



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH NONMEDIS DENGAN ALTERNATIF
ANAEROBIC FILTER - BAK AERASI DAN
KOMBINASI BIOFILTER ANAEROBIK - AEROBIK
UNTUK RUMAH SAKIT KELAS C**

SYAUQY IHSAN
3313100053

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

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



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH NONMEDIS DENGAN ALTERNATIF
ANAEROBIC FILTER - BAK AERASI DAN
KOMBINASI BIOFILTER ANAEROBIK - AEROBIK
UNTUK RUMAH SAKIT KELAS C**

SYAUQY IHSAN
3313100053

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

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



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT
PLANT FOR NONMEDIC WASTEWATER USING
ALTERNATIVE OF ANAEROBIC FILTER -
AERATION BASIN AND ANAEROBIC - AEROBIC
BIOFILTER COMBINATION FOR HOSPITAL
CLASS C**

SYAUQY IHSAN
3313100053

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

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
NONMEDIS DENGAN ALTERNATIF ANAEROBIC FILTER –
BAK AERASI DAN KOMBINASI BIOFILTER ANAEROBIK –
AEROBIK UNTUK RUMAH SAKIT KELAS C**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopmeber

Oleh

SYAUQY IHSAN
NRP. 3313 100 053

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



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

NIP. 19550128 1985032 2 001



**Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis
Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan
Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit
Kelas C**

Nama Mahasiswa: Syaquy Ihsan

NRP: 3313100053

Jurusan: Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

ABSTRAK

Laporan Kinerja Pemerintah Kota Surabaya Tahun 2014 menyatakan bahwa hanya 60% rumah sakit di Surabaya yang sudah mengolah air limbahnya, masih ada beberapa efluen air limbah dari rumah sakit yang belum memenuhi baku mutu dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Contohnya hasil analisa efluen sebuah rumah sakit kelas C masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan pengolahan air limbah pada rumah sakit kelas tersebut belum dipisahkan antara air limbah non medis dan air limbah medis. Pengolahan air limbah medis dan non medis sebaiknya dipisahkan, karena air limbah nonmedis bersifat non-toksik sedangkan air limbah medis bersifat toksik. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan air limbah khusus untuk air limbah non medis. Rencana desain IPAL terbagi dalam dua alternatif, yaitu alternatif pertama menggunakan *Anaerobic Filter* – bak aerasi dan alternatif kedua menggunakan kombinasi biofilter anaerobik – aerobik. Alternatif pertama ini dipilih karena memiliki tingkat penyisihan padatan terlarut dan nutrien yang tinggi. Alternatif kedua dipilih dikarenakan proses kombinasi anaerobik dan aerobik memiliki nilai penyisihan komponen pencemar yang paling tinggi.

Perencanaan ini diawali dengan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah debit air limbah nonmedis sebuah rumah sakit kelas C dan sampel air limbah nonmedis rumah sakit kelas C. Data sekunder yang digunakan adalah Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya Tahun 2016, data okupansi, kapasitas, dan fasilitas rumah sakit kelas C di Surabaya. Lalu dilakukan pengolahan data berupa perhitungan dimensi untuk masing-masing unit dalam dua

alternatif IPAL, serta membuat *Detailed Engineering Design* (DED), *Bill Of Quantity* (BOQ), dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Setelah itu dibandingkan alternatif mana yang cocok untuk rumah sakit kelas C.

Hasil Perhitungan dari alternatif IPAL I, didapatkan unit bak ekualisasi sebanyak 1 buah, tangki septik sebanyak 1 buah, *Anaerobic Filter* 4 kompartemen, bak aerasi 1 buah, *clarifier* 1 buah, filtrasi 1 buah, desinfeksi 1 buah. Hasil Perhitungan dari alternatif IPAL II, didapatkan unit bak ekualisasi sebanyak 1 buah, tangki septik sebanyak 1 buah, biofilter anaerobik 4 kompartemen, biofilter aerobik 4 kompartemen, bak pengendap akhir 1 buah, filtrasi 1 buah, filtrasi 1 buah, desinfeksi 1 buah. IPAL I memiliki keunggulan dalam segi volume, luas lahan, efisiensi penyisihan kandungan pencemar, dan efluen air limbah dibanding IPAL II. Oleh karena itu disimpulkan bahwa unit IPAL I lebih cocok digunakan untuk rumah sakit kelas C. RAB untuk IPAL I sebesar Rp 293.997.988 dan IPAL II sebesar Rp 448.863.392.

Kata Kunci: air limbah nonmedis, *Anaerobic Filter*, bak aerasi, IPAL, rumah sakit.

Design of Wastewater Treatment Plant for Nonmedic Wastewater Using Alternative of *Anaerobic Filter* – Aeration Basin and Anaerobic – Aerobic Biofilter Combination for Hospital Class C

Student Name: Syaquy Ihsan

NRP: 3313100053

Department: Environmental Engineering

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

ABSTRACT

Government's Performance Report of Surabaya City in 2014 stated that only 60% of hospitals in Surabaya has already processed their waste water, but some of those hospitals' effluent is still remained to be unfulfilled the quality standard by the Regulation of East Java's Governor number 72 in 2013. For example, the analysis result of effluent produced by C class hospitals still couldn't pass the quality standard in the Regulation of East Java's Governor number 72 in 2013 and there haven't been a separation between non medical and medical waste in the process. There should be a separation between the medical and non medical waste water process because character of non medical waste water is non toxic meanwhile the medical waste water is toxic. Therefore, specific nonmedic wastewater treatment is needed. The design of IPAL that meant to be designed is divided in two alternatives, the first by using Anaerobic Filter – aeration basin and the second by using biofilter combination of anaerobic-aerobic. The first alternative uses Anaerobic Filter – aeration basin is chosen because it has a high dissolved solid and nutrient removal rate. The second alternative uses bio-filter combination of biofilter anaerobic-aerobic is chosen because the process of combinations by anaerobic and aerobic has the highest pollution component removal rate.

This design is started by gathering primary data and secondary data. Primary data that used in this design is C class hospital nonmedical wastewater debit and characteristic. Secondary data that used in this design is activities principal unit price Surabaya City 2016, C class hospital occupancy, capacity, and facilities data in Surabaya. And then, process the data into

calculation of dimension for each units in two wastewater alternatives, also create *Detailed Engineering Design* (DED), Bill of Quantity (BOQ), Cost Budget Plan. After that, the two alternatives have to be compared to get the alternative that can be used in C class hospitals.

The calculation result from IPAL I alternative is 1 unit of equalization tank, 1 unit of septic tank, 4 compartments of *Anaerobic Filter*, 1 unit of aeration basin, 1 unit of clarifier, 1 unit of filtration, and 1 unit of disinfection. The calculation result from IPAL II alternative is 1 unit of equalization tank, 1 unit of septic tank, 4 compartments of *Anaerobic Filter*, 4 compartments of aerobic filter, 1 unit of filtration, and 1 unit of disinfection. IPAL I has more advantage in volume, area, removal efficiency, and wastewater effluent compared to IPAL II, therefore it is to be concluded that IPAL I is suitable for C class hospital. The cost for IPAL I is Rp 293.997.988 and for IPAL II is Rp 448.863.392.

Keyword: nonmedic wastewater *Anaerobic Filter*, aeration basin, wastewater treatment plant, hospital.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan anugrah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit Kelas C” ini dengan lancar dan tepat waktu.

Laporan ini disusun berdasarkan buku panduan yang berkaitan dengan Tugas Akhir, serta informasi dari media yang berhubungan dengan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit Kelas C. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan yang telah diberikan,
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D, Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM, dan Ibu Ir. Atiek Moesrati, M.Kes selaku dosen penguji arahnya.
3. Teman – teman Teknik Lingkungan ITS angkatan 2013 atas bantuannya dalam mengerjakan proposal ini,
4. Ayah, Bunda, Rafi dan Dinda atas segala dukungan baik moral, materi, dan doanya,
5. Anindita Hanalestari Setiawan, Widi, Edwin, Andre, Tamara dan Indi atas dukungan tanpa henti dalam pengerjaan proposal ini,

Akhir kata, penulis menyadari laporan ini masih banyak kekurangan di dalamnya, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 19 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
1. 1. Latar Belakang	1
1. 2. Rumusan Masalah	2
1. 3. Maksud dan Tujuan	2
1. 4. Ruang Lingkup	3
1. 5. Manfaat	4
BAB II	5
2.1. Gambaran Umum Objek Perencanaan	5
2.2. Pengertian Air limbah	7
2.3. Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit	8
2.4. Karakteristik Air limbah Nonmedis Rumah Sakit	9
2.4.1. Biochemical Oxygen Demand (BOD)	9
2.4.2. Total Suspended Solid (TSS)	10
2.4.3. Chemical Oxygen Demand (COD)	10
2.4.4. Phospat	11
2.4.5. Amonia (NH ₃)	11

2.4.6.	Bakteri Coliform.....	12
2.5.	Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit.....	12
2.6.	Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis ...	13
2.7.	Pengolahan Pendahuluan (pre treatment)	14
2.8.	Anaerobic Filter.....	15
2.9.	Bak Aerasi	21
2.10.	Bak Pengendap II (Clarifier)	22
2.11.	Sistem Kombinasi Biofilter Anaerobik - Aerobik	23
2.12.	Filtrasi	25
2.13.	Desinfeksi	26
2.14.	Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III.....		31
3.1.	Kerangka Perencanaan	31
3.2.	Tahapan Perencanaan	34
BAB IV		37
4.1.	Perhitungan Debit Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit..	37
4.2.	Karakteristik Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit Kelas C 37	
4.3.	Alternatif Unit IPAL	39
4.4.	Perhitungan Detailed Engineering Design (DED) IPAL..	40
4.4.1.	DED Bak Ekualisasi	41
4.4.2.	DED Anaerobic Filter	48
4.4.3.	DED Bak Aerasi	64
4.4.4.	DED Clarifier	72
4.4.5.	DED Kombinasi Biofilter Anaerobik dan Aerobik	78
4.4.6.	DED Filtrasi	108

4.4.7.	DED Desinfeksi	112
4.5.	Kesetimbangan Massa	115
4.6.	BOQ dan RAB.....	118
4.6.1.	Bill of Quantity (BOQ).....	118
4.6.2.	Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	125
4.7.	Perbandingan Masing-Masing Alternatif IPAL.....	134
BAB V	139
5.1.	Kesimpulan	139
5.2.	Saran.....	139
DAFTAR PUSTAKA.....		141
BIOGRAFI.....		147

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alternatif IPAL I.....	13
Gambar 2. 3 Desain <i>Anaerobic Filter</i>	17
Gambar 2. 4 Grafik Faktor Temperatur	18
Gambar 2. 5 Grafik Faktor <i>Strength</i>	18
Gambar 2. 6 Grafik Faktor Permukaan Filter	19
Gambar 2. 7 Grafik Faktor HRT	19
Gambar 2. 8 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilter Anaerobik – Aerobik	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan	32
Gambar 4. 1 Alternatif IPAL I.....	39
Gambar 4. 2 Alternatif IPAL II.....	40
Gambar 4. 3 Grafik Debit Air Limbah	45
Gambar 4. 4 Grafik Faktor HRT	52
Gambar 4. 5 Grafik Rasio BODrem/CODrem.....	51
Gambar 4. 6 Grafik Faktor Temperatur	55
Gambar 4. 7 Grafik Faktor Luas Permukaan Filter spesifik	56
Gambar 4. 8 Grafik Faktor Waktu Tinggal (HRT)	56
Gambar 4. 9 Rasio efisiensi BODrem/CODrem	57
Gambar 4. 10 Grafik Faktor HRT	81
Gambar 4. 11 Grafik Rasio BODrem/CODrem.....	80
Gambar 4. 12 Grafik Faktor Temperatur	85
Gambar 4. 13 Grafik Faktor Luas Permukaan Filter spesifik	85
Gambar 4. 14 Grafik Faktor Waktu Tinggal (HRT)	86
Gambar 4. 15 Rasio efisiensi BODrem/CODrem	87
Gambar 4. 16 Grafik Faktor Temperatur	95
Gambar 4. 17 Grafik Faktor Luas Permukaan Filter spesifik	96
Gambar 4. 18 Grafik Faktor Waktu Tinggal (HRT)	96
Gambar 4. 19 Rasio efisiensi BODrem/CODrem	97
Gambar 4. 20 Mass Balance Bak Ekualisasi.....	116
Gambar 4. 21 Mass Balance <i>Anaerobic Filter</i>	116

Gambar 4. 22 Mass Balance Bak Aerasi	117
Gambar 4. 23 Mass Balance Biofilter Aerobik.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit.	13
Tabel 2. 2 Kriteria Desain Bak Pengendap II	22
Tabel 2. 3 Kriteria Biofilter Aerobik	24
Tabel 2. 4 Kriteria Biofilter Anaerobik	24
Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit Kelas C	37
Tabel 4. 2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit	38
Tabel 4. 3 Hasil Perbandingan	38
Tabel 4. 4 Debit Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit Kelas C	41
Tabel 4. 5 Harga Satuan Untuk per Kegiatan.....	126
Tabel 4. 6 RAB IPAL I.....	130
Tabel 4. 7 RAB IPAL II.....	131
Tabel 4. 8 Volume IPAL I.....	134
Tabel 4. 9 Luas Lahan IPAL I	135
Tabel 4. 10 Volume IPAL II.....	135
Tabel 4. 11 Luas Lahan IPAL II	136
Tabel 4. 12 Efisiensi Penyisihan IPAL I	137
Tabel 4. 13 Efluen IPAL I.....	137
Tabel 4. 14 Efisiensi Penyisihan IPAL II.....	137
Tabel 4. 15 Efluen IPAL II.....	137
Tabel 4. 16 Perbandingan RAB.....	138
Tabel 4. 17 Perbandingan Biaya Operasional.....	138

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pipa PVC Wavin

Lampiran 2 Pompa *Submersible* Grundfos

Lampiran 3 Pompa *Submersible* Tsurumi

Lampiran 4 *Dosing Pump* Grundfos

Lampiran 5 Gambar *Detailed Engineering Design* (DED)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Pada kota Surabaya, terdapat Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit, yang menyatakan bahwa setiap rumah sakit untuk mengolah air limbah sesuai dengan standar baku mutu yang diijinkan, maka kebutuhan teknologi pengelolaan air limbah rumah sakit khususnya yang murah dan hasilnya pengolahannya efektif perlu dikembangkan.

Namun berdasarkan Laporan Kinerja Pemerintah Kota Surabaya Tahun 2014 kenyataannya hanya 60% rumah sakit di Surabaya yang sudah mengolah air limbahnya, namun ada beberapa yang belum memenuhi baku mutu. Pengolahan air limbah medis dan nonmedis sebaiknya diperlukan pemisahan unit pengolahan karena air limbah nonmedis ini bersifat non-toksik sedangkan air limbah medis bersifat toksik. Dimana pada limbah medis lebih banyak terdapat kandungan biologis dengan berbagai macam sifat.

Tiap rumah sakit akan menghasilkan limbah, baik itu limbah medis maupun nonmedis, limbah tersebut harus diolah dahulu kedalam IPAL sebelum dapat dibuang ke badan air. Kondisi pengolahan air limbah rumah sakit kelas C di Surabaya masih kurang efisien, dimana dalam pengolahan ini masih mencampurkan antara air limbah non medis serta air limbah medis. Sehingga kandungan dari limbah medis dan nonmedis tersebut tercampur menjadi satu dan setelah masuk kedalam IPAL didapatkan bahwa hasil pengolahan air limbah tersebut melebihi baku mutu air limbah rumah sakit yang tertera pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit.

Penelitian terkait sistem kombinasi biofilter anaerobik – aerobik telah banyak dilakukan dan terbukti dengan sistem biofilter anaerob-aerob mampu mereduksi BOD 84,93%, COD 72,22% dan TSS 76,71% dengan waktu tinggal 16 jam setelah pengolahan selama 1 bulan di RS. Kristen Tayu (Nurdijanto dkk, 2011). Elmitwalli et al (2002) telah meneliti pengolahan limbah domestik memakai *Anaerobic Filter* dan menghasilkan efisiensi removal

COD 71 %. Namun unit *Anaerobic Filter* ini masih kurang efektif untuk mengurangi beban polutan N dan P pada air limbah nonmedis rumah sakit kelas C, oleh karena itu akan perlu ditambahkan unit bak aerasi untuk menambah efisiensi penyisihan polutan N dan P limbah nonmedis.

Tugas akhir ini akan mengkaji perbandingan alternatif unit *Anaerobic Filter* – bak aerasi dengan alternatif kombinasi biofilter anaerobik – aerobik untuk mengetahui mana yang paling efektif dan efisien untuk pengolahan air limbah nonmedis rumah sakit kelas C.

1. 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas didapat beberapa permasalahan yang muncul yaitu:

- Implementasi pengolahan air limbah nonmedis pada rumah sakit kelas C masih belum optimal pada penyisihan N dan P.
- Perlu adanya kombinasi unit pengolahan agar dapat menyisihkan kadar polutan organik yang sulit terdegradasi untuk limbah nonmedis rumah sakit kelas C.

Dari uraian tersebut, permasalahan di atas perlu diselesaikan dengan melalui:

1. Cara mengolah air limbah nonmedis dengan alternatif unit *Anaerobic Filter* – bak aerasi dan unit kombinasi biofilter anaerobik – aerobik sehingga efluen yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk rumah sakit kelas C
2. Alternatif IPAL yang cocok untuk rumah sakit kelas C berdasarkan hasil perbandingan kedua alternatif IPAL

1. 3. Maksud dan Tujuan

Tujuan dari Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit kelas C ini adalah:

1. Merancang pengolahan air limbah nonmedis dengan alternatif unit *Anaerobic Filter* – bak aerasi dan unit kombinasi biofilter anaerobik – aerobik sehingga efluen yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk rumah sakit kelas C.
2. Mendapatkan alternatif IPAL yang sesuai dari hasil perbandingan kedua alternatif IPAL rumah sakit kelas C, termasuk BOQ dan RAB.

1. 4. Ruang Lingkup

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit kelas C ini meliputi:

1. Karakteristik air limbah didapatkan dari rumah sakit Z yang merupakan rumah sakit kelas C di Surabaya.
2. Perencanaan desain meliputi alternatif *Anaerobic Filter* – bak aerasi dan kombinasi biofilter anaerobik – aerobik.
3. Limbah yang akan diolah merupakan air limbah nonmedis yang berasal dari laundry, dapur, dan kamar mandi rumah sakit Z.
4. Parameter yang digunakan untuk acuan dalam Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit kelas C ini adalah TSS, BOD, COD, NH₃, PO₄, dan Bakteri Coliform.
5. Perencanaan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan Harga Pasar yang ada di Kota Surabaya tahun 2017.
6. Perencanaan ini dilakukan dari bulan Februari hingga Mei 2017.

1. 5. Manfaat

Manfaat dari Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit kelas C ini adalah:

1. Menjadikan efluen air limbah nonmedis pada rumah sakit kelas C dapat mencapai standar baku mutu yang sesuai dengan regulasi pemerintah yang berlaku.
2. Memperbaiki pengolahan air limbah nonmedis pada rumah sakit kelas C yang sesuai dengan kondisi rumah sakit tersebut.
3. Dapat menjadi pertimbangan bagi pemrakarsa rumah sakit kelas kelas C untuk perencanaan pengolahan air limbah nonmedis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Objek Perencanaan

Pada tugas akhir ini akan dilakukan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit kelas C di Surabaya. Rumah sakit kelas C ini terletak di Surabaya bagian barat dan rumah sakit kelas C ini merupakan rumah sakit kelas C.

Berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia No. 92 Tahun 1986, rumah sakit umum memegang peranan penting dalam upaya pemenuhan fasilitas kesehatan, dibantu oleh rumah sakit khusus yang menangani bidang spesifik tertentu. Dalam pembagiannya berdasarkan fasilitas dan kualifikasinya, berikut adalah tipe - tipe rumah sakit:

- a. Rumah Sakit Umum Kelas A
Rumah sakit umum kelas A harus memberikan pelayanan lebih dari 12 ahli spesialis, 4 dokter spesialis dasar purna waktu dan 36 dokter umum. Rumah sakit kelas A memiliki daya tampung lebih dari 1000 tempat tidur. Luas pelayanan rumah sakit ini adalah tingkat Nasional. Salah satu contoh Rumah Sakit Umum Kelas A ini adalah RSU Dr. Soetomo di Surabaya.
- b. Rumah Sakit Umum Kelas B
Rumah sakit umum kelas B harus memberikan pelayanan paling sedikit 4 pelayanan medic dasar dan pelayanan spesialis penunjang medis, 8 pelayanan medic spesialis lain dan 2 pelayanan medik sub spesialis. Rumah sakit ini memiliki daya tampung 600 hingga 800 tempat tidur.
- c. Rumah Sakit Umum Kelas C
Rumah sakit umum kelas C harus memberikan pelayanan paling sedikit 4 pelayanan medik spesialis dasar dan 4 pelayanan spesialis penunjang medis. Rumah sakit ini memiliki daya tampung 100 hingga 300 tempat tidur.
- d. Rumah Sakit Umum Kelas D
Rumah sakit umum kelas D harus memberikan pelayanan paling sedikit 2 pelayanan medik spesialis dasar. Rumah

sakit ini memiliki daya tampung 25 hingga 100 tempat tidur.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 56 Tahun 2014, spesifikasi rumah sakit kelas C adalah sebagai berikut:

- a. Pelayanan Medik
 1. Pelayanan medik paling sedikit terdiri dari:
 - a) Pelayanan gawat darurat;
 - b) Pelayanan medik umum;
 - c) Pelayanan medik spesialis dasar;
 - d) Pelayanan medik spesialis penunjang;
 - e) Pelayanan medik spesialis lain;
 - f) Pelayanan medik subspesialis;
 - g) Pelayanan medik spesialis gigi dan mulut.
 2. Pelayanan gawat darurat harus diselenggarakan 24 (dua puluh empat) jam sehari secara terus menerus.
 3. Pelayanan medik umum meliputi pelayanan medik dasar, medik gigi mulut, kesehatan ibu dan anak, dan keluarga berencana
 4. Pelayanan medik spesialis dasar meliputi pelayanan penyakit dalam, kesehatan anak, bedah, dan obstetri dan ginekologi.
 5. Pelayanan medik spesialis penunjang meliputi pelayanan anestesiologi, radiologi, dan patologi klinik
 6. Pelayanan medik spesialis gigi dan mulut paling sedikit berjumlah 1 (satu) pelayanan.
- b. Pelayanan Kefarmasian
Pelayanan kefarmasian meliputi pengelolaan sediaan farmasi, alat kesehatan dan bahan medis habis pakai, dan pelayanan farmasi klinik.
- c. Pelayanan Keperawatan dan Kebidanan
Pelayanan keperawatan dan kebidanan meliputi asuhan keperawatan dan asuhan kebidanan.
- d. Pelayanan Penunjang Klinik
Pelayanan penunjang klinik meliputi pelayanan bank darah, perawatan intensif untuk semua golongan umur

dan jenis penyakit, gizi, sterilisasi instrumen dan rekam medik.

e. Pelayanan Penunjang Non - Klinik

Pelayanan penunjang nonklinik meliputi pelayanan laundry/linen, jasa boga/dapur, teknik dan pemeliharaan fasilitas, pengelolaan limbah, gudang, ambulans, sistem informasi dan komunikasi, pemulasaraan jenazah, sistem penanggulangan kebakaran, pengelolaan gas medik, dan pengelolaan air bersih.

f. Pelayanan Rawat Inap

Pelayanan rawat inap harus dilengkapi dengan fasilitas sebagai berikut:

1. Jumlah tempat tidur perawatan kelas III paling sedikit 30% (tiga puluh persen) dari seluruh tempat tidur untuk rumah sakit milik pemerintah.
2. Jumlah tempat tidur perawatan kelas III paling sedikit 20% (dua puluh persen) dari seluruh tempat tidur untuk rumah sakit milik swasta.
3. Jumlah tempat tidur perawatan intensif sebanyak 5% (lima persen) dari seluruh tempat tidur untuk rumah sakit milik pemerintah dan rumah sakit milik swasta.

Pada pengolahan air limbah nonmedis dan medis pada rumah sakit kelas C, masih mencampurkan antara air limbah nonmedis dan medis. Sehingga memberikan beban berlebih terhadap IPAL dan berakibat efluen dari IPAL yang tidak sesuai dengan baku mutu yang berlaku pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

2.2. Pengertian Air limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri (industri). Berikut merupakan definisi air limbah dari berbagai sumber, sbb :

Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini adalah merupakan :

- a. Air limbah atau air buangan (*waste water*) adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- b. Kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.
- c. Kotoran dari masyarakat dan rumah tangga, industri, air tanah/permukaan serta buangan lainnya (kotoran umum).
- d. Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan/kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- e. Semua air/zat cair yang tidak lagi dipergunakan, sekalipun kualitasnya mungkin baik.

2.3. Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit

Air Limbah yang dihasilkan oleh suatu rumah sakit merupakan suatu bentuk limbah dari limbah klinis rumah sakit. Air limbah tersebut memiliki sumber yang beragam dengan komposisi utama berupa buangan cair pasien. Jenis air limbah dalam rumah sakit, serta asal limbah adalah sebagai berikut, (Wijaya, 2005):

1. Limbah infeksius, merupakan limbah yang dihasilkan dari pasien dengan penyakit menular dalam suatu perawatan intensif, air limbah yang berasal dari laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi. Selain sumber tersebut, instalasi seperti kamar jenazah juga menghasilkan limbah jenis infeksius tersebut.
2. Limbah kimia, merupakan jenis limbah yang dihasilkan dari penggunaan berbagai bahan kimia, seperti bahan

kimia untuk tindakan medis, bahan kimia laboratorium, proses sterilisasi (pencucian linen oleh *laundry*).

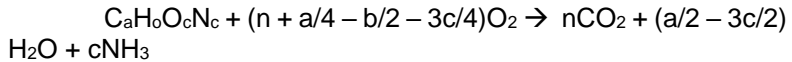
Pada umumnya, air limbah nonmedis rumah sakit itu berasal dari kamar mandi, laundry, dan dapur. Air limbah tersebut berjenis infeksius dan juga kimia, seperti yang dijabarkan diatas. Sehingga kandungan polutan yang dominan dari air limbah nonmedis ini adalah N dan P, oleh karena itu diperlukan adanya unit pengolahan air limbah yang dapat mereduksi N dan P secara efektif.

2.4. Karakteristik Air limbah Nonmedis Rumah Sakit

2.4.1. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Berdasarkan reaksi yang terjadi diatas, air limbah yang mengandung zat organik dapat dilihat dari jumlah O₂ yang diperlukan. Hal ini bertujuan untuk menguraikan komponen organik menjadi komponen yang stabil (Fadly, 2008). Zat organik merupakan makanan bagi bakteri, sedangkan untuk proses metabolisme, bakteri membutuhkan oksigen. Selama identifikasi BOD, sampel yang dianalisis harus bebas dari udara luar agar menghindari kontaminasi dari oksigen yang berada di luar pada udara bebas (Salmin, 2005). BOD menggambarkan suatu bahan organik yang dapat didekomposisi dengan proses biologis. Bahan organik dapat berupa protein, glukosa, kanji, lemak, ester, dan lain sebagainya. Bahan –bahan organik merupakan hasil pembuangan dari industri dan buangan limbah domestik atau berasal dari pembusukan hewan atau tumbuhan yang sudah tidak hidup (Effendi, 2003).

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah satuan yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam menguraikan bahan organik di dalam air limbah (Sugiharto, 1987) dalam Fatmawati et al (2012). Satuan yang digunakan dalam mengukur BOD pada umumnya adalah mg/L air kotor. Pada uji ini terjadi reaksi oksidasi pada zat organik dengan adanya bantuan bakteri di dalam air (Ayuningtyas, 2009). Persamaan reaksi tersebut sebagai berikut :



2.4.2. Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid merupakan jumlah berat dalam mg/liter kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami pengeringan (Rahmawati dan Azizah, 2005). Air limbah yang mengandung jumlah padatan tersuspensi memiliki variasi bergantung dari jenis industrinya. Padatan tersuspensi ini dapat diukur, sehingga nilainya dapat diketahui. Pengukuran padatan dilakukan dengan menggunakan alat bernama turbidimeter.

Menurut Effendi (2003), total padatan yang tersuspensi adalah padatan tersuspensi yang memiliki diameter > 1 μm yang tertahan pada sebuah kertas saring dengan diameter pori 0,45 μm . Padatan tersuspensi yang tertahan tersebut terdiri dari lumpur serta pasir yang halus dari kikisan tanah. Pada umumnya, kandungan dari TSS ini berupa logam, sehingga adanya TSS dalam keadaan relatif tinggi maka kekeruhan pada air akan mengikat dan kualitas air akan mengalami penurunan.

2.4.3. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen yang diperlukan dalam menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung dalam air dengan menguraikan secara kimia menggunakan oksidator kuat pada kondisi asam dan panas serta menggunakan katalisator perak sulfat. Hal tersebut menyebabkan seluruh bahan organik akan teroksidasi, baik yang mudah maupun yang kompleks dan sulit terurai (Tchobanoglous et al, 2004). Pendapat tersebut diperkuat oleh Rahmawati dan Azizah (2005) bahwa COD adalah jumlah oksigen (mgO_2) yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat organik yang ada dalam sampel air sebanyak 1 liter.

Beberapa bahan organik dalam yang tidak didegradasi secara biologis akan didegradasi melalui proses oksidasi secara kimiawi (Kasam et al, 2005). Kadar COD dalam air limbah akan semakin menurun apabila berkurangnya konsentrasi bahan organik dalam air limbah. Sebagian dari zat organik dioksidasi oleh

larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam. Berikut adalah reaksi dalam COD.

