$

$$= 90\%$$

16. Menghitung produksi gas

$$\begin{aligned} \text{Produksi gas total} &= (\text{COD in (mg/L)} - \text{COD out (mg/L)}) \times \text{debit rata-rata (m}^3/\text{hari)} \times 0,35 \times 50\% / 1000 \times 70\% \\ &= (419,3 \text{ mg/L} - 45,3 \text{ mg/L}) \times 248,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 \times 50\% / 1000 \times 70\% \\ &= 23,00975 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Pada perencanaan ini, gas yang dihasilkan akan dilepas ke atmosfer langsung melalui pipa vent dengan ketinggian dari pipa vent tidak sejajar dengan tinggi manusia dewasa pada umumnya. Ketinggian pipa vent bisa setinggi betis kaki orang dewasa atau bisa melebihi tinggi rata-rata orang dewasa. Hal ini bertujuan agar gas yang dilepas ke udara atmosfer tidak langsung terhirup. Pada perencanaan ini ketinggian pipa vent adalah 10 cm diatas permukaan bak.

Perhitungan Volume Anaerobic Filter

17. Menghitung Ketinggian Media Filter

$$\begin{aligned} \text{Ketinggian Media Filter} &= \text{Kedalaman tangki filter (m)} - \text{Freeboard bawah (m)} - \text{freeboard atas (m)} - \text{kedalaman plat filter (m)} \\ &= 2,5 \text{ m} - 0,6 \text{ m} - 0,4 \text{ m} - 0,05 \text{ m} \\ &= 1,45 \text{ m} \end{aligned}$$

18. Menghitung Panjang Kompartemen AF

$$\begin{aligned} \text{HRT} &= \frac{\text{Kedalaman (m)} - \text{ketinggian filter (m)} \times (1 - \text{rongga media (\%)}) \times \text{panjang tiap tangki filter (m)} \times \text{lebar tangki filter (m)} \times \text{jumlah tangki filter}}{\text{debit rata-rata (m}^3/\text{hari)} / 24 \text{ jam/hari}} \\ 18 \text{ jam} &= \frac{[(2,5 - 1,45 \times (1 - 98\%))] \times \text{panjang (m)} \times 4,5 \text{ m} \times 9}{248,5} \\ \text{Panjang} &= 248,5 \text{ m}^3 / 88,956 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kompartemen Panjang Kompartemen = 2,0 m

19. Menghitung Volume Total *Anaerobic Filter*

Volume Total AF = panjang kompartemen (m) x lebar kompartemen (m) x jumlah kompartemen x [kedalaman bak (m) - ketinggian filter (m) x (1 - porositas (%))]

= 2,5 m x 4,5 m x 9 x [2,5 m - 1,45 m x (1 - 0,98)]

= 177,912 m³

20. Cek Vup rongga

Cek Vup = Debit Puncak (m/Jam) / (Luas Permukaan Kompartemen (m²))

= 10,354 m/jam / (2,5 m x 4,5 m x 98%)

= 1,173 m/jam (memenuhi < 2 m/jam)

21. Cek OLR

Cek OLR = debit rata-rata (m³/hari) x CODin (mg/L) / (volume total AF (m³) x 1000)

= 284,5 m³/hari x 413,9 mg/L / (250,189 m³ x 1000)

= 0,5857 kg COD/m³.hari (memenuhi < 3 kg COD/m³.hari)

22. Cek HRT

Cek HRT = [(kedalaman tangki filter (m) - kedalaman filter (m) x (1 - porositas (%))) x panjang (m) x lebar (m) x jumlah kompartemen] / debit rata-rata (m³/hari)

= [(2,5 m - 1,45 m x (1 - 98%)) x 2,5 m x 4,5 m x 9] / 248,5 m³/hari

$$= 0,7159 \text{ hari}$$

$$= 17,1826 \text{ jam}$$

23. Perhitungan Headloss
Headloss Mayor

$$H_f \text{ (m)} = \frac{\{Q \times n / [(b \times h) / (b + 2 \times h)]^2 / 3 \times b \times h\}^2 \times L}{4,50743 \times 10^{-11} \text{ m}}$$

bak pengendap

$$H_f \text{ (m)} = \frac{\{Q \times n / [(b \times h) / (b + 2 \times h)]^2 / 3 \times b \times h\}^2 \times L}{1,5025 \times 10^{-11} \text{ m}}$$

kompertemen

Jumlah

kompertemen

$$H_f \text{ kompartemen total} = 1,0517 \times 10^{-11} \text{ m}$$

headloss mayor

$$\text{pipa} = \frac{(Q / 0,2783 \times C \times D^{2,63})^{1,85} \times L}{0,000121079 \text{ m}}$$

Jumlah pipa tiap kompartemen 7, dengan 7 kompartemen

$$H_f \text{ mayor total pipa} = 0,005932864 \text{ m}$$

Headloss Media

kedalaman media (L) = 1,45 m

faktor bentuk = 0,02

diameter media (D) = 0,02 m

porositas = 98%

T = 280, maka

massa jenis air = 996 kg/m³

viskositas = 0,0008363 kg/m.detik

V = 0,00032609 m/detik
(faktor bentuk x massa jenis x d x V)/viskositas

Nre = 0,15534644

Cd = 24/Nre = 154,493404

$$\begin{aligned}
\text{headloss media} &= \frac{1,067 \times (C_d \times L \times V^2)}{d \times \text{porositas}^4 \times g} \\
&= 0,00702259 \text{ m} \\
\text{headloss 8} \\
\text{kompertemen} &= 0,0561807 \text{ m} \\
\textbf{Headloss Minor} \\
\text{Headloss minor pipa} &= \text{jumlah aksesoris pipa} \times k \\
\text{kompertemen} &= x \frac{v^2}{2g} \\
\text{Aksesoris bend } 90^\circ &= 2 \text{ buah tiap sambungan pipa} \\
\text{kompertemen, } k &= 0,5. \\
&= 9,53718 \times 10^{-05} \text{ m} \\
\text{Hf minor pipa} &= 0,00534082 \text{ m} \\
\textbf{Headloss Total} \\
\text{Hf total AF} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} \\
&= 0,06745439 \text{ m}
\end{aligned}$$

4.2.5 Bak Kontrol

Bak kontrol berfungsi sebagai unit pengawasan effluen air limbah sebelum dibuang ke badan air. Pada perencanaan kali ini bak kontrol direncanakan berukuran 100 cm x 100 cm x 100 cm.

4.3 Perhitungan Mass Balance

4.3.1 Mass Balance Anaerobic Baffled Reactor

$$\begin{aligned}
\text{Q Rata-Rata} &= 248,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 248500 \text{ L/hari} \\
\text{COD Influen} &= 419,3 \text{ mg/L} \\
\text{BOD Influen} &= 171,28 \text{ mg/L} \\
\text{TSS Influen} &= 223,5 \text{ mg/L} \\
\text{Massa COD} &= \text{COD influen (mg/L)} \times \text{Q rata-rata} \\
\text{Influen} &= (\text{L/hari}) \\
&= 419,3 \text{ mg/L} \times 248500 \text{ L/hari} \\
&= 1041960 \text{ mg/hari} \\
&= 104,196 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa BOD} &= \text{BOD influen (mg/L)} \times \text{Q rata-rata} \\
\text{Influen} &= (\text{L/hari}) \\
&= 171,28 \text{ mg/L} \times 248500 \\
&= \text{L/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4256308 \text{ mg/hari} \\
 &= 42,5630 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa TSS Influen} &= \text{TSS influen (mg/L) x Q rata-rata} \\
 &= (\text{L/hari}) \\
 &= 223,5 \text{ mg/L x 248500 L/hari} \\
 &= 5553975 \text{ mg/hari} \\
 &= 55,5397 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa Bak Pengendap

$$\begin{aligned}
 \text{Penyisihan COD} &= 30\% \\
 \text{Penyisihan BOD} &= 32\% \\
 \text{Penyisihan TSS} &= 59\% \\
 &= \text{COD influen (mg/L) x Q rata-rata (L/hari)} \\
 \text{Massa COD Influen} &= 419,3 \text{ mg/L x 248500 L/hari} \\
 &= 104196050 \text{ mg/hari} \\
 &= 104,19605 \text{ kg/hari} \\
 &= \text{BOD influen (mg/L) x Q rata-rata (L/hari)} \\
 \text{Massa BOD Influen} &= 171,28 \text{ mg/L x 248500 L/hari} \\
 &= 42563080 \text{ mg/hari} \\
 &= 42,56308 \text{ kg/hari} \\
 &= \text{TSS influen (mg/L) x Q rata-rata (L/hari)} \\
 \text{Massa TSS Influen} &= 223,5 \text{ mg/L x 248500 L/hari} \\
 &= 55539750 \text{ mg/hari} \\
 &= 55,53975 \text{ kg/hari} \\
 &= \text{COD influen x penyisihan} \\
 \text{Massa COD Terolah} &= \text{COD} \\
 &= 104,196 \text{ (kg/hari) x 30\%} \\
 &= 31,258815 \text{ kg/hari} \\
 &= \text{BOD influen x penyisihan} \\
 \text{Massa BOD Terolah} &= \text{BOD} \\
 &= 42,563 \text{ (kg/hari) x 32\%} \\
 &= 13,5350594 \text{ kg/hari} \\
 &= \text{TSS influen (kg/hari) x} \\
 \text{Massa TSS Terolah} &= \text{penyisihan TSS} \\
 &= 55,53 \text{ kg/hari x 59\%} \\
 &= 32,8217558 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa COD Effluen} &= \text{COD influen (kg/hari) - COD}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{terolah (kg/hari)} \\
 & 104,196 \text{ kg/hari} - 31,258 \\
 & = \text{kg/hari} \\
 & = 72,937235 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa BOD Effluen} & = \text{BOD influen (kg/hari) - BOD} \\
 & = \text{terolah (kg/hari)} \\
 & = 42,563 \text{ kg/hari} - 13,535 \text{ kg/hari} \\
 & = 29,0280206 \text{ kg/hari} \\
 & \text{TSS influen (kg/hari) - TSS} \\
 \text{Massa TSS Effluen} & = \text{terolah (kg/hari)} \\
 & = 55,539 \text{ kg/hari} - 32,821 \text{ kg/hari} \\
 & = 22,7179943 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa *Anaerobic Baffled Reactor*

$$\begin{aligned}
 \text{Penyisihan COD} & = 87\% \\
 \text{Penyisihan BOD} & = 89\% \\
 \text{Penyisihan TSS} & = 13\% \\
 \text{Massa Influen COD} & = 72,937235 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa Influen BOD} & = 29,0280206 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa Influen TSS} & = 22,7179943 \text{ kg/hari} \\
 & \text{COD influen x penyisihan} \\
 \text{Massa COD Terolah} & = \text{COD} \\
 & = 72,937 \text{ (kg/hari) x } 87\% \\
 & = 63,6607276 \text{ kg/hari} \\
 & \text{BOD influen x penyisihan} \\
 \text{Massa BOD Terolah} & = \text{BOD} \\
 & = 29,028 \text{ (kg/hari) x } 89\% \\
 & = 25,9695001 \text{ kg/hari} \\
 & \text{TSS influen (kg/hari) x} \\
 \text{Massa TSS Terolah} & = \text{penyisihan TSS} \\
 & = 22,717 \text{ kg/hari x } 13\% \\
 & = 2,88938348 \text{ kg/hari} \\
 & \text{COD influen (kg/hari) -} \\
 \text{Massa COD Effluen} & = \text{COD terolah (kg/hari)} \\
 & = 72,937 \text{ kg/hari} - 63,660 \\
 & = \text{kg/hari} \\
 & = 9,2765074 \text{ kg/hari} \\
 & \text{BOD influen (kg/hari) -} \\
 \text{Massa BOD Effluen} & = \text{BOD terolah (kg/hari)} \\
 & = 29,028 \text{ kg/hari} - 25,969
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{kg/hari} \\
 &= 3,05852045 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa TSS Effluen} &= \text{TSS influen (kg/hari) - TSS} \\
 &= \text{terolah (kg/hari)} \\
 &= 22,717 \text{ kg/hari} - 2,889 \\
 &= \text{kg/hari} \\
 &= 19,8286108 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Mass Balance Anaerobic Filter

$$\begin{aligned}
 \text{Q Rata-Rata} &= 248,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 248500 \text{ L/hari} \\
 \text{COD Influen} &= 419,3 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD Influen} &= 171,28 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS Influen} &= 223,5 \text{ mg/L} \\
 \text{Massa COD Influen} &= \text{COD influen (mg/L) x Q rata-} \\
 &= \text{rata (L/hari)} \\
 &= 419,3 \text{ mg/L x } 248500 \text{ L/hari} \\
 &= 1041960 \text{ mg/hari} \\
 &= 104,196 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa BOD Influen} &= \text{BOD influen (mg/L) x Q rata-} \\
 &= \text{rata (L/hari)} \\
 &= 171,28 \text{ mg/L x } 248500 \text{ L/hari} \\
 &= 4256308 \text{ mg/hari} \\
 &= 42,5630 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa TSS Influen} &= \text{TSS influen (mg/L) x Q rata-} \\
 &= \text{rata (L/hari)} \\
 &= 223,5 \text{ mg/L x } 248500 \text{ L/hari} \\
 &= 5553975 \text{ mg/hari} \\
 &= 55,5397 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa Bak Pengendap