COD merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO_2 dan H_2O . Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan bantuan oksidator kuat (kalium dikromat/ $K_2Cr_2O_7$) dalam suasana asam. Dengan penggunaan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95%-100% bahan organik dapat dioksidasi. Keuntungan utama uji COD adalah sedikitnya waktu yang dibutuhkan untuk mengevaluasi, 96% hasil uji COD yang dilakukan selama 10 menit akan setara dengan hasil uji BOD selama 5 hari (Sukawati, 2008).

2.4.4. Phospat

Fosfat adalah bentuk persenyawaan fosfor yang berperan penting dalam menunjang kehidupan akuatik (Susana dan Suryaso, 2008). Fosfat merupakan salah satu unsur hara makro esensial dalam budidaya tanaman dan merupakan sumber utama unsur kalium dan nitrogen. Fosfat dalam deterjen juga memiliki fungsi sebagai pencegah datangnya kotoran ke dalam pakaian yang sudah dicuci kembali. Penggunaan deterjen tersebut pada akhirnya akan mempertambah konsentrasi fosfat dalam badan air buangnya sehingga memicu pertumbuhan algae (Paytan dan McLaughlin, 2007).

2.4.5. Amonia (NH_3)

Amonia merupakan gas tajam yang tidak berwarna dengan titik didih $33,50^\circ C$. Cairannya mempunyai panas penguapan sebesar $1,37 \text{ kJ g}^{-1}$ pada titik didihnya. Secara fisik cairan NH_3 mirip dengan air dalam perilaku fisiknya dimana bergabung sangat kuat melalui ikatan hidrogen. (Cotton dan Wilkinson, 1989)

Amoniak yang terukur di perairan berupa amoniak total (NH_3 dan NH_4^+). Amoniak bebas tidak dapat terionisasi (amoniak) sedangkan amonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Persentase amoniak meningkat dengan meningkatnya nilai pH

dan suhu perairan. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar amoniak akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH lebih besar dari 7 amoniak tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Amoniak bebas yang tak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003).

2.4.6. Bakteri *Coliform*

Bakteri *coliform* adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup didalam saluran pencernaan manusia. Bakteri *coliform* adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Lebih tepatnya, bakteri *coliform* fekal adalah bakteri indikator adanya pencemaran bakteri patogen. Penentuan *coliform* fekal menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Selain itu, mendeteksi *coliform* jauh lebih murah, cepat, dan sederhana daripada mendeteksi bakteri patogenik lain. Contoh bakteri *coliform* adalah, *Escherichia coli* dan *Enterobacter aerogenes*. Jadi, *coliform* adalah indikator kualitas air. Makin sedikit kandungan *coliform*, artinya, kualitas air semakin baik.

E. Coli jika masuk ke dalam saluran pencernaan dalam jumlah banyak dapat membahayakan kesehatan. Walaupun *E. Coli* merupakan bagian dari mikroba normal saluran pencernaan, tapi saat ini telah terbukti bahwa galur - galur tertentu mampu menyebabkan gastroenteritis taraf sedang hingga parah pada manusia dan hewan. Sehingga, air yang akan digunakan untuk keperluan sehari-hari berbahaya dan dapat menimbulkan penyakit infeksius (Suriaman, 2008).

2.5. Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku mutu air limbah rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 pada Tabel 2. 1 dibawah ini :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit

Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit	
Volume Air limbah Maksimum 500 L / orang.hari	
<i>Parameter</i>	<i>Kadar Maksimum mg/L</i>
Suhu	30
pH	6 – 9
BOD ₅	30
COD	80
TSS	30
NH ₃ Bebas	0,1
PO ₄	2
MPN - Koliform	10.000

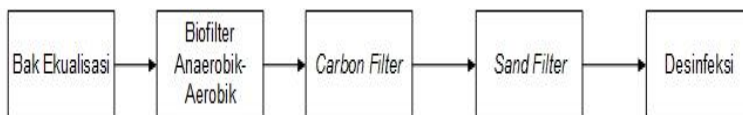
Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

2.6. Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis

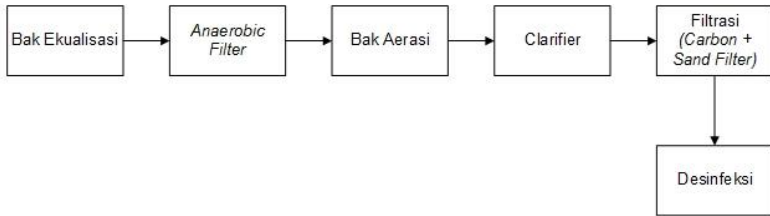
Pada perencanaan ini terdapat dua alternatif, alternatif pertama yaitu menggunakan teknologi kombinasi *Anaerobic Filter* – bak aerasi, dimana pemilihan alternatif pertama ini berdasarkan kandungan polutan pada air limbah nonmedis rumah sakit kelas C. *Anaerobic Filter* dapat menyisihkan polutan tinggi, dan dilanjutkan dengan bak aerasi untuk menyisihkan kandungan polutan organik yang sulit terdegradasi seperti N dan P.

Alternatif kedua menggunakan kombinasi biofilter anaerobik – aerobik, dimana pemilihan alternatif kedua ini juga berdasarkan dari kandungan polutan pada air limbah nonmedis rumah sakit kelas C. Biofilter anaerobik dan biofilter aerobik dapat menyisihkan kandungan polutan yang cukup tinggi, tanpa menghasilkan banyak lumpur.

Berikut skema alternatif IPAL dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2:



Gambar 2. 1 Alternatif IPAL I



Gambar 2. 2 Alternatif IPAL II

2.7. Pengolahan Pendahuluan (*pre treatment*)

Perlakuan pendahuluan adalah tahap pemisahan sampah berukuran besar dan partikel terlarut dengan cara penyaringan. Mula-mula limbah dialirkan pada sebuah saringan yang berfungsi memisahkan sampah berukuran besar seperti kertas, botol-botol dan lain-lain, sedangkan pasir batu-batu kecil akan diendapkan pada suatu saluran yang akan dialiri limbah dengan konstan atau dapat juga melalui kamar pasir (Dix, 1981). Menurut Mason (1981) yang dimaksud kamar pasir adalah suatu ruangan yang akan dialiri limbah dan diberi aerasi dari dasar kamar untuk menciptakan gerakan spiral, sehingga pasir akan terkumpul pada tempat penampungannya untuk kemudian dibuang. Penggunaan tahap ini yaitu apabila limbah dalam jumlah besar mengandung sampah yang berukuran besar.

A. Bak Ekualisasi

Pada alternatif pengolahan ini bak ekualisasi berfungsi sebagai pengolahan awal. Bak ekualisasi dalam pengolahan air limbah tanpa dilakukan perlakuan apapun, baik itu secara fisik, biologi ataupun kimia, pada bak ekualisasi hanya untuk menghomogenkan air limbah dalam hal karakteristiknya dan untuk menjaga debit air limbah yang dialirkan agar tidak fluktuatif (Fuji, 2002).

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan dimensi bak ekualisasi adalah sebagai berikut :

- A. Kriteria desain bak ekualisasi
Kecepatan aliran = 1-2 m/detik
Hydraulic Retention Time = 4-8 jam
- B. Perhitungan diameter pipa inlet dan headloss yang terjadi dapat ditentukan dengan:

$$D = (4 A/\pi)^{1/2}$$

Dimana :

D = Diameter pipa inlet (mm)

A = luas permukaan (m²)

- C. *Headloss* yang terjadi dapat ditentukan dengan persamaan

$$H_f \text{ mayor} = (Q/(0,00155 \times C \times D^{2,63}))^{1,85} \times L$$

$$H_f \text{ minor} = K \times v^2/2g$$

Dimana :

Q = debit air limbah (m³/s)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (cm)

L = panjang pipa (m)

K = jumlah belokan pipa

v = kecepatan aliran

g = kecepatan gravitasi (m/s)

- D. Perhitungan dimensi bak ekualisasi dapat ditentukan dengan persamaan

$$V = \text{HRT} \times Q / 24$$

Dimana :

V = volume bak ekualisasi (m³)

HRT = *Hydraulic Retention Time* (menit)

Q = debit air limbah

- E. Perhitungan pompa yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Head sistem} = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + (v^2/2g)$$

$$\text{Head statis} = \text{jarak dari muka air sampai pipa tertinggi}$$

$$\text{Head pompa} = \text{head statis} + \text{head sistem}$$

2.8. **Anaerobic Filter**

Anaerobic Filter atau yang sering disebut dengan *fixed bed* atau *fixed film reactor*, mengolah padatan yang tidak terendapkan dan padatan terlarut dalam air limbah dengan cara mengkontakkan pada bakteri. Bakteri yang "lapar" akan mencerna bahan organik yang terlarut dalam waktu yang singkat. Dengan demikian, air limbah yang masih segar dipaksa untuk melakukan kontak dengan

bakteri secara intensif. Semakin luas tempat untuk pertumbuhan bakteri, maka semakin cepat proses pencernaannya.

Dalam kondisi terbaik, *Anaerobic Filter* mampu menyisihkan antara 70-90% BOD. Ini cocok digunakan untuk limbah domestik dan untuk semua limbah industri yang memiliki kadar padatan tersuspensi rendah. Pre-treatment dalam settler atau *septic tank* mungkin dapat mengurangi padatan dalam jumlah besar sebelum masuk ke dalam filter.

Anaerobic Filter dapat dioperasikan secara *down flow* atau *up flow system*. *Up flow system* lebih sering digunakan karena resiko terbuangnya bakteri aktif akan lebih rendah. Kriteria desain yang penting adalah adanya distribusi aliran yang merata pada bagian filter (Sasse, 1998).

Berikut adalah kriteria desain *Anaerobic Filter* berdasarkan Sasse (1998) adalah sebagai berikut:

- Luas permukaan media: 90-300 m²/m³
- Penyisihan BOD berkisar 70-90%
- Jenis media: kerikil, batu (5-10 cm), plastic, arang (5-15 cm)
- Organic loading: <4,5 kg COD/m³.hari
- HRT: 1- 2 hari

Kelebihan dan kekurangan dari *Anaerobic Filter* adalah:

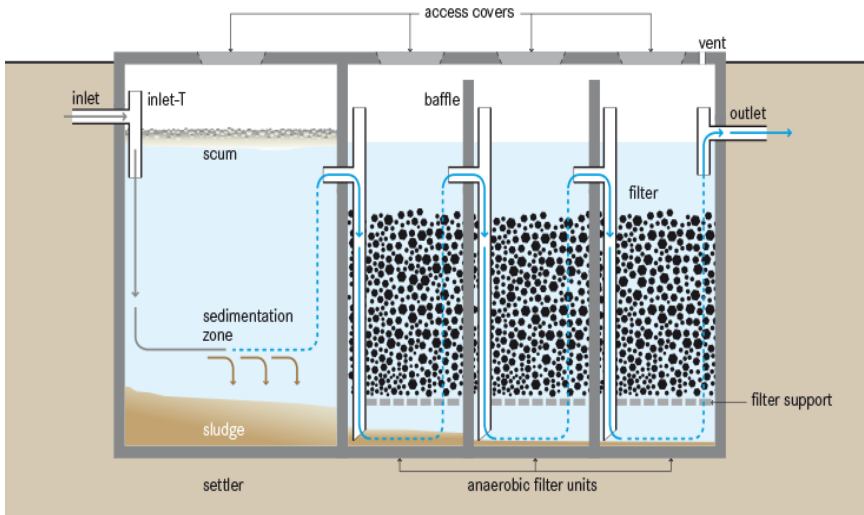
a. Kelebihan:

- Tahan terhadap *shock loading*
- Produksi lumpur rendah
- Kebutuhan energi listrik relatif rendah (tidak memerlukan pengadukan)
- Menyisihkan padatan terlarut secara efektif

b. Kekurangan:

- Perlu biaya besar untuk mengatasi sumbatan pada media penyangga
- Hanya sesuai untuk limbah dengan konsentrasi solid yang rendah
- Penyisihan patogen dan nutrient rendah

Berikut adalah gambar *Anaerobic Filter* dapat dilihat pada Gambar 2. 3:



Gambar 2. 3 Desain *Anaerobic Filter*

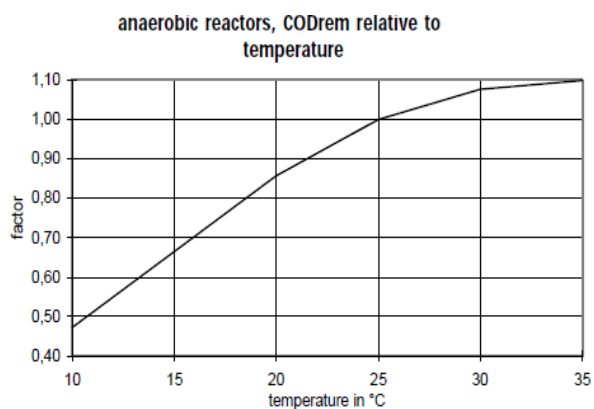
Sumber: Tilley et al, 2014

Berikut adalah perhitungan *Anaerobic Filter*:

Tahapan perhitungan *Anaerobic Filter* menurut Sasse (1998) adalah:

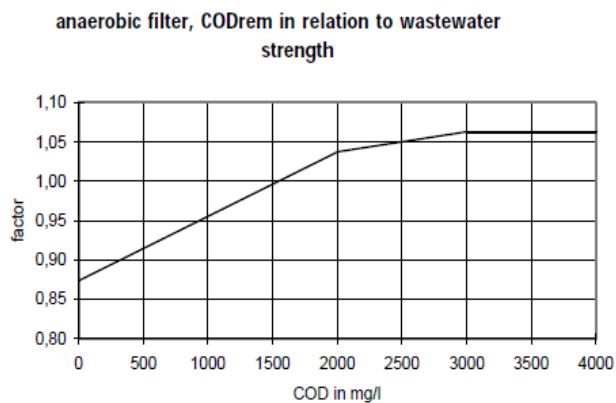
a. Perhitungan *mass balance AF*

Menentukan COD *removal* dari faktor temperatur, faktor *strength*, faktor permukaan filter, faktor HRT, berdasarkan Gambar 2. 4 hingga 2. 7



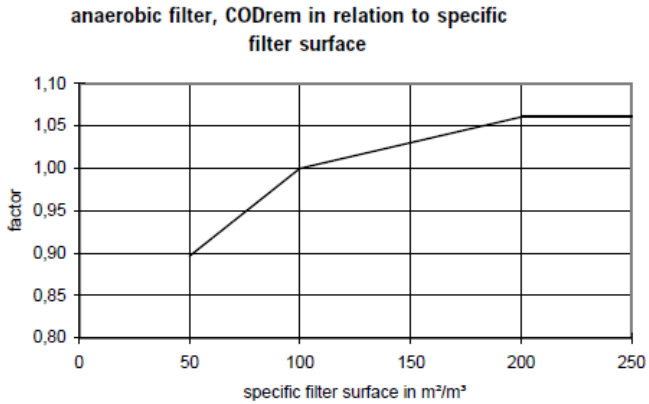
Gambar 2. 4 Grafik Faktor Temperatur

Sumber: Sasse, 1998



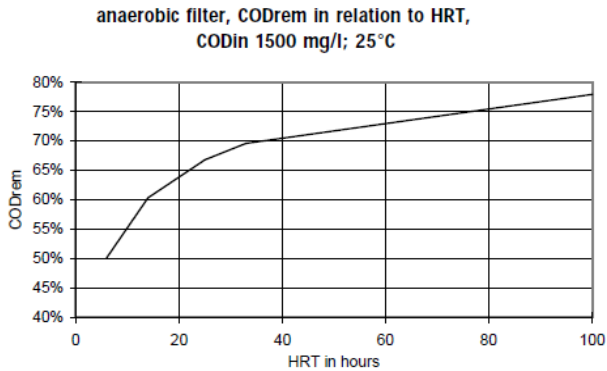
Gambar 2. 5 Grafik Faktor *Strength*

Sumber: Sasse, 1998



Gambar 2. 6 Grafik Faktor Permukaan Filter

Sumber: Sasse, 1998



Gambar 2. 7 Grafik Faktor HRT

Sumber: Sasse, 1998

COD *removal* = faktor *strength* x faktor permukaan x faktor HRT x faktor temperatur BOD *removal* = BOD/COD x COD *removal*

b. Perhitungan luas permukaan media

- $Volume = Q_{ave} / OLR$

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{debit (l/hari)}$$

$$OLR = \text{Organic Loading Rate (kgCOD/m}^3\text{.hari)}$$

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

Dimana :

$$V_r = \text{Volume Rongga (m}^3\text{)}$$

$$P_o = \text{Porositas (\%)}$$

- $A \text{ surface} = V_r \times HLR$

Dimana:

$$A \text{ surface} = \text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}$$

$$HLR = \text{Hydraulic Loading Rate (m}^3\text{/m}^2\text{.jam)}$$

c. Perhitungan kebutuhan media

$$\text{Tinggi media total} = \text{Volume Rongga} / A_s$$

$$\text{Jumlah media} = \text{Tinggi media total} / \text{tinggi 1 media}$$

d. Perhitungan dimensi AF (Rasio P:L = 2:1)

$$L = (A_s/2)^{0,5}$$

$$P = 2L$$

e. Perhitungan produksi gas

$$\text{Produksi biogas} = (\text{COD in} - \text{COD out}) \times Q \text{ in} \times 0,35/1.000 / 0,7 \times 0,5$$

f. Perhitungan rasio F/M $F/M = (Q (S_o - S)) / (V \cdot X)$

2.9. Bak Aerasi

Bak aerasi memanfaatkan proses lumpur aktif. Lumpur aktif terdiri dari flok biologis yang tersuspensi dimana tersusun atas mikroorganisme, bahan organik tak hidup, dan bahan inorganik. Lumpur aktif atau campuran flok biologis dengan aliran limbah, mengoksidasi bahan organik di air limbah dengan kehadiran oksigen untuk reaksi oksidasi biologis dan nitrifikasi.

Kinerja proses lumpur aktif meningkat ketika jumlah oksigen yang tersedia dibandingkan mikroorganisme proporsional dengan beban organik atau persediaan makanan organik untuk mikroorganisme. Penurunan tingkat oksigen dapat menghasilkan kinerja yang buruk dari proses lumpur aktif dengan penurunan kualitas efluen dan menyebabkan *sludge bulking* dan perkembangbiakkan bakteri filamen. (Wang *et al.*, 2009).

Nilai F/M menyatakan perbandingan makanan terhadap mikroorganisme yang terdapat dalam bioreaktor. Nilai F/M yang disarankan untuk sistem kombinasi degradasi senyawa karbon dan nitrogen dalam satu tahap adalah 0.04-0.1 kg BOD/kg MLSS.hari

Perancangan proses lumpur aktif memperhatikan hal-hal berikut:

- a. Pemilihan tipe reaktor
- b. Hubungan kinetik yang diaplikasikan
- c. Waktu retensi padatan dan kriteria beban yang digunakan
- d. Produksi lumpur
- e. Kebutuhan oksigen dan transfer
- f. Kebutuhan nutrisi
- g. Karakteristik efluen

(Tchobanoglous *et al.*, 2004).

Kelebihan dan kekurangan dari bak aerasi adalah (Anonim, 2007):

- a. Kelebihan:
 - Daya larut oksigen dalam air limbah lebih besar
 - Efisiensi proses lebih tinggi
 - Cocok untuk pengolahan air limbah dengan debit kecil untuk polutan organik yang susah terdegradasi
- b. Kekurangan:
 - Proses operasional yang rumit mengingat proses lumpur aktif memerlukan pengawasan yang cukup ketat seperti kondisi suhu dan bulking control proses endapan.
 - Membutuhkan operator terlatih yang dapat memonitor sistem dan bereaksi terhadap perubahan segera.
 - Membutuhkan energi yang besar

2.10. Bak Pengendap II (*Clarifier*)

Bak pengendap kedua ini digunakan untuk memisahkan partikel lumpur dengan fluida bersih sehingga dihasilkan air bersih yang dapat dibuang menuju badan air. Kriteria desain bak pengendap II tergantung pada:

- *Overflow Rate*: Dinyatakan dengan satuan $m^3/m^2.hari$. *Overflow rate* merupakan laju pembebanan tergantung pada karakteristik air limbah dan konsentrasi solid (Qasim, 1985)
- *Solid Loading Rate*: Massa padatan per satuan luas per satuan waktu yang biasanya digunakan untuk menetapkan padatan maksimum dalam desain bangunan bak pengendap II (Setiyawan dan Hari, 2010).

Berikut adalah kriteria desain dari bak pengendap II pada Tabel 2. 2:

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Bak Pengendap II

Tipe pengolahan	<i>Overflow rate</i> ($m^3/m^2.hari$)		<i>Solid Loading Rate</i> ($kg/m^2.hari$)		Kedalaman (m)
	Rata-rata	Puncak	Rata-rata	Puncak	

<i>Clarifier</i> ASP	16-32	40-48	94-140	235	3-6,0
<i>Clarifier</i> <i>Aeration</i>	8-16	24-32	24-118	164	3-6,0

Sumber: Tchobanoglous et al, 2004

2.11. Sistem Kombinasi Biofilter Anaerobik - Aerobik

Berdasarkan Said dan Heru (1999) proses ini merupakan pengembangan dari proses biofilter anaerobik dengan proses aerasi kontak. Proses biofilter anaerob terdiri dari beberapa bagian yakni bak pengendap awal, biofilter anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontraktor klor. Pada pengolahan primer ini, air limbah dialirkan melalui *barscreen* untuk menyaring sampah yang berukuran besar seperti sampah, daun, kertas, plastik, dan lain lain. Kemudian air limbah dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran lainnya.

Kelebihan dan kekurangan dari bak aerasi adalah (Said, 2003):

- a. Kelebihan:
 - Biaya operasinya rendah.
 - Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit.
 - Dapat menghilangkan nitrogen dan phospor yang dapat menyebabkan eutropikasi.
 - Suplai udara untuk aerasi relatif kecil.
- b. Kekurangan:
 - Biaya awal pembangunan besar
 - Membutuhkan energi yang besar

Air limpasan dari bak pengendap awal dipompa dan dialirkan ke bak kontak anaerobik, dengan arah aliran dari bawah ke atas (*Up Flow*). Air limpasan dari bak kontak anaerobik dialirkan ke dalam bak kontak aerobik. Di dalam bak kontak aerobik ini diisi dengan media dari bahan plastik, batu apung atau bahan serat, kemudian diaerasi dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media, dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap

akhir. Skema dengan proses biofilter anaerobik-aerobik dapat dilihat pada gambar 2.1, sedangkan kriteria desain yang digunakan dalam Tabel 2.3 dan 2.4

Tabel 2. 3 Kriteria Biofilter Aerobik

Parameter	Satuan	Nilai
Organic loading rate (OLR)	KgCOD/m ³ .hari	10 hingga 12
Hydraulic loading rate (HLR)	m ³ /m ² .jam	< 2
Waktu tinggal	Jam	12 hingga 24

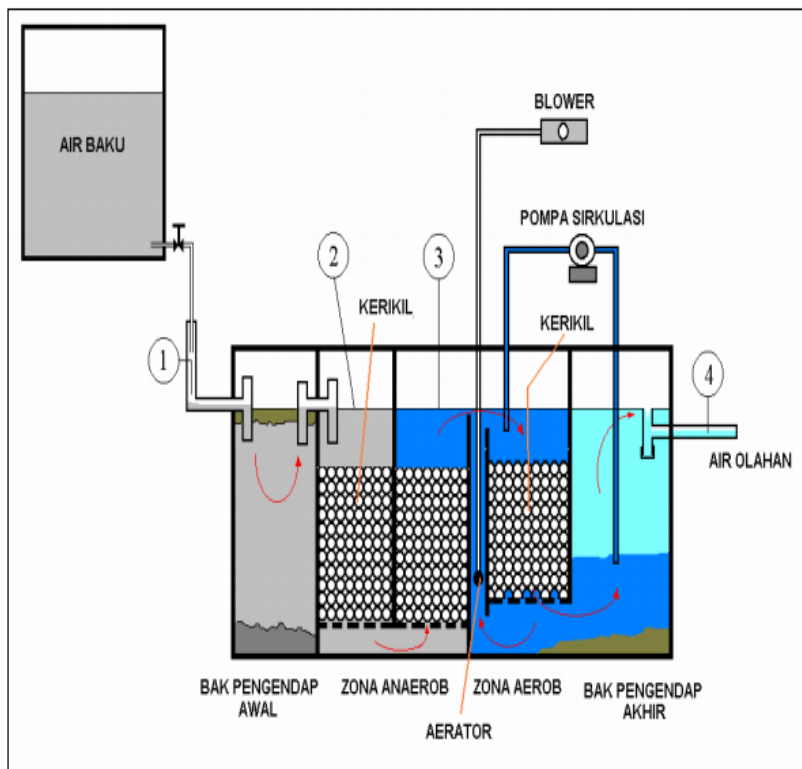
Sumber: Sasse, 1998

Tabel 2. 4 Kriteria Biofilter Anaerobik

Parameter	Satuan	Nilai
Organic loading rate (OLR)	KgCOD/m ³ .hari	5 hingga 10
Hydraulic loading rate (HLR)	m ³ /m ² .jam	< 2
Waktu tinggal	Jam	24 hingga 48

Sumber: Sasse, 1998

Berikut adalah gambar diagram alir dari proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerobik – aerobik pada Gambar 2. 8:



Gambar 2. 8 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilter Anaerobik – Aerobik

Sumber: Said dan Heru, 1999

2.12. Filtrasi

Huisman dan Wood (1974) mengatakan bahwa tidak ada proses tunggal yang dapat mempengaruhi atau membersihkan air dan meningkatkan mutu air terhadap sifat fisik, kimia, dan mikroba. Saringan pasir lambat (*slow sand filter*) memiliki efisiensi yang

tinggi didalam cara menghilangkan kekeruhan air, rasa, dan bau dan itu tidak memerlukan bahan kimia.

1. *Sand Filter*

Berikut adalah tahapan untuk menghitung *sand filter* menurut Tchobanoglous (2004):

a. Perhitungan dimensi filter

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

$$\text{Asurface} = V / H_{\text{bedfilter}}$$

$$\text{Diameter} = \left(\frac{4}{3,14} \times \text{Asurface} \right)^2$$

b. Pengecekan Kecepatan Filtrasi

$$V_f = Q / \text{Asurface}$$

2. *Carbon Filter*

Berikut adalah tahapan untuk menghitung *carbon filter* menurut Tchobanoglous (2004):

a. Perhitungan dimensi filter

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

$$\text{Asurface} = V / H$$

$$\text{Diameter} = \left(\frac{4}{3,14} \times \text{Asurface} \right)^2$$

b. Pengecekan Kecepatan Filtrasi

$$V_f = Q / \text{Asurface}$$

c. Perhitungan Volume Karbon Aktif

$$\text{Vol} = \text{Massa Karbon Aktif} / \text{Densitas Karbon Aktif}$$

2.13. Desinfeksi

Menurut Tchobanoglous dan Schroeder (1985), desinfeksi bertujuan untuk mengurangi mikroorganisme patogen seperti virus, bakteri dan protozoa. Desinfeksi pada umumnya dilakukan dengan menambahkan chlorin dalam bentuk gas Cl_2 , *chlorine dioxide* (ClO_2), *sodium hypochlorite* (NaOCl) dan *calcium hypochlorite* (Ca(OCl)_2). Pemilihan bahan kimia tersebut tergantung pada biaya dan skala pengolahan air limbah. Faktor

yang mempengaruhi efektivitas dari *chlorine* sebagai desinfektan antara lain:

- a. Metode kontak antara klorin dengan organisme
Metode kontak menggambarkan ketika klorin sebagai desinfektan bekerja dalam memusnahkan mikroorganisme patogen. Faktor ini digunakan untuk memilih metode yang efektif agar klorin dapat memusnahkan mikroorganisme patogen secara optimal.
- b. Waktu kontak
Waktu kontak dibutuhkan untuk mengetahui terjadinya proses deaktivasi dari sel mikroorganisme patogen. Waktu kontak juga diperlukan untuk mengetahui konsentrasi residu klorin.
- c. Konsentrasi desinfektan
Konsentrasi desinfektan diperlukan untuk mengetahui dosis efektif yang diperlukan untuk memusnahkan mikroorganisme patogen. Kelemahan klorin sebagai desinfektan adalah sifat klorin yang mudah berikatan dengan senyawa lain, berpotensi membentuk senyawa bersifat racun seperti senyawa organoklorin yang bersifat karsinogen. (Hasan, 2006)

Penentuan jumlah residu klorin penting untuk dihitung karena menentukan efektivitas dari dosis klorin yang ditambahkan dihitung dengan rumus:

$$\text{Dosis Klorin} = (B \times C) / 1.000.000$$

Dimana:

B: Dosis klorin yang dikehendaki (ppm)

C: Jumlah air limbah yang harus diklorinasi per hari (Liter)

Menurut Tchobanoglous et al (2004), bahwa dosis tambahan untuk waktu kontak selama 1 jam biasanya antara 2 - 4 mg/L

2.14. Penelitian Terdahulu

Pada tugas akhir ini dilakukan peninjauan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik tugas akhir untuk

dijadikan sebagai referensi. Berikut adalah penelitian terdahulu terdahulu tersebut:

- Bilal (2014) melakukan perencanaan IPAL menggunakan anaerobik filter, dimana kesimpulan dari perencanaannya adalah *Anaerobic Filter* memiliki luas lahan lebih kecil, energi alternatif biogas 14,3 m³/hari, RAB dan biaya OM lebih kecil. Namun *Anaerobic Filter* ini memiliki waktu tinggal yang relatif lama yaitu 24 jam
- Bodkhe (2008) mengenai studi HRT dalam menentukan efektifitas anaerobik filter menunjukkan bahwa HRT 12 jam merupakan rentang waktu paling optimal untuk pengolahan limbah domestik. Efisiensi penyisihan yang dihasilkan mencapai 90% untuk BOD, 95% untuk COD dan 95% untuk TSS. Biogas yang dihasilkan mencapai 0,35 m³ CH₄/kg COD dengan kandungan CH₄ yaitu sebesar 70%.
- da Silva *et al* (2012) dan Sharma *et al* (2014) melakukan penelitian untuk menguji kemampuan kombinasi tangki septik- *Anaerobic Biofilter* (ST-ABF). Pengolahan tersebut dalam mengolah limbah domestik di Brazil dan India. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ST-ABF ternyata memiliki kehandalan yang lebih baik sehingga perawatannya lebih mudah. Penyisihan padatan tersuspensi total dapat mencapai 50 sampai 80%. Penyisihan nitrogen total mencapai 15% dan *coliform* total mencapai 1 hingga 2 log unit (Morel dan Dinier, 2006)
- Rakhmadany (2013) melakukan perencanaan desain IPAL dengan proses kombinasi anaerobik dan aerobik, dimana di dapat kesimpulan bahwa proses kombinasi anaerobik dan aerobik memiliki nilai *removal* komponen pencemar yang paling tinggi, proses yang terjadi lebih kompleks karena memiliki dua tahap pengolahan yaitu anaerobik dan aerobik. Namun IPAL menggunakan proses kombinasi anaerobik dan aerobik ini juga memiliki kekurangan, yaitu Luas lahan yang dibutuhkan paling besar sehingga biaya konstruksi pun besar dan

perlu adanya suplai listrik untuk blower yang tinggi serta waktu tinggal yang lama.

- Nurdijanto *et al* (2011) melakukan penelitian terkait sistem biofilter anaerob-aerob telah banyak dilakukan dan terbukti dengan biofilter sistem anaerob-aerob mampu mereduksi BOD 84,93%, COD 72,22% dan TSS 76,71% dengan waktu tinggal 16 jam setelah pengolahan selama 1 bulan di RS. Kristen Tayu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PERENCANAAN

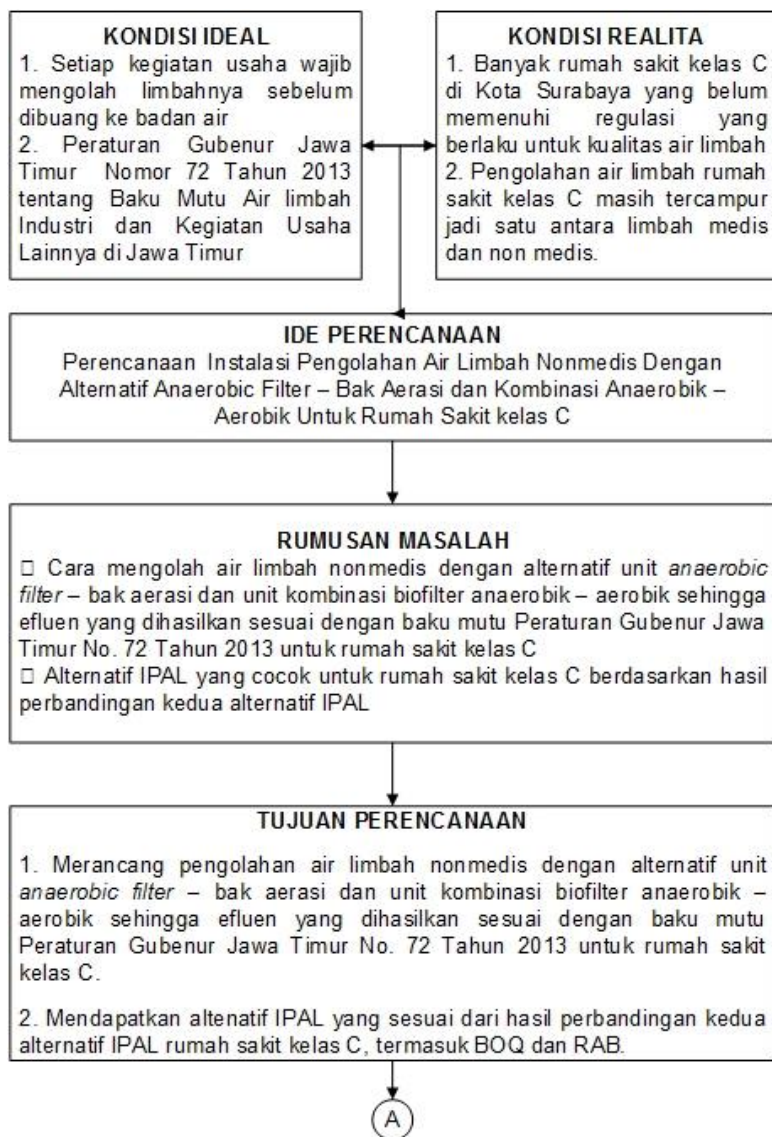
3.1. Kerangka Perencanaan

Metode perencanaan ini disusun dalam bentuk kerangka perencanaan yaitu alur atau prosedur dalam perencanaan yang akan dilakukan. Kerangka perencanaan ini bertujuan untuk:

1. Sebagai panduan awal dalam tahap perencanaan agar dapat memudahkan dalam mengerjakannya.
2. Sebagai pedoman awal dalam pelaksanaan perencanaan sehingga kesalahan yang berisiko terjadi dapat diminimasi, dikarenakan terdiri dari dokumen-dokumen serta referensi yang sudah sesuai dengan topik perencanaan yang nantinya dapat membantu tahap perencanaan.

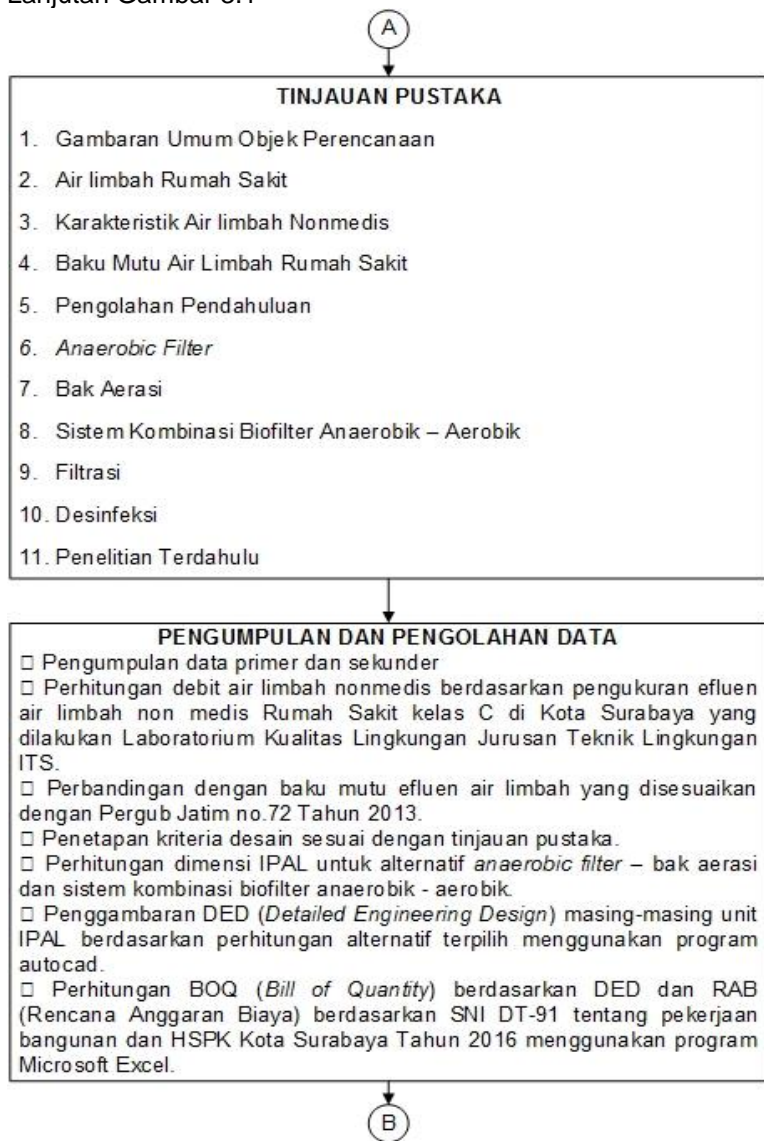
Tugas akhir ini dilakukan agar pihak rumah sakit kelas C dapat bertanggung jawab terhadap pengelolaan air limbah hasil produksi mereka. Dengan mengevaluasi sistem perpipaan air limbah nonmedis pada rumah sakit kelas C, diharapkan nantinya tidak akan terjadi kasus dimana saluran air limbah medis dan air limbah nonmedis menjadi satu, sehingga terjadi kenaikan beban pencemar pada air limbah dan berakibat fatal pada proses pengolahan di IPAL masing-masing, diharapkan rumah sakit "A" dapat mengaplikasikan tugas akhir perencanaan ini sehingga efluen air limbah mereka dapat sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah nonmedis dengan alternatif *Anaerobic Filter* – bak aerasi dan sistem kombinasi anaerobik – aerobik untuk rumah sakit kelas C. Metode perencanaan disusun dengan tujuan menjadi pedoman untuk melaksanakan perencanaan yang nantinya akan menjawab tujuan dari perencanaan itu sendiri. Berikut adalah gambar tahap perencanaan pada Gambar 3. 1:

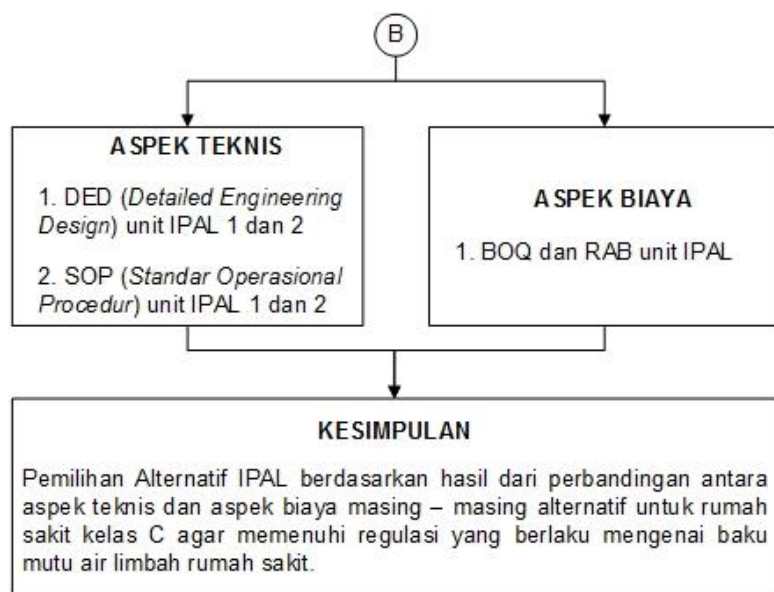


Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan

Lanjutan Gambar 3.1



Lanjutan Gambar 3.1



3.2. Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan dapat menjelaskan tentang urutan kerja yang akan dilakukan dalam perencanaan ini. Tujuan dari pembuatan tahapan perencanaan ini memudahkan penjelasan tiap tahapan. Berikut merupakan tahapan perencanaan dari tugas akhir ini:

1. Judul Perencanaan

Judul tugas akhir perencanaan ini adalah “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Nonmedis Dengan Alternatif *Anaerobic Filter* – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik Untuk Rumah Sakit kelas C. Judul ini diperoleh karena adanya kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi realita.

2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk membantu dan mendukung ide perencanaan serta dapat meningkatkan pemahaman lebih jelas terhadap ide yang akan direncanakan. Sumber literatur yang digunakan adalah jurnal internasional, jurnal indonesia, peraturan , baku mutu, prosiding, buku teks, serta tugas akhir yang berhubungan dengan perencanaan ini. Data-data yang berasal dari sumber literatur meliputi :

1. Gambaran Umum Objek Perencanaan
2. Air limbah Rumah Sakit
3. Karakteristik Air limbah Nonmedis
4. Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit
5. Pengolahan Pendahuluan
6. *Anaerobic Filter*
7. Bak Aerasi
8. Sistem Kombinasi Biofilter Anaerobik – Aerobik
9. Filtrasi
10. Desinfeksi
11. Penelitian Terdahulu

3. Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Data primer dan sekunder dikumpulkan untuk membantu proses perencanaan, berikut adalah data primer dan sekunder yang akan dikumpulkan:

- Data Primer: pengukuran debit air limbah nonmedis di Rumah sakit kelas C Kota Surabaya dan karakteristik air limbah meliputi BOD, COD, TSS, PO₄, Amonia, Bakteri Coliform
- Data Sekunder: HSPK di Kota Surabaya Tahun 2016, data Okupansi Rumah Sakit kelas C di Surabaya, data Kapasitas, dan Fasilitas Rumah Sakit kelas C di Surabaya

4. Pengolahan Data

Setelah didapatkan data primer dan sekunder, dilakukan pengolahan data-data tersebut, berikut adalah tahapan pengolahan data:

- Perhitungan debit air limbah nonmedis berdasarkan pengukuran efluen air limbah nonmedis Rumah Sakit

Kelas Kelas C di Kota Surabaya yang dilakukan Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

- Penetapan baku mutu efluen air limbah yang disesuaikan dengan Pergub Jatim no.72 Tahun 2013.
- Penetapan kriteria desain sesuai dengan tinjauan pustaka.
- Perhitungan dimensi IPAL untuk alternatif 1 (*Anaerobic Filter* – bak aerasi) dan alternatif 2 (sistem kombinasi biofilter anaerobik – aerobik). Untuk skema pengolahan air limbah lengkap dapat dilihat pada subbab 2.6.
- Penggambaran DED (*Detailed Engineering Design*) masing-masing unit IPAL berdasarkan perhitungan alternatif terpilih menggunakan program autocad.
- Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) berdasarkan DED dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan SNI DT-91 tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2017 menggunakan program Microsoft Excel

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dilakukan setelah mengolah data dengan tujuan untuk menjelaskan data yang didapat dari hasil pengolahan data.

6. Kesimpulan

Kesimpulan didapat setelah melaksanakan tahapan-tahapan sebelumnya hingga hasil dan pembahasan, dimana kesimpulan ini merupakan jawaban dari rumusan masalah pada perencanaan ini, yaitu:

- Desain IPAL bagi limbah nonmedis untuk rumah sakit kelas C agar memenuhi regulasi yang berlaku mengenai baku mutu air limbah rumah sakit.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Debit Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit

Untuk perencanaan ini, spesifikasi rumah sakit Z ini adalah rumah sakit ini terdiri dari 200 tempat tidur, berdasarkan Noerbambang dan Morimura (2005) bahwa tiap tempat tidur menghasilkan air limbah sebesar $0,28 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sedangkan untuk dapur menghasilkan air limbah sebesar $5,2 \text{ m}^3/\text{hari}$, kamar mandi sebesar $8,2 \text{ m}^3/\text{hari}$, wastafel sebesar $2,1 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan untuk musholla sebesar $2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Langkah selanjutnya menghitung debit air limbah nonmedis untuk rumah sakit Z, berikut adalah hasil perhitungannya:

- Debit rata-rata air limbah (m^3/detik)
= $Q_{\text{tempatidur}} + Q_{\text{dapur}} + Q_{\text{kmrmandi}} + Q_{\text{wastafel}} + Q_{\text{musholla}}$
= $(0,28 \times 200) + 5,2 + 8,2 + 2,1 + 2,5$
= $74 \text{ m}^3/\text{hari}$

4.2. Karakteristik Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit Kelas C

Berdasarkan hasil analisis laboratorium Teknik Lingkungan ITS Tahun 2017 didapatkan karakteristik air limbah nonmedis rumah sakit kelas C sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit Kelas C

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
Temperatur	C	25
pH	-	6,7
TSS	mg/L	116
COD	mg/L O_2	181

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
BOD	mg/L O ₂	110
NH ₃ Bebas	mg/L NH ₃ -N	35,74
Pospat	mg/L PO ₄ -P	4,64
Total Koliform	MPN/1000 mL	14 x 10 ⁸
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber: Hasil Laboratorium Teknik Lingkungan ITS 2017

Lalu hasil laboratorium dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah rumah sakit.

Tabel 4. 2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Rumah Sakit	
Volume Air limbah Maksimum 500 L / orang.hari	
<i>Parameter</i>	<i>Kadar Maksimum mg/L</i>
Suhu	30
pH	6 – 9
BOD ₅	30
COD	80
TSS	30
NH ₃ Bebas	0,1
PO ₄	2
MPN - Koliform	10.000

Sumber: Peraturan Gubenur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

Tabel 4. 3 Hasil Perbandingan

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Keterangan
Temperatur	C	30	25	Memenuhi

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Keterangan
pH	-	6 s/d 9	6,7	Memenuhi
TSS	mg/L	30	116	Tidak memenuhi
COD	mg/L O ₂	80	181	Tidak memenuhi
BOD	mg/L O ₂	30	110	Tidak memenuhi
NH ₃ Bebas	mg/L NH ₃ -N	0,1	35,74	Tidak memenuhi
Pospat	mg/L PO ₄ -P	2	4,64	Tidak memenuhi
Total Koliform	MPN/1000 mL	10000	14 x 10 ⁸	Tidak memenuhi
Minyak dan Lemak	mg/L	10	10	Memenuhi

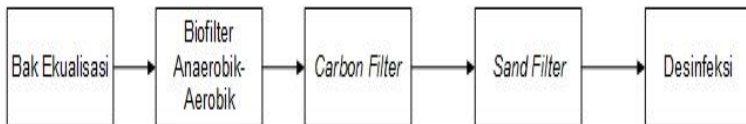
Sumber: Hasil Laboratorium Teknik Lingkungan ITS 2017

Dari hasil perbandingan diatas didapat bahwa pada parameter TSS, COD, COD, NH₃, PO₄, dan Total Koliform tidak memenuhi baku mutu. Rasio BOD/COD sebesar 0,60, angka rasio BOD/COD yang lebih dari 0,5 dapat diijadikan tolak ukur bahwa limbah tersebut dapat diolah dengan menggunakan proses biologis.

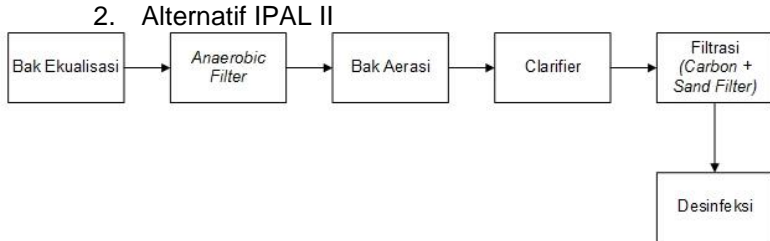
4.3. Alternatif Unit IPAL

Dalam perencanaan ini akan direncanakan dua alternative unit IPAL. Berikut adalah masing-masing alternatif IPAL tersebut:

1. Alternatif IPAL I



Gambar 4. 1 Alternatif IPAL I



Gambar 4. 2 Alternatif IPAL II

Pemilihan masing-masing unit dalam alternatif ini berdasarkan pada:

1. **Bak Ekualisasi**
Unit ini digunakan untuk menstabilkan arus air limbah yang masuk ke IPAL sehingga tidak akan terjadi fluktuasi debit air limbah yang masuk ke dalam IPAL dan tidak mengganggu proses kinerja dari IPAL tersebut.
2. **Anaerobic Filter – Bak Aerasi dan Kombinasi Biofilter Anaerobik & Aerobik**
Unit ini berguna untuk mengurangi kandungan polutan yang terdapat pada air limbah, terutama TSS, COD, BOD, N dan P.
3. **Filtrasi**
Unit ini berguna untuk mengurangi kandungan N dan P secara menyeluruh pada air limbah nonmedis.
4. **Desinfeksi**
Unit ini berguna untuk mengurangi kandungan bakteri koliform yang terkandung pada air limbah.

4.4. Perhitungan *Detailed Engineering Design* (DED) IPAL

Pada perencanaan IPAL untuk rumah sakit kelas C ini akan dibuat 2 alternatif IPAL untuk mengetahui alternatif IPAL mana yang sesuai untuk mengurangi kandungan pencemar yang terkandung dalam air limbah nonmedis rumah sakit kelas C.

4.4.1. DED Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi dihitung berdasarkan dari data fluktuasi debit per jam dari rumah sakit kelas C. Bak ekualisasi ini sendiri berperan untuk menstabilkan arus dari debit air limbah nonmedis yang akan masuk ke IPAL nantinya sehingga tidak terjadi fluktuasi debit pada IPAL yang dapat mempengaruhi kinerja dari IPAL tersebut dan mengurangi persentase penyisihan kandungan pencemar yang ada pada air limbah nonmedis tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan dari bak ekualisasi:

Tabel 4. 4 Debit Air Limbah Nonmedis Rumah Sakit Kelas C

Jam	Pemakaian air bersih (m ³ /jam)	% Pemakaian	Produksi Air Limbah (m ³ /jam)	Q rata - rata per jam	Selisih Debit	Kumulatif Debit
05.00 - 06.00	3,1	3,0	2,0	3,08	-1,1	-1,1
06.00 - 07.00	2,1	2,0	1,3	3,08	-1,8	-2,9
07.00 - 08.00	8,3	8,0	6,0	3,08	2,9	0,0
08.00 - 09.00	0,8	0,8	0,6	3,08	-2,5	-2,5
09.00 - 10.00	1,2	1,2	0,9	3,08	-2,2	-4,7
10.00 - 11.00	10,8	10,5	7,8	3,08	4,7	0,1

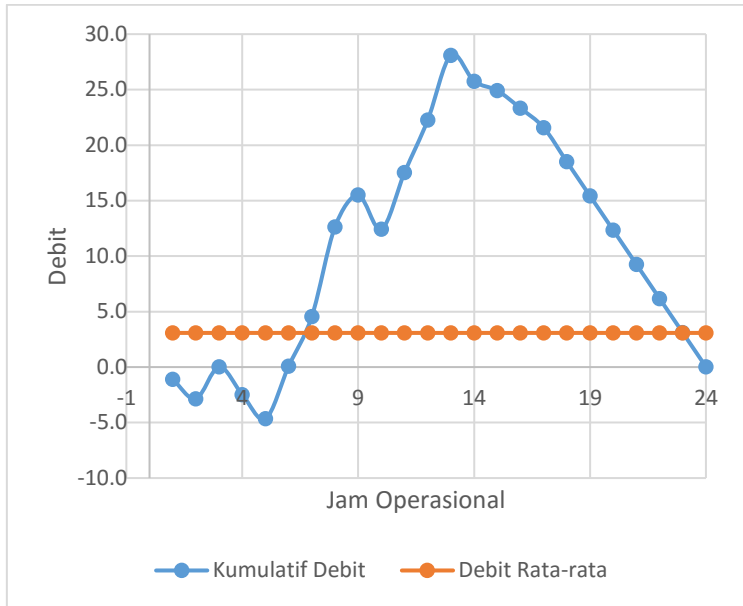
Jam	Pemakaian air bersih (m³/jam)	% Pemakaian	Produksi Air Limbah (m³/jam)	Q rata - rata per jam	Selisih Debit	Kumulatif Debit
11.00 - 12.00	10,5	10,2	7,6	3,08	4,5	4,6
12.00 - 13.00	15,5	15,0	11,2	3,08	8,1	12,6
13.00 - 14.00	8,3	8,0	6,0	3,08	2,9	15,5
14.00 - 15.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	12,4
15.00 - 16.00	11,4	11,0	8,2	3,08	5,1	17,5
16.00 - 17.00	10,8	10,5	7,8	3,08	4,7	22,3
17.00 - 18.00	12,4	12,0	8,9	3,08	5,8	28,1
18.00 - 19.00	1,0	1,0	0,7	3,08	-2,3	25,8
19.00 - 20.00	3,1	3,0	2,2	3,08	-0,8	24,9
20.00 - 21.00	2,1	2,0	1,5	3,08	-1,6	23,3

Jam	Pemakaian air bersih (m ³ /jam)	% Pemakaian	Produksi Air Limbah (m ³ /jam)	Q rata - rata per jam	Selisih Debit	Kumulatif Debit
21.00 - 22.00	1,9	1,8	1,3	3,08	-1,7	21,6
22.00 - 23.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	18,5
23.00 - 24.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	15,4
24.00 - 01.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	12,3
01.00 - 02.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	9,3
02.00 - 03.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	6,2
03.00 - 04.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	3,1
04.00 - 05.00	0,0	0,0	0,0	3,08	-3,1	0,0
Total	103,3	100	74			
Kumulatif Terendah						-4,7

Jam	Pemakaian air bersih (m³/jam)	% Pemakaian	Produksi Air Limbah (m³/jam)	Q rata - rata per jam	Selisih Debit	Kumulatif Debit
Kumulatif Tertinggi						28,1
Volume Bak						32,8

Sumber: Rumah Sakit Z

Langkah selanjutnya adalah membuat grafik berdasarkan dari perhitungan debit yang dilakukan di atas:



Gambar 4. 3 Grafik Debit Air Limbah

Sumber: Hasil Perhitungan

Data debit air bersih di dapatkan dari rumah sakit Z. Berikutnya setelah mendapat data debit air limbah, dilakukan perhitungan untuk dimensi bak ekualisasi:

$$\begin{aligned}
 Q \text{ air bersih} &= 103,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 4,30 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 H &= 2,5 \text{ m} \\
 2L^2 &= 13,1 \text{ m}^2 \\
 L^2 &= 6,6 \\
 L &= 2,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 5,2 \text{ m} \\
 Q \text{ limbah} &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 Td &= \frac{Vol}{Q} \\
 &= 0,31 \text{ hari} \\
 &= 7,4 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Influen Bak Ekualisasi

Pada pipa influen ini, digunakan debit puncak untuk menampung air limbah nonmedis dari berbagai sumber pada rumah sakit kelas C.

$$\begin{aligned}
 Q \text{ peak} &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,86 \text{ L/s}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Luas penampang} = Q / v$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\
 &= 0,00141 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa influen (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\
 &= 0,042 \text{ m} \\
 &= 42 \text{ mm (diameter pasaran)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan air limbah dari bak ekualisasi menuju bak pengendap awal pada masing-masing

alternatif IPAL. Jenis pompa yang akan digunakan adalah *submersible pump*.

Jumlah pompa = 2 buah (1 beroperasi dan 1 cadangan)

Q pompa = 74 m³/hari
 = 51.3 L/menit
 = 0,86 L/s

Kecepatan aliran (v) = 2 m/s

Luas penampang = Q / v

Pipa (A) = (0,86 L/s / 2) x 10⁻³
 = 0,00114 m²

Diameter pipa efluen (D) = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
 = $\sqrt{\frac{4 \times 0,00114}{3,14}}$
 = 0,042 m
 = 42 mm (diameter pasaran)

L_{discharge} = 5 m

Head statis = 2,55 m

H_f mayor = $\left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L$
 = $\left(\frac{0,85}{0,00155 \times 120 \times (42)^{2,63}}\right)^{1,85} \times 5$
 = 3.9 x 10⁻⁶ m

Head pompa = Head statis + H_f mayor
 = 2,55 + (3.9 x 10⁻⁶)
 = 2,55 m

Efisiensi pompa direncanakan sebesar 70%, maka W_{hp} :

$$W_{hp} = \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \times 3,08 \frac{m^3}{jam} \times 9,81 \times 3,55 m}{1000 \times 3600} = 0,029 \text{ kW}$$

Kebutuhan daya pompa dengan efisiensi pemompaan 70%:

$$B_{hp} = W_{hp} / \eta = 0,029 \text{ kW} / 0,7 = 0,041 \text{ kW}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, berikut adalah unit pompa yang dipilih untuk bak ekualisasi ini:

Merk	: Grundfos <i>Submersible Pump</i>
Tipe	: SEG.A15.20.R2.2.1.603
Material Pompa	: Besi
Kapasitas	: 6,5 m ³ /jam
Daya	: 1,3 kW
Motor	: 1,207 HP
Diameter pipa output	: 1 inch

4.4.2. DED *Anaerobic Filter*

Unit *Anaerobic Filter* ini berfungsi untuk menurunkan kandungan pencemar seperti TSS, COD, BOD sehingga nantinya dapat mencapai baku mutu air limbah rumah sakit. Pada unit ini terdapat tangki septik yang terintegrasi dimana tangki septik ini berfungsi sebagai pengendap awal dalam unit ini untuk mengurangi beban pencemar. Media filter yang digunakan adalah media tipe sarang tawon dengan spesifikasi sebagai berikut:

Material	: PVC
Ukuran lubang	: 2 cm × 2 cm
Ketebalan	: 0,2 mm – 0,5 mm
Luas spesifik	: 150 – 220 m ² /m ³
Porositas	: 0,98

Berikut adalah hasil perhitungan dari unit *Anaerobic Filter*.

a. Tangki Septik

Perhitungan Pipa Influen Tangki Septik

$$\begin{aligned} Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,86 \text{ L/s} \\ \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\ \text{Luas penampang} &= Q / v \\ \text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0.6) \times 10^{-3} \\ &= 0,00141 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 42 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \end{aligned}$$

Diketahui

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{BOD in} &= 110 \text{ mg/L} \\ \text{COD in} &= 181 \text{ mg/L} \\ \text{TSS in} &= 116 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Direncanakan

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengurasan} &= 24 \text{ bulan} \\ \text{HRT tangki septik} &= 2 \text{ jam} \\ \text{Rasio SS/COD} &= 0.42 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

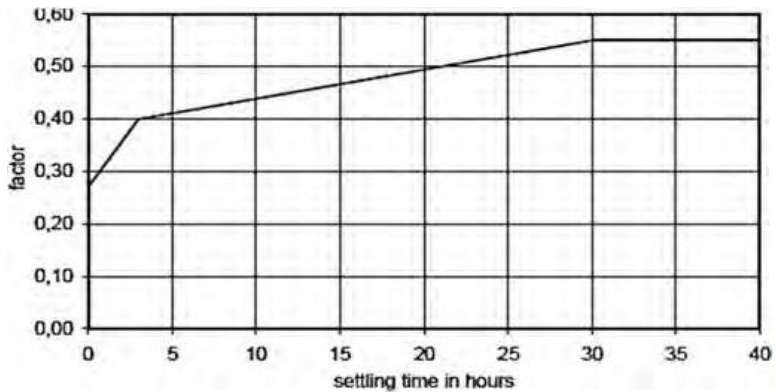
Perhitungan % removal

$$\begin{aligned} \text{Q per jam} &= Q / \text{waktu pengaliran} \\ &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari} \\ &= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio COD/BOD} &= \text{COD}_{in} / \text{BOD}_{in} \\
 &= 181 \text{ mg/L} / 110 \text{ mg/L} \\
 &= 1,741935484
 \end{aligned}$$

$$\text{\% COD rem} = \text{rasio SS/COD} / 0.6 \times \text{f.HRT}$$

Faktor HRT ditentukan berdasarkan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.4



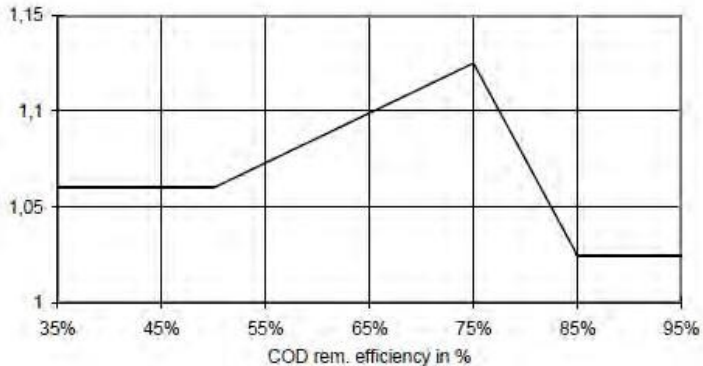
Gambar 4. 4 Grafik Faktor HRT

Sumber: Sasse (1998)

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor HRT} &= (\text{HRT}-1) \times (0,1/2) + 0,3 \\
 &= (2-1) \times (0,1/2)+0,3 \\
 &= 0,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{\% COD rem} &= \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times \text{f.HRT} \\
 &= 0,42 / 0,6 \times 0,35 \\
 &= 25\%
 \end{aligned}$$

Dalam menentukan %removal BOD, dapat menggunakan gambar 4.5 dibawah ini yaitu grafik rasio BODrem/CODrem untuk menentukan persentase penyisihan BOD dalam tangki septik.