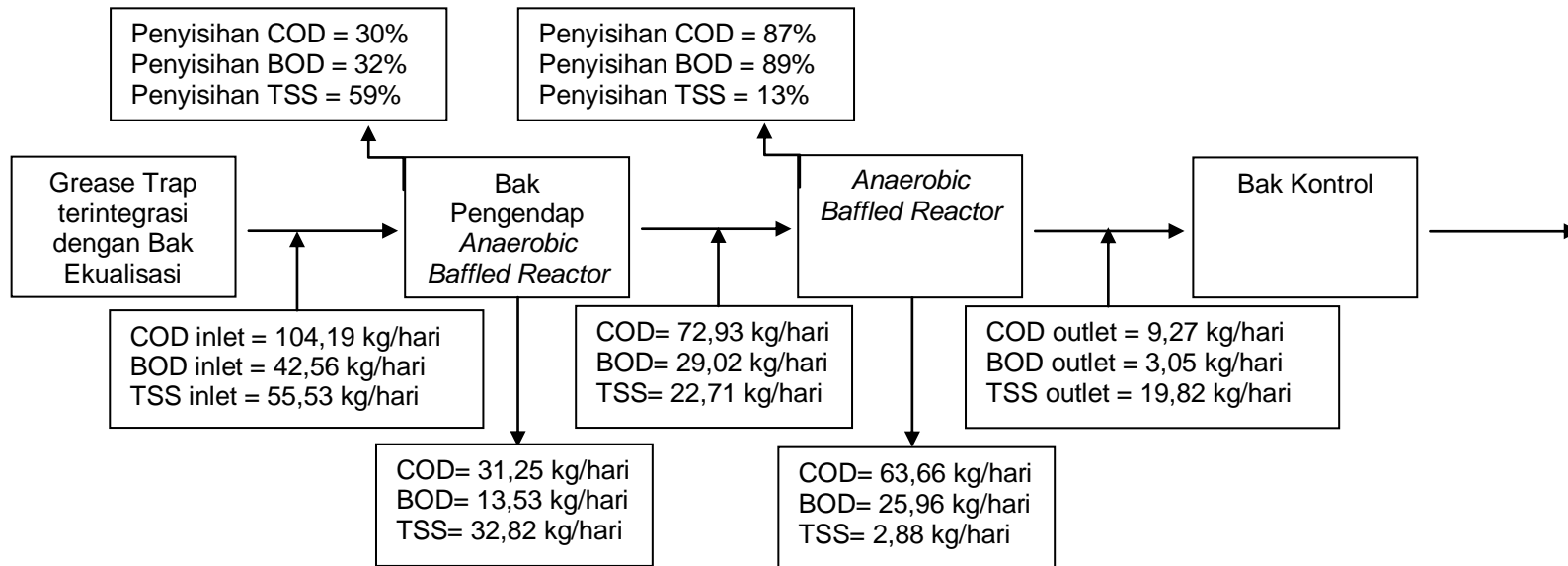
$$\begin{aligned}
 \text{Penyisihan COD} &= 30\% \\
 \text{Penyisihan BOD} &= 32\% \\
 \text{Penyisihan TSS} &= 59\% \\
 \text{Massa COD Influen} &= \text{COD influen (mg/L) x Q rata-} \\
 &= \text{rata (L/hari)} \\
 &= 419,3 \text{ mg/L x } 248500 \text{ L/hari} \\
 &= 104196050 \text{ mg/hari} \\
 &= 104,19605 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa BOD Influen} &= \text{BOD influen (mg/L) x Q rata-}
 \end{aligned}$$

	=	rata (L/hari)
	=	171,28 mg/L x 248500 L/hari
	=	42563080 mg/hari
	=	42,56308 kg/hari
Massa TSS Influen	=	TSS influen (mg/L) x Q rata-rata
	=	(L/hari)
	=	223,5 mg/L x 248500 L/hari
	=	55539750 mg/hari
	=	55,53975 kg/hari
Massa COD Terolah	=	COD influen x penyisihan COD
	=	104,196 (kg/hari) x 30%
	=	31,258815 kg/hari
Massa BOD Terolah	=	BOD influen x penyisihan BOD
	=	42,563 (kg/hari) x 32%
	=	13,5350594 kg/hari
Massa TSS Terolah	=	TSS influen (kg/hari) x
	=	penyisihan TSS
	=	55,53 kg/hari x 59%
	=	32,8217558 kg/hari
Massa COD Effluen	=	COD influen (kg/hari) - COD
	=	terolah (kg/hari)
	=	104,196 kg/hari - 31,258 kg/hari
	=	72,937235 kg/hari
Massa BOD Effluen	=	BOD influen (kg/hari) - BOD
	=	terolah (kg/hari)
	=	42,563 kg/hari - 13,535 kg/hari
	=	29,0280206 kg/hari
Massa TSS Effluen	=	TSS influen (kg/hari) - TSS
	=	terolah (kg/hari)
	=	55,539 kg/hari - 32,821 kg/hari
	=	22,7179943 kg/hari

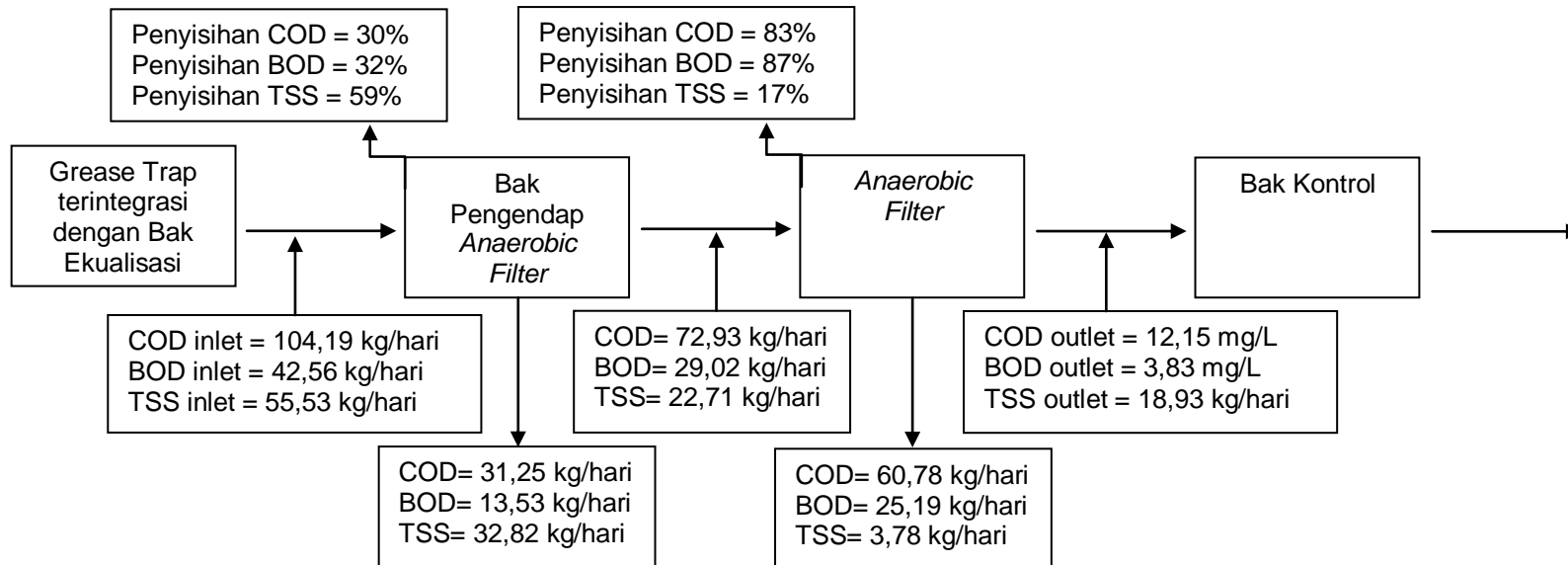
Kesetimbangan Massa *Anaerobic Filter*

Penyisihan COD	=	83%
Penyisihan BOD	=	87%
Penyisihan TSS	=	17%
Massa Influen COD	=	72,937235 kg/hari
Massa Influen BOD	=	29,0280206 kg/hari
Massa Influen TSS	=	22,7179943 kg/hari
Massa COD	=	COD influen x penyisihan COD

Terolah	=	72,937 (kg/hari) x 83%
	=	60,7801925 kg/hari
Massa BOD Terolah	=	BOD influen x penyisihan BOD
	=	29,028 (kg/hari) x 87%
	=	25,1978651 kg/hari
Massa TSS Terolah	=	TSS influen (kg/hari) x penyisihan TSS
	=	22,717 kg/hari x 17%
	=	3,78659296 kg/hari
Massa COD Effluen	=	COD influen (kg/hari) - COD terolah (kg/hari)
	=	72,937 kg/hari - 60,780 kg/hari
	=	12,1570425 kg/hari
Massa BOD Effluen	=	BOD influen (kg/hari) - BOD terolah (kg/hari)
	=	29,028 kg/hari - 29,028 kg/hari
	=	3,83015542 kg/hari
Massa TSS Effluen	=	TSS influen (kg/hari) - TSS terolah (kg/hari)
	=	22,717 kg/hari - 3,786 kg/hari
	=	18,9314013 kg/hari



Gambar 4. 19 Keseimbangan Massa Anaerobic Baffled Reactor



Gambar 4. 20 Keseimbangan Massa Anaerobic Filter

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.4 Perhitungan Profil Hidrolis

Profil hidrolis perlu diperhitungkan untuk mengetahui tinggi muka air di setiap bangunan pengolahan air limbah yang dipengaruhi oleh kehilangan tekanan yang terjadi. Profil hidrolis ditentukan berdasarkan besaran penurunan level muka air akibat beberapa hal antara lain jatuhnya, belokan, kecepatan aliran air di bangunan. Berikut perhitungan profil hidrolis dari tiap alternatif pengolahan limbah pada perencanaan ini :

4.4.1 Perhitungan Profil Hidrolis Alternatif 1

A. Grease Trap

Elevasi awal	=	- 0,1 m
Hf mayor	=	0,001987 m
Hf minor	=	0,013085 m
Hf total	=	0,015072 m
Elevasi akhir	=	Elevasi awal – Hf total
	=	-0,1 m – 0,015072 m
	=	- 0,11507 m

B. Bak ekualisasi

Elevasi awal	=	- 0,11507 m
Hf mayor	=	0,018472 m
Hf minor	=	0,05234 m
Hf total	=	0,070812 m
Elevasi akhir	=	Elevasi awal – Hf total
	=	-0,115072 m – 0,070812
	=	m
	=	- 0,185882 m

C. Anaerobic Baffled Reactor

Limbah dari bak ekualisasi dipompa dengan head 2,670812 m.

		Head pompa	–
Elevasi awal	=	kedalaman bak	
	=	-0,129188 m	
Hf mayor	=	0,005933 m	
Hf minor	=	0,0046732 m	
Hf total	=	0,010606 m	
Elevasi akhir	=	Elevasi awal – Hf total	
	=	-0,1291 m – 0,010606 m	

$$= -0,13979 \text{ m}$$

4.4.2 Perhitungan Profil Hidrolis Alternatif 2

A. Grease Trap

$$\begin{aligned} \text{Elevasi awal} &= -0,1 \text{ m} \\ \text{Hf mayor} &= 0,001987 \text{ m} \\ \text{Hf minor} &= 0,013085 \text{ m} \\ \text{Hf total} &= 0,015072 \text{ m} \\ \text{Elevasi akhir} &= \text{Elevasi awal} - \text{Hf total} \\ &= -0,1 \text{ m} - 0,015072 \text{ m} \\ &= -0,11507 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Bak ekualisasi

$$\begin{aligned} \text{Elevasi awal} &= -0,11507 \text{ m} \\ \text{Hf mayor} &= 0,018472 \text{ m} \\ \text{Hf minor} &= 0,05234 \text{ m} \\ \text{Hf total} &= 0,070812 \text{ m} \\ \text{Elevasi akhir} &= \text{Elevasi awal} - \text{Hf total} \\ &= -0,115072 \text{ m} - 0,070812 \\ &= \text{m} \\ &= -0,185882 \text{ m} \end{aligned}$$

C. Anaerobic Filter

Limbah dari bak ekualisasi dipompa dengan head 2,670812 m.

$$\begin{aligned} \text{Elevasi awal} &= \text{Head pompa} - \text{kedalaman bak} \\ &= -0,129188 \text{ m} \\ \text{Hf mayor} &= 0,06211357 \text{ m} \\ \text{Hf minor} &= 0,00534082 \text{ m} \\ \text{Hf total} &= 0,06745439 \text{ m} \\ \text{Elevasi akhir} &= \text{Elevasi awal} - \text{Hf total} \\ &= -0,1291 \text{ m} - 0,067454 \text{ m} \\ &= -0,1966428 \text{ m} \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya pada desain IPAL mengacu pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2016.

Tabel 4. 5 HSPK kota Surabaya 2016

No	Uraian pekerjaan	Koef	Satuan	Harga satuan	Jumlah
I	Persiapan				
	Pembersihan lapangan dan perataan tanah				
	Mandor	0,05	O.H	158000	7900
	Pembantu tukang	0,1	O.H	110000	11000
				jumlah	18900
II	Pekerjaan beton				
1	Galian tanah biasa		m3		
	Upah				
	Mandor	0,025	O.H	158.000	3.950
	Pembantu tukang	0,75	O.H	110.000	82.500
				jumlah	86.450
2	Pengurangan pasir (padat)				
	Upah				
	Mandor	0,01	O.H	158.000	1.580
	Pembantu tukang	0,3	O.H	110.000	33.000
				jumlah	34.580
	Bahan				
	Pasir urug	1,2	m3	150.200	180.240
				jumlah	180.240
				nilai HSPK	214.820
3	Pekerjaan beton k-100				
	Upah				
	Mandor	0,083	O.H	158.000	13.114
	Kepala tukang	0,028	O.H	148.000	4.144

No	Uraian pekerjaan	Koef	Satuan	Harga satuan	Jumlah
	Tukang	0,275	O.H	121.000	33.275
	Pembantu tukang	1,65	O.H	110.000	181.500
				jumlah	232.033
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	6,175	zak	60.700	374.823
	Pasir cor	0,543 125	m3	243.000	131.979
	Batu pecah mesin 1/2	0,525 79	m3	487.900	256.533
	Air kerja	215	liter	28	6.020
				jumlah	769.355
				nilai HSPK	1.001.388
4	Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos/ulir)		kg		
	Upah				
	Mandor	0,000 4	O.H	158.000	63
	Kepala tukang besi	0,000 7	O.H	148.000	104
	Tukang besi	0,007	O.H	121.000	847
	Pembantu tukang	0,007	O.H	110.000	770
				jumlah	1.784
	Bahan				
	Besi beton polos	1,05	kg	12.500	13.125
	Kawat beton	0,015	kg	25.500	383
				jumlah	

No	Uraian pekerjaan	Koef	Satuan	Harga satuan	Jumlah
					13.508
				nilai HSPK	15.291
5	Pekerjaan bekisting dinding		m2		
	Upah				
	Mandor	0,033	O.H	158.000	5.214
	Kepala tukang kayu	0,033	O.H	148.000	4.884
	Tukang kayu	0,33	O.H	121.000	39.930
	Pembantu tukang	0,66	O.H	110.000	72.600
				jumlah	122.628
	Bahan				
	Paku usuk	0,4	kg	19.800	7.920
	Plywood uk. 122 x 244 x 9 m	0,35	lembar	121.400	42.490
	Kayu meranti bekisting	0,03	m3	3.350.400	100.512
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,02	m3	4.711.500	94.230
	Minyak bekisting	0,2	liter	29.600	5.920
				jumlah	251.072
				nilai HSPK	373.700
6	Pekerjaan bekisting lantai		m2		
	Upah				
	Mandor	0,033	O.H	158.000	5.214
	Kepala tukang kayu	0,033	O.H	148.000	4.884
	Tukang kayu	0,33	O.H	121.000	39.930

No	Uraian pekerjaan	Koef	Satuan	Harga satuan	Jumlah
	Pembantu tukang	0,66	O.H	110.000	72.600
				jumlah	122.628
	Bahan				
	Paku usuk	0,4	kg	19.800	7.920
	Plywood uk. 122 x 244 x 9 m	0,35	lem bar	121.400	42.490
	Kayu meranti bekisting	0,04	m3	3.350.400	134.016
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m3	4.711.500	70.673
	Minyak bekisting	0,2	liter	29.600	5.920
				jumlah	261.019
				nilai HSPK	383.647
II	Finishing				
1	Pemasangan pipa air kotor diameter 4"				
	Upah				
	Mandor	0,0041	O.H	158.000	648
	Kepala tukang	0,0135	O.H	148.000	1.998
	Tukang	0,135	O.H	121.000	16.335
	Pembantu tukang	0,081	O.H	110.000	8.910
				jumlah	27.891
	Bahan				
	Pipa plastik pvc tipe c uk 4", panjang 4m	0,3	bata ng	93.100	27.930

No	Uraian pekerjaan	Koef	Satuan	Harga satuan	Jumlah
	Pipa plastik pvc tipe c uk 4", panjang 4m	0,105	bata ng	93.100	9.776
				jumlah	37.706
				nilai HSPK	65.596
2	Pemasangan pompa				
	Upah				
	Mandor	0,04	O.H	120.000	4.800
	Tukang	0,4	O.H	105.000	42.000
				jumlah	46.800
	Bahan				
	Pompa	1	unit	9.000.000	9.000.000
				jumlah	9.000.000
				nilai HSPK	9.046.800
3	Pemasangan media sarang tawon				
	Upah				
	Mandor	0,04	O.H	120.000	4.800
	Tukang	0,4	O.H	105.000	42.000
				jumlah	46.800
	Bahan				
	Media sarang tawon	1	m3	2.083.333	2.083.333
				jumlah	2.083.333
				nilai HSPK	2.130.133

Setelah menentukan HSPK, didapatkan rencana anggaran biaya dari masing-masing alternatif IPAL sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Rencana Anggaran Biaya Alternatif I

No	Uraian pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
I	Persiapan				
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m2	97,92	18900	1850688
II	Pekerjaan beton				
1	Pekerjaan galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	274,176	86.450	23.702.515
2	Pengurugan pasir (padat)	m3	5,9	214.820	1.267.438
3	Pekerjaan beton k-100	m3	83,232	1.001.388	83.347.490
4	Pekerjaan beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m3	100	15.291	1.529.130
5	Pekerjaan bekisting dinding	m2	57,2256	373.700	21.385.207
6	Pekerjaan bekisting lantai	m3	7,344	383.647	2.817.500
III	Finishing				
1	Pemasangan pipa air kotor diameter 4"	m	40	65.596	2.623.852

No	Uraian pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
2	Pemasangan pompa	unit	1	9.046.800	9.046.800
				jumlah	147.570.620

Tabel 4. 7 Rencana Anggaran Biaya Alternatif II

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
I	Persiapan				
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m2	127,5	18900	2409750
II	Pekerjaan beton				
1	Pekerjaan galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	357	86.450	30.862.650
2	Pengurugan pasir (padat)	m3	5,9	214.820	1.267.438
3	Pekerjaan beton k-100	m3	98,022	1.001.388	98.158.013
4	Pekerjaan beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m3	112	15.291	1.712.626
5	Pekerjaan bekisting dinding	m2	57,2256	373.700	21.385.207
6	Pekerjaan bekisting lantai	m3	9,5625	383.647	3.668.620
III	Finishing				

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
1	Pemasangan pipa air kotor diameter 4"	m	40	65.596	2.623.852
2	Pemasangan pompa	unit	1	9.046.800	9.046.800
3	Pemasangan media filter sarang tawon	m ³	13,05	2.130.133	27.798.236
				jumlah	198.933.190

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 diketahui biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL alternatif 1 sebesar Rp. 147.570.620 sedangkan untuk unit IPAL alternatif 2 sebesar Rp. 198.933,190.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari perencanaan ini adalah :

1. Hasil perhitungan DED *Anaerobic Baffled Reactor*, didapatkan dimensi IPAL unit ABR meliputi bak kompartemen I (6m x 4,5m x 2,5m), kompartemen II (1,5m x 4,5m x 2,5m) sebanyak 7 buah komartemen.
2. Hasil perhitungan DED *Anaerobic Filter*, didapatkan dimensi IPAL unit AF meliputi bak kompartemen I (6m x 4,5m x 2,5m), kompartemen II (2m x 4,5m x 2,5m) sebanyak 8 buah komartemen.
3. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) masing-masing alternatif adalah sebesar Rp. 147.570.620 untuk unit IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* sedangkan untuk unit IPAL *Anaerobic Filter* sebesar Rp. 198.933.190.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan untuk perencanaan ini perlu adanya data primer terkait besaran konsentrasi maupun debit air limbah hotel bintang lima di Surabaya agar perencanaan instalasi pengolahan air limbah sesuai dengan keadaan eksisting pada lapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Musyida. 2000. **Pengelolaan Limbah Hotel Berbintang (Studi Kasus di Jakarta Selatan)**. Tesis Institut Pertanian Bogor (IPB) Bogor
- BPPT. 2009. **Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Cair Industri Kecil**. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Barber dan Stuckey. 1999. The Use of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment: A Review. **Journal of Wastewater Research** Vol. 33 (7), 1559-1578.
- Bodik, I., Herdova, B., dan Kratochvil, K. 1999. The Application of Anaerobic Filter for Municipal Wastewater Treatment. **Shem Papers**. Vol. 54 (3), 159-164.
- Chandra, D. 2007. **Optimasi Efisiensi Pengolahan Limbah Cair dari Rumah Tangga Pemotongan Hewan dan Pabrik Tahu dengan Reaktor Anaerobik Bersekat**. Tugas Akhir Institut Teknologi Bandung (ITB) Bandung.
- da Silva, F. J. A., et al., 2012. Septic Tank Combined with Anaerobic Filter and Conventional UASB – Result from Full Scale Plant. **Jurnal Brazillian Chemical Engineering** Vol. 30 (1), 133 – 140.
- Foxon, et al. 2006. **Evaluation of The Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense Peri Urban Settlements**. Final Report To The Water Research Commision.
- Goncalves, C.C., Freire, F.G. 2001. **Modelling of Anaerobic Digestion of Organic Fraction of MSW at Industrial Scale**. Instituto Superior Tecnico Portugal Thesis Master.
- Gotzenberger, Jens. 2009. **DEWATS : Decentralized Wastewater Treatment System Practice-oriented Training Manual**. Borda.
- Krishna., K. 2009. **Feasibility Stuy of Upflow Anaerobic Filter for Pretreatment of Municipal Wastewater**. National University of Singapore Master Thesis

- Manariotis, D.I, Grigoropouluos, S.G, Yung-Tse, H. 2010. **Handbook of Environmental Engineering – Vol. 11.** Springer Science.
- Mangkoedihardjo, Sarwoko. 2010. Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio: A Triangle Zone for Toxic Biodegradable and Stable Levels. **International Journal of Academic Research** Vol. 2 no. 4 July
- Menteri Lingkungan Hidup. 2003. **Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.** Jakarta
- Tchobanoglous, George. 1991. **Wastewater Engineering : Treatment and Disposal Reuse 3rd Ed.** New York : Mc. Graw-Hill
- Tchobanoglous, George. 2003. **Wastewater Engineering : Treatment and Disposal Reuse 4th Ed.** New York : Mc. Graw-Hill
- Tchobanoglous, George. 2014. **Wastewater Engineering : Treatment and Disposal Reuse 6th Ed.** New York : Mc. Graw-Hill
- Pillay, S., Etc. 2006. **Microbiological Studies of Anerobic Baffled Reactor.** South African National Research Foundation, University Of Kwazulu-Natal
- Polprasert, C., 1992. **Organic Waste Recycling 1st Edition.** London : John Willey And Sons
- Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.** Surabaya.
- Rahayu, S.S dan S. Purnavita. 2008. **Kimia Industri Jilid 3.** Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional
- Raman, V., Chakladar, N. 1972. Upflow Filters for Septic Tank Effluents. **Jurnal Water Pollution Control Federation** Vol. 44(8), 1552 – 1560.
- Republik Indonesia. 2001. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.** Sekretariat Negara. Jakarta.

- Sasse. 1998. **DEWATS : Decentralized Wastewater Treatment System and Sanitation in Developing Countries**. Bremen : Borda
- Sasse. 2009. **Decentralized Wastewater Treatment System and Sanitation in Developing Countries (DEWATS)**. Bremen : Borda
- Schnurer, A., Jarvis, A. 2009. **Microbiological Handbook for Biogas Plants**. Swedia.
- Singh, Shirish., et al. 2009. Performance of an Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strength Wastewater in Nepal – A Model for DEWATS. **Journal Ecological Engineering**. Vol 35, 654 – 660.
- Sk Dirjen Pariwisata No : Kep14/U/li/1998. Usaha dan Pengelolaan Hotel
- Soufyan, N. dan Morimura, T. 1988. **Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Sugiharto. 1987. **Dasar – Dasar Pengolahan Air Limbah**. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Sulatiyono. 1999. **Manajemen Penyelenggaraan Hotel**. Bandung: IKAPI
- Tilche, A., Vieira, S. M. M. 1991. Disucission Report on Reactor Design of Anaerobic Filters and Sludge Bed Reactors. **Journal Wastewater Science Technology**. Vol. 24 (8) 193-206.
- Von Sperling, M., Chernicharo, C.A.D.L. 2005. **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions**. London: IWA Publishing.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran A Spread Sheet Dimensi ABR dan AF

A. Cara menghitung dimensi unit *anaerobic baffled reactor*

Untuk menghitung dimesi unit *anaerobic baffled reactor* terdapat lanhhkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Buatlah perhitungan data menggunakan *spread sheet* seperti Tabel berikut

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	general spreadsheet for ABR with integrated settler										
2	daily waste-water flow	time of most waste-water flow	max. Peak flow per hour	COD inflow	BOD5 inflow	COD/BOD ratio	settleable SS/CO D ratio	lowest digesting temperature	de-sludging interval	HRT in settler (no settler HRT = 0)	COD removal rate in settler
3	avg	given	max	given	given	calcul.	given	given	chosen	chosen	calcul.
4	m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	ratio	mg/l	oC	months	h	%
5	25	12	2,08	633	333	1,9	0,42	25	18	1,5	23%
6			COD/BOD5				0,35-0,45			1,5	
7	treatment data										
8	BOD5 removal rate in settler	inflow into baffled reactor		COD/BOD5 ratio after settler	factors to calculate COD removal rate of anaerobic filter			COD rem. 25o, COD 1500	theor. Rem. Rate acc. To factors	COD rem. Rate baffle only	COD out
9	calcul.	COD	BOD5	calcul.	calculated according to graphs						calcul.
10	%	mg/l	mg/l	mg/l	f-overload	f-strenght	f-temp	f-HRT	%	%	mg/l
11	24%	489	253	1,94	1	0,91	1	87	79%	81%	94
12	1,06	<- COD/BOD removal factor						COD/BOD removal factor ->			1,025
13	dimensions of settler						ABR				
14	total COD removal rate	total BOD5 removal rate	BOD5 out	inner masonry measurement chosen acc. to required volume		sludge accum. Rate	length of settler	length of settler	max. Upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
15	calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	chosen	chosen	chosen	chosen
16	%	%	mg/l	mg/l	mg/l	l/g COD	mg/l	m	m/h	no.	m
17	85%	97%	42	2	1,5	0,0037	2,39	2,4	1,8	5	1,5
18	dimensions of ABR						stastus and gp				
19	length os chambers should not exceed half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width donflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. Load (BOD5)	biogas (ass: CH4 70%; 50% dissolved)
20	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
21	m ³ /day	mg/l	m ²	m	m	m/h	mg/l	m ³	h	kg/m ³ .day	m ³ /day
22	0,75	0,75	1,16	1,54	2	1,39	0,25	15	14	1,63	3,37

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

C5 = A5/B5

Dimana:

C5 = debit puncak maksimum per jam (m³/jam)

A5 = debit air limbah harian (m³/hari)

B5 = lama aliran air limbah (jam)

$$F5 = D5 / E5$$

Dimana:

F5 = Rasio COD/BOD

D5 = beban COD masuk (mg/L)

E5 = beban BOD masuk (mg/L)

$$K5 = G5 / 0,6 \times IF (J5 < 1; J5 \times 0,3 ; IF (J5 < 3; (J5 - 1) \times 0,1 / 2 + 0,3 ; IF (J5 < 30; (J5 - 30) \times 0,15 / 27 + 0,4 ; 0,55)))$$

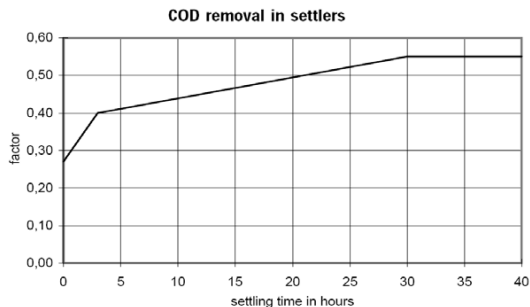
Dimana:

K5 = faktor penyisihan COD pada bak pengendap

G5 = rasio SS/COD yang terendapkan (0,35 – 0,42)

J5 = HRT pada bak pengendap (tanpa bak pengendap HRT = 0, tipikal 1,5 jam)

Persamaan ini berkaitan dengan grafik dibawah, sedangkan nilai 0,6 didapat dari pengalaman (Sasse, 2009).