Gambar 4. 5 Grafik Rasio BODrem/CODrem

Sumber: Sasse (1998)

Sehingga didapatkan bahwa faktor removal BOD/COD sebesar 1.06, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan persentase penyisihan BOD.

$$\begin{aligned}
 \%BOD \text{ rem} &= \text{rasio BODrem/CODrem} \times \%CODrem \\
 &= 1,06 \times 25\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan persentase penyisihan TSS dilakukan perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \%TSS \text{ removal} &= HRT / (0,0075 + (HRT \times 0,014)) \quad (\text{Sasse, 2009}) \\
 &= 2 / (0,0075 + (2 \times 0,014))
 \end{aligned}$$

$$\%TSS \text{ removal} = 56,34\%$$

$$\begin{aligned}
 BODrem &= BODin \times \%BODrem \\
 &= 110 \text{ mg/L} \times 26\% \\
 &= 28,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$CODrem = CODin \times \%CODrem$$

$$\begin{aligned}
 &= 181 \text{ mg/L} \times 25\% \\
 &= 45,25 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSrem} &= \text{TSSin} \times \% \text{TSSrem} \\
 &= 116 \text{ mg/L} \times 56.34\% \\
 &= 65,3 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD eff} &= \text{BODin} \times (1 - \text{BODrem}) \\
 &= 110 \text{ mg/L} \times (1 - 0,26) \\
 &= 81,4 \text{ mg/L} \\
 \text{CODeff} &= \text{CODin} \times (1 - \text{CODrem}) \\
 &= 181 \times (1 - 0,245) \\
 &= 136,7 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \times (1 - \text{TSSrem}) \\
 &= 116 \text{ mg/L} \times (1 - 0,56) \\
 &= 50,64 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

Direncanakan:

Jumlah kompartemen = 2 buah

Lebar dalam = 4 m

H air di inlet = 1 m

H Tangki = 2,5 m

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi lumpur} &= 0,005 \times (1 - \text{waktu pengurasan}) \times \\
 &0,014)) \\
 &= 0,005 \times ((1 - 24 \times 0,014)))
 \end{aligned}$$

$$=0,00332 \text{ L/kg BODrem}$$

Volume (termasuk lumpur)

$$= \text{Akumulasi lumpur} \times (\text{BODin} - \text{BODeff}) / 1000 \times Q \times 30 \text{ hari} \times 6 \text{ bulan} + (\text{HRT} \times Q \text{ per jam})$$

$$= (0,00332 \text{ L/kg BODrem} \times (110 - 81,4) \text{ mg/L} / 1000 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \times 6 \text{ bulan}) + (2 \text{ jam} \times 3,08 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$= 12,3 \text{ m}^3$$

Panjang tangki septik pertama:

$$= 2/3 \times V \text{ tangki septik} / \text{Lebar tangki septik} / H \text{ air di inlet}$$

$$= 2/3 \times 12,3 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} / 1 \text{ m}$$

$$= 2 \text{ m}$$

Panjang tangki septik kedua:

$$= \text{panjang tangki septik pertama} / 2$$

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

$$= 1 \text{ m}$$

Volume tangki septik

$$= (\text{panjang tangki septik pertama} + \text{kedua}) \times H \text{ air} \times \text{lebar tangki septik}$$

$$= (2 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times 1 \text{ m} \times 4 \text{ m}$$

$$= 12 \text{ m}^3$$

Perhitungan Pipa Efluen Tangki Septik (Pipa Influen *Anaerobic Filter*)

Pada pipa efluen tangki septik ini, direncanakan akan dibagi menjadi 3 pipa untuk meratakan aliran air limbah pada tiap kompartemen dari *anaerobic filter*.

$$\begin{aligned}
 Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,86 \text{ L/s} / 3 \\
 &= 0,283 \\
 \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\
 \text{Luas penampang} &= Q / v \\
 \text{Pipa (A)} &= (0,283 \text{ L/s} / 0.6) \times 10^{-3} \\
 &= 0,00141 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00047}{3,14}} \\
 &= 0,024 \text{ m} \\
 &= 26 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \\
 L_{\text{pipa}} &= 1,24 \text{ m} \\
 H_f \text{ Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\
 &= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155)^{2,63} 120} \right]^{1,85} \times 1,24 \text{ m} \\
 &= 0,025 \text{ m} \\
 \text{Aksesoris Pipa} &= 6 \text{ Elbow } 90^\circ \\
 k &= 0,3 \\
 H_f \text{ Minor} &= k \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,005 \times 6 = 0,03 \text{ m} \\
 \text{Headloss Total} &= H_f \text{ Mayor} + H_f \text{ Minor} \\
 &= 0,025 \text{ m} + 0,03 \text{ m} \\
 &= 0,055 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. *Anaerobic Filter*

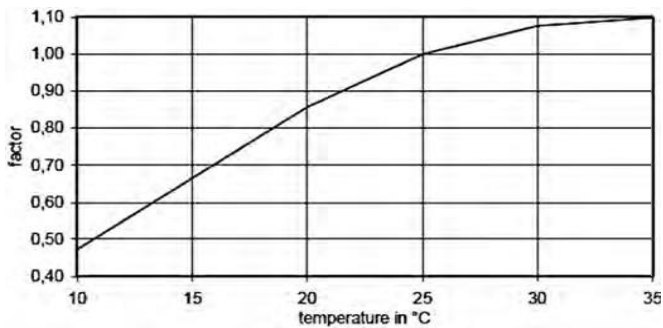
Dalam *Anaerobic Filter*, ada beberapa faktor yang mempengaruhi penyisihan kandungan pencemar berbagai

faktor tersebut adalah faktor temperatur, faktor COD *strength*, faktor luas permukaan filter spesifik, dan faktor HRT yang ditentukan berdasarkan grafik.

Direncanakan

Suhu	=	30°
Waktu pengaliran	=	24
Pengurasan lumpur	=	24 bulan
HRT <i>Anaerobic Filter</i>	=	24 jam
OLR	=	5 kg COD/m ³ .hari
HLR	=	1 m ³ /m ² .jam
Luas Spesifik media	=	98 m ² /m ³
Porositas rongga	=	0.98

1. Faktor temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.6.



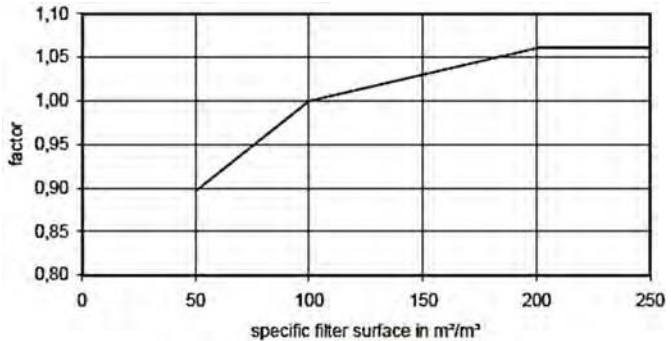
Gambar 4. 6 Grafik Faktor Temperatur

Sumber: Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan suhu *anaerobic filter* adalah 30 °C. Sehingga, didapatkan faktor temperatur sebesar 1,11. Dalam perencanaan ini, *Anaerobic Filter* memiliki COD sebesar

136,7 mg/L. Sehingga, didapatkan faktor COD *strength* sebesar 0,88.

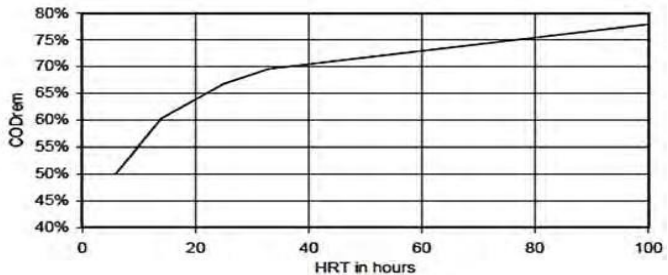
2. Faktor Luas Permukaan *Filter*



Gambar 4. 7 Grafik Faktor Luas Permukaan Filter spesifik
Sumber: Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan *anaerobic filter* memiliki luas permukaan filter spesifik sebesar 98 m²/m³ sehingga didapatkan luas permukaan filter spesifik adalah sebesar 1.

3. Faktor HRT



Gambar 4. 8 Grafik Faktor Waktu Tinggal (HRT)
Sumber: Sasse (1998)

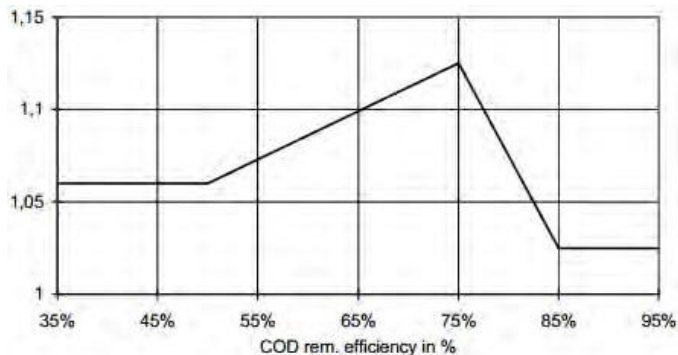
Pada perencanaan ini, direncanakan *anaerobic filter* memiliki HRT sebesar 24 jam. Sehingga didapatkan faktor HRT sebesar 67%.

Setelah menentukan berbagai faktor tersebut, dilakukan perhitungan % COD, BOD dan TSS *removal* dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ COD removal} &= f \text{ temperatur} \times f \text{ COD strength} \times f \text{ luas perm.} \\ &\quad \text{Filter spesifik} \times f \text{ HRT} \times (1 + \text{jumlah filter} \times \\ &\quad 0,04) \\ &= ((1,11 \times 0,88 \times 1 \times 0,67 \times (1 + (4 \times 0,04)))) \\ &= 76\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ COD removal total} &= 1 - (\text{COD}_{\text{eff AF}} / \text{COD}_{\text{in tangki septik}}) \\ &= 1 - (33,1 \text{ mg/L} / 181 \text{ mg/L}) \times 100\% \\ &= 82\% \end{aligned}$$

Rasio efisiensi BODrem/CODrem dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4. 9 Rasio efisiensi BODrem/CODrem
Sumber: Sasse (1998)

% CODrem total = 82%. Berdasarkan gambar diatas, nilai rasio BODrem/CODrem adalah 1,06 (CODrem > 0,85).

$$\begin{aligned} \% \text{ BOD removal} &= \text{rasio BODrem/CODrem} \times \% \text{COD removal} \\ &= 1,06 \times 82\% \\ &= 86,4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BODrem} &= \text{BODin} \times \% \text{BODrem} \\ &= 81,4 \text{ mg/L} \times 86,4\% \\ &= 70,3 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CODrem} &= \text{CODin} \times \% \text{CODrem} \\ &= 136,7 \text{ mg/L} \times 82\% \\ &= 33,1 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSSrem} &= \text{TSSin} \times \% \text{TSSrem} \\ &= 51,04 \text{ mg/L} \times 69,87\% \\ &= 35,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD eff} &= \text{BODin} \times (1 - \% \text{BODrem}) \\ &= 81,4 \text{ mg/L} \times (1 - 0,864) \\ &= 14,9 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CODeff} &= \text{CODin} \times (1 - \% \text{CODrem}) \\ &= 136,7 \times (1 - 0,82) \\ &= 33,1 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \times (1 - \% \text{TSSrem}) \\ &= 51,04 \text{ mg/L} \times (1 - 0,69) \\ &= 15,8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

Direncanakan:

Kedalaman tangki filter	= 2,5 m
<i>Freeboard</i>	= 0,3 m
Panjang per kompartemen	= 2,5 m
Ketebalan penyangga	= 0,1 m
Ruang di bawah media	= 0,6 m
Ketinggian air di atas media	= 1,45 m
Voids pada filter mass	= 37%
Volume tangki filter	= HRT x Q/24 = 24 jam x 74 m ³ /hari/24 = 74 m ³
Jumlah tangki filter	= 4 buah
Tinggi filter	= kedalaman tangki filter – ruang dibawah media-0,4-0,05 = 2,5 m – 0,6 m – 0,4 – 0,05 = 1,45 m
Lebar tangki filter	= vol. tangki filter/jumlah tangki filter/((hx0,25)+(panjang tiap tangki x (h tangki filter-tinggi filter x (1-voids pada filter mass) = 74 m ³ /4 /((2,5 m x 0,25)+(3m x (2,5 – 1.45)) x (1-0,37) = 4 m

Cek:

Organic loading rate : COD_{in} x Q_{ave} / 1000 / (tinggi filter x lebar tangki filter x panjang tiap tangki x lebar tangki septik x jumlah tangki filter)

$$= 136,7 \text{ mg/l} \times 74 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / (1,45 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4)$$

$$= 0,48 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK) (<4,5 kg/m}^3 \cdot \text{hari)}$$

Kecepatan *upflow* = debit jam puncak / (lebar tangki filter x panjang tiap tangki x lebar tangki septik)

$$= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} / (4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m})$$

$$= 0,83 \text{ m/jam (OK) (<2,0 m/jam)}$$

Perhitungan Produksi Biogas

Pada *Anaerobic Filter* dapat diasumsikan sebesar 70% COD yang tersisihkan pada unit *Anaerobic Filter* berubah menjadi gas metana (CH₄) dan 50% dari gas metana tersebut larut dalam air (Sasse, 1998). Berikut adalah perhitungan untuk produksi gas dari unit *Anaerobic Filter*.

$$Q \text{ in} = 74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD in} = 136,7 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD out} = 33,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{Produksi biogas} = (\text{COD in} - \text{COD out}) \times Q \text{ in} \times 0,35 / 1.000 / 0,7 \times 0,5$$

$$= (136,7 - 33,1) \times 74 \times 0,35 / 1.000 / 0,7 \times 0,5$$

$$= 1,91 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kebutuhan Nutrien

Menurut Tchobanoglous (2004), pada pengolahan biologis harus terdapat jumlah nutrien yang cukup, yaitu dengan rumus C₅H₇NO₂, untuk komposisi sel biomas, sekitar 12,4% berat nitrogen dibutuhkan, sedangkan untuk fosfor butuh sekitar 1,5% – 2%. Namun nilai persentase kandungan N dan P ini dapat berubah-ubah tergantung dari SRT unit pengolahan biologis. Rasio dari kebutuhan nutrient pada proses anaerobic sendiri adalah C:N:P = 250:5:1. (Ammary, 2004) Berikut adalah hasil perhitungannya:

Direncanakan:

Qave	= 74	m ³ /hari	
	= 3,08	m ³ /jam	
	= 0.001	m ³ /s	
OLR	= < 4,5	kg BOD/m ³ .hari	
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,9		(0,8 - 0,9)
MLSS	1000	mg/L	(1000 - 3000 mg/L)
Y	= 0,6	(0,4 - 0,8)	
Kd	= 0,1	vss/g vss.hari	(0,06 - 0,2)
SRT	= 15	hari	(10 - 30 hari)
So	= 81,4	mg/L	
Se	= 14,9	mg/L	
S So	= 51,04	mg/L	
S Se	= 15,8	mg/L	
Yobs	= $Y/(1+Kd.SRT)$		
	= 0,6 / (1+0,1 x 15)		
	= 0,24		
Px bio (Px MLVSS)	= $Y\text{ obs} \times Q\text{ Ave} \times (So - Se)$		
	= $[0,24 \times (74000\text{ L/hari}) \times (81,4\text{ mg/L} -$		
	= $14,9\text{ mg/L})]/10^6$		
	= 1,18	kg/hari	
Volume Biofilter Anaerobik	= 149,25	m ³	
Cek OLR	= $(Q\text{ ave} \times [BODin])/V\text{ bangunan}$		
	= $[(74000\text{ L/hari} \times 81,4\text{ mg/L}) / 149,25$		
	= 0,04	kg BOD/m ³ .hari	
TSS Removed	= $(S\text{ So} - S\text{ Se}) \times Q\text{ ave}$		

$$= [(51,04 \text{ mg/L} - 15,8 \text{ mg/L}) \times 74000 \text{ L/hari}] / 10^6$$

$$= 2,6 \quad \text{kg/hari}$$

Kontrol F/M

MLVSS = Rasio MLVSS/MLSS x MLSS

$$= [(0,9 \times 1000 \text{ mg/L}) / 1000]$$

$$= 0,9 \quad \text{kg/m}^3$$

Cek F/M = $(Q_{ave} \times S_o \text{ [BOD]}) / (V \text{ bangunan} \times \text{MLVSS})$

$$= [74 \text{ m}^3/\text{hari} \times (81,4/1000) \text{ kg/m}^3] / (149,25 \text{ m}^3 \times 0,9 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,04 \quad \text{kg BOD / kg MLVSS.hari}$$

(0.04-0.1)

Nitrogen = Mr C₅H₇O₂N

$$= 13$$

Kebutuhan N = $((Ar \text{ N} / Mr \text{ C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times P_x \text{ bio})$

$$= 12\% \times 1,18 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,14 \quad \text{kg/hari}$$

N input = Q ave x [No]

$$= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \times (35,74 / 1000) \text{ kg/m}^3$$

$$= 2,64 \quad \text{kg/hari}$$

Sisa N = N input [No] - kebutuhan N

$$= 2,64 \text{ kg/hari} - 0,14 \text{ kg/hari}$$

$$= 2,5 \quad \text{kg/hari}$$

Konsentrasi N eff = Sisa N / Q ave

$$= (2,5 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 1000$$

$$= 33,7 \quad \text{mg/L}$$

Phospat

C:N:P = 250:5:1

Kebutuhan P = $1/5 \times 12\% \times P_x \text{ bio}$

$$\begin{aligned}
&= 1/5 \times 12\% \times 1,18 \text{ kg/hari} \\
&= 0,028 \quad \text{kg/hari} \\
\text{Sisa P} &= [\text{Po}] \times Q \text{ ave} - \text{kebutuhan P} \\
&= [(4,64 / 1000) \text{ kg/m}^3 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari}] - 0,028 \text{ kg/hari} \\
&= 0,31 \quad \text{kg/hari} \\
\text{Konsentrasi P eff} &= \text{Sisa P} / Q \text{ ave} \\
&= 0,31 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,0041 \quad \text{kg/m}^3 \\
&= 4,1 \quad \text{mg/L}
\end{aligned}$$

Perhitungan Produksi Lumpur

Lumpur yang dihasilkan terdiri dari 95% air dan 5% solid. Lumpur pada unit *Anaerobic Filter* ini dihasilkan dari endapan TSS, berikut adalah hasil perhitungan produksi lumpur

$$\begin{aligned}
\text{Ss (lumpur)} &= 1,22 \\
\% \text{ solid} &= 5\% \\
\rho_{\text{air}} &= 1 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Massa TSS Tersisih} &= Q \times (\text{TSS in} - \text{TSS out}) \\
&= 74000 \text{ L/hari} \times ((51,08 \text{ mg/L} \times 10^{-6}) - \\
&\quad (15,8 \text{ mg/L} \times 10^{-6})) \\
&= 2,6 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa solid} &= 5\% \times \text{Massa TSS Tersisih} \\
&= 5\% \times 2,6 \\
&= 0,13 \text{ kg/hari} \\
\text{Debit lumpur} &= \text{Massa solid} / (\text{Ss} \times \rho_{\text{air}}) \\
&= 0,13 / (1,22 \times 1) \\
&= 0,106 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Efluen *Anaerobic Filter*

$$\begin{aligned}
Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,86 \text{ L/s} \\
\text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\
\text{Luas penampang} &= Q / v \\
\text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0.6) \times 10^{-3}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,00141 \text{ m}^2 \\
\text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\
&= 0,042 \text{ m} \\
&= 42 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \\
\text{Lpipa} &= 0,82 \text{ m} \\
\text{Hf Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\
&= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155) 4,2^{2,63} 120} \right]^{1,85} \times 0,82 \text{ m} \\
&= 0,012 \text{ m} \\
\text{Aksesoris Pipa} &= 1 \text{ Elbow } 90^\circ \\
k &= 0,3 \\
\text{Hf Minor} &= k \frac{V^2}{2g} \\
&= 0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,005 \text{ m} \\
\text{Headloss Total} &= \text{Hf Mayor} + \text{Hf Minor} \\
&= 0,012 \text{ m} + 0,005 \text{ m} \\
&= 0,017 \text{ m}
\end{aligned}$$

4.4.3. DED Bak Aerasi

Unit bak aerasi ini digunakan sebagai unit pengolahan biologis untuk alternatif IPAL I, dimana unit ini menggunakan prinsip lumpur aktif untuk menguraikan kandungan pencemar yang terkandung dalam air limbah. Berikut adalah hasil perhitungannya:

Diketahui

Qave	=	0,001	m ³ /s
BOD in (So)	=	14,9	mg/L
TSS in (S So)	=	15,8	mg/L
BOD solid	=	65%	biodegradable
Efisiensi Penyisihan	=	TSS (80%)	

	BOD (90%)	
	COD (90%)	
1 gr bio	= 1,42	BODu
MLSS/MLVSS	= 0,8	
BOD5	= 0,68	BODu
BOD eff (Se)	= 1,49	mg/L
TSS eff (S Se)	= 3	mg/L
COD in	= 33,1	mg/L
COD eff	= 3,3	mg/L
Biological solid terdegradasi	= 0,97	mg/L

Menghitung konsentrasi BOD₅ soluble dalam efluen :

BOD₅ eff

Diasumsikan :

a. Efluen terdiri dari 0,97 mg/l biological solid, dimana 80 % adalah volatile dan 65% bersifat biodegradable

b. Biodegradable biological solids dpt dikonversikan dari BOD ultimate ke BOD₅ dengan menggunakan faktor 0,68

$$BOD_5 = BOD_u \times 0.68$$

BODu	= 1,38	mg/l
BOD solid	= 0,94	mg/l
BOD lolos	= 0,56	mg/l
Efisiensi	= 96,3	%
Efisiensi total	= 90	%

Direncanakan

SRT	=	10	hari
Qave	=	0,001	m ³ /dtk
Jumlah bak	=	1	buah
Qave	=	37	m ³ /hr
Y	=	0,5	
So	=	14,9	mg/l
X (MLVSS)	=	2500	mg/l
MLSS	=	2000	mg/l
Kd	=	0,06	Vss/gvss.hari

Perhitungan

Vol	=	$\frac{SRT \times Qave \times Y \times (SO - 0,56)}{X \times (1 + Kd \times SRT)}$	m ³ /hari
	=	1,3	m ³ /hari
Kedalaman	=	2	m
P:L	=	2 : 1	
L	=	1	m
P	=	2	m
Fb	=	0,3	m

Sludge

Y obs	=	$Y/(1+Kd.SRT)$	
	=	0,313	
Px bio (MLVSS)	=	$Y \text{ obs} \times Q \text{ Ave} \times (So - Se)$	Kg/hari
	=	0,17	Kg/hari
Px (MLSS)	=	$(X \text{ TSS} \times V \text{ bangunan})/SRT$	Kg/hari
	=	0,21	Kg/hari
TSS <i>Removed</i>	=	$(S \text{ So} - S \text{ Se}) \times Q \text{ ave}$	Kg/hari

$$= (15,8 - 3) \times 74000/10^6$$

$$= 0,94 \quad \text{Kg/hari}$$

Lumpur yang Dibuang

Px (SS)	=	Px TSS + TSS removed	Kg/hari
	=	0,1	Kg/hari
Qw	=	Px (SS)/MLSS x 1000	m ³ /hari
	=	0,05	m ³ /hari
F/M	=	(Qave x So)/Vbangunan x MLVSS	
	=	0,04	kgBOD / kgMLVSS.hari
OLR	=	Qave x BODin / Vbangunan	kg/m ³ .hr
	=	0,8	kgBOD/m ³ .hari
Kebutuhan O ₂ berdasar BOD	=	Qave x (So-Se) x 10 ⁻³	kg/hari
	=	0,78	Kg/hari

Perhitungan Volume Udara

Koef transfer oksigen	=	8%	
faktor aman	=	2	
udara mengandung	=	23,20%	O ₂
Berat udara	=	1,201	kg/m ³
keb udara teoritis	=	Keb O ₂ BOD/ (23,20% x 1,201)	m ³ /hari
	=	2,805	m ³ /hari
keb udara aktual	=	Keb Udara Teoritis/Koef Transfer O ₂	m ³ /hari

$$\begin{aligned}
 &= 35,06 && \text{m}^3/\text{hari} \\
 \text{keb udara desain} &= 2 \times (35,06/1440) && \text{m}^3/\text{menit} \\
 &= 0,05 && \text{m}^3/\text{menit} \\
 &\text{Keb Udara} \\
 \text{keb udara/kg bod} &= \text{Aktual}/(\text{Qave} \times && \text{m}^3 \\
 &(\text{So-Se}) \times 10^{-3} \\
 &= 65,974 && \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kebutuhan udara aktual yaitu sebesar 35,06 m³/hari, kebutuhan udara akan salurkan melalui 3 pipa diffuser dengan diameter 26 mm. Maka berikut adalah spesifikasi blower yang digunakan pada unit ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe Blower} &= \text{HK25L} && (\text{Hakko}) \\
 \text{Aliran Udara Maks} &= 32 \text{ L/min} \\
 \text{Power} &= 0,02 \text{ kW} \\
 \text{Jumlah Blower} &= 1 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Influen Bak Aerasi

$$\begin{aligned}
 Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,86 \text{ L/s} \\
 \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\
 \text{Luas penampang} &= Q / v \\
 \text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\
 &= 0,00141 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\
 &= 0,042 \text{ m} \\
 &= 42 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \\
 L_{\text{pipa}} &= 0,82 \text{ m} \\
 H_f \text{ Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155)D^{2,63C}} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155)4,2^{2,63}120} \right]^{1,85} \times 0,82 \text{ m} \\
&= 0,012 \text{ m} \\
\text{Aksesoris Pipa} &= 1 \text{ Elbow } 90^\circ \\
k &= 0,3 \\
\text{Hf Minor} &= k \frac{v^2}{2g} \\
&= 0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,005 \text{ m} \\
\text{Headloss Total} &= \text{Hf Mayor} + \text{Hf Minor} \\
&= 0,012 \text{ m} + 0,005 \text{ m} \\
&= 0,017 \text{ m}
\end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Efluen Bak Aerasi (Pipa Influen Clarifier)

$$\begin{aligned}
Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,86 \text{ L/s} \\
\text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\
\text{Luas penampang} &= Q / v \\
\text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\
&= 0,00141 \text{ m}^2 \\
\text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\
&= 0,042 \text{ m} \\
&= 42 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \\
L_{\text{pipa}} &= 1,88 \text{ m} \\
\text{Hf Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155)D^{2,63}C} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\
&= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155)4,2^{2,63}120} \right]^{1,85} \times 1,88 \text{ m} \\
&= 0,029 \text{ m} \\
\text{Aksesoris Pipa} &= 3 \text{ Elbow } 90^\circ \\
k &= 0,3 \\
\text{Hf Minor} &= k \frac{v^2}{2g} \\
&= 0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,005 \text{ m} \times 3 = 0,015 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss Total} &= H_f \text{ Mayor} + H_f \text{ Minor} \\ &= 0,029 \text{ m} + 0,015 \text{ m} \\ &= 0,044 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk efluen dari bak aerasi, dibutuhkan pompa untuk mengalirkan efluen ke bak clarifier, berikut adalah perhitungannya:

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{Luas penampang} = Q / v$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa (A)} &= (0,04 \text{ L/s} / 2) \times 10^{-3} \\ &= 2 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times (2 \times 10^{-5})}{3,14}} \\ &= 42 \text{ mm (diameter pasaran)} \end{aligned}$$

Efisiensi pompa direncanakan sebesar 70%, maka W_{hp} :

$$\begin{aligned} W_{hp} &= \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3,08 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 9,81 \times 2 \text{ m}}{1000 \times 3600} \\ &= 0,02 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kebutuhan daya pompa dengan efisiensi pemompaan 70%:

$$B_{hp} = W_{hp} / \eta = 0,02 \text{ kW} / 0,7 = 0,028 \text{ kW}$$

Berdasarkan debit resirkulasi yang didapatkan, maka pompa yang digunakan untuk proses resirkulasi ini adalah:

Merek Pompa = Tsurumi Submersible Water Pump

Tipe = 40UT2.25S

Debit Pompa = 0,02 m³/s

Motor Output = 0,25 kW

Kebutuhan Nutrien

Menurut Tchobanoglous (2004), pada pengolahan biologis harus terdapat jumlah nutrien yang cukup, yaitu dengan rumus

$C_5H_7NO_2$, untuk komposisi sel biomas, sekitar 12,4% berat nitrogen dibutuhkan, sedangkan untuk fosfor butuh sekitar 1,5% – 2%. Namun nilai persentase kandungan N dan P ini dapat berubah-ubah tergantung dari SRT unit pengolahan biologis. Rasio dari kebutuhan nutrient pada proses aerobik sendiri adalah C:N:P = 100:5:1. (Ammary, 2004) Berikut adalah hasil perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 \text{Nitrogen} &= Mr C_5H_7O_2N \\
 &= 13 \\
 \text{Kebutuhan N} &= ((Ar N/Mr C_5H_7O_2N) \times P_x \text{ bio}) \\
 &= 12\% \times 0,17 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,02 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{N input} &= Q_{ave} \times [No] \\
 &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \times (33,7 / 1000) \text{ kg/m}^3 \\
 &= 2,49 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Sisa N} &= \text{N input [No]} - \text{kebutuhan N} \\
 &= 2,49 \text{ kg/hari} - 0,02 \text{ kg/hari} \\
 &= 2,47 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Konsentrasi N eff} &= \text{Sisa N} / Q_{ave} \\
 &= (2,47 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 1000 \\
 &= 33,4 \quad \text{mg/L}
 \end{aligned}$$

Phospat

$$\begin{aligned}
 \text{C:N:P} &= 100:5:1 \\
 \text{Kebutuhan P} &= 1/5 \times 12\% \times P_x \text{ bio} \\
 &= 1/5 \times 12\% \times 0,17 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,004 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Sisa P} &= [Po] \times Q_{ave} - \text{kebutuhan P} \\
 &= [(4,1 / 1000) \text{ kg/m}^3 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari}] - 0,004 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,29 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Konsentrasi P eff} &= \text{Sisa P} / Q_{ave} \\
 &= 0,29 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0.0039 \quad \text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$= 3,9 \quad \text{mg/L}$$

4.4.4. DED Clarifier

Unit *Clarifier* ini berfungsi untuk menampung lumpur yang dihasilkan oleh unit bak aerasi. Pada unit ini tidak terjadi penyisihan kandungan pencemar, melainkan untuk memisahkan untuk memisahkan partikel lumpur dari fluida pada air limbah sehingga dihasilkan air bersih dan lumpur hasil pemisahan akan disalurkan ke dalam unit pengolahan lumpur.