(Sumber: Sasse, 2009)

2) Hitunglah data pengolahan

$$A11 = K5 \times A12$$

Dimana:

A11 = BOD₅ penyisihan pada bak pengendap

A12 = faktor COD/BOD penyisihan pada bak pengendap

K5 = COD penyisihan pada bak pengendap

$$B11 = D5 \times (1 - K5)$$

Dimana:

B11 = beban COD masuk pada ABR (mg/L)
 D5 = beban COD masuk (mg/L)
 K5 = COD penyisihan pada bak pengendap
 C11 = $E5 \times (1 - A11)$

Dimana:

C11 = beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)
 A11 = BOD₅ penyisihan pada bak pengendap
 E5 = beban BOD masuk (mg/L)
 D11 = $B11 / C11$

Dimana:

D11 = rasio COD/BPD₅ setelah pengendap
 B11 = beban COD masuk pada ABR (mg/L)
 C11 = beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)

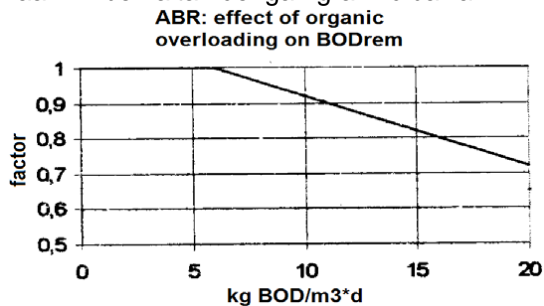
E11 = $IF (J23 < 6; 1; 1 - (J23 < 6) \times 0,28 / 14)$

Dimana:

E11 = f-overload (untuk mengitung COD penyisihan di ABR)

J23 = beban organik dalam BOD₅ (kg/m³.hari)

Persamaan ini berkaitan dengan grafik dibawah



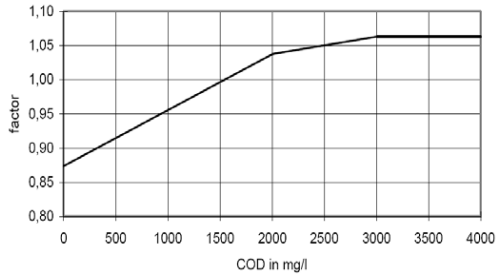
(Sumber: Sasse, 2009)

F11 = $IF (C11 < 150; C11 \times 0,37150 + 0,4; IF (C11 < 300; (C11 - 150) \times 0,1 / 150 + 0,77; IF (C11 < 500; (C11 - 300) \times 0,08 / 200 + 0,87; IF (C11 < 1000; (C11 - 500) \times 0,1 / 500 + 0,95; IF (C11 < 3000; (C11 - 1000) \times 0,1 / 2000 + 1,05; 1,15))$

Dimana:

F11 = faktor penyisihan COD oleh konsentrasi COD

C11 = beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)
 Persamaan ini berkaitan dengan grafik dibawah



(Sumber: Sasse, 2009)

G11 = IF (H5 < 15; (H5 - 10) x 0,25 / 5 + 0,55; IF (H5 < 20; (H5 - 15) x 0,11 / 5 + 0,8; IF (H5 < 25; (H5 - 20) x 0,09 / 5 + 0,91; IF (H5 < 30; (H5 - 25) x 0,05 / 5 + 1; (H5 - 30) x 0,03 / 5 + 1,05)))

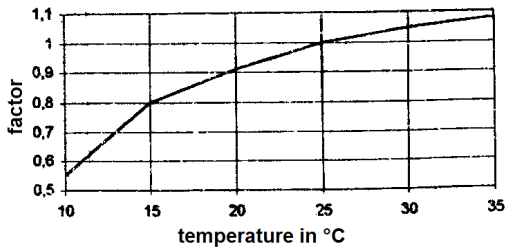
Dimana:

G11 = faktor penyisihan COD oleh temperatur

H5 = suhu digesti terendah (°C)

Persamaan ini berkaitan dengan grafik berikut

ABR: BODrem relative to temperature



(Sumber: Sasse, 2009)

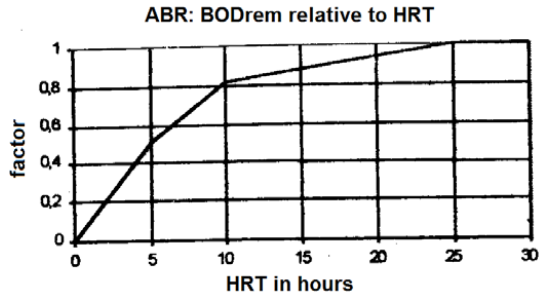
H11 = IF (J17 = 1; 0,4; IF (J17 = 24; 0,7; IF (J17 = 3; 0,9; (J17 - 3) x 0,06 + 0,9)))

Dimana:

H11 = faktor penyisihan oleh temperatur

J17 = jumlah kompartemen

Persamaan ini berkaitan dengan grafik berikut



(Sumber: Sasse, 2009)

$$J19 = E11 \times F11 \times G11 \times H11 \times I11$$

Dimana:

J11 = faktor penyisihan COD berdasarkan jumlah baffle (%)

E11 = faktor penyisihan COD oleh OLR

F11 = faktor penyisihan COD oleh konsentrasi COD

G11 = faktor penyisihan COD oleh temperatur

H11 = faktor penyisihan COD oleh HRT

I11 = akurasi penyisihan teoritis dengan faktor-faktor

J11 = WENN ($J9 < 0,8$; $J9$; WENN ($J9 (1 - 0,37 ((J9) - 0,8)) < 0,95$; $J9 \times (1 - 0,37 \times ((J9) - 0,8))$; $0,95$))

Dimana:

J11 = COD penyisihan hanya pada baffle (%)

J9 = COD penyisihan hanya pada baffle (%)

K11 = $(1 - J11) \times C11$

Dimana:

K11 = beban COD keluar (mg/L)

C11 = beban BOD₅ masuk pada ABR (mg/L)

J11 = COD penyisihan hanya pada baffle (%)

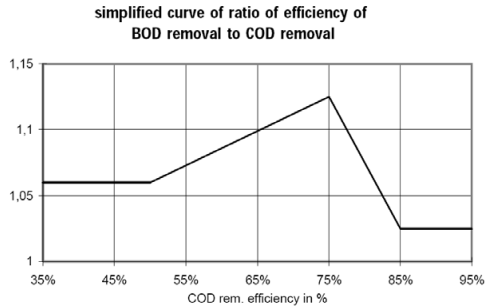
A12 = IF ($K5 < 0,5$; $1,06$; IF ($K5 < 0,75$; $(K5 - 0,75) (K5 - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$; IF ($K5 < 0,85$; $1,125 - (K5 - 0,75) \times 0,1 / 0,1$; $1,025$)))

Dimana:

A12 = faktor COD/BOD penyisihan pada bak pengendap

K5 = COD penyisihan pada bak pengendap

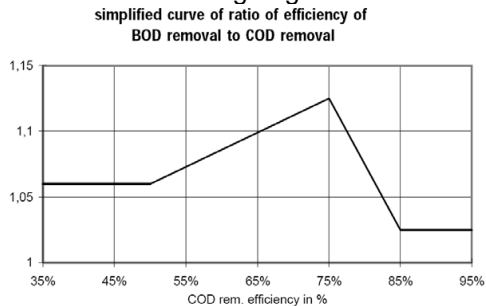
Persamaan ini berkaitan dengan grafik berikut



(Sumber: Sasse, 2009)

$$K12 = \text{IF} (A17 < 0,5; 1,06; \text{IF} (A17 < 0,75; (A17 - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06; \text{IF} (A17 < 0,85; 1,125 - (A17 - 0,75) \times 0,1 / 0,1; 1,025)))$$

Persamaan ini berkaitan dengan grafik berikut



(Sumber: Sasse, 2009)

3) Hitung dimensi bak pengendap

$$A17 = 1 - K11 / D5$$

Dimana:

A17 = total COD penyisihan (%)

E5 = beban COD masuk (mg/L)

K17 = kedalaman di outlet (m)

$$B17 = A17 \times K12$$

Dimana:

B17 = total BOD₅ penyisihan

A17 = total COD penyisihan (%)

K12 = faktor COD/BOD penyisihan di ABR

$$C17 = (1 - B17) \times E5$$

Dimana:

C17 = beban BOD₅ (mg/L)

B17 = total BOD₅ penyisihan

E5 = beban BOD₅ masuk (mg/L)

F17 = $0,005 \times IF$ ($I5 < 36$; $1 - I5 \times 0,014$; IF ($I5 < 120$; $0,5 (I5 - 36) \times 0,002$; $1 / 3$))

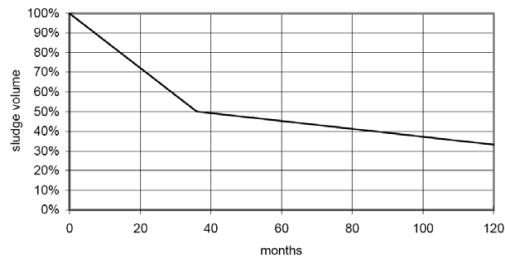
Dimana:

F17 = laju akumulasi lumpur (L/g COD)

I5 = periode pengurasan (bulan)

Persamaan ini berkaitan dengan grafik berikut

reduction of sludge volume during storage



(Sumber: Sasse, 2009)

$G17 = IF$ ($A11 > 0$; IF ($F17 \times (E5 - C11) / 1000 \times 30 \times I5 \times A5 + J5 \times C5 < 2 \times J5 \times C5$; $2 \times J5 \times C5$; $F17 \times (E5 - C11) / 1000 \times 30 \times I5 \times A5 + J5 \times C5$); 0) / $D17 / E17$

Persamaan di atas mempertimbangkan jika volume lumpur kurang dari setengah volume total, maka pengendap dapat dihilangkan.

4) Hitung dimensi *anaerobic baffled reactor*

A23 = $K17 \times 0,5$

Dimana:

A23 = panjang kompartemen (m)

K17 = kedalaman di outlet (m)

C23 = $C5 / I17$

Dimana:

C23 = luas permukaan (m²)

C5 = debit puncak maksimum per jam (m^3/jam)

I17 = kecepatan *upflow* maksimum (m/jam)

D23 = $C23 / B23$

Dimana:

D23 = lebar kompartemen (m)

B23 = panjang kompartemen terpilih berdasarkan A23, panjang kompartemen tidak boleh melebihi dari setengah kedalaman (m)

C23 = luas permukaan satu (m^2)

F23 = $C5 / B23 / E23$

Dimana:

F23 = kecepatan *upflow* aktual (m/jam)

B23 = panjang kompartemen terpilih berdasarkan A23, panjang kompartemen tidak boleh melebihi dari setengah kedalaman (m)

C5 = debit puncak maksimum per jam (m^3/jam)

E23 = lebar kompartemen terpilih berdasarkan D23 (m)

H23 = $(G23 + B23) \times J17 \times K17 \times E23$

Dimana:

H23 = volume *baffled reactor* aktual (m^3)

B23 = panjang kompartemen terpilih berdasarkan A23, panjang kompartemen tidak boleh melebihi dari setengah kedalaman (m)

E23 = lebar kompartemen terpilih berdasarkan D23 (m)

G23 = lebar shaft/sekat (m)

J17 = jumlah kompartemen

K17 = kedalaman di outlet (m)

I23 = $H23 / (A5 / 24) / 105\%$

Dimana:

I23 = total HRT aktual (jam)

A5 = debit air limbah harian ($m^3/hari$)

H23 = volume *baffled reactor* aktual (m^3)

J23 = $C11 \times C5 \times 24 / H23 / 1000$

Dimana:

J23 = beban organik dalam BOD_5 ($kg/m^3.hari$)

C5 = debit puncak maksimum per jam (m^3/jam)

C11 = beban BOD_5 masuk ke ABR (mg/L)

H23 = volume *baffled reactor* aktual (m^3)

K23 = $(D5 - K11) \times A5 \times 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5$

Dimana:

K23 = biogas terproduksi (m³/hari)

A5 = debit air limbah harian (m³/hari)

D5 = beban COD masuk (mg/L)

K11 = beban COD keluar (mg/L)

B. Cara menghitung dimensi unit *anaerobic filter* yang terintegrasi dengan tangki septik

Untuk menghitung dimensi unit *anaerobic filter* +

tangki septik terdapat langkah –langkah sebagai berikut:

- 1) Buatlah perhitungan data menggunakan *spread sheet* seperti tabel berikut

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	general spreadsheet for anaerobic filter (AF) with integrated septic tank (ST)												
2	daily waste water flow	Wastewater production time	max. Peak flow per hour	COD inflow	BOD5 inflow	SS settle/COD ratio	lowest digester temperature	HRT in septic tank	des-ludging interval	COD removal septic tank	BOD5 removal septic tank	BOD/COD removal factor	
3	given	given	calcul.	given	given	given	given	chosen	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	
4	m ³ /day	h	m ³ /h	mg/l	mg/l	mg/l	oC	h	month	%	%	ratio	
5	25	12	2,08	633	333	0,42	25	2	36	25%	26%	1,06	
6	COD/BOD5 ->			1,9	0,35-0,45 (domestic)				2h			BODrem > 1,06	
7	treatment data												
8	COD inflow in AF	BOD5 inflow into AF	specific surface	voids in filter mass	HRT inside AF reactor	factor to calculate COD-removal rate of anaerobic filter				COD-removal rate (AF only)	COD outflow of AF	COD-removal rate of total system	
9	calcul.	calcul.	given	given	chosen	calculated according to graphs				calcul.	calcul.	calcul.	
10	mg/l	mg/l	m ² /m ³	%	h	f-temp	f-strength	f-surface	f-HRT	%	mg/l	%	
11	478	247	100	35%	30	1	0,91	1	69	70	1142	78%	
12			80-120	30-45	24-48								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
13	dimensions of septic tank												
14	BOD/COD removal factor	BOD5 rem. Rate total	BOD5 outflow of AF	inner width of septic tank	min. Water depth	inner length of first chamber	length of second chamber	sludge accumulation	volume incl. Sludge	volume of septic tank			
15	calcul.	calcul.	calcul.	chosen	chosen	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	requir.	m ³	
16	ratio	%	mg/l	m	m	m	m	m	m	l/kg BOD	m ³	m ³	
17	1,1	85	49	1,75	2,25	1,69	1,7	0,85	0,85	0	10	10,04	
18	sludge l/g BOD rem												
19	dimension of anaerobic filter						biogas production			check!			
20	volume of filter tanks	depth of filter tanks	length of each tank	number of filter tank	width of filter tanks	space below perforated slabs	filter high	out of septic tank	out of anaerobic filter	total	org. Loadon filter volume COD	max. Upflow inside filter voids	
21	calcul.	chosen	calcul.	chosen	requir.	chosen	calcul.	asump : 70% CH4 : 50% dissolved		calcul.	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	0,6	1,2	0,97	2,1	3,07	1,57	0,98	
24					max.!!							<4,5	<2,0

(Sumber: Sasse, 2009)

Keterangan:

$$C5 = A5/B5$$

Dimana:

C5 = debit puncak maksimum per jam (m^3/jam)

A5 = debit air limbah harian ($m^3/hari$)

B5 = lama aliran air limbah (jam)

J5 = $F5/0,6 \times IF$ ($H5 < 1$; $H5 \times 0,3$; IF ($H5 < 3$; $(H5 - 1) \times 0,1 / 2 + 0,3$; IF ($H5 < 30$; $(H5 - 3) \times 0,15 / 27$ 0,4; 0,55)))

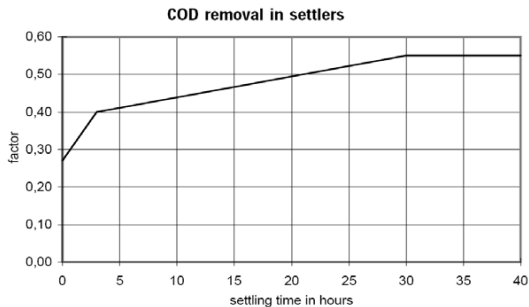
Dimana:

J5 = penyisihan COD oleh HRT di tangki septik (%)

F5 = rasio SS/COD terendapkan (0,35 – 0,42)

H5 = HRT di tangki septik (tipikal 2 jam)

Persamaan di atas terkait dengan grafik dibawah, sedangkan nilai 0,6 didapat dari pengalaman (Sasse, 2009).



(Sumber: Sasse, 2009)

$$K5 = L5 \times J5$$

Dimana:

K5 = BOD_5 di tangki septik

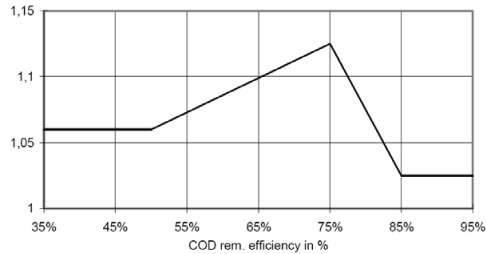
L5 = rasio penyisihan BOD/COD

J5 = COD Penyisihan di tangki septik (%)

L5 = IF ($J5 < 0,5$; 1,06; IF ($J5 < 0,75$; $(J5 - 0,5) \times 0,065 / 0,25 + 1,06$; IF ($J5 < 0,85$; $1,125 - (J5 - 0,75) \times 0,1/0,1$; 0,125)))

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah

simplified curve of ratio of efficiency of
BOD removal to COD removal



(Sumber: Sasse, 2009)

$$D6 = D5/E5$$

Dimana:

D6 = rasio konsentrasi influen COD/BOD₅

D5 = beban COD masuk (mg/L)

E5 = beban BOD₅ masuk (mg/L)

Hitunglah data pengolahan

Keterangan:

$$A11 = D5 \times (1 - J5)$$

Dimana:

A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L)

D5 = konsentrasi influen COD pada bak pengendap (mg/L)

J5 = persentase penyisihan COD pada bak pengendap (%)

$$B11 = E5 \times (1 - K5)$$

Dimana:

B11 = konsentrasi influen BOD₅ pada unit AF (mg/L)

E5 = konsentrasi influen BOD₅ pada bak pengendap (mg/L)

K5 = persentase penyisihan BOD₅ pada bak pengendap (%)

F11 = IF (G5 < 20; (G5 - 10) x 0,39 / 20 + 0,47; IF (G5 < 25; (G5 - 20) x 0,14 / 5 + 0,86; IF (G5 < 30; (G5 - 25) x 0,08 / 5 + 1; 1,11)))

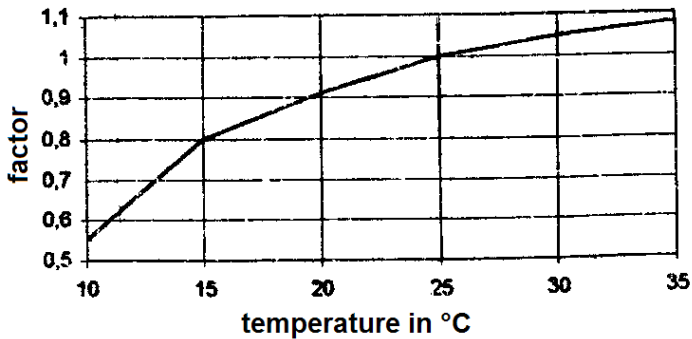
Dimana:

F11 = nilai faktor suhu terhadap penyisihan COD

G11 = nilai faktor kekuatan karakteristik air limbah terhadap penyisihan COD

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah

ABR: BODrem relative to temperature



(Sumber: Sasse, 2009)

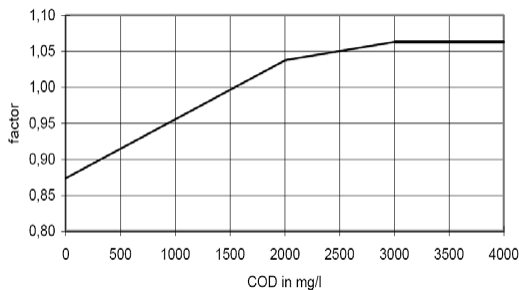
G11 = IF (A11 < 2000; A11 x 0,17 / 2000 + 0,87; IF (A11 < 3000; (A11 - 2000) x 0,02 / 1000 + 1,04; 0,6))

Dimana:

G11 = nilai faktor kekuatan karakteristik air limbah terhadap penyisihan COD

A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L)

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah



(Sumber: Sasse, 2009)

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

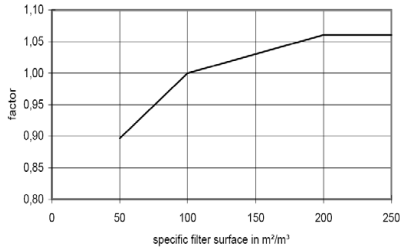
Dimana:

H11 = nilai faktor luas permukaan spesifik media pada AF terhadap penyisihan COD

C11 = luas permukaan spesifik media pada AF (m^2/m^3)

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah

anaerobic filter, CODrem in relation to specific filter surface



(Sumber: Sasse, 2009)

I11 = IF ($E11 < 12$; $E11 \times 0,16 / 12 + 0,44$; IF ($E11 < 24$; $(E11 - 12) \times 0,07 / 12 + 0,6$; IF ($E11 < 33$; $(E11 - 24) \times 0,03 / 9 + 0,67$; IF ($E11 < 100$; $(E11 - 33) \times 0,09 / 67 + 0,7$; 0,78))))

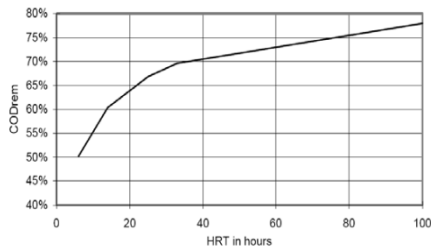
Dimana:

I11 = nilai faktor waktu tinggal pada unit AF terhadap penyisihan COD

E11 = waktu tinggal pada unit AF (hari)

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah

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



(Sumber: Sasse, 2009)

J11 = IF ($F11 \times G11 \times H11 \times I11 \times 91 + (D23 \times 0,04)$) < 0,98; $F11 \times G11 \times H11 \times I11 \times (1 + (D23 \times 0,04))$; 0,98)

Dimana:

J11 = persentase penyisihan COD pada unit AF

D23 = jumlah kompartemen pada unit AF

Persamaan tersebut bergantung pada kemampuan peningkatan efisiensi penyisihan dengan cara penambahan kamar atau kompartemen dengan membatasi nilai efisiensi penyisihan sampai dengan 98%

$K11 = A11 \times (1 - J11)$

Dimana:

K11 = konsentrasi efluen COD pada unit AF (mg/L)

A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L)

J11 = persentase penyisihan COD pada unit AF

$L11 = (1 - K11 / D5)$

Dimana:

L11 = persentase penyisihan COD pada bak pengendap dan AF

D5 = konsentrasi influen COD pada bak pengendap (mg/L)

K11 = konsentrasi efluen COD pada unit AF (mg/L)

Hitung dimensi tangki septik

Keterangan:

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

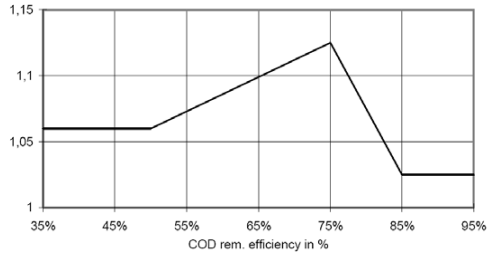
Dimana:

A17 = rasio penyisihan BOD/COD

L11 = persentase penyisihan COD pada bak pengendap + AF

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah tentang Grafik Hubungan Efisiensi Penyisihan BOD dan COD.

simplified curve of ratio of efficiency of
BOD removal to COD removal



(Sumber: Sasse, 2009)

$$B17 = L11 \times A17$$

Dimana:

B17 = persentase penyisihan BOD₅ pada bak pengendap + AF

L11 = persentase penyisihan COD pada bak pengendap + AF

A17 = rasio penyisihan BOD/COD

$$C17 = (1 - B17) \times E5$$

Dimana:

C17 = konsentrasi efluen BOD₅ pada unit AF

B17 = persentase penyisihan BOD₅ pada bak pengendap + AF

E5 = konsentrasi influen BOD₅ pada bak pengendap (mg/L)

$$F17 = \frac{2}{3} \times \frac{K17}{D17} / E17$$

Dimana:

F17 = panjang kompartemen pertama hasil perhitungan (m)

K17 = volume bak pengendap termasuk ruang lumpur (m³)

D17 = lebar bak pengendap (m)

E17 = minimum ketinggian air pada inlet (m)

$$H17 = F17 / 2$$

Dimana:

H17 = panjang kompartemen kedua hasil perhitungan (m)

F17 = panjang kompartemen pertama hasil perhitungan (m)

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

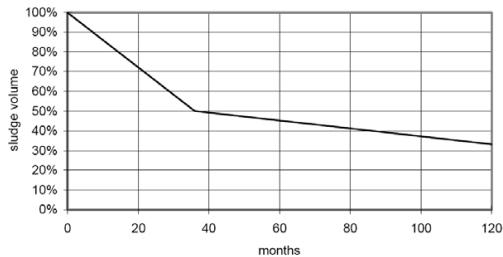
Dimana:

J17 = akumulasi lumpur (L/kg BOD)

I5 = waktu pengurasan lumpur (bulan)

Persamaan tersebut berkaitan dengan grafik dibawah

reduction of sludge volume during storage



(Sumber: Sasse, 2009)

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

Dimana:

K17 = volume bak pengendap termasuk ruang lumpur (m^3)

Persamaan di atas mempertimbangkan jika volume lumpur kurang dari setengah voume total, maka pengendap dapat dihilangkan.

$$L17 = (G17 + I17) \times E17 \times D17$$

Dimana:

L17 = volume aktual bak pengendap (m^3)

D17 = lebar bak pengendap (m)

E17 = minimum ketinggian air pada inlet (m)

G17 = panjang kompartemen pertama yang dipilih (m)

I17 = panjang kompartemen kedua yang dipilih (m)

2) Hitung dimensi *anaerobic filter*

Keterangan:

$$A23 = E11 \times A5 / 24$$

Dimana:

$$A23 = \text{volume unit AF } (m^3)$$

E11 = waktu tinggal pada unit AF (hari)

A5 = debit air limbah harian (m^3 /hari)

C23 = B23

Dimana:

C23 = panjang tiap kompartemen pada unit A (m)

B23 = kedalaman unit AF (m)

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

Dimana:

E23 = lebar unit AF (m)

A23 = volume unit AF (m^3)

B23 = kedalaman unit AF (m)

C23 = panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)

D11 = persentase massa kosong filter

D23 = jumlah kompartemen

G23 = ketinggian media filter (berjarak 40 cm di bawah permukaan air)

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

Dimana:

G23 = ketinggian media filter (berjarak 40 cm di bawah permukaan air)

B23 = kedalaman unit AF (m)

F23 = jarak media filter dengan dasar bak (m)

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

Dimana:

H23 = gas yang terbentuk dari bak pegnedap (m^3 /hari)

A5 = debit air limbah harian (m^3 /hari)

A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L)

D5 = konsentrasi influen COD (mg/L)

Metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang dipenyisihan

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

Dimana:

I23 = gas yang terbentuk dari unit AF (m^3 /hari)

A5 = debit air limbah harian (m^3 /hari)

A11 = konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L)

K11 = konsentrasi efluen COD pada unit AF (mg/L)

Metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang dipenyisihan

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

Dimana:

$$J23 = \text{total gas yang terbentuk (m}^3/\text{hari)}$$

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

Dimana:

$$K23 = \text{beban organik pada unit AF (<4,5 kg COD/m}^3.\text{hari)}$$

$$A5 = \text{debit air limbah harian (m}^3/\text{hari)}$$

$$A11 = \text{konsentrasi influen COD pada unit AF (mg/L)}$$

$$C23 = \text{panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)}$$

$$D11 = \text{persentase massa kosong filter}$$

$$D23 = \text{jumlah kompartemen}$$

$$E23 = \text{lebar unit AF (m)}$$

$$G23 = \text{ketinggian media filter (berjarak 40 cm di bawah permukaan air)}$$

$$L23 = C5 / (E23 \times C23 \times D11)$$

Dimana:

$$L23 = \text{maksimal kecepatan aliran ke atas pada AF (<2 m/jam)}$$

$$C5 = \text{debit puncak maksimum per jam (m}^3/\text{jam)}$$

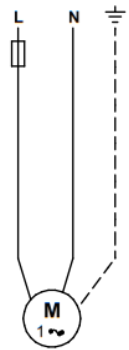
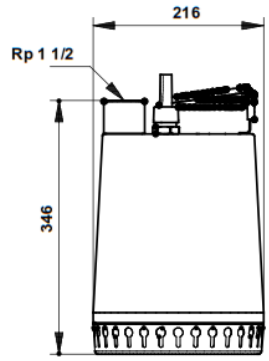
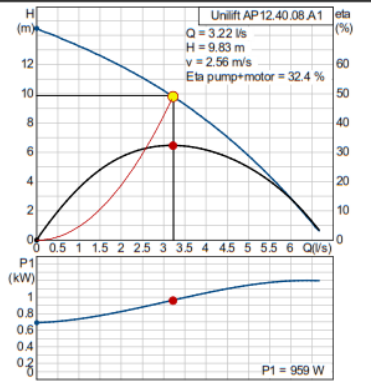
$$C23 = \text{panjang tiap kompartemen pada unit AF (m)}$$