Direncanakan

Jumlah Bak	=	1	buah
Untuk keperluan <i>maintenance</i> maka aliran dari bak aerasi dapat langsung disalurkan ke filtrasi tanpa perlu ke dal dikarenakan kandungan pencemar pada bak aerasi sudah sesuai dengan parameter air limbah yang yang diizinkan			
Qave	=	0,86	l/detik
	=	0,00086	m ³ /detik
	=	74	m ³ /hari
MLVSS di Bak Aerasi	=	13,4	mg/L
MLSS di Bak Aerasi	=	2500	mg/L
	=	2,5	kg/m ³
MLVSS return	=	3000	mg/L
MLSS return	=	3750	mg/L
QR	=	0,33	m ³ /hari
Sludge Waste (Qw)	=	0,05	m ³ /hari
Solid Flux	=	2	kg/m ² .jam
Konsentrasi Rata rata lumpur di <i>Clarifier</i>	=	10	kg/m ³
Lama penampungan lumpur	=	1	hari

Dimensi *Clarifier*

Q ave	=	0,00086	m ³ /detik
Jumlah Bak	=	1	buah
Q bak	=	74	m ³ /hari
A surface	=	Q.X/SF	
	=	3,87	m ²
Diameter bak	=	2,2	m
cek OFR (24 – 40)	=	Q/A	
	=	24,5	m ³ /m ² .hari
cek SF tiap bak (3 – 6)	=	Q.X/A	
	=	3,00	m ³ /m ² .jam

**Kedalaman *Clarifier*:
zona thickening**

Total Volume	=	1,32	m ³
MLSS di Bak Aerasi	=	2500	mg/L
	=	2,5	kg/m ³
Total Massa Solid dari Bak Aerasi	=	3,32	kg
Asumsi massa solid di <i>Clarifier</i>	=	40	%
Total massa solid di <i>Clarifier</i>	=	1,32	kg
Kedalaman <i>Thickening Zone</i>	=	total solid /konsentrasi . As	
	=	1	m

Pada *Clarifier* tidak terjadi proses removal BOD sehingga tidak menghitung kembali produksi lumpur, produksi lumpur pada *Clarifier* merupakan lumpur dari tangki aerasi

Storage Zone

Y	=	0,5	
Lama penampungan	=	1	hari

Kd	=	0,06	/hari
Yobs	=	0,3125	
So	=	14,9	mg/l
Se	=	1,49	mg/l
Q in	=	74	m ³ /hari
Total Volatile Solid (TVS)	=	0,3	kg/hari
Total Massa Lumpur (TSS)	=	0,39	kg
Total Massa Lumpur di <i>Clarifier</i>	=	TSS + total massa solid di <i>Clarifier</i>	
	=	1,72	kg
Densitas Lumpur			
Xr	=	10000	mg/l
% SS	=	1	%
densitas SS	=	1020	
%	=	99	
Densitas air	=	996,2	
Densitas lumpur	=	996,438	kg/m ³
V LUMPUR	=	0,0017	m ³
kedalaman	=	0,4	m
A1	=	0,48375	m ²
D bawah	=	0,5	m
A2	=	0,48375	m ²
Volume zona lumpur	=	0,48375	m ³
td lumpur	=	$\frac{V_{Clarifier}}{Q}$	hari
	=	0,11	hari
	=	2,56	jam
H <i>Settling</i>	=	1	m
Kedalaman total clarifier	=	$H_{settling} + H_{thickening} + H_{lumpur}$	
	=	1 m + 1 m + 0,6 m	
	=	2,6 m	
Clean Water			
Asumsi Kedalaman Clean water	=	0,5	m

kedalaman efektif	=	0,8	m
free board	=	0,2	m
total kedalaman efektif	=	1	m

Cek TD

Volume Clarifier	=	As x H	m ³
	=	3,87	m ³
CEK TD (tiap bak)	=	18450	detik
	=	5,13	jam

Zone Inlet

v tiap bak	=	1	m/s
Q ave	=	74	m ³ /hari
L pipa	=	2	m

Zona Outlet

Qave	=	74	m ³ /hari
D bak	=	2,2	m
Q efluen	=	74	m ³ /hari
Lebar saluran	=	10	cm
	=	0,5	m
Panjang Weir	=	3,14 x D Bak	m
	=	7	m
sudut v notch	=	90	
jarak antar puncak segitiga	=	30	cm
	=	0,3	m
jumlah v notch total	=	16	buah
Q tiap V-notch	=	2,3	m ³ /hari
	=	0,000026	m ³ /detik
Kedalaman Air di Vnotch	=	0,0127	m
	=	1,277	cm
Cek Weir Loading	=	2,26	m ³ /m ² .hari
Cek OFR	=	Q/AClarifier	
	=	24,5	m ³ /m ² .hari

Saluran Outlet

Q peak	= 0,001	m ³ /dtk
V rencana	= 0,6	m/detik
w:h	= 2:1	
slope	= $V = \frac{1}{n} \left(\frac{w x h}{w + 2h} \right)^{0,6} S^{0,5}$	
	= 0,0002	
Panjang saluran	= 1	m
Koef gesek	= 0.015	
Kedalaman	= 0,3	m
w	= 2 x h	m
	= 2 x 0,3	m
	= 0,6	m
Hf	= s x w	m
	= 0,005	m
Hv	= V ² / 2g	m
	= 0,0127	m
Headloss Total	= Hf + Hv	m
	= 0,0177	m

Resirkulasi Lumpur

Resirkulasi lumpur bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biomassa dalam proses pengolahan biologis. Dimana lumpur akan dialirkan dari clarifier ke bak aerasi. Berikut adalah hasil perhitungan untuk resirkulasi lumpur:

Q in	= 74 m ³ /hari
Debit lumpur (Q _w)	= 0,05 m ³ /hari
Volume bak (V _{bak})	= 3,87 m ³

$$\begin{aligned}
\text{BOD in } (S_o) &= 14,9 \text{ mg/L} \\
\text{BOD out } (S) &= 1,49 \text{ mg/L} \\
\text{MLSS} &= 1000 \text{ mg/L} \\
\text{MLVSS } (X) &= 0,85 \text{ MLSS} \\
&= 0,85 \times 1000 \\
&= 850 \text{ mg/L} \\
\Theta_c &= 7,27 \text{ hari} \\
\text{Biomass efluen } (X_e) &= 0 \text{ mg/L} \\
\text{Biomass resirkulasi } (X_r) : \\
\Theta_c &= \frac{VX}{Q_w X_r} \\
7,27 &= \frac{3,87 \times 850}{0,05 \times X_r} \\
X_r &= 9 \times 10^3 \text{ mg/L} \\
\text{Rasio resirkulasi } (R) &= \frac{X}{X_r - X} \\
&= \frac{850}{9 \times 10^3 - 850} \\
&= 0,104 \\
\text{Debit resirkulasi } (Q_r) &= R \times Q_{in} \\
&= 0,104 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 7,7 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Kecepatan aliran } (v) &= 2 \text{ m/s} \\
\text{Luas penampang} &= Q / v \\
\text{Pipa } (A) &= (0,04 \text{ L/s} / 2) \times 10^{-3} \\
&= 2 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \\
\text{Diameter pipa } (D) &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times (2 \times 10^{-5})}{3,14}} \\
&= 42 \text{ mm (diameter pasaran)}
\end{aligned}$$

Efisiensi pompa direncanakan sebesar 70%, maka Whp:

$$\text{Whp} = \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3,08 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 9,81 \times 2,5 \text{ m}}{1000 \times 3600}$$

$$= 0,02 \text{ kW}$$

Kebutuhan daya pompa dengan efisiensi pemompaan 70%:

$$\text{Bhp} = \text{Whp} / \eta = 0,02 \text{ kW} / 0,7 = 0,028 \text{ kW}$$

Berdasarkan debit resirkulasi yang didapatkan, maka pompa yang digunakan untuk proses resirkulasi ini adalah:

Merek Pompa = Tsurumi Submersible Water Pump

Tipe = 50SF2.75

Debit Pompa = $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$

Motor Output = $0,75 \text{ kW}$

Perhitungan Pipa Influen Clarifier

$$Q = 74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 51.3 \text{ L/menit}$$

$$= 0,86 \text{ L/s}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Luas penampang} = Q / v$$

$$\text{Pipa (A)} = (0,86 \text{ L/s} / 0.6) \times 10^{-3}$$

$$= 0,00141 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter pipa (D)} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,00085}{3,14}}$$

$$= 0,042 \text{ m}$$

$$= 42 \text{ mm (diameter pasaran)}$$

4.4.5. DED Kombinasi Biofilter Anaerobik dan Aerobik

Unit ini merupakan kombinasi antara biofilter anaerobik dan biofilter aerobik, dimana pada proses aerobiknya menggunakan prinsip filtrasi bukan lumpur aktif. Dalam unit ini terdapat tangki septik yang berfungsi sebagai bak pengendap pertama dan juga terdapat bak pengendap akhir yang letaknya setelah biofilter aerobik. Dalam unit ini juga terdapat resirkulasi lumpur untuk meningkatkan persentase penyisihan kandungan pencemar pada ai limbah rumah sakit kelas C. Berikut adalah hasil perhitungannya:

A. Tangki Septik

Perhitungan Pipa Influen Tangki Septik

$$\begin{aligned} Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,86 \text{ L/s} \\ \text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\ \text{Luas penampang} &= Q / v \\ \text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\ &= 0,00141 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 42 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \end{aligned}$$

Diketahui

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{BOD in} &= 110 \text{ mg/L} \\ \text{COD in} &= 181 \text{ mg/L} \\ \text{TSS in} &= 116 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

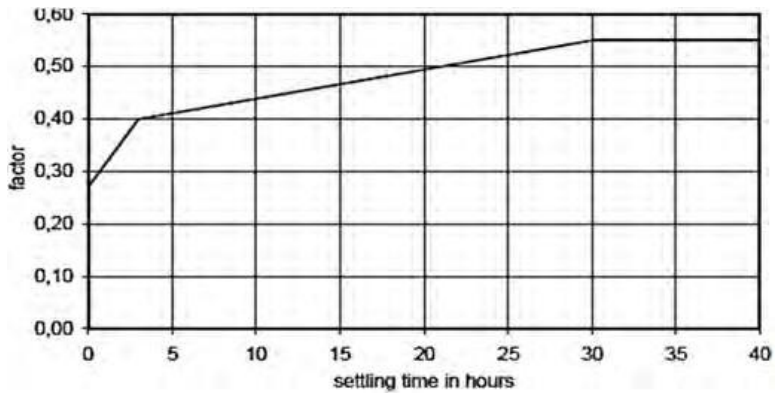
Direncanakan

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengurasan} &= 24 \text{ bulan} \\ \text{HRT tangki septik} &= 2 \text{ jam} \\ \text{Rasio SS/COD} &= 0,42 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan % removal

$$\begin{aligned} \text{Q per jam} &= Q / \text{waktu pengaliran} \\ &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari} \\ &= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Rasio COD/BOD} &= \text{CODin} / \text{BOD in} \\ &= 181 \text{ mg/L} / 110 \text{ mg/L} \\ &= 1,74 \\ \% \text{ COD rem} &= \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times f.\text{HRT} \end{aligned}$$

Faktor HRT ditentukan berdasarkan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.11

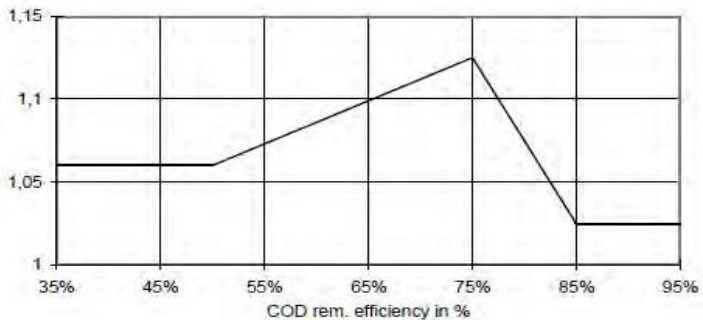


Gambar 4. 10 Grafik Faktor HRT

Sumber: Sasse (1998)

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor HRT} &= (HRT-1) \times (0,1/2) + 0,3 \\
 &= (2-1) \times (0,1/2) + 0,3 \\
 &= 0,35 \\
 \% \text{ COD rem} &= \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times \text{f.HRT} \\
 &= 0,42 / 0,6 \times 0,35 \\
 &= 25\%
 \end{aligned}$$

Dalam menentukan %removal BOD, dapat menggunakan gambar 4.11 dibawah ini yaitu grafik rasio BODrem/CODrem untuk menentukan persentase penyisihan BOD dalam tangki septik.



Gambar 4. 11 Grafik Rasio BODrem/CODrem

Sumber: Sasse (1998)

Sehingga didapatkan bahwa faktor removal BOD/COD sebesar 1.06, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan persentase penyisihan BOD.

$$\begin{aligned}\%BOD \text{ rem} &= \text{rasio } BOD_{rem}/COD_{rem} \times \%COD_{rem} \\ &= 1,06 \times 25\% \\ &= 26\%\end{aligned}$$

Untuk menentukan persentase penyisihan TSS dilakukan perhitungan dibawah ini:

$$\begin{aligned}\%TSS \text{ removal} &= HRT/(0,0075 + (HRT \times 0,014)) \quad (\text{Sasse, 2009}) \\ &= 2/(0,0075 + (2 \times 0,014))\end{aligned}$$

$$\%TSS \text{ removal} = 56,34\%$$

$$\begin{aligned}BOD_{rem} &= BOD_{in} \times \%BOD_{rem} \\ &= 110 \text{ mg/L} \times 26\% \\ &= 28,6 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}COD_{rem} &= COD_{in} \times \%COD_{rem} \\ &= 181 \text{ mg/L} \times 25\% \\ &= 45,25 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}TSS_{rem} &= TSS_{in} \times \%TSS_{rem} \\ &= 116 \text{ mg/L} \times 56,34\% \\ &= 65,3 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}BOD \text{ eff} &= BOD_{in} \times (1 - BOD_{rem}) \\ &= 110 \text{ mg/L} \times (1 - 0,26) \\ &= 81,4 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$COD_{eff} = COD_{in} \times (1 - COD_{rem})$$

$$\begin{aligned}
 &= 181 \times (1-0,245) \\
 &= 136,7 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \times (1-\text{TSSrem}) \\
 &= 116 \text{ mg/L} \times (1-0,56) \\
 &= 50,64 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kompartemen} &= 2 \text{ buah} \\
 \text{Lebar dalam} &= 4 \text{ m} \\
 \text{H air di inlet} &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi lumpur} &= 0,005 \times (1 - \text{waktu pengurasan}) \times \\
 &0,014))) \\
 &= 0,005 \times ((1 - 24 \times 0,014))) \\
 &= 0,00332 \text{ L/kg BODrem}
 \end{aligned}$$

Volume (termasuk lumpur)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Akumulasi lumpur} \times (\text{BODin-} \\
 &\text{BODeff})/1000 \times Q \times 30 \text{ hari} \times 6 \text{ bulan} + \\
 &(\text{HRT} \times Q \text{ per jam}),,4 \\
 &= (0,00332 \text{ L/kg BODrem} \times (110 - 81,4) \\
 &\text{mg/L} / 1000 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \times 6 \\
 &\text{bulan}) + (2 \text{ jam} \times 3,08 \text{ m}^3/\text{jam}) \\
 &= 12,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Panjang tangki septik pertama:

$$= 2/3 \times V \text{ tangki septik} / \text{Lebar tangki septik} / \text{H air di inlet}$$

$$= 2/3 \times 12,3 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} / 1 \text{ m}$$

$$= 2 \text{ m}$$

Panjang tangki septik kedua:

$$= \text{panjang tangki septik pertama} / 2$$

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

$$= 1 \text{ m}$$

Volume tangki septik

$$= (\text{panjang tangki septik pertama} + \text{kedua}) \times \text{H air} \times \text{lebar tangki septik}$$

$$= (2 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times 1 \text{ m} \times 4 \text{ m}$$

$$= 12 \text{ m}^3$$

Perhitungan Pipa Efluen Tangki Septik (Pipa Influen Biofilter Anaerobik)

Pada pipa efluen tangki septik ini, direncanakan akan dibagi menjadi 3 pipa untuk meratakan aliran air limbah pada tiap kompartemen dari biofilter anaerobik.

$$\begin{aligned} Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,86 \text{ L/s} / 3 \\ &= 0,283 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Luas penampang} = Q / v$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa (A)} &= (0,283 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\ &= 0,00141 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\ &= 0,024 \text{ m} \\ &= 26 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \end{aligned}$$

$$\text{Lpipa} = 1,24 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Hf Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0.00155)D^{2.63}C} \right]^{1.85} \times L_{\text{pipa}} \\
&= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0.00155)^{2,4} 2,63^{120}} \right]^{1.85} \times 1,24 \text{ m} \\
&= 0,025 \text{ m} \\
\text{Aksesoris Pipa} &= 6 \text{ Elbow } 90^\circ \\
\text{k} &= 0,3 \\
\text{Hf Minor} &= k \frac{V^2}{2g} \\
&= 0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,005 \times 6 = 0,03 \text{ m} \\
\text{Headloss Total} &= \text{Hf Mayor} + \text{Hf Minor} \\
&= 0,025 \text{ m} + 0,03 \text{ m} \\
&= 0,055 \text{ m}
\end{aligned}$$

B. Biofilter Anaerobik

Dalam biofilter anaerobik, ada beberapa faktor yang mempengaruhi penyisihan kandungan pencemar berbagai faktor tersebut adalah faktor temperatur, faktor COD *strength*, faktor luas permukaan filter spesifik, dan faktor HRT yang ditentukan berdasarkan grafik. Media filter yang digunakan adalah media tipe sarang tawon dengan spesifikasi sebagai berikut:

Material	: PVC
Ukuran lubang	: 2 cm × 2 cm
Ketebalan	: 0,2 mm – 0,5 mm
Luas spesifik	: 150 – 220 m ² /m ³
Porositas	: 0,98

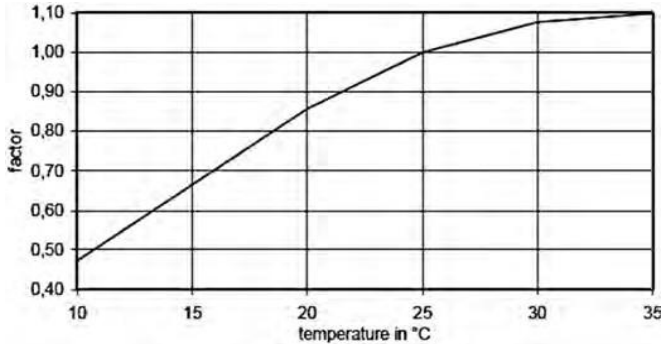
Berikut adalah hasil perhitungan untuk biofilter anaerobik:

Direncanakan

Suhu	=	30°
Waktu pengaliran	=	24
Pengurasan lumpur	=	24 bulan
HRT <i>Anaerobic Filter</i>	=	24 jam
OLR	=	5 kg COD/m ³ .hari

HLR = 1 m³/m².jam
 Luas Spesifik media = 98 m²/m³
 Porositas rongga = 0,98

1. Faktor temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.12.



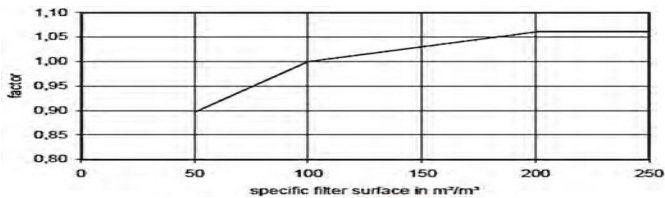
Gambar 4. 12 Grafik Faktor Temperatur

Sumber: Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan suhu biofilter anaerobik adalah 30 °C. Sehingga, didapatkan faktor temperatur sebesar 1,11.

Dalam perencanaan ini, biofilter anaerobik memiliki COD sebesar 136,7 mg/L. Sehingga, didapatkan faktor COD *strength* sebesar 0,87.

2. Faktor Luas Permukaan *Filter*

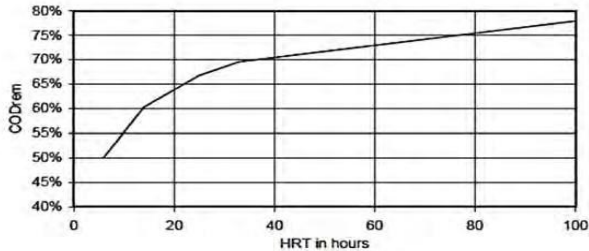


Gambar 4. 13 Grafik Faktor Luas Permukaan Filter spesifik

Sumber: Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan biofilter anaerobik memiliki luas permukaan filter spesifik sebesar $98 \text{ m}^2/\text{m}^3$ sehingga didapatkan luas permukaan filter spesifik adalah sebesar 1.

3. Faktor HRT



Gambar 4. 14 Grafik Faktor Waktu Tinggal (HRT)

Sumber: Sasse (1998)

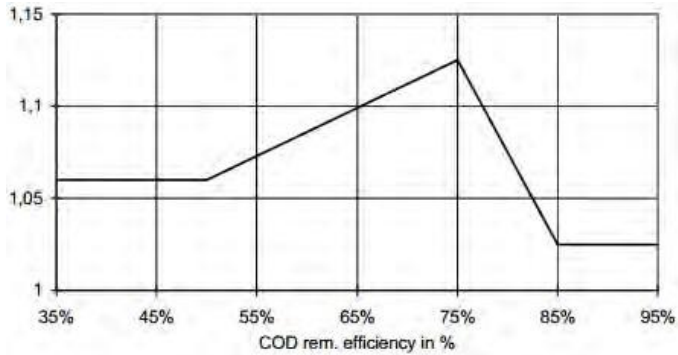
Pada perencanaan ini, direncanakan biofilter anaerobik memiliki HRT sebesar 24 jam. Sehingga didapatkan faktor HRT sebesar 67%.

Setelah menentukan berbagai faktor tersebut, dilakukan perhitungan % COD, BOD dan TSS *removal* dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ COD removal} &= f \text{ temperatur} \times f \text{ COD strength} \times f. \text{ luas perm.} \\
 &\quad \text{Filter spesifik} \times f. \text{ HRT} \times (1 + \text{jumlah filter} \times \\
 &\quad 0,04) \\
 &= ((1,11 \times 0,88 \times 1 \times 0,67 \times (1 + (4 \times 0,04)))) \\
 &= 76\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ COD removal total} &= 1 - (\text{CODeff AF} / \text{CODin tangki septik}) \\
 &= 1 - (33,1 \text{ mg/L} / 181 \text{ mg/L}) \\
 &= 82\%
 \end{aligned}$$

Rasio efisiensi BODrem/CODrem dapat dilihat pada Gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 4. 15 Rasio efisiensi BODrem/CODrem

Sumber: Sasse (1998)

% CODrem total = 82%. Berdasarkan gambar diatas, nilai rasio BODrem/CODrem adalah 1,06 (CODrem > 0,85).