$$D11 = \text{persentase massa kosong filter}$$

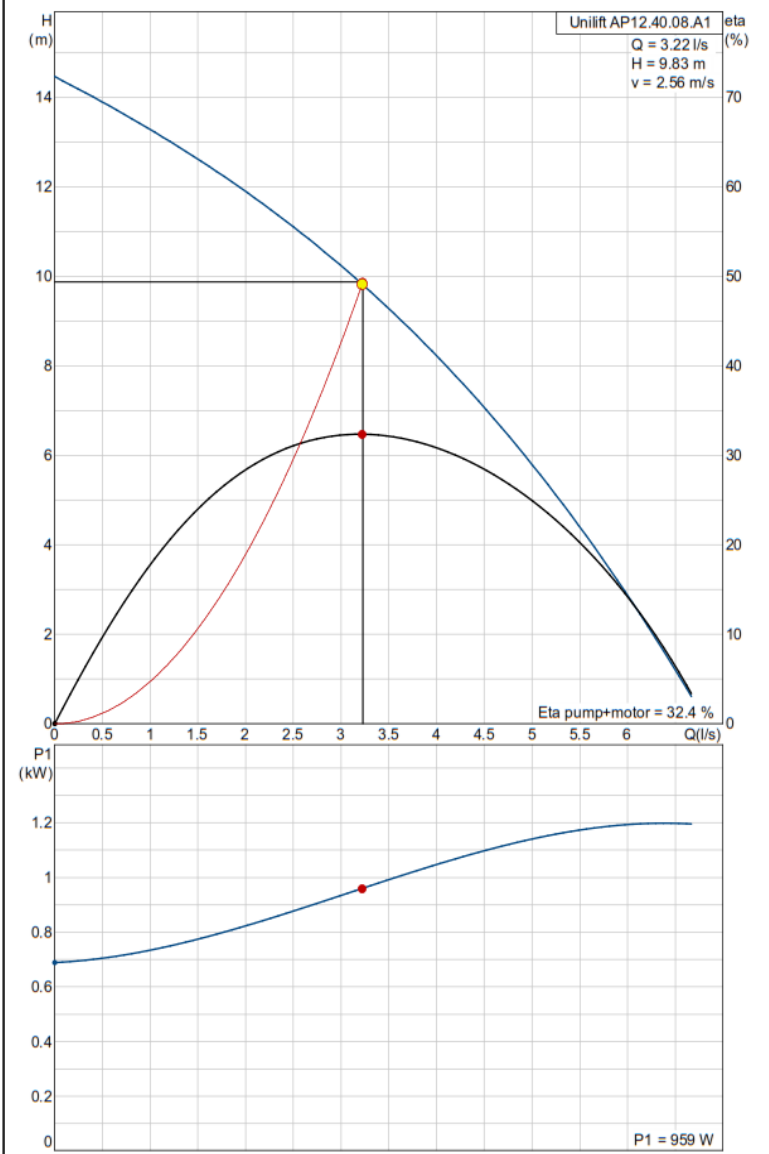
$$E23 = \text{lebar unit AF (m)}$$

Lampiran B Spesifikasi Pompa

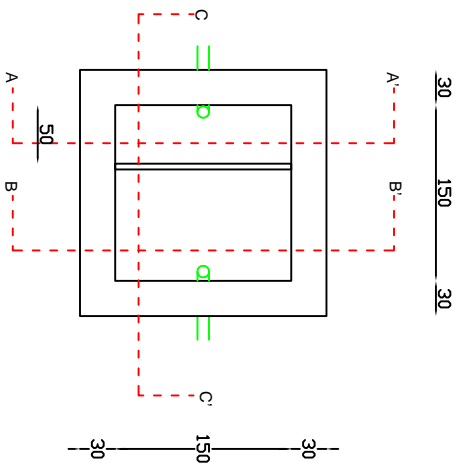
Description	Value
Product name:	Unilift AP12.40.08 A1
Product No:	96001807
EAN number:	5700390473846
Technical:	
Max flow:	21 m ³ /h
Head max:	15 m
Type of impeller:	SEM OPEN
Maximum particle size:	12 mm
Curve tolerance:	ISO 9906 Annex A
Materials:	
Pump housing:	Stainless steel 1.4301 DIN W.-Nr. 304 AISI
Impeller:	Stainless steel 1.4301 DIN W.-Nr. 304 AISI
Installation:	
Pump outlet:	Rp 1 1/2
Maximum installation depth:	10 m
Inst dry/wet:	D/S
Installation:	horizontal or vertical
Liquid:	
Liquid temperature range:	0 .. 55 °C
Electrical data:	
Type of motor:	PSC
Power input - P1:	1.3 kW
P2:	0.8 kW
Mains frequency:	50 Hz
Rated voltage:	1 x 230 V
Rated current:	5.9 A
Cos phi - power factor:	0.99
Rated speed:	2780 rpm
Capacitor size - run:	16 µF/400 V
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Motor protec:	CONTACT
Thermal protec:	internal
Length of cable:	3 m
Type of cable plug:	AU
Controls:	
Level switch:	float switch
Others:	
Net weight:	12.6 kg
Gross weight:	13.2 kg



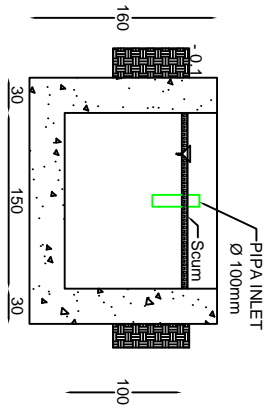
96001807 Unilift AP12.40.08.A1



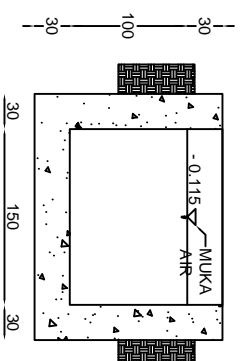
Lampiran C
Gambar Teknik Perencanaan



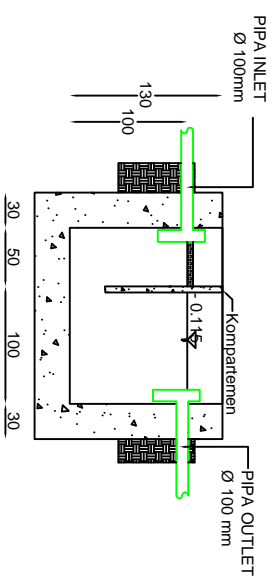
Denah Grease Trap
Skala 1:50



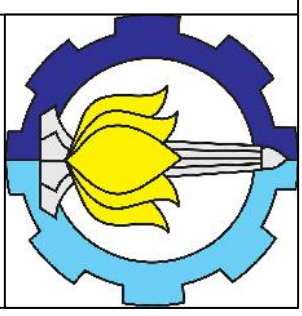
Potongan A - A' Grease Trap
Skala 1:50



Potongan B - B' Grease Trap
Skala 1:50



Potongan C - C' Grease Trap
Skala 1:50



Jurusan
Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

- Muka Tanah
- Beton
- Tanah Urug

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

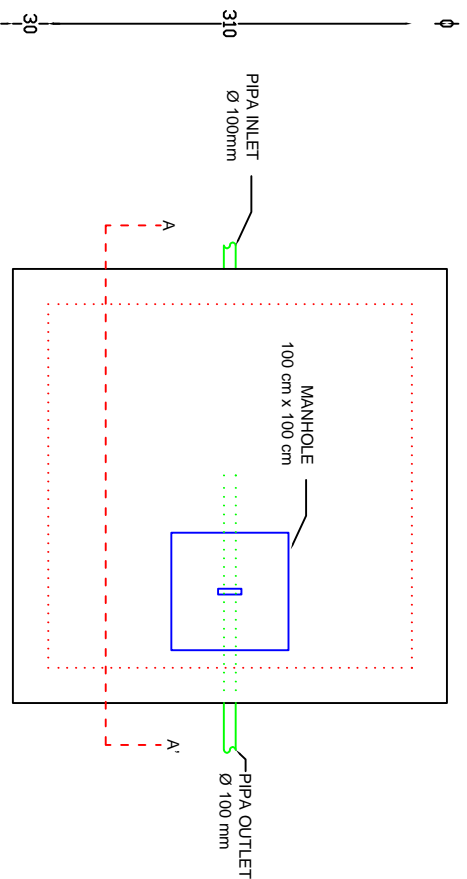
Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

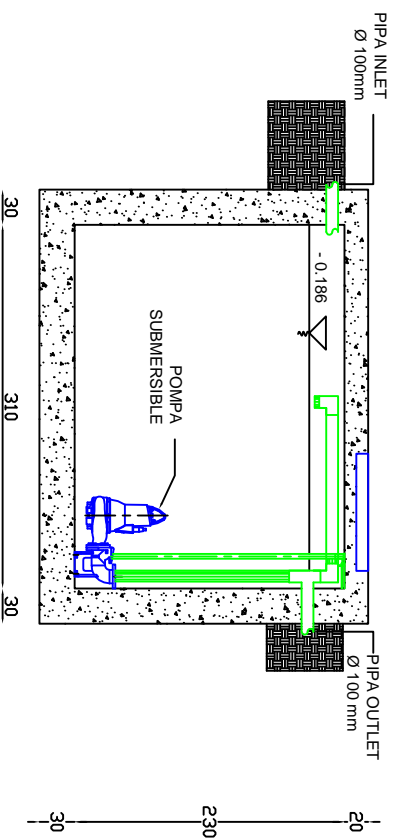
- Denah Grease Trap
- Potongan A-A' Grease Trap
- Potongan B-B' Grease Trap
- Potongan C-C'

Skala No. Gambar

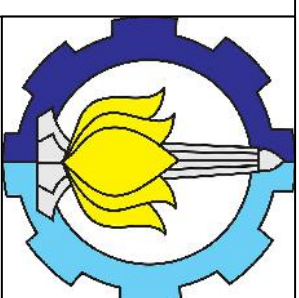
1 : 50 1



Denah Bak Ekuwalisasi
Skala 1:50



Potongan A - A' Bak Ekuwalisasi
Skala 1:50



Jurusan
Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

- Muka Tanah
- Beton
- Tanah Urug

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

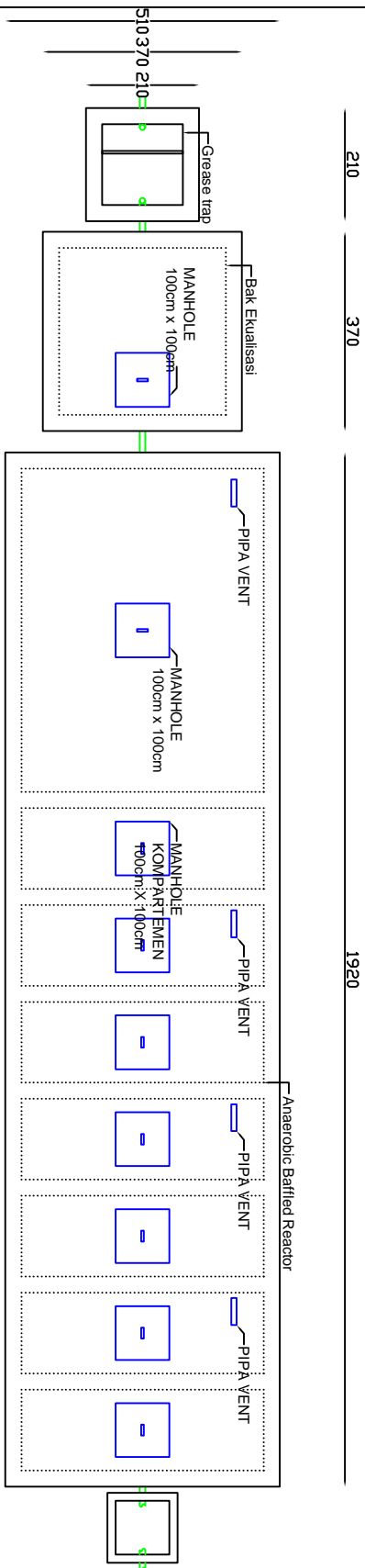
- Denah Bak Ekuwalisasi
- Potongan A-A'
Bake Ekuwalisasi

Skala

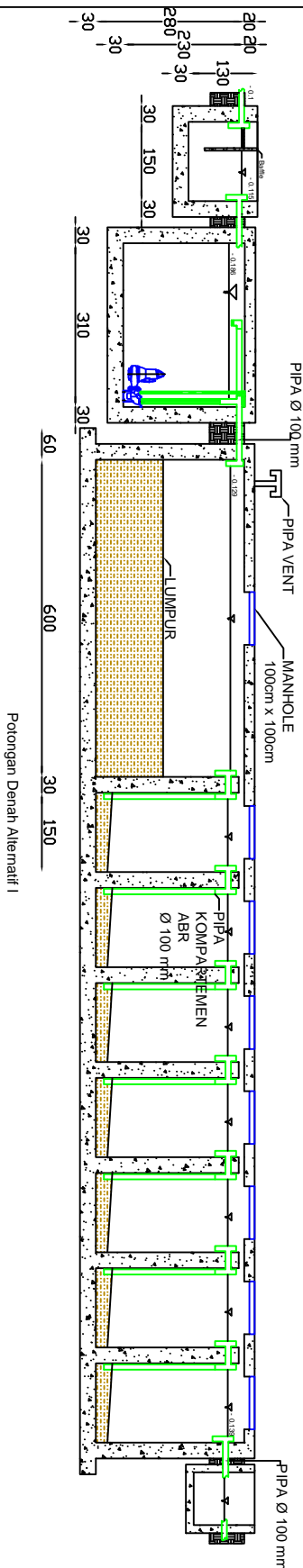
No. Gambar

1 : 50

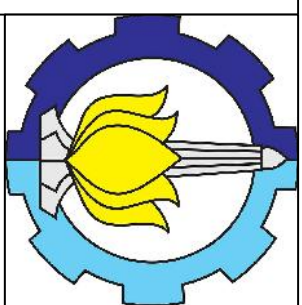
2



Denah Alternatif I



Potongan Denah Alternatif I



Jurusan
Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

- Muka Tanah
- Beton
- Tanah Urug
- Lumpur

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

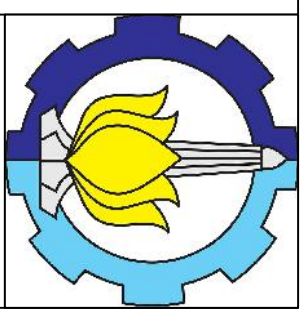
Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

Denah Alternatif I

Skala No. Gambar

1 : 100 3



Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

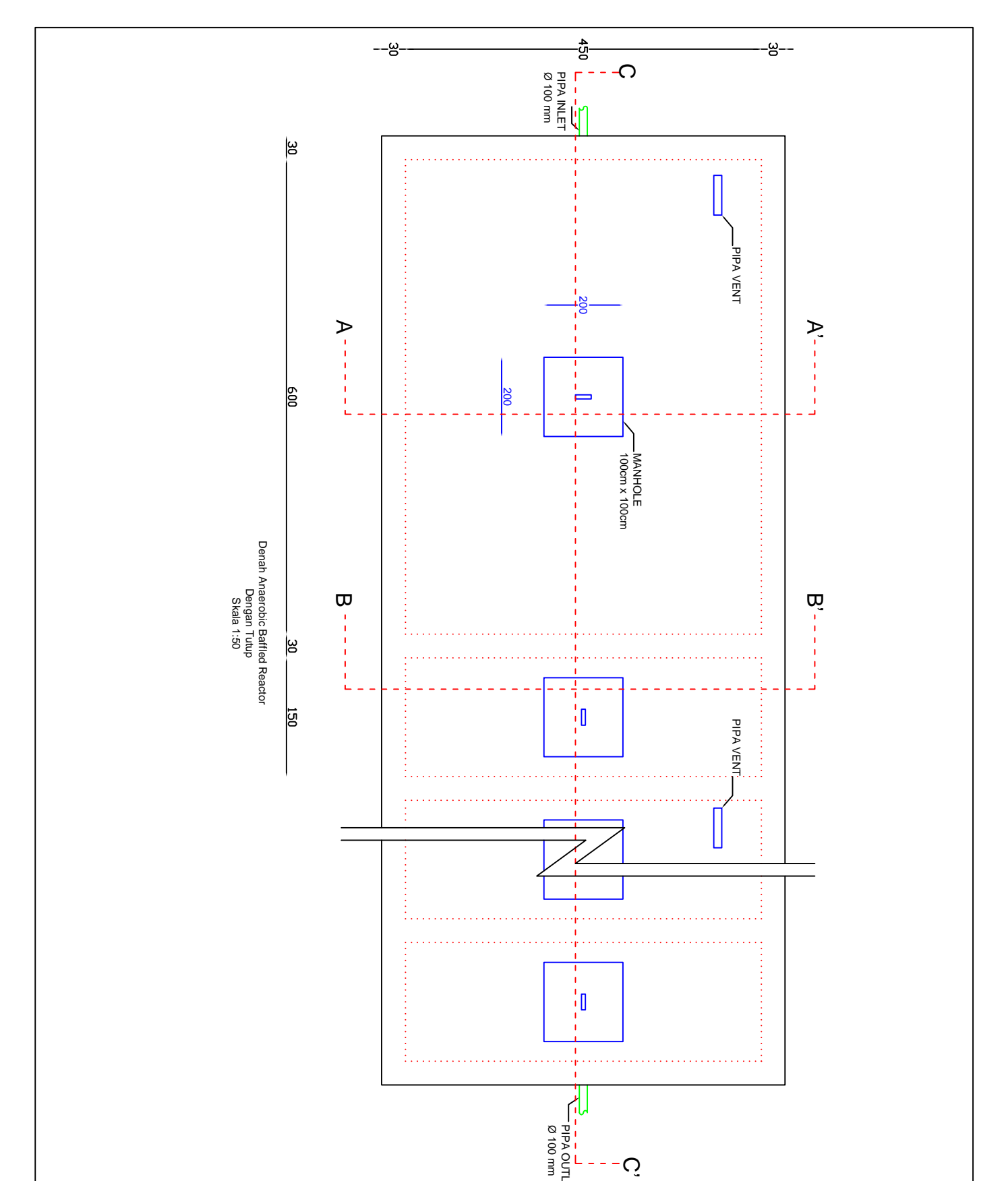
Denah Anaerobic Baffled Reactor
Dengan Tuup

Skala

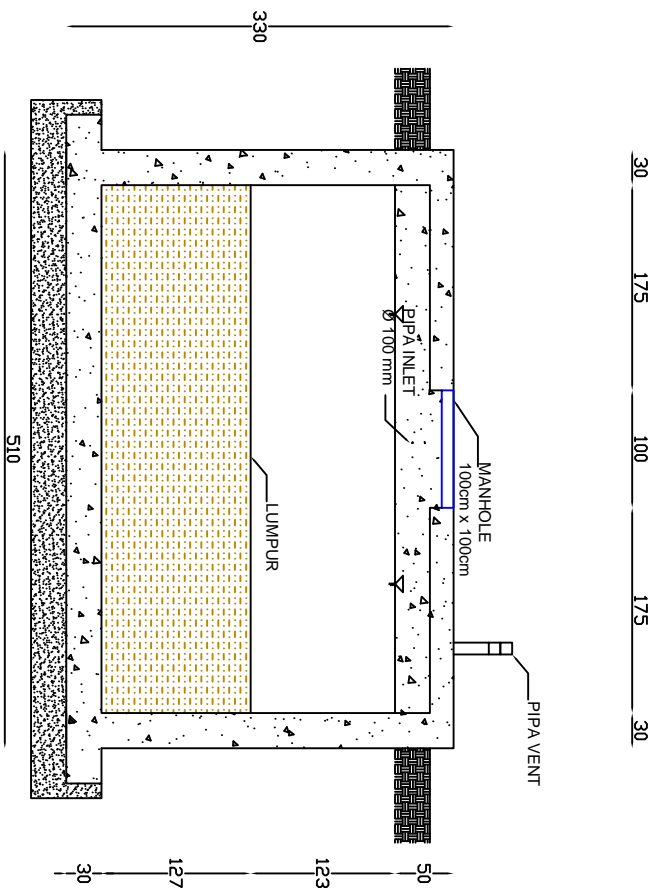
No. Gambar

1 : 50

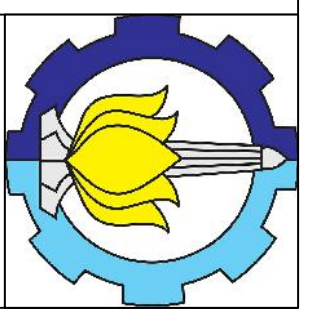
4



Denah Anaerobic Baffled Reactor
Dengan Tuup
Skala 1:50



Potongan A - A'
Anaerobic Baffled Reactor
Skala 1:50







Jurusan
Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

-  Muka Tanah
-  Beton
-  Tanah Urug
-  Lumpur

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

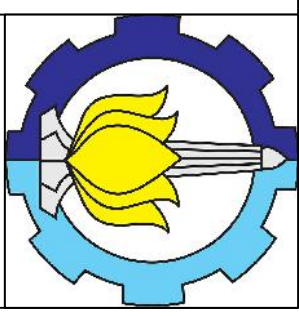
Potongan A-A'
Anaerobic Baffled Reactor

Skala

No. Gambar

1 : 50

5






Jurusan

Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
 Limbah Domestik dengan Proses
 Anaerobic Baffled Reactor dan
 Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
 Lima Surabaya

Legenda

-  Muka Tanah
-  Beton
-  Tanah Urug

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
 3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
 19530502 198103 1 004

Judul Gambar

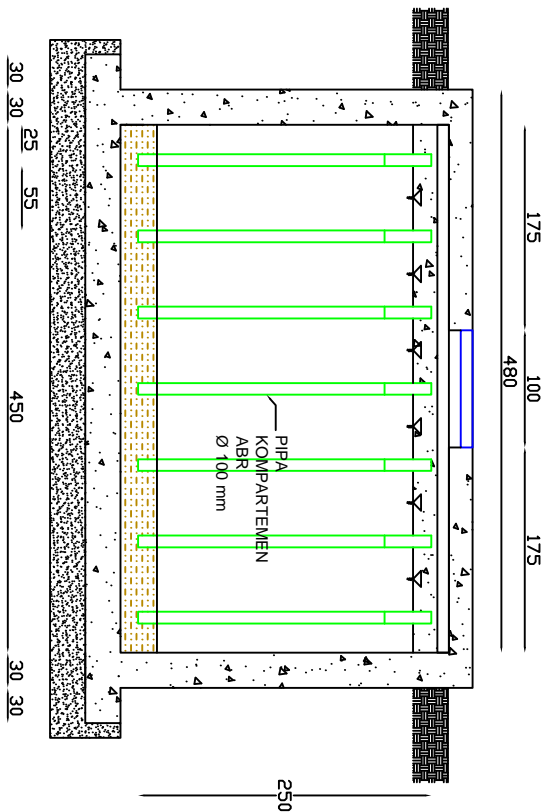
Potongan B-B'
 Anaerobic Baffled Reactor

Skala

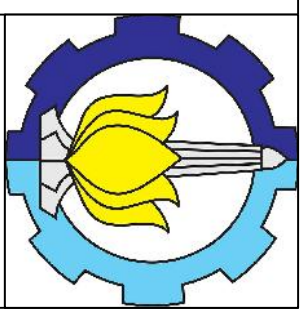
No. Gambar

1 : 50

6



Potongan B - B'
 Anaerobic Baffled Reactor
 Skala 1:50



Jurusan

Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
 Limbah Domestik dengan Proses
 Anaerobic Baffled Reactor dan
 Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
 Lima Surabaya

Legenda

- Muka Tanah
- Beton
- Tanah Urug

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
 3313100042

Dosen Pembimbing

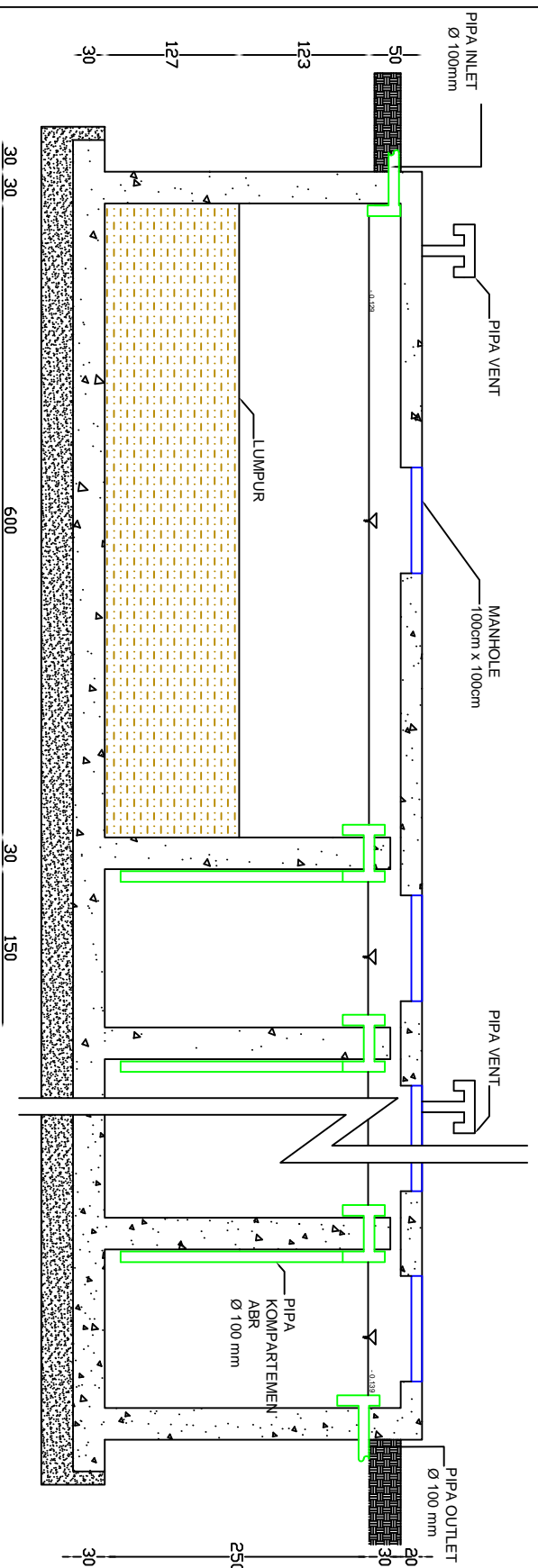
Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.,
 19530502 198103 1 004

Judul Gambar

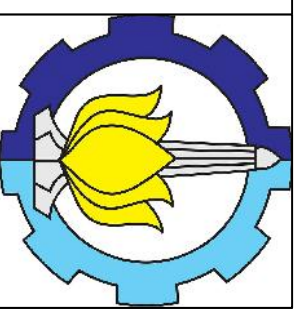
Potongan C-C'
 Anaerobic Baffled Reactor

Skala No. Gambar

1 : 50 7



Potongan C - C'
 Anaerobic Baffled Reactor
 Skala 1:50








Jurusan

Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
 Limbah Domestik dengan Proses
 Anaerobic Baffled Reactor dan
 Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
 Lima Surabaya

Legenda

-  Muka Tanah
-  Beton
-  Tanah Urug
-  Media Sarang Tawon
-  Penyangga Media

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidyq
 3313100042

Dosen Pembimbing

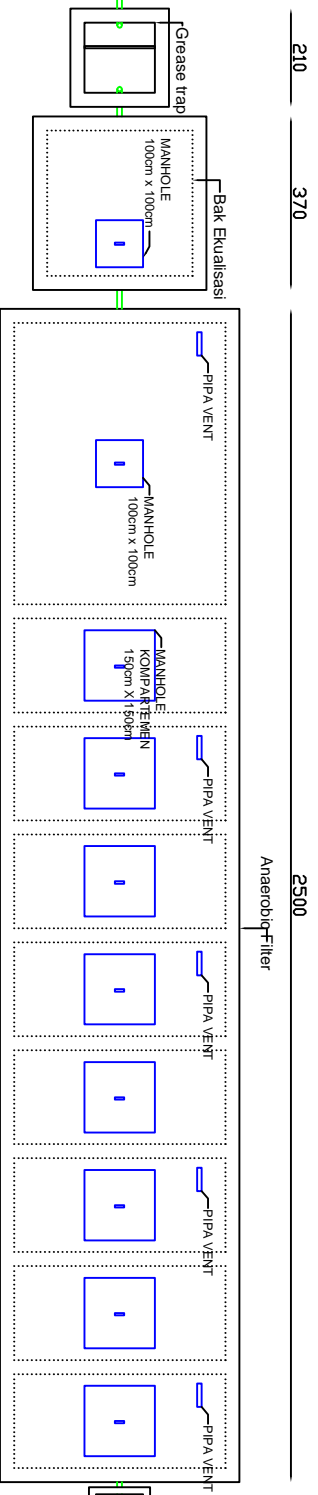
Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
 19530502 198103 1 004