% BOD removal = rasio BODrem/CODrem x %COD removal

$$= 1,06 \times 82\%$$

$$= 86,4\%$$

$$\begin{aligned} \text{BODrem} &= \text{BODin} \times \% \text{BODrem} \\ &= 81,4 \text{ mg/L} \times 86,4\% \\ &= 70,3 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CODrem} &= \text{CODin} \times \% \text{CODrem} \\ &= 136,7 \text{ mg/L} \times 82\% \\ &= 33,1 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSSrem} &= \text{TSSin} \times \% \text{TSSrem} \\ &= 51,04 \text{ mg/L} \times 69,87\% \\ &= 35,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD eff} &= \text{BODinf} \times (1 - \text{BODrem}) \\
 &= 81,4 \text{ mg/L} \times (1 - 0,864) \\
 &= 14,9 \text{ mg/L} \\
 \text{CODeff} &= \text{CODin} \times (1 - \text{CODrem}) \\
 &= 136,7 \times (1 - 0,82) \\
 &= 33,1 \text{ mg/L} \\
 \text{TSSeff} &= \text{TSSin} \times (1 - \text{TSSrem}) \\
 &= 51,04 \text{ mg/L} \times (1 - 0,69) \\
 &= 15,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman tangki filter} &= 2,5 \text{ m} \\
 \textit{Freeboard} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Panjang per kompartemen} &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Ketebalan penyangga} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Ruang di bawah media} &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Ketinggian air di atas media} &= 1.45 \text{ m} \\
 \text{Voids pada filter mass} &= 37\% \\
 \text{Volume tangki filter} &= \text{HRT} \times \text{Q}/24 \\
 &= 24 \text{ jam} \times 74 \text{ m}^3/\text{hari}/24 \\
 &= 74 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah tangki filter} &= 4 \text{ buah} \\
 \text{Tinggi filter} &= \text{kedalaman tangki filter} - \text{ruang} \\
 &\quad \text{dibawah media} - 0,4 - 0,05
 \end{aligned}$$

$$= 2,5 \text{ m} - 0,6 \text{ m} - 0,4 - 0,05$$

$$= 1,45 \text{ m}$$

Lebar tangki filter = vol. tangki filter/jumlah tangki filter/((h x 0,25) + (panjang tiap tangki x (h tangki filter - tinggi filter x (1 - voids pada filter mass)))

$$= 74 \text{ m}^3 / 4 / ((2,5 \text{ m} \times 0,25) + (3 \text{ m} \times (2,5 - 1,45))) \times (1 - 0,37)$$

$$= 4 \text{ m}$$

Cek:

Organic loading rate : $\text{COD}_{in} \times Q_{ave} / 1000 / (\text{tinggi filter} \times \text{lebar tangki filter} \times \text{panjang tiap tangki} \times \text{lebar tangki septik} \times \text{jumlah tangki filter})$

$$= 136,7 \text{ mg/l} \times 74 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / (1,45 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4)$$

$$= 0,48 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK) } (< 4,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

Kecepatan *upflow* = debit jam puncak / (lebar tangki filter x panjang tiap tangki x lebar tangki septik)

$$= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} / (4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m})$$

$$= 0,83 \text{ m/jam} \text{ (OK) } (< 2,0 \text{ m/jam})$$

Perhitungan Produksi Biogas

Pada *Anaerobic Filter* dapat diasumsikan sebesar 70% COD yang tersisihkan pada unit biofilter anaerobik berubah menjadi gas metana (CH_4) dan 50% dari gas metana tersebut larut dalam air (Sasse, 1998). Berikut adalah perhitungan untuk produksi gas dari unit *Anaerobic Filter*:

$$Q_{in} = 74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD}_{in} = 136,7 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD out} = 33,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{Produksi biogas} = (\text{COD in} - \text{COD out}) \times Q \text{ in} \times 0,35/1.000 / 0,7 \times 0,5$$

$$= (136,7 - 33,1) \times 74 \times 0,35/1.000 / 0,7 \times 0,5$$

$$= 1,91 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kebutuhan Nutrien

Menurut Tchobanoglous (2004), pada pengolahan biologis harus terdapat jumlah nutrien yang cukup, yaitu dengan rumus $C_5H_7NO_2$ untuk komposisi sel biomas, sekitar 12,4% berat nitrogen dibutuhkan, sedangkan untuk fosfor butuh sekitar 1,5% – 2%. Namun nilai persentase kandungan N dan P ini dapat berubah-ubah tergantung dari SRT unit pengolahan biologis. Rasio dari kebutuhan nutrient pada proses anaerobic sendiri adalah C:N:P = 250:5:1. (Ammary, 2004) Berikut adalah hasil perhitungannya:

Direncanakan:

Qave	= 74	m ³ /hari	
	= 3,08	m ³ /jam	
	= 0,001	m ³ /s	
		kg	
OLR	= < 4,5	BOD/m ³ .hari	
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,9		(0,8 - 0,9)
MLSS	1000	mg/L	(1000 - 3000 mg/L)
Y	= 0,6		(0,4 - 0,8)
Kd	= 0,1	vss/g vss.hari	(0,06 - 0,2)
SRT	= 15	hari	(10 - 30 hari)
So	= 81,4	mg/L	
Se	= 14,9	mg/L	
S So	= 51,04	mg/L	

$$\begin{aligned}
S_{Se} &= 15,8 \text{ mg/L} \\
Y_{obs} &= Y / (1 + K_d \cdot SRT) \\
&= 0,6 / (1 + 0,1 \times 15) \\
&= 0,24 \\
\\
P_x \text{ bio (P}_x \text{ MLVSS)} &= Y_{obs} \times Q_{Ave} \times (S_o - S_e) \\
&= [0,24 \times (74000 \text{ L/hari}) \times (81,4 \text{ mg/L} - \\
&\quad 14,9 \text{ mg/L})] / 10^6 \\
&= 1,18 \text{ kg/hari} \\
\\
\text{Volume Biofilter Anaerobik} &= 149,25 \text{ m}^3 \\
\\
\text{Cek OLR} &= (Q_{ave} \times [BOD_{in}]) / V_{bangunan} \\
&= [(74000 \text{ L/hari} \times 81,4 \text{ mg/L}) / 149,25 \\
&\quad \text{m}^3] / 10^6 \\
&= 0,04 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
\\
\text{TSS Removed} &= (S_o - S_e) \times Q_{ave} \\
&= [(51,04 \text{ mg/L} - 15,8 \text{ mg/L}) \times 74000 \\
&\quad \text{L/hari}] / 10^6 \\
&= 2,6 \text{ kg/hari} \\
\\
\textbf{Kontrol F/M} & \\
\text{MLVSS} &= \text{Rasio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS} \\
&= [(0,9 \times 1000 \text{ mg/L}) / 1000] \\
&= 0,9 \text{ kg/m}^3 \\
\\
\text{Cek F/M} &= (Q_{ave} \times S_o [BOD]) / (V_{bangunan} \times \text{MLVSS})
\end{aligned}$$

$$= \frac{[74 \text{ m}^3/\text{hari} \times (81,4/1000) \text{ kg/m}^3]}{(149,25 \text{ m}^3 \times 0,9 \text{ kg/m}^3)}$$

$$= 0,04 \quad \text{kg BOD / kg MLVSS.hari}$$

(0.04-0.1)

Nitrogen = Mr C₅H₇O₂N

= 13

Kebutuhan N = ((Ar N/Mr C₅H₇O₂N) x Px bio)

= 12% x 1,18 kg/hari

= 0,14 kg/hari

N input = Q ave x [No]

= 74 m³/hari x (35,74 / 1000) kg/m³

= 2,64 kg/hari

Sisa N = N input [No] - kebutuhan N

= 2,64 kg/hari - 0,14 kg/hari

= 2,5 kg/hari

Konsentrasi N eff = Sisa N / Q ave

= (2,5 kg/hari / 74 m³/hari) x 1000

= 33,7 mg/L

Phospat

C:N:P = 250:5:1

Kebutuhan P = 1/5 x 12% x Px bio

= 1/5 x 12% x 1,18 kg/hari

= 0,028 kg/hari

$$\begin{aligned}
\text{Sisa P} &= [\text{Po}] \times \text{Q ave} - \text{kebutuhan P} \\
&= [(4,64 / 1000) \text{ kg/m}^3 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari}] - 0,028 \text{ kg/hari} \\
&= 0,31 \quad \text{kg/hari} \\
\text{Konsentrasi P eff} &= \text{Sisa P} / \text{Q ave} \\
&= 0,31 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,0041 \quad \text{kg/m}^3 \\
&= 4,1 \quad \text{mg/L}
\end{aligned}$$

Pehitungan Produksi Lumpur

Lumpur yang dihasilkan terdiri dari 95% air dan 5% solid. Lumpur pada unit biofilter anaerobik ini dihasilkan dari endapan TSS, berikut adalah hasil perhitungan produksi lumpur

$$\begin{aligned}
\text{Ss (lumpur)} &= 1,22 \\
\% \text{ solid} &= 5\% \\
\rho_{\text{air}} &= 1 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Massa TSS Tersisih} &= \text{Q} \times (\text{TSS in} - \text{TSS out}) \\
&= 74000 \text{ L/hari} \times ((51,08 \text{ mg/L} \times 10^{-6}) - (15,8 \text{ mg/L} \times 10^{-6})) \\
&= 2,6 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa solid} &= 5\% \times \text{Massa TSS Tersisih} \\
&= 5\% \times 2,6 \\
&= 0,13 \text{ kg/hari} \\
\text{Debit lumpur} &= \text{Massa solid} / (\text{Ss} \times \rho_{\text{air}}) \\
&= 0,13 / (1,22 \times 1) \\
&= 0,106 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Efluen Biofilter Anaerobik (Pipa Influen Biofilter Aerobik)

Pada pipa efluen biofilter anaerobik ini, direncanakan akan dibagi menjadi 3 pipa untuk meratakan aliran air limbah pada tiap kompartemen dari biofilter anaerobik.

$$\text{Q} = 74 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,86 \text{ L/s} / 3 \\
&= 0,283 \\
\text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\
\text{Luas penampang} &= Q / v \\
\text{Pipa (A)} &= (0,283 \text{ L/s} / 0.6) \times 10^{-3} \\
&= 0,00141 \text{ m}^2 \\
\text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,00047}{3,14}} \\
&= 0,024 \text{ m} \\
&= 26 \text{ mm (Diameter pada pasaran)} \\
\text{Lpipa} &= 1,24 \text{ m} \\
\text{Hf Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\
&= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155) 2,4^{2,63} 120} \right]^{1,85} \times 1,24 \text{ m} \\
&= 0,025 \text{ m} \\
\text{Aksesoris Pipa} &= 6 \text{ Elbow } 90^\circ \\
k &= 0,3 \\
\text{Hf Minor} &= k \frac{v^2}{2g} \\
&= 0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,005 \times 6 = 0,03 \text{ m} \\
\text{Headloss Total} &= \text{Hf Mayor} + \text{Hf Minor} \\
&= 0,025 \text{ m} + 0,03 \text{ m} \\
&= 0,055 \text{ m}
\end{aligned}$$

C. Biofilter Aerobik

Pada unit biofilter aerobik ini, perbedaan signifikan dengan biofilter anaerobik adalah penggunaan aerator untuk proses aerasi air limbah. Dimana mikroorganisme sangat berperan untuk mengurangi kandungan pencemar pada air limbah nonmedis rumah sakit kelas C. Dalam biofilter aerobik, ada beberapa faktor yang mempengaruhi penyisihan kandungan pencemar berbagai faktor tersebut adalah faktor temperatur, faktor COD *strength*, faktor luas permukaan filter spesifik, dan faktor HRT yang ditentukan berdasarkan grafik. Media filter yang digunakan

adalah media tipe sarang tawon dengan spesifikasi sebagai berikut:

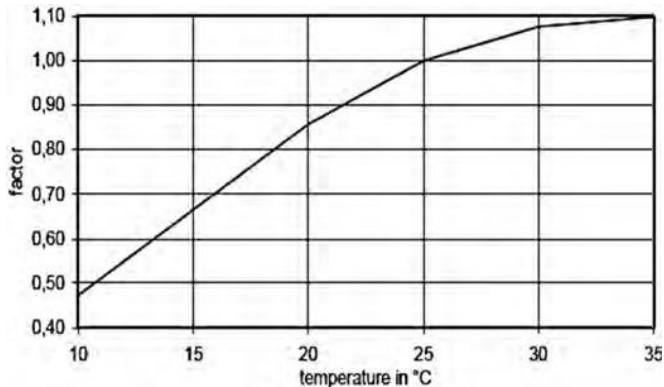
Material : PVC
Ukuran lubang : 2 cm × 2 cm
Ketebalan : 0,2 mm – 0,5 mm
Luas spesifik : 150 – 220 m²/m³
Porositas : 0,98

Berikut adalah hasil perhitungan untuk biofilter aerobik:

Direncanakan

Suhu = 30°
Waktu pengaliran = 24
Pengurasan lumpur = 24 bulan
HRT biofilter aerobik = 24 jam
OLR = 5 kg COD/m³.hari
HLR = 1 m³/m².jam
Luas Spesifik media = 98 m²/m³
Porositas rongga = 0,98

1. Faktor temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.16.



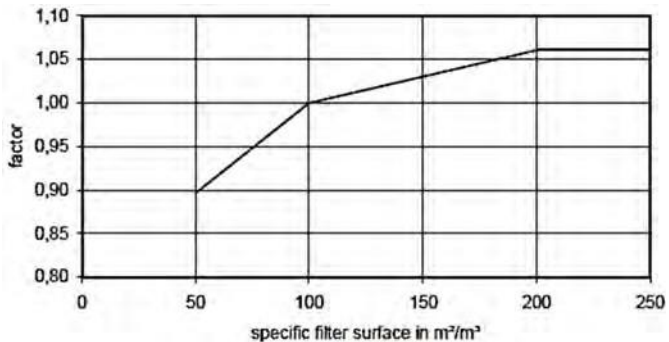
Gambar 4. 16 Grafik Faktor Temperatur

Sumber: Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan suhu biofilter aerobik adalah 30 °C. Sehingga, didapatkan faktor temperatur sebesar 1,11.

Dalam perencanaan ini, biofilter aerobik memiliki COD sebesar 14,9 mg/L. Sehingga, didapatkan faktor COD *strength* sebesar 0,88.

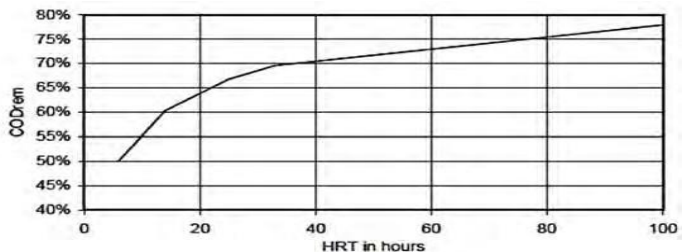
2. Faktor Luas Permukaan *Filter*



Gambar 4. 17 Grafik Faktor Luas Permukaan Filter spesifik
Sumber: Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan biofilter aerobik memiliki luas permukaan filter spesifik sebesar 98 m²/m³ sehingga didapatkan luas permukaan filter spesifik adalah sebesar 1.

3. Faktor HRT



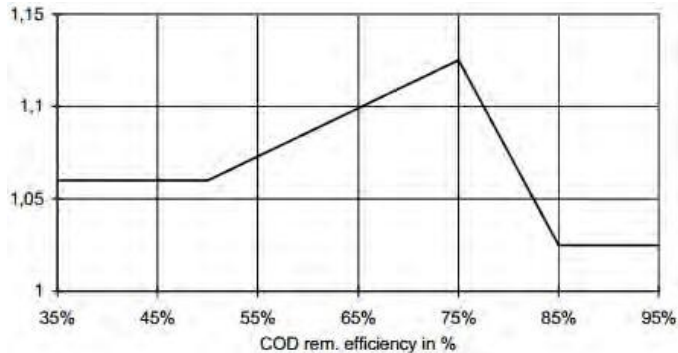
Gambar 4. 18 Grafik Faktor Waktu Tinggal (HRT)
Sumber : Sasse (1998)

Pada perencanaan ini, direncanakan biofilter aerobik memiliki HRT sebesar 24 jam. Sehingga didapatkan faktor HRT sebesar 67%.

Setelah menentukan berbagai faktor tersebut, dilakukan perhitungan % COD, BOD dan TSS *removal* dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ COD removal} &= f \text{ temperatur} \times f \text{ COD strength} \times f \text{ luas perm.} \\ &\quad \text{Filter spesifik} \times f \text{ HRT} \times (1 + \text{jumlah filter} \times \\ &\quad 0,04) \\ &= ((1,11 \times 0,87 \times 1 \times 0,67 \times (1 + (4 \times 0,04)))) \\ &= 75\% \end{aligned}$$

Rasio efisiensi BODrem/CODrem dapat dilihat pada Gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4. 19 Rasio efisiensi BODrem/CODrem

Sumber: Sasse (1998)

% CODrem total = 75%. Berdasarkan gambar diatas, nilai rasio BODrem/CODrem adalah 1,13 (CODrem > 0,85).

$$\begin{aligned} \% \text{ BOD removal} &= \text{rasio BODrem/CODrem} \times \% \text{ COD removal} \\ &= 1,13 \times 75\% \end{aligned}$$

$$= 84.4\%$$

BODrem	=	BODin x %BODrem	
	=	14,9 mg/L x 84,4%	
	=	12,57	mg/L
CODrem	=	CODin x %CODrem	
	=	33,1 mg/L x 75%	
	=	24,82	mg/L
TSSrem	=	TSSin x %TSSrem	
	=	15,09 mg/L x 69.87%	
	=	35,6	mg/L
BOD eff	=	BODinf x (1-BODrem)	
	=	14,9 mg/L x (1-0,864)	
	=	2,3	mg/L
CODeff	=	CODin x (1-CODrem)	
	=	33,1 x (1-0,82)	
	=	8,3	mg/L
TSSeff	=	TSSin x (1-TSSrem)	
	=	15,09 mg/L x (1-0,69)	
	=	4.9	mg/L

Perhitungan Dimensi

Direncanakan:

Kedalaman tangki filter = 2,5 m

Freeboard = 0,3 m

Panjang per kompartemen = 2,5 m

Ketebalan penyangga = 0,1 m

Ruang di bawah media = 0,6 m

Tinggi Media Filter = Htangki– Ruang Bawah Media
= 2,5 m – 0,6 – 0,05 – 0,04

Voids pada filter mass = 37%

Volume tangki filter = HRT x Q/24
= 24 jam x 74 m³/hari/24
= 74 m³

Jumlah tangki filter = 4 buah

Tinggi filter = kedalaman tangki filter – ruang
dibawah media-0,4-0,05
= 2,5 m – 0,6 m – 0,4 – 0,05
= 1,45 m

Lebar tangki filter = vol. tangki filter/jumlah tangki
filter/((hx0,25)+(panjang tiap tangki x (h
tangki filter-tinggi filter x (1-voids pada
filter mass))
= 74 m³/4 /((2,5 m x 0,25)+(3m x (2,5 –
1,45)) x (1-0,37)
= 4 m

Cek:

Organic loading rate : COD_{in} x Qave / 1000 / (tinggi filter x
lebar tangki filter x panjang tiap tangki x
lebar tangki septik x jumlah tangki filter)

$$= 33,1 \text{ mg/l} \times 74 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / (1.45 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4)$$

$$= 0,46 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (OK) } (<4,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari})$$

Kecepatan *upflow* = debit jam puncak / (lebar tangki filter x panjang tiap tangki x lebar tangki septik)

$$= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} / (4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m})$$

$$= 0,83 \text{ m/jam} \text{ (OK) } (<2,0 \text{ m/jam})$$

Perhitungan Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir ini merupakan bagian dari sistem kombinasi biofilter anaerobik – biofilter aerobik. Bak pengendap akhir ini berfungsi untuk misahkan partikel lumpur yang terkandung dalam fluida hasil pengolahan biologis. Berdasarkan SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, berikut adalah kriteria desain unit sedimentasi adalah:

$$\text{Beban permukaan} = 0,8 - 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\text{Waktu retensi} = 1,5 - 3 \text{ jam}$$

Berikut adalah hasil perhitungan untuk bak pengendap akhir:

$$Q \text{ in} = 74 \text{ m}^3/\text{hari} = 3,08 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu pengaliran} = 24 \text{ jam}$$

$$td = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Lebar bak } (L_{\text{bak}}) = 4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi air } (H_{\text{air}}) = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard (fb)} = 0,3 \text{ m}$$

$$H \text{ Total} = 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak } (V_{\text{bak}}) &= Q \text{ in} \times td \\ &= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 6,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan } (A_s) &= V_{\text{bak}} / H_{\text{air}} \\ &= 6,2 / 2,5 \\ &= 2,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bak } (P_{\text{bak}}) &= A_s / L_{\text{bak}} \\ &= 2,5 / 4 \end{aligned}$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

Cek Kriteria Desain

Beban permukaan $= Q \text{ in} / A_s$
 $= 3,08 \text{ m}^3/\text{jam} / 2,5 \text{ m}^2$
 $= 1,23 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$ (memenuhi)

Waktu retensi (Td) $= (P_{\text{bak}} \times L_{\text{bak}} \times H_{\text{air}}) / Q \text{ in}$
 $= (2,5 \times 1 \times 2,5) / 3,08 \text{ m}^3$
 $= 2,03 \text{ jam}$ (memenuhi)

Kebutuhan Nutrien

Menurut Tchobanoglous (2004), pada pengolahan biologis harus terdapat jumlah nutrien yang cukup, yaitu dengan rumus $C_5H_7NO_2$, untuk komposisi sel biomas, sekitar 12,4% berat nitrogen dibutuhkan, sedangkan untuk fosfor butuh sekitar 1,5% – 2%. Namun nilai persentase kandungan N dan P ini dapat berubah-ubah tergantung dari SRT unit pengolahan biologis. Rasio dari kebutuhan nutrient pada proses aerobik sendiri adalah C:N:P = 100:5:1. (Ammary, 2004) Berikut adalah hasil perhitungannya:

Direncanakan:

Qave	= 74	m^3/hari	
	= 3,08	m^3/jam	
	= 0,001	m^3/s	
OLR	= < 4,5	$\frac{\text{kg BOD}}{\text{m}^3.\text{hari}}$	
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,9		(0,8 - 0,9)
MLSS	1000	mg/L	(1000 - 3000 mg/L)
Y	= 0,6		(0,4 - 0,8)
Kd	= 0,1	$\frac{\text{vss/g}}{\text{vss.hari}}$	(0,06 - 0,2)
SRT	= 15	hari	(10 - 30 hari)
So	= 14,9	mg/L	
Se	= 2,3	mg/L	

$$\begin{aligned}
S_{So} &= 15,09 \text{ mg/L} \\
S_{Se} &= 4,9 \text{ mg/L} \\
Y_{obs} &= Y/(1+K_d \cdot SRT) \\
&= 0,6 / (1+0,1 \times 15) \\
&= 0,24 \\
P_x \text{ bio (Px MLVSS)} &= Y_{obs} \times Q_{Ave} \times (S_o - S_e) \\
&= [0,24 \times (74000 \text{ L/hari}) \times (14,9 \text{ mg/L} - 2,3 \text{ mg/L})] / 10^6 \\
&= 0,22 \text{ kg/hari} \\
\text{Volume Biofilter Aerobik} &= 149,25 \text{ m}^3 \\
\text{Cek OLR} &= (Q_{ave} \times [BOD_{in}]) / V_{bangunan} \\
&= [(74000 \text{ L/hari} \times 14,9 \text{ mg/L}) / 149,25 \text{ m}^3] / 10^6 \\
&= 0,007 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
\text{TSS Removed} &= (S_{So} - S_{Se}) \times Q_{ave} \\
&= [(15,09 \text{ mg/L} - 4,9 \text{ mg/L}) \times 74000 \text{ L/hari}] / 10^6 \\
&= 0,75 \text{ kg/hari} \\
\mathbf{Kontrol F/M} & \\
\text{MLVSS} &= \text{Rasio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS} \\
&= [(0,9 \times 1000 \text{ mg/L}) / 1000] \\
&= 0,9 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Cek F/M} &= (Q_{ave} \times S_o [BOD]) / (V_{bangunan} \times \text{MLVSS})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{[74 \text{ m}^3/\text{hari} \times (14,9/1000) \text{ kg/m}^3]}{(149,25 \text{ m}^3 \times 0.9 \text{ kg/m}^3)} \\
&= 0,04 \quad \text{kg BOD / kg MLVSS.hari} \\
&\quad \quad \quad \mathbf{(0.04-0.1)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Nitrogen} &= \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N} \\
&= 13
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan N} &= ((\text{Ar N}/\text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times \text{Px bio}) \\
&= 12\% \times 0,22 \text{ kg/hari} \\
&= 0,026 \quad \text{kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{N input} &= \text{Q ave} \times [\text{No}] \\
&= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \times (33,7/ 1000) \text{ kg/m}^3 \\
&= 2,49 \quad \text{kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Sisa N} &= \text{N input} [\text{No}] - \text{kebutuhan N} \\
&= 2,49 \text{ kg/hari} - 0,026 \text{ kg/hari} \\
&= 2,464 \quad \text{kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Konsentrasi N eff} &= \text{Sisa N} / \text{Q ave} \\
&= (2,464 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 1000 \\
&= 33,2 \quad \text{mg/L}
\end{aligned}$$

Phospat

$$\text{C:N:P} = 100:5:1$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan P} &= 1/5 \times 12\% \times \text{Px bio} \\
&= 1/5 \times 12\% \times 0,22 \text{ kg/hari} \\
&= 0,005 \quad \text{kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Sisa P} &= [\text{Po}] \times Q_{\text{ave}} - \text{kebutuhan P} \\
&= [(4,1 / 1000) \text{ kg/m}^3 \times 74 \text{ m}^3/\text{hari}] - 0,005 \text{ kg/hari} \\
&= 0,29 \quad \text{kg/hari} \\
\text{Konsentrasi P eff} &= \text{Sisa P} / Q_{\text{ave}} \\
&= 0,29 \text{ kg/hari} / 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 0,0039 \quad \text{kg/m}^3 \\
&= 3,9 \quad \text{mg/L}
\end{aligned}$$

Pehitungan Produksi Lumpur

Lumpur yang dihasilkan terdiri dari 95% air dan 5% solid. Lumpur pada unit biofilter aerobik ini dihasilkan dari endapan TSS, berikut adalah hasil perhitungan produksi lumpur:

$$\begin{aligned}
\text{Ss (lumpur)} &= 1,22 \\
\% \text{ solid} &= 5\% \\
\rho_{\text{air}} &= 1 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Massa TSS Tersisih} &= Q \times (\text{TSS in} - \text{TSS out}) \\
&= 74000 \text{ L/hari} \times ((15,09 \text{ mg/L} \times 10^{-6}) - (4,9 \text{ mg/L} \times 10^{-6})) \\
&= 0,75 \text{ kg/hari} \\
\text{Massa solid} &= 5\% \times \text{Massa TSS Tersisih} \\
&= 5\% \times 0,75 \\
&= 0,0375 \text{ kg/hari} \\
\text{Debit lumpur} &= \text{Massa solid} / (\text{Ss} \times \rho_{\text{air}}) \\
&= 0,0375 / (1,22 \times 1) \\
&= 0,0307 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Udara

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan O}_2 \text{ berdasar BOD} &= \frac{Q_{\text{in}} \times (\text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{lolos}}) \times 10}{\text{BOD}_u} \text{ kg/hari} \\
&= \frac{74 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times (14,9 - 0,86) \times 10^3}{0,68} \text{ kg/hari} \\
&= 1,53 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

Vol udara yg dibutuhkan:

Koef transfer oksigen	=	8%	
faktor aman	=	2	
udara mengandung	=	23,20%	O ₂
Berat udara	=	1,201	kg/m ³
keb udara teoritis	=	5,492	m ³ /hr
keb udara aktual	=	$\frac{Keb\ Udara\ Teoritis}{Koef\ Transfer\ Oksigen}$	m ³ /hr
	=	$\frac{5,492}{8\%}$	m ³ /hr
	=	68,65	m ³ /hr
keb udara desain	=	0,10	m ³ /mnt
air vol	=	0,93	
keb udara/kg bod	=	65,974	m ³

Berdasarkan kebutuhan udara aktual yaitu sebesar 68,65 m³/hari, namun pada biofilter aerobik ini terdapat 4 kompartemen, udara akan disalurkan melali pipa diffuser sebanyak 4 buah dengan diameter masing – masing 26 mm. Maka berikut adalah spesifikasi blower yang digunakan pada unit ini:

Tipe Blower	=	HZ-035A OC	(Sunsun)
Aliran Udara Maks	=	50 L/min	
Power	=	0,03 kW	
Jumlah Blower	=	1 Buah	

Resirkulasi Lumpur

Resirkulasi lumpur bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biomassa dalam proses pengolahan biologis. Dimana lumpur akan dialirkan dari bak pengendap akhir ke biofilter aerobik. Berikut adalah hasil perhitungan untuk resirkulasi lumpur:

$$\begin{aligned} Q \text{ in} &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Debit lumpur (} Q_w \text{)} &= 0,0307 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Volume bak (} V_{\text{bak}} \text{)} &= 6,2 \text{ m}^3 \\ \text{BOD in (} S_o \text{)} &= 14,9 \text{ mg/L} \\ \text{BOD out (} S \text{)} &= 2,3 \text{ mg/L} \\ \text{MLSS} &= 1000 \text{ mg/L} \\ \text{MLVSS (} X \text{)} &= 0,85 \text{ MLSS} \\ &= 0,85 \times 1000 \\ &= 850 \text{ mg/L} \\ \Theta_c &= 7,24 \text{ hari} \\ \text{Biomass efluen (} X_e \text{)} &= 0 \text{ mg/L} \\ \text{Biomass resirkulasi (} X_r \text{)} : \\ \Theta_c &= \frac{VX}{Q_w X_r} \\ 7,24 &= \frac{6,2 \times 850}{0,0307 \times X_r} \\ X_r &= 2,3 \times 10^4 \text{ mg/L} \\ \text{Rasio resirkulasi (} R \text{)} &= \frac{X}{X_r - X} \\ &= \frac{2550}{2,3 \times 10^4 - 2550} \\ &= 0,026 \\ \text{Debit resirkulasi (} Q_r \text{)} &= R \times Q_{\text{in}} \\ &= 0,026 \times 74 \\ &= 1,92 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Luas penampang} &= Q / v \\ \text{Pipa (} A \text{)} &= (0,86 \text{ L/s} / 2) \times 10^{-3} \\ &= 0,00114 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter pipa (} D \text{)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00114}{3,14}} \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan debit resirkulasi yang didapatkan, maka pompa yang digunakan untuk proses resirkulasi ini adalah:

Merek Pompa = Tsurumi Submersible Water Pump
 Tipe = 50SF2.75
 Debit Pompa = 0,05 m³/s
 Motor Output = 0,75 kW

Perhitungan Efluen Sistem Kombinasi Biofilter Anaerobik - Aerobik

Q = 74 m³/hari
 = 51,3 L/menit
 = 0,86 L/s

Kecepatan aliran (v) = 0,6 m/s

Luas penampang = Q / v

Pipa (A) = (0,86 L/s / 0,6) x 10⁻³
 = 0,00141 m²

Diameter pipa (D) = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
 = $\sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}}$
 = 0,042 m
 = 42 mm

Lpipa = 0,82 m

Hf Mayor = $\left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} \times L_{pipa}$
 = $\left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155) 4,2^{2,63} 120} \right]^{1,85} \times 0,82 \text{ m}$
 = 0,012 m

Aksesoris Pipa = 1 Elbow 90°

k = 0,3

Hf Minor = $k \frac{v^2}{2g}$
 = $0,3 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$
 = 0,005 m

Headloss Total = Hf Mayor + Hf Minor
 = 0,012 m + 0,005 m
 = 0,017 m

4.4.6. DED Filtrasi

Unit filtrasi ini terdiri dari filter yang berisi media karbon aktif dan pasir kali. Unit ini berguna untuk menyisihkan kandungan N dan P pada air limbah nonmedis.