Judul Gambar

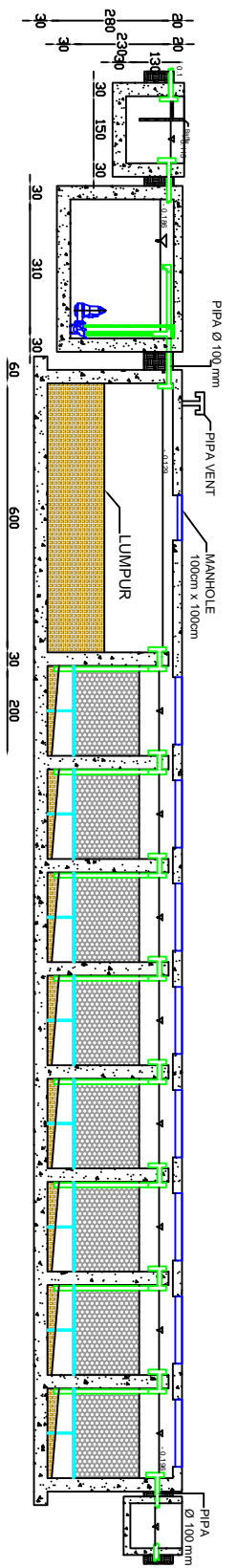
Denah Alternatif II

Skala No. Gambar

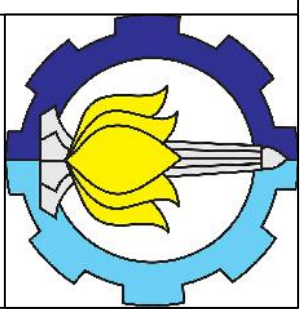
1 : 125 8



Denah Alternatif II



Potongan Denah Alternatif II



Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

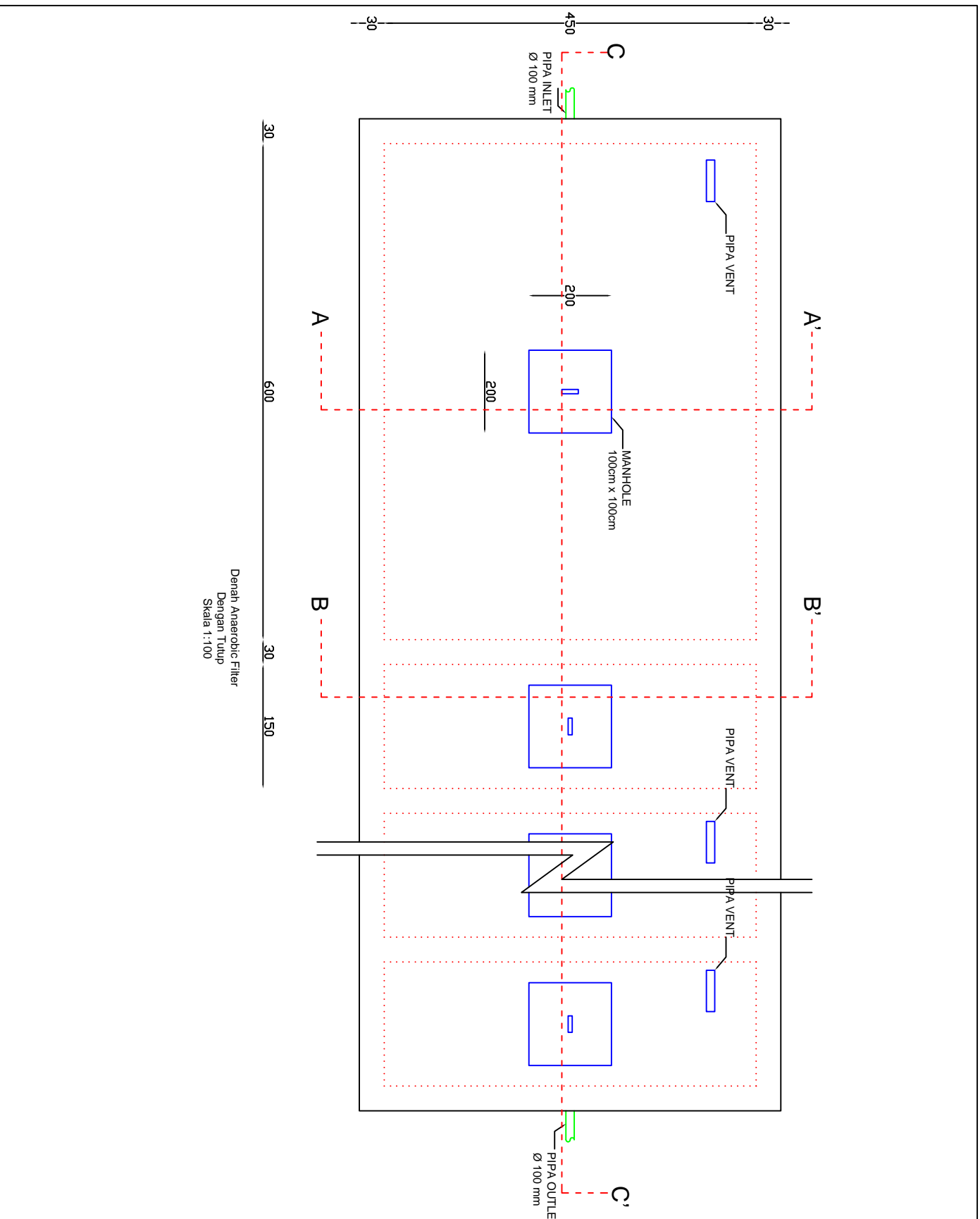
Denah Anaerobic Filter
dengan Tuup

Skala

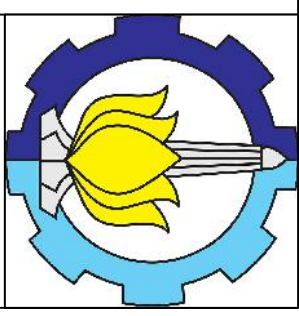
No. Gambar

1 : 50

9



Denah Anaerobic Filter
Dengan Tuup
Skala 1:100







Jurusan

Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
Limbah Domestik dengan Proses
Anaerobic Baffled Reactor dan
Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
Lima Surabaya

Legenda

-  Muka Tanah
-  Beton
-  Tanah Urug
-  Lumpur

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
19530502 198103 1 004

Judul Gambar

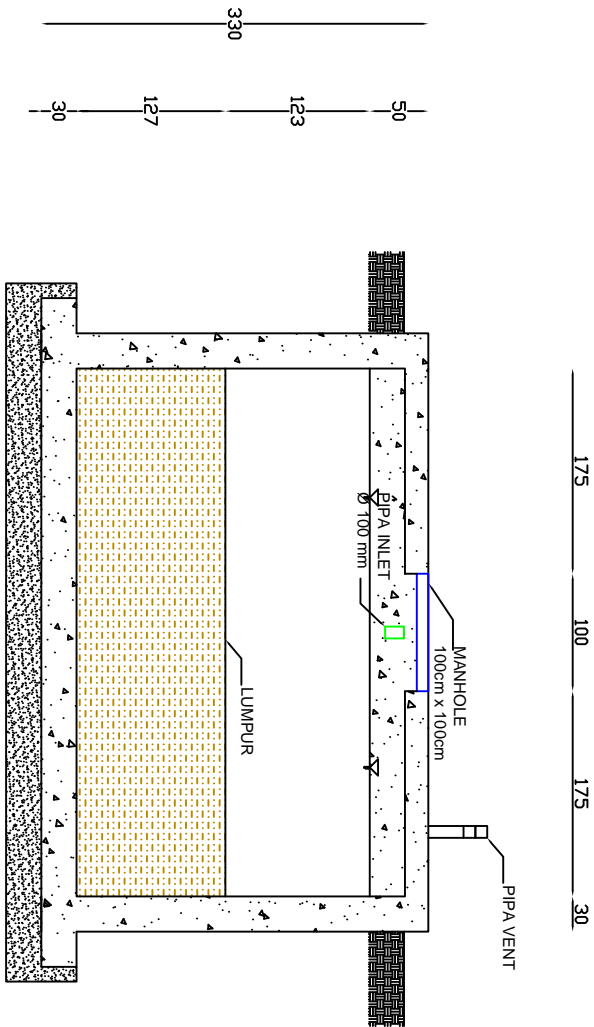
Potongan A-A'
Anaerobic Filter

Skala

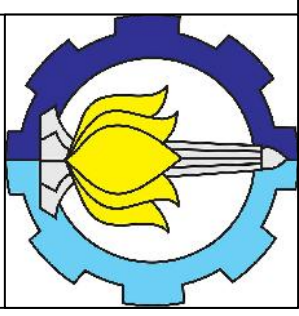
No. Gambar

1 : 50

10



Potongan A - A'
Anaerobic Filter
Skala 1:50



Jurusan

Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
 Limbah Domestik dengan Proses
 Anaerobic Baffled Reactor dan
 Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
 Lima Surabaya

Legenda

	Muka Tanah
	Beton
	Tanah Urug
	Media Sarang Tawon
	Penyangga Media
	Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
 3313100042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
 19530502 198103 1 004

Judul Gambar

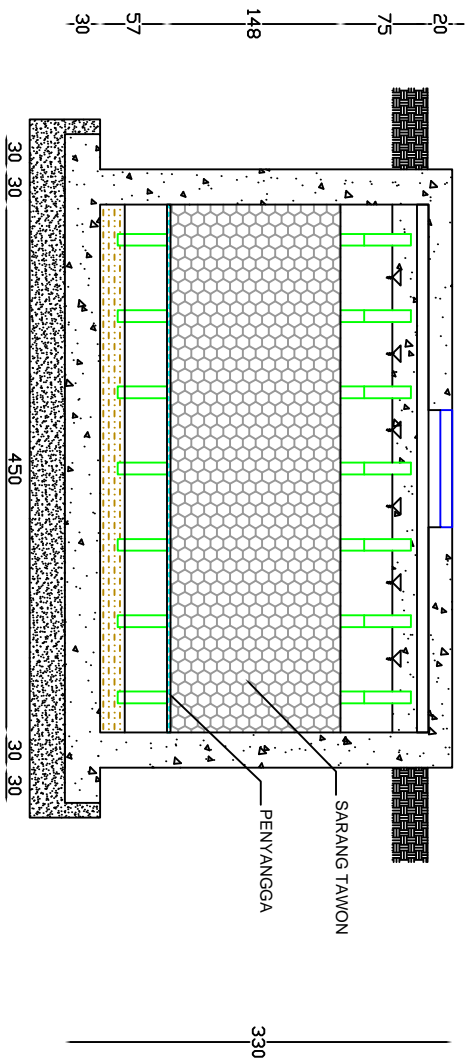
Potongan B-B'
 Anaerobic Filter

Skala

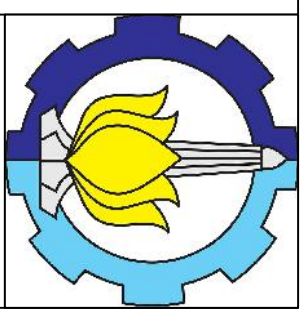
No. Gambar

1 : 50

11



Potongan B - B'
 Anaerobic Filter
 Skala 1:50








Jurusan

Teknik Lingkungan
 Fakultas Teknik Sipil dan
 Perencanaan
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember
 Surabaya

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air
 Limbah Domestik dengan Proses
 Anaerobic Baffled Reactor dan
 Anaerobic Filter pada Hotel Bintang
 Lima Surabaya

Legenda

-  Muka Tanah
-  Beton
-  Tanah Urug
-  Media Saringan Tawon
-  Penyanga Media

Mahasiswa

Aftan Maulana Assidiqy
 3313100042

Dosen Pembimbing

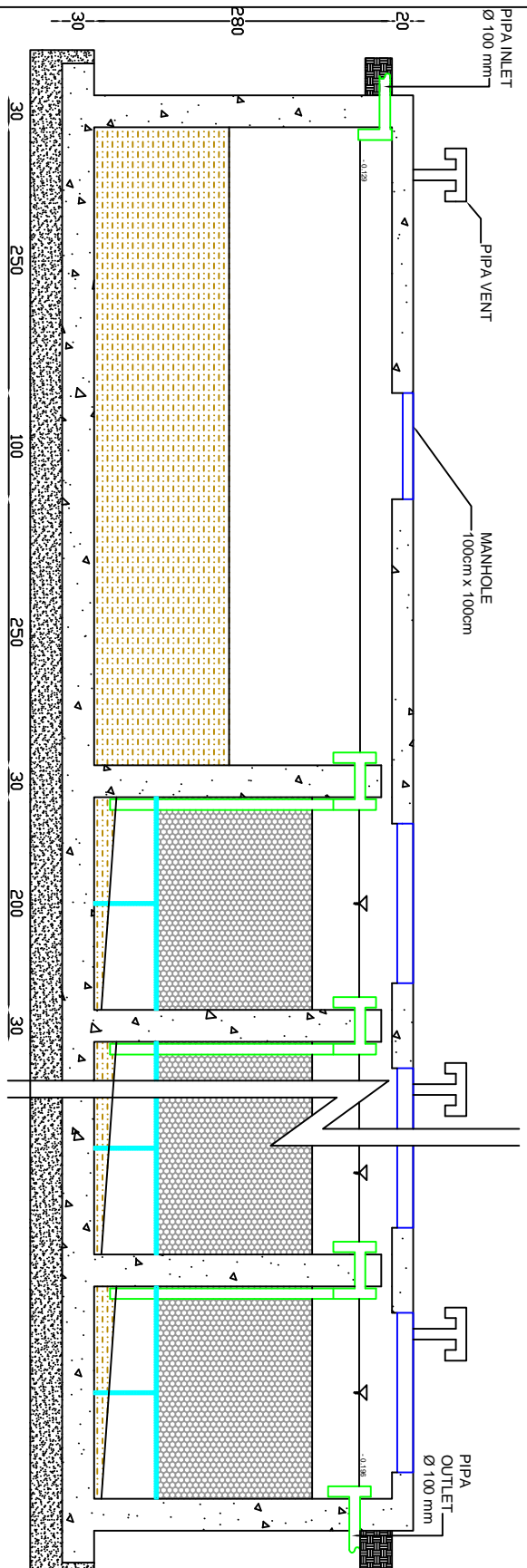
Dr. Ir. Mohammad Razif M.M.,
 19530502 198103 1 004

Judul Gambar

Potongan C-C'
 Anaerobic Filter

Skala No. Gambar

1 : 50 12



Potongan C - C'
 Anaerobic Filter
 Skala 1:50

BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Affan Maulana Assidiqy lahir di Cilegon pada tanggal 30 Agustus 1994. Penulis mengenyam pendidikan tingkat di SMA Cahaya Madani Banten Boarding School pada tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada Tahun 2013

dan terdaftar dengan NRP 3313 100 042

Semasa kuliah, penulis terdaftar sebagai pengurus aktif Badan Eksekutif Mahasiswa FTSP kepengurusan 2014-2015 dan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS, Surabaya kepengurusan 2015-2016. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di Krakatau Steel (Persero) Tbk. Penulis dapat dihubungi melalui email affan.maulana08@gmail.com