A. IPAL I

N yang dihilangkan	= 33,4 mg/L
	= 2471641 mg/hari
	= 2,4 kg/hari
Persentase penyisihan P	= 72% (Chrisafitri, 2012)
P yang dihilangkan	= 3,9 mg/L
	= 288860 mg/hari
	= 2,8 kg/hari
	= 2,8 x (72%)
	= 2,016 kg/hari

B. IPAL II

N yang dihilangkan	= 33,2 mg/L
	= 2456841 mg/hari
	= 2,4 kg/hari
Persentase penyisihan P	= 72% (Chrisafitri, 2012)
P yang dihilangkan	= 3,9 mg/L
	= 288860 mg/hari
	= 2,8 kg/hari
	= 2,8 x (72%)
	= 2,016 kg/hari

4.4.6.1. DED Carbon Filter

Unit ini berguna untuk menghilangkan kandungan N pada air limbah. Karbon filter ini menggunakan bahan adsorben berupa *Granular Activated Carbon* (GAC) untuk mengadsorpsi zat organik seperti nitrogen, sulfida, logam berat dan penghilang bau, berikut adalah hasil perhitungan:

a. IPAL I

Direncanakan

Perhitungan	
Q	= 74 m ³ /hari

Kecepatan filtrasi (V_f)	= 5 m/jam
Densitas GAC (ρ)	= 35 kg/m ³
Rencana bentuk reaktor	= Tabung
Daya serap karbon aktif	= 750 mg/g, min, 20%

Perhitungan

- Luas (A)	= Q / V_f = (74 m ³ /hari / 10 jam) / 5 m/jam = 1,48 m ²
- Diameter (D)	
A	= $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
1,48 m ²	= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$
D	= 1,37 m = 1,4 m
- Berat karbon aktif (m)	= N yang hilang / daya serap = (33,4 mg/L x (74 m ³ /hari x 1000)) / 750 mg/L = 3200 g
- Daya serap minimal filter 20%, maka m total	= 3200 g / 0,2 = 16000 g = 16 kg
- Volume karbon aktif (Vka)	= m / densitas = 16 kg / 35 kg/m ³ = 0,5 m ³
- Ketinggian karbon aktif (H)	= Vka / A = 0,5 m ³ / 1,48 m ² = 0,3 m = 33 cm

b. IPAL II

Direncanakan

Perhitungan

Q	= 74 m ³ /hari
Kecepatan filtrasi (V_f)	= 5 m/jam
Densitas GAC (ρ)	= 35 kg/m ³
Rencana bentuk reaktor	= Tabung
Daya serap karbon aktif	= 750 mg/g, min, 20%

Perhitungan

- Luas (A) $= Q / V_f$
 $= (74 \text{ m}^3/\text{hari} / 10 \text{ jam}) / 5 \text{ m/jam}$
 $= 1,48 \text{ m}^2$
- Diameter (D)
 $A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $1,48 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$
 $D = 1,37 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$
- Berat karbon aktif (m) $= N \text{ yang hilang} / \text{daya serap}$
 $= (33,2 \text{ mg/L} \times (74 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000)) / 750 \text{ mg/L}$
 $= 3200 \text{ g}$
- Daya serap minimal filter 20%, maka
m total $= 3200 \text{ g} / 0,2$
 $= 16000 \text{ g}$
 $= 16 \text{ kg}$
- Volume karbon aktif (Vka) $= m / \text{densitas}$
 $= 16 \text{ kg} / 35 \text{ kg/m}^3$
 $= 0,5 \text{ m}^3$
- Ketinggian karbon aktif (H) $= Vka / A$
 $= 0,5 \text{ m}^3 / 1,48 \text{ m}^2$
 $= 0,3 \text{ m}$
 $= 33 \text{ cm}$

4.4.6.1. DED *Sand Filter*

Sand Filter ini digabung dengan *carbon filter*, dimana letak pasir kali berada dibawah karbon aktif. Pasir kali ini berguna untuk menghilangkan kandungan fosfat pada air limbah. Berikut adalah hasil perhitungannya:

a. IPAL I

Direncanakan

Perhitungan

- Q $= 74 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 0,001 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Kecepatan filtrasi (Vf) $= 0,4 \text{ m/jam}$

Rencana bentuk reaktor

= Tabung

Perhitungan

- Luas (A)

= A *Carbon Filter*

= 1,48 m²

- Ketinggian (H)

= H Karbon Aktif : H pasir

= 1 : 3

- Ketinggian pasir

= 3 x H Karbon Aktif

= 3 x 33 cm

= 99 cm = 100 cm

- Diameter (D)

= D *Carbon Filter*

= 1,4 m

- Diameter pipa (D)

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

= $\sqrt{\frac{4 \times 0,00085}{3,14}}$

= 0,042 m

= 42 mm

b. IPAL II

Direncanakan

Perhitungan

Q

= 74 m³/hari

= 0,001 m³/detik

Kecepatan filtrasi (Vf)

= 0,4 m/jam

Rencana bentuk reaktor

= Tabung

Perhitungan

- Luas (A)

= A *Carbon Filter*

= 1,48 m²

- Ketinggian (H)

= H Karbon Aktif : H pasir

= 1 : 3

- Ketinggian pasir

= 3 x H Karbon Aktif

= 3 x 33 cm

= 99 cm = 100 cm

- Diameter (D)

= D *Carbon Filter*

= 1,4 m

- Diameter pipa (D)

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

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,00085}{3,14}} \\
&= 0,042 \text{ m} \\
&= 42 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Influen dan Efluen Untuk Filtrasi

$$\begin{aligned}
Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 51,3 \text{ L/menit} \\
&= 0,86 \text{ L/s} \\
\text{Kecepatan aliran (v)} &= 0,6 \text{ m/s} \\
\text{Panjang Pipa} &= 1,5 \text{ m} \\
\text{Luas penampang} &= Q / v \\
\text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\
&= 0,00141 \text{ m}^2 \\
\text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\
&= 0,042 \text{ m} \\
&= 42 \text{ mm} \\
L_{\text{pipa}} &= 1,5 \text{ m} \\
H_f \text{ Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\
&= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155)^{4,2} \cdot 63^{1,20}} \right]^{1,85} \times 1,5 \text{ m} \\
&= 0,023 \text{ m} \\
\text{Headloss Total} &= H_f \text{ Mayor} \\
&= 0,023 \text{ m}
\end{aligned}$$

4.4.7. DED Desinfeksi

Unit desinfeksi ini berfungsi untuk mengurangi kandungan pencemar bakteri koliform yang terkandung pada air limbah nonmedis rumah sakit kelas C. Unit ini memakai klor cair untuk di campurkan langsung ke air limbah.

Diketahui

$$\text{Qave} = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$$

	= 74	m ³ /hari
Klor yang digunakan berbentuk cair		
Densitas larutan	= 1000	kg/m ³
Dosis klor optimum	= 2	mg /L (Qasim et al, 1985)
Panjang pipa	= 5	m
Perhitungan		
Dosis klor yang dibutuhkan	= Dosis klor optimum	
	= 2,3	mg/L
Kebutuhan kaporit	= Dosis klor x Qave	kg/hari
	= 0,17	kg/hari
Massa Air	= 20% x Keb Kaporit	
	= 0,68	mg/L
Massa Larutan	= Massa Air + Keb Klor	
	= 0,85	mg/L
Volume	= $\frac{\text{Massa Larutan}}{\text{berat jenis larutan}}$	
	= $\frac{0,85}{1000}$	
	= 0,85	L/hari
Periode pelarutan setiap 10 hari, maka volume bak yang diperlukan adalah 0,0085 m ³		
Pbak	= 0,2 m	
Lbak	= 0,2	m
Hbak	= 0,35	m
Vbakpelarut	= P x L x H	
	= 0,014	m ³

$$V_{\text{bakpembubuh}} = 0,014 \quad \text{m}^3$$

Pompa dosing yang digunakan adalah pompa Grundfos *Digital Dosing Pump* DME dengan kapasitas pompa 2,5 ml/jam pada tekanan 18 bar.

Perhitungan Pipa Untuk Injeksi Gas Klor Pada Desinfeksi

$$\begin{aligned} Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 51,3 \text{ L/menit} \\ &= 0,86 \text{ L/s} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Luas penampang} = Q / v$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\ &= 0,00141 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$G = \sqrt{\frac{g \times H}{V \times t d}}$$

$$G = 500 \text{ l/s}$$

$$G = 9,81$$

$$T d = 30 \text{ s}$$

$$\text{Viskositas (25°C)} = 0,8949 \times 10^{-3} \text{ N.dt/m}^2$$

$$H = \frac{500^2 \times 0,8949 \times 10^{-3} \times 30}{9,81}$$

$$H = 0,68 \text{ m}$$

$$C = 120$$

$$H = \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}}$$

$$0,68 \text{ m} = \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155)^{4,2} \cdot 63^{120}} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}}$$

$$L_{\text{pipa}} = 3,5 \text{ m}$$

Setelah mendapat panjang pipa, maka perlu dihitung slope dari hulu ke hilir pipa injeksi:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= H/L_{\text{pipa}} \\ &= 0,68 \text{ m} / 3,5 \text{ m} \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

Maka slope yang diperlukan untuk pipa injeksi klorin dari hulu ke hilir yaitu sebesar 0,2.

$$\begin{aligned} \text{Cek Kecepatan Aliran} &= Q/A \\ &= (0,86 \text{ L/s} / (0,25 \times 3,14 \times (0,042)^2)) \times 10^{-3} \\ &= 0,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Perhitungan Pipa Untuk Efluen Desinfeksi

$$\begin{aligned} Q &= 74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 51,3 \text{ L/menit} \\ &= 0,86 \text{ L/s} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Luas penampang} = Q / v$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa (A)} &= (0,86 \text{ L/s} / 0,6) \times 10^{-3} \\ &= 0,00141 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00141}{3,14}} \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Mayor} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C_1} \right]^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0,85 \text{ l/s}}{(0,00155) 4,2^{2,63} 120} \right]^{1,85} \times 3,5 \text{ m} \\ &= 0,054 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss total untuk masing-masing alternatif adalah:

$$\text{IPAL I} = 0,15 \text{ m}$$

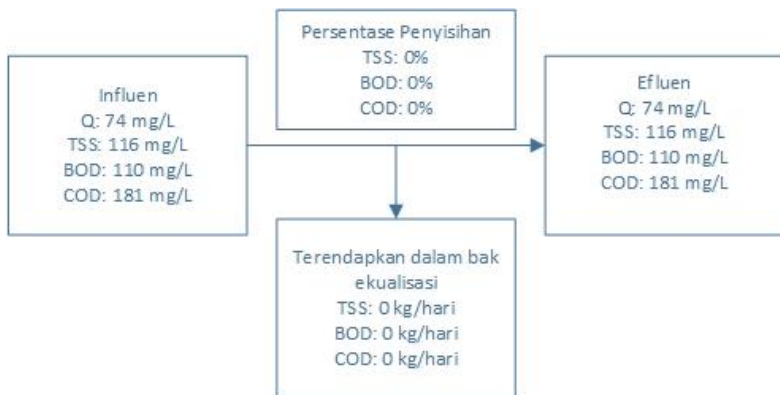
$$\text{IPAL II} = 0,09 \text{ m}$$

4.5. Kesetimbangan Massa

Kesetimbangan massa ini merupakan tolak ukur dalam merancang IPAL untuk mengetahui massa dari masing-masing parameter pencemar yang terkandung dalam air limbah nonmedis rumah sakit kelas C. Kesetimbangan massa ini penting untuk mengetahui apakah unit yang digunakan sudah sesuai untuk

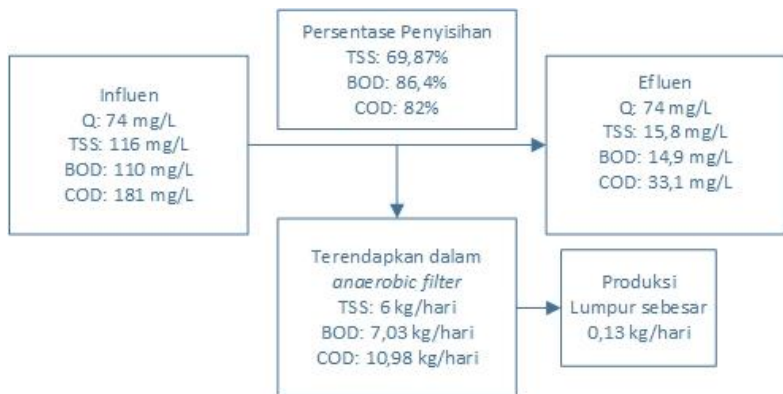
menurunkan kandungan pencemar air limbah nonmedis dimana nantinya akan mencapai titik baku mutu yang tertera pada Peraturan Gubernur Jatim No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah rumah sakit. Berikut adalah hasil dari perhitungan kesetimbangan massa:

1. Bak Ekualisasi



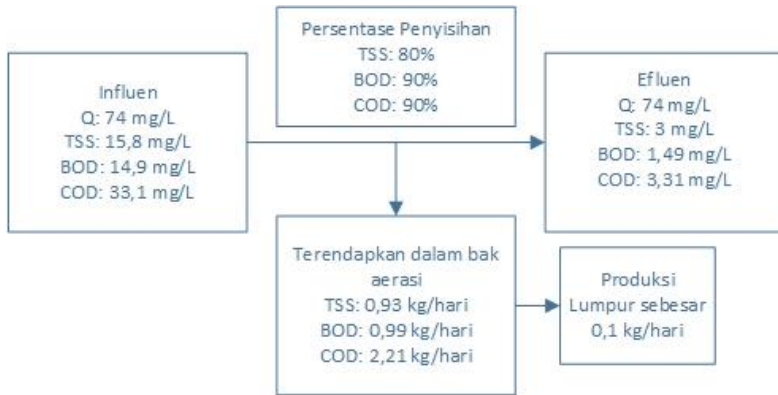
Gambar 4. 20 Mass Balance Bak Ekualisasi

2. Anaerobic Filter



Gambar 4. 21 Mass Balance Anaerobic Filter

3. Bak Aerasi

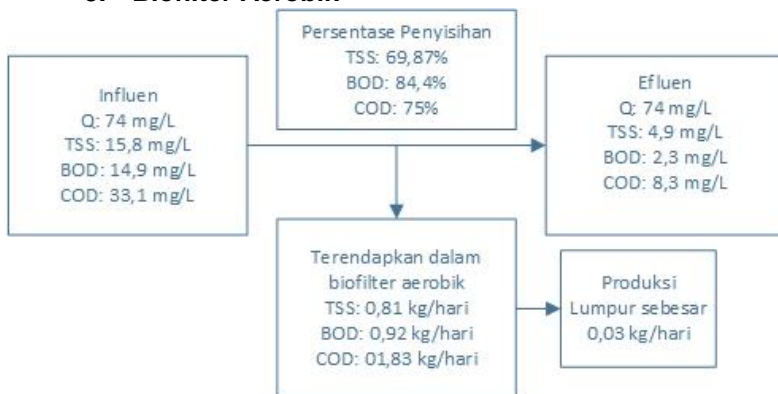


Gambar 4. 22 Mass Balance Bak Aerasi

4. Clarifier

Kesetimbangan massa pada *Clarifier* sama seperti tangki aerasi, dikarenakan pada unit *Clarifier* tidak terjadi proses penyisihan, melainkan hanya melanjutkan pemisahan lumpur dari fluida pada air limbah nonmedis.

5. Biofilter Aerobik



Gambar 4. 23 Mass Balance Biofilter Aerobik

4.6. BOQ dan RAB

Perhitungan dari *Bill of Quantity* (BOQ) bertujuan untuk mengetahui jumlah material dan bahan yang digunakan dalam pembangunan alternatif IPAL I dan IPAL II. Sedangkan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) bertujuan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk membangun kedua alternatif tersebut.

Berdasarkan dari perhitungan BOQ dan RAB dapat ditentukan alternatif mana yang terbaik untuk rumah sakit kelas C. Berikut adalah hasil perhitungannya:

4.6.1. *Bill of Quantity* (BOQ)

Perhitungan BOQ didasarkan dari unit-unit pada masing-masing alternatif. Pada IPAL I yaitu unit bak ekualisasi, tangki septik + *anaerobic filter*, bak aerasi, *clarifier*, filtrasi dan desinfeksi. Sedangkan pada IPAL II yaitu unit bak ekualisasi, sistem kombinasi biofilter anaerobik dan aerobik, filtrasi dan desinfeksi.

Berikut adalah hasil perhitungan BOQ untuk masing-masing IPAL:

1. Kegiatan Pembersihan Lapangan dan Perataan Lahan

Kegiatan ini dihitung berdasarkan dari luas lahan untuk masing-masing alternatif IPAL.

$$\text{IPAL I} = 92,44 \text{ m}^2$$

$$\text{IPAL II} = 126,86 \text{ m}^2$$

2. Kegiatan Gali Tanah

Kegiatan ini dilakukan pada tahap konstruksi, dimana perhitungannya seperti berikut:

$$\text{Vol Penggalian Tanah} = (\text{Panjang} + \text{Alas Lantai}) \times (\text{Lebar} + \text{Alas Lantai}) \times (\text{Kedalaman} + \text{Tebal Pasir} + \text{Freeboard} + \text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Tebal Penutup})$$

Dimana:

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

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

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

$$\text{Tebal Lantai Kerja} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Tebal Pasir} = 0,1 \text{ m}$$

Perhitungan

$$\text{V Bak Ekualisasi} = P \times L \times T$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,6 \times 3,2 \times 3,15 \\
 &= 17,92 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Anaerobic Filter} &= P \times L \times T \\
 &= 14,2 \times 2,7 \times 2,95 \\
 &= 113,1 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Bak Aerasi} &= P \times L \times T \\
 &= 2,2 \times 1,2 \times 2,45 \\
 &= 6,46 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Clarifier} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times T \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 2,4^2 \times 3,05 \\
 &= 13,7 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Kombinasi} &= P \times L \times T \\
 \text{Biofilter Anaerobik –} &= 25 \times 2,7 \times 2,95 \\
 \text{Aerobik} &= 199,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan jumlah total dari volume penggalian tanah untuk masing-masing alternatif:

$$\begin{aligned}
 \text{IPAL I} &= 151,12 \text{ m}^3 \\
 \text{IPAL II} &= 217,02 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Kegiatan Urug Pasir

Kegiatan ini dilakukan setelah kegiatan penggalian tanah, dimana perhitungannya seperti berikut:

$$\text{Vol Urug Pasir} = (\text{Panjang} + \text{Alas Lantai}) \times (\text{Lebar} + \text{Alas Lantai}) \times \text{Tebal Pasir}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 V \text{ Bak Ekualisasi} &= P \times L \times \text{Tebal Pasir} \\
 &= 5,6 \times 3,2 \times 0,1 \\
 &= 1,792 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Anaerobic Filter} &= P \times L \times \text{Tebal Pasir} \\
 &= 14,2 \times 2,7 \times 0,1 \\
 &= 3,83 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Bak Aerasi} &= P \times L \times \text{Tebal Pasir} \\
 &= 2,2 \times 1,2 \times 0,1 \\
 &= 0,26 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Clarifier} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times \text{Tebal Pasir}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times 3,14 \times 2,4^2 \times 0,1 \\
 &= 0,45 \text{ m}^3 \\
 \text{V Kombinasi} &= P \times L \times \text{Tebal Pasir} \\
 \text{Biofilter Anaerobik –} &= 25 \times 2,7 \times 0,1 \\
 \text{Aerobik} &= 6,75 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan jumlah total dari volume urug pasir untuk masing-masing alternatif:

$$\begin{aligned}
 \text{IPAL I} &= 6,33 \text{ m}^3 \\
 \text{IPAL II} &= 8,54 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Kegiatan Pembetonan

Kegiatan ini dilakukan setelah kegiatan urug, dimana terdiri dari berbagai kegiatan dibawah ini:

Perhitungan Pembetonan Lantai Bangunan

$$\begin{aligned}
 \text{V Bak Ekualisasi} &= P \times L \times (\text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Bak}) \\
 &= 5,6 \times 3,2 \times 0,25 \\
 &= 4,48 \text{ m}^3 \\
 \text{V Anaerobic Filter} &= P \times L \times (\text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Bak}) \\
 &= 14,2 \times 2,7 \times 0,25 \\
 &= 9,5 \text{ m}^3 \\
 \text{V Bak Aerasi} &= P \times L \times (\text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Bak}) \\
 &= 2,2 \times 1,2 \times 0,25 \\
 &= 0,66 \text{ m}^3 \\
 \text{V Clarifier} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times (\text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Bak}) \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 2,4^2 \times 0,25 \\
 &= 1,13 \text{ m}^3 \\
 \text{V Kombinasi} &= P \times L \times (\text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Bak}) \\
 \text{Biofilter Anaerobik –} &= 25 \times 2,7 \times 0,25 \\
 \text{Aerobik} &= 16,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan jumlah total dari volume pembetonan lantai bangunan untuk masing-masing alternatif:

$$\begin{aligned} \text{IPAL I} &= 15,7 \text{ m}^3 \\ \text{IPAL II} &= 21,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan Pembetonan Dinding

$$\begin{aligned} \text{Tebal Dinding} &= 0,2 \text{ m} \\ \text{V Bak Ekualisasi} &= (P \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times (L \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times 2 \\ &= 2,8 \times 1,4 \times 2 \\ &= 7,84 \text{ m}^3 \\ \text{V Anaerobic Filter} &= (P \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times (L \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times 2 \\ &= 7,02 \times 1,35 \times 2 \\ &= 18,9 \text{ m}^3 \\ \text{V Bak Aerasi} &= (P \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times (L \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times 2 \\ &= 0,88 \times 0,44 \times 2 \\ &= 0,7 \text{ m}^3 \\ \text{V Clarifier} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (D \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb}))^2 \times 2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 1,232^2 \times 2 \\ &= 2,38 \text{ m}^3 \\ \text{V Kombinasi} &= (P \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times (L \times \text{Tebal Dinding} \times (\text{Tinggi} + \text{Fb})) \times 2 \\ \text{Biofilter Anaerobik} &= 12,4 \times 2,16 \times 2 \\ \text{Aerobik} &= 53,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan jumlah total dari volume pembetonan dinding bangunan untuk masing-masing alternatif:

$$\begin{aligned} \text{IPAL I} &= 29,82 \text{ m}^3 \\ \text{IPAL II} &= 61,34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan Pembetonan Penutup Bangunan

Pada perhitungan ini, di hitung volume pembetonan bagi unit yang mempunyai penutup yang terbuat dari beton, yaitu unit bak ekualisasi, *anaerobic filter*, dan sistem kombinasi biofilter anaerobik dan aerobik.

$$\begin{aligned} V \text{ Bak Ekualisasi} &= P \times L \times \text{Tebal Penutup} \\ &= 5,4 \times 2,8 \times 0,2 \\ &= 3,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Anaerobic Filter} &= P \times L \times \text{Tebal Penutup} \\ &= 13,2 \times 2,7 \times 0,2 \\ &= 7,128 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Kombinasi} &= P \times L \times \text{Tebal Penutup} \\ \text{Biofilter Anaerobik} &- = 23,2 \times 2,7 \times 0,2 \\ \text{Aerobik} &= 12,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan jumlah total dari volume pembetonan Penutup bangunan untuk masing-masing alternatif:

$$\text{IPAL I} = 10,14 \text{ m}^3$$

$$\text{IPAL II} = 15,54 \text{ m}^3$$

5. Perhitungan Pembesian dengan Beton Polos

Volume untuk pekerjaan pembesian dengan beton polos ini berdasarkan pada hasil perhitungan volume pekerjaan beton dinding dan lantai pada perhitungan sebelumnya, dimana hasilnya adalah:

$$\text{IPAL I} = 45,52 \text{ m}^3$$

$$\text{IPAL II} = 82,62 \text{ m}^3$$

Besi yang digunakan pada perencanaan ini memiliki berat 10 kg/m^3 beton, berikut adalah hasil perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{Berat Besi I} &= V \text{ beton IPAL I} \times \text{Berat Besi} \\ &= 45,52 \text{ m}^3 \times 150 \text{ kg/m}^3 \\ &= 6828 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Besi II} &= V \text{ beton IPAL II} \times \text{Berat Besi} \\ &= 82,62 \text{ m}^3 \times 150 \text{ kg/m}^3 \\ &= 12393 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Perhitungan Bekisting Lantai

Bekisting lantai ini dihitung berdasarkan rumus:

Rumus = Panjang total x Lebar total

Bak Ekualisasi = 13,1 m²

Tangki Septik + AF = 52,39 m²

Bak Aerasi = 2,00 m²

Clarifier = 3,87 m²

Kombinasi Biofilter = 92,684 m²

Anaerobik - Aerobik

Filtrasi = 1,48 m²

Desinfeksi = 0,04 m²

Luas total untuk pekerjaan bekisting lantai untuk masing-masing alternatif adalah

IPAL I = 92,44 m²

IPAL II = 107,2 m²

Perhitungan Bekisting Dinding

Rumus= 2 x ((panjang x tebal dinding x tinggi+fb) x (lebar x tebal dinding x tinggi+fb))

Tebal dinding= 0,2 m

Fb= 0.2 m

Bak Ekualisasi = 2 x (P x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb)) x (L x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb))
= 2,8 x 1,4 x 2
= 7,84 m²

Anaerobic Filter = 2 x (P x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb)) x (L x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb))
= 7,02 x 1,35 x 2
= 18,9 m²

Bak Aerasi = 2 x (P x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb)) x (L x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb))
= 0,88 x 0,44 x 2
= 0,7 m²

Clarifier = 2 x ¼ x 3,14 x (D x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb))²
= 0,25 x 3,14 x 1,232² x 2

	= 2,38 m ²
Kombinasi	= 2 x (P x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb)) x (L x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb))
Biofilter Anaerobik –	= 12,4 x 2,16 x 2
Aerobik	= 53,5 m ²
Desinfeksi	= 2 x (P x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb)) x (L x Tebal Dinding x (Tinggi + Fb))
	= 0,022 x 0,022 x 2
	= 0,001 m ²
Luas total untuk pekerjaan bekisting lantai untuk masing-masing alternatif adalah	
IPAL I	= 35,82 m ²
IPAL II	= 80,24 m ²

7. Perhitungan Panjang Pipa

Pada masing-masing alternatif IPAL, dihitung panjang pipa yang dibutuhkan untuk masing-masing IPAL. Dimana pipa yang digunakan adalah Pipa Wavin dengan diameter 1 ¼". Berikut adalah panjang pipa yang dibutuhkan:

Bak Ekualisasi	= 5 m
<i>Anaerobic Filter</i>	= 0,82 m
Bak Aerasi	= 1,88 m
<i>Clarifier</i>	= 4 m
Kombinasi Biofilter Anaerobik-Aerobik	= 2 m
Filtrasi	= 1,5 m
Desinfeksi	= 3,5 m

Total kebutuhan pipa untuk masing-masing alternatif IPAL adalah:

IPAL I	= 16,7 m
IPAL II	= 12 m

8. Pemasangan Pompa, Blower, dan Agitator

a. Pompa

Pompa yang digunakan pada IPAL I terdapat 3 buah, yaitu 1 buah pada bak ekualisasi, 1 buah setelah unit bak aerasi dan 1 buah pada unit clarifier.

Sedangkan pada IPAL II terdapat 2 buah pompa, yaitu 1 buah pada unit bak ekualisasi dan 1 buah pada unit kombinasi biofilter anaerobik-aerobik.

b. Blower

Blower yang digunakan pada IPAL I terdapat 1 buah pada unit bak aerasi, dan pada IPAL II terdapat 1 buah pada unit kombinasi biofilter anaerobik-aerobik.

c. Agitator

Agitator yang digunakan pada masing-masing alternatif IPAL terdapat pada unit desinfeksi.

4.6.2. Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan RAB ini didasarkan pada hasil perhitungan BOQ dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2016, dimana tujuan dari perhitungan RAB ini adalah untuk mengetahui biaya yang harus dikeluarkan untuk membangun alternatif IPAL I dan IPAL II, dan dapat digunakan sebagai pembandingan untuk pemilihan alternatif IPAL mana yang cocok untuk Rumah Sakit Kelas C. Perhitungan RAB ini akan dilakukan dengan perhitungan biaya per kegiatan untuk masing-masing alternatif IPAL. Berikut adalah daftar kegiatannya:

1. Pembersihan lapangan dan perataan lahan
2. Penggalian tanah biasa untuk konstruksi
3. Penggurangan pasir dengan pemadatan
4. Pembedakan dengan beton K-225
5. Pembesian dengan besi beton (polos)
6. Pemasangan pipa air kotor diameter 1 ¼" (42 mm) beserta aksesorisnya
7. Pekerjaan Bekisting Lantai dan Dinding
8. Pemasangan pompa dan aerator.

Berikutnya dihitung harga satuan untuk masing-masing kegiatan, berikut adalah hasil perhitungannya:

Tabel 4. 5 Harga Satuan untuk Per Kegiatan

No	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah				
	Mandor	O.H	0,05	158.000	7.900
	Pembantu Tukang	O.H	0.10	110.000	11.000
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	18.900
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi				
	Mandor	O.H	0,03	158.000	3.950
	Pembantu Tukang	O.H	0,75	110.000	82.500
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	86.450
3	Pengurugan pasir dengan pemadatan				
	Bahan				
	Pasir urug	m ³	1,20	150.200	180.240
	Upah				
	Mandor	O.H	0,01	158.000	1.580
	Pembantu tukang	O.H	0,30	110.000	33.000
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	214.820
4	Pekerjaan beton K-225				
	Bahan				
	Semen PC 40 Kg	zak	9,275	60.700	562.992
	Pasir Cor	m ³	0,436	243.000	106.008

	Batu pecah mesin 1/2 cm	m ³	0,551	487.900	268.858
	Air kerja	liter	215	28	6.020
	Upah				
	Mandor	O.H	0,083	158.000	13.114
	Kepala tukang batu	O.H	0,028	148.000	4.144
	Tukang batu	O.H	0,275	121.000	33.275
	Pembantu tukang	O.H	1,65	110.000	181.500
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	1.175.912
5	Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)				
	Bahan				
	Besi beton polos	kg	1,05	12.500	13.125
	Kawat beton	kg	0,02	25.500	383
	Upah				
	Mandor	O.H	0,0004	158.000	63
	Kepala tukang besi	O.H	0,0007	148.000	104
	Tukang besi	O.H	0,01	121.000	847
	Pembantu tukang	O.H	0,01	110.000	770
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	15.291
6	Pekerjaan bekisting lantai				
	Bahan				

	Paku usuk	kg	0,40	19.800	7.920
	Plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	lembar	0,35	121.400	42.490
	Kayu meranti bekisting	m ³	0,04	3.350.400	134.016
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m ³	0,02	4.711.500	70.673
	Minyak bekisting	liter	0,20	29.600	5.920
	Upah				
	Mandor	O.H	0,033	158.000	5.214
	Kepala tukang kayu	O.H	0,033	148.000	4.884
	Tukang kayu	O.H	0,33	121.000	39.930
	Pembantu tukang	O.H	0,66	110.000	72.600
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	383.647
7	Pekerjaan bekisting dinding				
	Bahan				
	Paku usuk	kg	0,40	19.800	7.920
	Plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	lembar	0,35	121.400	42.490
	Kayu meranti bekisting	m ³	0,03	3.350.400	100.512

	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m ³	0,02	4.711.500	94.230
	Minyak bekisting	liter	0,20	29.600	5.920
	Upah				
	Mandor	O.H	0,033	158.000	5.214
	Kepala tukang kayu	O.H	0.033	148.000	4.884
	Tukang kayu	O.H	0,33	121.000	39.930
	Pembantu tukang	O.H	0,66	110.000	72.600
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	373.700
8	Pemasangan pipa air kotor diameter 1 ¼" (42 mm)				
	Bahan				
	Pipa plastik PVC Tipe C Uk. 1,25 inchi Pj. 4 m	batang	0,30	58.900	17.670
	Pipa plastik PVC Tipe C Uk. 1,25 inchi Pj. 4 m	batang	0,105	58.900	6.184
	Upah				
	Mandor	O.H	0,0018	158.000	284
	Kepala tukang	O.H	0,006	148.000	888

	Tukang	O.H	0,06	121.000	7.260
	Pembantu tukang	O.H	0,036	110.000	3.960
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	28.470

Selanjutnya dihitung RAB untuk masing-masing alternatif IPAL. Berikut adalah hasil perhitungannya:

Tabel 4. 6 RAB IPAL I

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m ²	92,44	Rp18.900	Rp1.747.116
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	151,12	Rp86.450	Rp13.064.324
3	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	6,33	Rp214.820	Rp1.359.811
4	Pekerjaan beton K-225	m ³	55,66	Rp1.175.912	Rp65.451.262
5	Pekerjaan pembesian dengan beton polos	Kg	6828	Rp15.291	Rp104.406.948
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m ²	92,44	Rp383.647	Rp35.464.329
7	Pekerjaan Bekisting Dinding	m ²	35,82	Rp373.700	Rp13.385.934
8	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 1 1/4"	m ³	178,5	Rp28.470	Rp5.081.895
9	Instalasi Pompa Groundfos	buah	1	Rp26.726.970	Rp26.726.970
10	Instalasi Pompa Tsurumi	buah	2	Rp8.359.000	Rp16.718.000

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
11	Instalasi Blower Hakko	buah	1	Rp4.190.000	Rp4.190.000
12	Pengadaan media sarang tawon	m ³	33,6	Rp49.000	Rp1.646.400
13	Pengadaan tangki <i>sand filter</i>	buah	1	Rp2.825.000	Rp2.825.000
14	Media kerikil	Kg	700	Rp250	Rp175.000
15	Media silika	Kg	540	Rp3.250	Rp1.755.000
Total					Rp293.997.988

Tabel 4. 7 RAB IPAL II

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m ²	126,86	Rp18.900	Rp2.397.654
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	217,02	Rp86.450	Rp18.761.379
3	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	8,54	Rp214.820	Rp1.834.563
4	Pekerjaan beton K-225	m ³	98,16	Rp1.175.912	Rp115.427.522
5	Pekerjaan pembesian dengan beton polos	kg	12393	Rp15.291	Rp189.501.363
6	Pekerjaan Bekisting Lantai	m ²	107,2	Rp383.647	Rp41.126.958
7	Pekerjaan Bekisting Dinding	m ²	80,24	Rp373.700	Rp29.985.688
8	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 1 1/4"	m ³	178,5	Rp28.470	Rp5.081.895

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
9	Instalasi Pompa Groundfos	buah	1	Rp26.726.970	Rp26.726.970
10	Instalasi Pompa Tsurumi	buah	1	Rp8.359.000	Rp8.359.000
11	Instalasi Blower Sunsun	buah	1	Rp3.259.000	Rp3.259.000
12	Pengadaan media sarang tawon	m3	33,6	Rp49.000	Rp1.646.400
13	Pengadaan tangki sand filter	buah	1	Rp2.825.000	Rp2.825.000
14	Media kerikil	kg	700	Rp250	Rp175.000
15	Media silika	kg	540	Rp3.250	Rp1.755.000
Total					Rp448.863.392

Dari Tabel 4.10 dan 4.11, dapat diketahui bahwa RAB untuk IPAL I adalah sebesar Rp293.997.988 dan untuk IPAL II adalah sebesar Rp448.863.392.

Selanjut dihitung biaya operasional untuk masing-masing alternatif, dimana biaya operasional ini dihitung dari konsumsi listrik yang dibutuhkan untuk IPAL I dan IPAL II per bulan dan biaya operator IPAL, berikut adalah hasil perhitungannya:

1. IPAL I:

a. Konsumsi Listrik:

- o Bak Ekualisasi: Pompa = $1,3 \text{ kW} \times 7,4 \text{ jam}$
 $= 9,62 \text{ kWh}$
Lampu = $0,008 \text{ kW} \times 12 \text{ jam}$
 $= 0,096 \text{ kWh}$
- o *Anaerobic Filter*: Lampu = $0,008 \times 12 \text{ jam}$
 $= 0,096 \text{ kWh}$
- o Bak Aerasi: Pompa = $0,25 \text{ kW} \times 24 \text{ jam}$
 $= 6 \text{ kWh}$
Lampu = $0,008 \text{ kW} \times 12 \text{ jam}$

- = 0,096 kWh
 - *Clarifer*: Pompa = 0,75 kW x 12 jam
= 9 kWh
 - Lampu = 0,008 kW x 12 jam
= 0,096 kWh
 - Filtrasi: Lampu = 0,008 kW x 12 jam
= 0,096 kWh
 - Desinfeksi: Lampu = 0,008 kW x 12 jam
= 0,096 kWh

Total konsumsi listrik untuk IPAL I adalah 25,1 kWh, lalu dihitung jumlah pengeluaran biaya untuk listrik, dimana hasil perhitungannya sebagai berikut:

Harga Listrik/kWh = Rp. 1.467,28
 Total konsumsi listrik = 25,1 kWh
 Biaya listrik per bulan = 25,1 kWh x Rp. 1.467,28 x 30
 = Rp. 1.104.861,28

b. Biaya Operator

Pada alternatif ini diperlukan 2 operator ahli, dimana masing-masing ahli diberikan upah per bulan sebesar Rp3.296.212,50. Jadi total biaya yang diperlukan untuk upah operator per bulan adalah Rp 6.592.425

Maka total biaya operasional untuk IPAL I per bulan adalah Rp 7.697.286,28.

2. IPAL I:

a. Konsumsi Listrik:

- Bak Ekualisasi: Pompa = 1,3 kW x 7,4 jam
= 9,62 kWh
- Lampu = 0,008 kW x 12 jam
= 0,096 kWh
- Kombinasi Biofilter Anaerobik-Aerobik:
Pompa = 0,75 kW x 12 jam
= 9 kWh
- Lampu = 0,008 kW x 12 jam
= 0,096 kWh
- Filtrasi: Lampu = 0,008 kW x 12 jam

$$\begin{aligned}
 &= 0,096 \text{ kWh} \\
 \circ \text{ Desinfeksi:} & \quad \text{Lampu} = 0,008 \text{ kW} \times 12 \text{ jam} \\
 &= 0,096 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Total konsumsi listrik untuk IPAL I adalah 19,04 kWh, lalu dihitung jumlah pengeluaran biaya untuk listrik, dimana hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Harga Listrik/kWh} &= \text{Rp. } 1.467,28 \\
 \text{Total konsumsi listrik} &= 19,04 \text{ kWh} \\
 \text{Biaya listrik per bulan} &= 19,04 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.467,28 \times 30 \\
 &= \text{Rp. } 838.110,28
 \end{aligned}$$

b. Biaya Operator

Pada alternatif ini diperlukan 2 operator ahli, dimana masing-masing ahli diberikan upah per bulan sebesar Rp3.296.212,50. Jadi total biaya yang diperlukan untuk upah operator per bulan adalah Rp 6.592.425

Maka total biaya operasional untuk IPAL I per bulan adalah Rp 7.430.535,28.

4.7. Perbandingan Masing-Masing Alternatif IPAL

Pada bagian subbab ini, akan dijelaskan mengenai perbandingan untuk masing-masing alternatif berdasarkan dari volume unit pada masing-masing IPAL, efisiensi penyisihan kandungan pencemar, luas lahan unit pada masing-masing IPAL, debit produksi lumpur. Tujuan perbandingan ini adalah untuk mengetahui mana alternatif unit IPAL yang terbaik untuk rumah sakit kelas C. Berikut adalah hasil perbandingannya:

A. Volume dan Luas Lahan Masing-Masing Unit IPAL

a. IPAL I

Volume dan luas lahan unit yang termasuk dalam IPAL I ini adalah bak ekualisasi, tangki septik + *Anaerobic Filter*, bak aerasi, *clarifier*, *carbon filter*, *sand filter*. Berikut adalah hasil perhitungan volume untuk masing-masing unit:

Tabel 4. 8 Volume IPAL I

Volume (m ³)

Bak Ekualisasi	17,92
<i>Tangki Septik + Anaerobic Filter</i>	113,1
Bak Aerasi	6,46
<i>Clarifier</i>	13,7
Filtrasi	2,73
Desinfeksi	0,014
Total Volume	153,9

Tabel 4. 9 Luas Lahan IPAL I

Luas Lahan (m²)	
Bak Ekualisasi	13,10
<i>Tangki Septik + Anaerobic Filter</i>	52,39
Bak Aerasi	2,00
<i>Clarifier</i>	3,87
Filtrasi	1,48
Desinfeksi	1,17
Total Luas	92,44

b. IPAL II

Volume dan luas lahan unit yang termasuk dalam IPAL II ini adalah bak ekualisasi, tangki septik + biofilter anaerobik + biofilter aerobik, *carbon filter*, *sand filter*. Berikut adalah hasil perhitungan volume untuk masing-masing unit:

Tabel 4. 10 Volume IPAL II

Volume (m³)	
Bak Ekualisasi	17,9 2

Tangki Septik + Kombinasi Biofilter Anaerobik dan Aerobik + Bak Pengendap Akhir	199,1
Filtrasi	2,73
Desinfeksi	2,34
Total Volume	219,75

Tabel 4. 11 Luas Lahan IPAL II

Luas Lahan (m ²)	
Bak Ekualisasi	13,10
Tangki Septik + Kombinasi Biofilter Anaerobik dan Aerobik + Bak Pengendap Akhir	92,684
Filtrasi	1,48
Desinfeksi	1,17
Total Luas	107,2

B. Efisiensi Penyisihan dan Efluen Masing-Masing Unit IPAL

Efisiensi penyisihan kandungan pencemar merupakan salah satu faktor penting dalam merancang instalasi pengolahan air limbah. Lalu dicantumkan juga efluen kandungan pencemar dari masing-masing alternatif IPAL. Parameter kandungan pencemar yang digunakan adalah TSS (*Total Suspended Solid*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Dari dapat tersebut dapat dipilih alternatif IPAL mana yang cocok untuk rumah sakit kelas C:

a. IPAL I

Efisiensi penyisihan dan efluen yang akan dibandingkan dengan IPAL II adalah yang terdapat pada unit *Anaerobic Filter* dan bak aerasi. hasil perhitungan volume untuk masing-masing unit:

Tabel 4. 12 Efisiensi Penyisihan IPAL I

Efisiensi Removal (m³)			
	TSS (%)	COD (%)	BOD (%)
<i>Anaerobic Filter</i>	56,34	82	86,4
Bak Aerasi	80,00	90	90

Tabel 4. 13 Efluen IPAL I

Efluen (mg/L)	
TSS	3,00
BOD	1,49
COD	3,3

b. IPAL II

Efisiensi penyisihan yang akan dibandingkan dengan IPAL I adalah efisiensi penyisihan kandungan pencemar pada unit kombinasi biofilter anaerobik dan biofilter aerobik. hasil perhitungan volume untuk masing-masing unit:

Tabel 4. 14 Efisiensi Penyisihan IPAL II

Efisiensi Removal (m³)			
	TSS (%)	COD (%)	BOD (%)
Biofilter Anaerobik	56,34	82	86,4
Biofilter Aerobik	69,87	75	84,4

Tabel 4. 15 Efluen IPAL II

Efluen (mg/L)	
TSS	4,90

BOD	2,30
COD	8,3

Berdasarkan hasil perbandingan, dapat disimpulkan bahwa unit IPAL I unggul dalam volume, luas lahan, efisiensi penyisihan pencemar, efluen pencemar dibandingkan dengan IPAL II. Oleh karena itu IPAL I lebih layak digunakan untuk rumah sakit kelas C.

C. Perbandingan RAB dan Biaya Operasional

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dan biaya operasional merupakan faktor penting dalam menentukan alternatif IPAL yang cocok untuk rumah sakit kelas C. Dimana faktor ini menentukan apakah IPAL tersebut bersifat ekonomis atau tidak. Berikut adalah hasil perbandingan RAB dan Biaya Operasional untuk IPAL I dan IPAL II:

Tabel 4. 16 Perbandingan RAB

RAB IPAL	
IPAL I	Rp 293.997.988
IPAL II	Rp 448.863.392

Berdasarkan Tabel 4.20, dapat dilihat bahwa IPAL I memiliki rancangan anggaran biaya yang lebih murah daripada IPAL II yaitu sebesar Rp 293.997.988. Sedangkan IPAL II memiliki rancangan anggaran biaya sebesar Rp 448.863.392.

Selanjutnya untuk perbandingan biaya operasional dapat dilihat pada Tabel 4.21 dibawah:

Tabel 4. 17 Perbandingan Biaya Operasional

Biaya Operasional IPAL	
IPAL I	Rp 7.697.286,28.
IPAL II	Rp 7.430.535,28.

Berdasarkan Tabel 4.20, dapat dilihat bahwa IPAL I memiliki biaya operasional yang lebih murah daripada IPAL II yaitu sebesar Rp 7.697.286,28. Sedangkan IPAL II memiliki rancangan anggaran biaya sebesar Rp 7.430.535,28.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Hasil Perhitungan dari alternatif IPAL I, didapatkan unit bak ekualisasi sebanyak 1 buah, tangki septik sebanyak 1 buah, *Anaerobic Filter* 4 kompartemen, bak aerasi 1 buah, *clarifier* 1 buah, filtrasi 1 buah, desinfeksi 1 buah.
2. Hasil Perhitungan dari alternatif IPAL II, didapatkan unit bak ekualisasi sebanyak 1 buah, tangki septik sebanyak 1 buah, *Anaerobic Filter* 4 kompartemen, biofilter aerobik 4 buah, bak pengendap akhir 1 buah, filtrasi 1 buah, desinfeksi 1 buah.
3. Rancangan Anggaran Biaya untuk IPAL I sebesar Rp 293.997.988 dan IPAL II sebesar Rp 448.863.392.
4. Biaya Operasional untuk IPAL I Rp 7.697.286,28. Dan IPAL II sebesar Rp 7.430.535,28.
5. IPAL I memiliki keunggulan dalam segi volume, luas lahan, efisiensi penyisihan kandungan pencemar, efluen air limbah, RAB dan biaya operasional dibanding IPAL II. Oleh karena itu disimpulkan bahwa unit IPAL I lebih layak digunakan untuk rumah sakit kelas C

5.2. Saran

1. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai penyisihan N dan P pada unit-unit pengolahan yang menggunakan prinsip aerasi.
2. Perlu adanya regulasi baru untuk mewajibkan rumah sakit untuk memisahkan air limbah medis dan nonmedis, dikarenakan dua air limbah tersebut yang berbeda sifat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. **Pengelolaan Limbah Industri Pangan**. Direktorat Jenderal Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian. Jakarta.
- Ayuningtyas, R.D. 2009. **Proses Pengolahan Air limbah di RSUD Dr. Moewardi Surakarta**. Laporan Khusus Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja Universitas Sebelas Maret Surakarta 2009.
- Ammary, Y. Bashaar. 2004. Nutrients requirements in biological industrial wastewater treatment. **African Journal of Biotechnology**. Vol 3(4) Hal 236-238.
- Bilal, A. R. H. (2014). **Perbandingan Desain IPAL Fixed Medium Systems Anaerobic Filter dengan Moved Medium Systems Aerobic Rotating Biological Contactor untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Bodkhe, S. (2008). **Development of An Improved Anaerobic Filter for Municipal Wastewater Treatment**. *Bioresource Technology*, 99 (1), hal. 222-226.
- Cotton dan Wilkinson. 1989, **Kimia Anorganik Dasar**. Cetakan Pertama. Jakarta: UI-Press
- Chrisafitri, Rr. Adistya. 2012. "Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil Dengan Reaktor Saringan Pasir Lambat Dan Karbon Aktif." **Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI**, 14 Juli 2012. Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- da Silva, F. J. A., Lima, M. G. S., Mendonca, L. A. R., Gomes, M. J. T. L. (2013). Septic Tank Combined with *Anaerobic Filter* and Conventional UASB – Results from Full Scale Plants. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, 30 (1),hal. 133-140.
- Dix, H.M. 1981. **Environmental Pollution**. United States: John Wiley & Sons Ltd.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta : Kanisius
- Eckenfelder Jr., W. Wesley. 1989. **Industrial Water Pollution**.
- Elmitwalli, Tarek A., Oahn, Kim L. T., Zeeman, Grietje, & Lettinga, Gatze. 2002. **Treatment of Domestic Sewage in a Two-Step Anaerobic Filter/Anaerobic Hybrid System at Low**

- Temperatur.** Water Research, 36(9), 2225-2232. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00438-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00438-9)
- Fadly, N. A. 2008. **Daya Tampung dan Daya Dukung Sungai Ciliwung Serta Strategi pengelolannya.** Tesis Program Studi Teknik Sipl Progra Pasca Sarjana, Universitas Indonesia 2008
- Fatmawati, R., Masrevaniah, A, dan Solichim, M. 2012. "*Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngroowodengan Menggunakan Paket Program Qual2Kw*". **Jurnal Teknik Pengairan**, Vol. 3, No. 2, pp: 122-131
- Fuji, Mashahiro. 2002. **Biological Treatment.** Hand out of JICA Training, JICA, Kitakyushu.
- Hasan, A. 2006. Dampak Pengguna Klorin. **Jurnal Teknologi Lingkungan.** 7 (1), 90-96.
- Huisman, L., dan W. E. Wood. 1974. **Slow Sand Filtration.** WHO, Geneva.
- Kasam, Yulianto, A., Sukma, T. 2005. **Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) dalam Air limbah Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa.** Logika, Vol.2, No.2, pp:3-17
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 1986. **Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 92 Tahun 1986 Tentang Klasifikasi Rumah Sakit.** Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2014. **Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 56 Tahun 2014 Tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit.** Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2003. **Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.**
- Martopo, S. 1987. **Dampak Limbah Terhadap Lingkungan. Bahan Diskusi Kursus Singkat Penanganan Limbah Secara Hayati.** Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Mara, D. 2004. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries.** Earthscan. London.
- Mason, C. F. 1981. **Biology of Freshwater Pollution.** Longman. New York.

- Morel, A. dan Diener, S. (2006). **Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods.** Dübendorf:
- Noerbambang, S.M dan Takeo Morimura. 2005. **Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing.** PT.Pradnya Paramita. Jakarta
- Notoatmodjo. 2003. **Ilmu Kesehatan Masyarakat.** Jakarta: Rineka Cipta
- Nurdijanto, Stephanus Agus., Purwanto, P., dan Setia Budi Sasongko. 2011. **Rancang Bangun dan Rekayasa Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit.** Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia 11 (8) : 42-55.
- Paytan, A., dan McLaughin, K., (2007). **Phosphorus in Our Waters.** Oceanography (20) 2:200-208.
- Pemerintah Kota Surabaya. 2014. Laporan Kinerja Pemerintah Kota Surabaya Tahun 2014.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Qasim, Syed R. 1985. **Waste Water Treatment Plant.,** CBS College Publishing. New York.
- Rahmawati, A. A. dan Azizah, R. 2005. "Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS dan MPN *Coliform* pada Limbah, Sebelum Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk". **Jurnal Kesehatan Lingkungan**, Vol. 2, No.1, pp: 97-110.
- Rakhmadany, Afry. 2013. **Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Proses Aerobik, Anaerobik, dan Kombinasi Anaerobik dan Aerobik di Kota Surabaya.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Reynolds, T.D., **Unit Operations And Processes In Environmental Engineering.** B/C Engineering Division, Boston. 1985

- Said, Nusa Idaman dan Heru Dwi Wahjono. 1999. **Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem "Biofilter Anaerob-Aerob"**.
- Said, Nusa Idaman. 2003. **Teknologi Pengolahan Air Limbah Secara Anaerob dan Aerob Menggunakan Biofilter**. BPPT:Jakarta
- Salmin, 2005. "*Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan*". **Oseana**, Vol. 15, No.3, pp: 21-26
- Sasse, Ludwig. 1998. **DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association).
- Selintung, M dan Syahrir, S. 2012. Studi Pengolahan Air melalui Media Filter Pasir Kuarsa (Studi Kasus Sungai Malimpung). **Prosiding Teknik Sipil Universitas Hasanudin**. 6, 1-10
- Setiyawan, A dan Hari N, B. 2010. Karakteristik Proses Klarifikasi dalam Sistem Nitrifikasi Denitrifikasi untuk pengolahan Air limbah dengan Kandungan N-NH₃ Tinggi. **Thesis Undergraduate Teknik Kimia Universitas Diponegoro**.
- Sukawati, T. 2008. **Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Biofilter Diikuti dengan Reaktor Activated Carbon**. Yogyakarta : Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII.
- Suriaman, E, Juwita., 2008. "Uji Kualitas Air". **Jurnal Penelitian Mikrobiologi Pangan**. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang.
- Susana dan Suyarso. 2008. **Penyebaran Fosfat dan Deterjen di Perairan Pesisir dan Laut Sekitar Cirebon, Jawa Barat**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. LIPI Jakarta (2008):117-131.
- Tchobanoglous, G dan Schroeder E.D. 1985. **Water Quality: Characteristics, Modelling, Modification**. Addison-Wesley Publishing Company, United States of America.
- Tchobanoglous, George., Burton, L, Franklin., dan H. David Stensel. 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th**. Singapore: Mc.Graw Hill.

- Tilley, E., Ulrich, L., Luethi, C., Reymond, P dan Zurbruegg, C. 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies 2nd Revised Edition**. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)
- Wang L. K., Wu, Z., dan Shammas, N. K. (1998). **Handbook of Environmental Engineering Volume 8: Biological Treatment Processes**. Totowa: The Humana Press.
- Wijaya, 2005. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Anwar Medika, Sidoarjo**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI



Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Lahir di Bukittinggi 14 oktober 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di MI Al-Istiqomah Tangerang. Kemudian dilanjutkan di SMPN 9 Tangerang pada tahun 2007-2010, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 2 Kota Tangerang pada tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS,

Surabaya pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 3313 100 053.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan dalam lingkup ITS maupun nasional. Penulis pernah berkecimpung dalam beberapa kepanitiaan seperti ITS EXPO 2015, YES Summit 2014-2015, serta pernah juga menjadi bagian dari BEM FTSP ITS sebagai kabiro *networking*. Penulis juga aktif dalam Youth For Climate Camp Indonesia. Beberapa seminar tentang lingkungan baik tingkat institut maupun tingkat nasional pernah diikuti penulis dalam rangka pengembangan diri dan menambah wawasan.

Tugas Akhir yang dialami penulis adalah bidang pengelolaan air limbah. Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir, serta ingin memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui email: syauqysan@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Keunggulan dan Manfaat

- **Kualitas Internasional**
Di bawah pengawasan/lisensi Wavin, BV. Holland.
- **Kuat dan Tidak Mudah Pecah**
Mengandung resin uPVC dan aditif.
- **Menggunakan Aditif Khusus**
Dapat mereduksi pengaruh UV (Ultra Violet) terhadap pipa dalam jangka waktu yang lama.
- **Tahan terhadap bahan kimia ekstrim**
- **Dapat digunakan untuk berbagai jenis sistem air bersih dan air buangan**
- **Terbuat dari uPVC yang bersifat *thermoplastic* sehingga dapat didaur ulang**
- **Memiliki Beraneka Ragam Fitting / Sambungan**
Menjamin instalasi terpasang dalam satu sistem.
- **Tahan Lama**
Tidak dapat berkarat dan bebas pemeliharaan.
- **Termasuk Isolator yang Baik dan Tidak Dapat Menimbulkan Api**
Dapat digunakan untuk selubung kabel listrik.

Physical Properties

Property	Unit	Value
Specific gravity	g/cm ³	1,40
Coefficient of linear expansion	mm/m.°K	8 x 10 ⁻²
Thermal conductivity	W/m.°K	0,15
Modulus of elasticity	N/mm ²	3000
Surface resistance	Ohm	> 10 ¹²

Standar Kualitas

WAVIN STANDARD diproduksi di pabrik dengan sertifikasi ISO 9001:2000 dan produknya memenuhi standar JIS dan ISO.

Aplikasi Sistem

WAVIN STANDARD diproduksi untuk berbagai kebutuhan seperti:

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


Jenjang Produk

WAVIN STANDARD dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kelompok:

1. Kelas AW, untuk air bertekanan tinggi sampai tekanan kerja 10 kg/cm² dengan 14 macam ukuran diameter dari 1/2 inch sampai 12 inch.
 2. Kelas D, untuk saluran pembuangan dan limbah dengan 11 macam ukuran diameter dari 1 1/4 inch sampai 12 inch.
- Kedua kelompok tersebut tersedia dalam panjang standar sampai 4 meter.

KELAS AW

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

Position	Count	Description																																
	1	<p>SEG.A15.20.R2.2.1.603</p>  <p>Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: 98682338</p> <p>Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.</p> <p>The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump. The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.</p> <p>The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding. The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <p>Controls:</p> <table> <tr> <td>Moisture sensor:</td> <td>with moisture sensors</td> </tr> <tr> <td>AUTOADAPT:</td> <td>NO</td> </tr> </table> <p>Liquid:</p> <table> <tr> <td>Pumped liquid:</td> <td>Water</td> </tr> <tr> <td>Liquid temperature range:</td> <td>32 .. 32 °F</td> </tr> <tr> <td>Q_OpFluidTemp:</td> <td>68 °F</td> </tr> <tr> <td>Density:</td> <td>62.4 lb/ft³</td> </tr> <tr> <td>Kinematic viscosity:</td> <td>1 cSt</td> </tr> </table> <p>Technical:</p> <table> <tr> <td>Actual calculated flow:</td> <td>6.558 m³/h</td> </tr> <tr> <td>Resulting head of the pump:</td> <td>9.425 m</td> </tr> <tr> <td>Type of impeller:</td> <td>Grinder System</td> </tr> <tr> <td>Primary shaft seal:</td> <td>SIC/SIC</td> </tr> <tr> <td>Secondary shaft seal:</td> <td>LIPSEAL</td> </tr> <tr> <td>Approvals on nameplate:</td> <td>PA-I</td> </tr> <tr> <td>Curve tolerance:</td> <td>ANSI/HI11.6:2012 3B2</td> </tr> </table> <p>Materials:</p> <table> <tr> <td>Pump housing:</td> <td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td> </tr> <tr> <td>Impeller:</td> <td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td> </tr> </table>	Moisture sensor:	with moisture sensors	AUTOADAPT:	NO	Pumped liquid:	Water	Liquid temperature range:	32 .. 32 °F	Q_OpFluidTemp:	68 °F	Density:	62.4 lb/ft ³	Kinematic viscosity:	1 cSt	Actual calculated flow:	6.558 m ³ /h	Resulting head of the pump:	9.425 m	Type of impeller:	Grinder System	Primary shaft seal:	SIC/SIC	Secondary shaft seal:	LIPSEAL	Approvals on nameplate:	PA-I	Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2	Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B	Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
Moisture sensor:	with moisture sensors																																	
AUTOADAPT:	NO																																	
Pumped liquid:	Water																																	
Liquid temperature range:	32 .. 32 °F																																	
Q_OpFluidTemp:	68 °F																																	
Density:	62.4 lb/ft ³																																	
Kinematic viscosity:	1 cSt																																	
Actual calculated flow:	6.558 m ³ /h																																	
Resulting head of the pump:	9.425 m																																	
Type of impeller:	Grinder System																																	
Primary shaft seal:	SIC/SIC																																	
Secondary shaft seal:	LIPSEAL																																	
Approvals on nameplate:	PA-I																																	
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2																																	
Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	



Company name:

Created by:

Phone:

Date:

4/23/2017

Position	Count	Description
		<p>Installation: Maximum ambient temperature: 104 °F Maximum operating pressure: 87 psi Flange standard: ANSI Pipework connection: 1 1/2" /2" Size of discharge port: 1 1/2 inch Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 32.81 ft Auto-coupling: 98245788</p> <p>Electrical data: C run: 30 µF C start: 150 µF Power input - P1: 1.3 kW Rated power - P2: 1.207 HP Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 208-230 V Voltage tolerance: +6/-10 % Max starts per. hour: 30 Rated current: 8-7 A Starting current: 48 A Rated current at no load: 7.2 A Cos phi - power factor: 0,87 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0,8 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0,77 Rated speed: 3490 rpm Moment of inertia: 0.047 lb ft² Motor efficiency at full load: 0.69 % Motor efficiency at 3/4 load: 0.68 % Motor efficiency at 1/2 load: 0.59 % Capacitor size - run: 30 µF Capacitor size - start: 150 µF Number of poles: 2 Start. method: direct-on-line Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): F Explosion proof: no Ex-description: WITHOUT (STANDARD) Length of cable: 33 ft Cable type: SEOOW 600V Type of cable plug: NO PLUG</p> <p>Others: Net weight: 106 lb</p>



Submersible Wastewater Pumps **Semi-open Impeller**

SF



The SF-series is a cast iron, compact, effluent pump having a semi-open impeller. It is designed for high-head pumping plus defoaming at wastewater treatment plants.

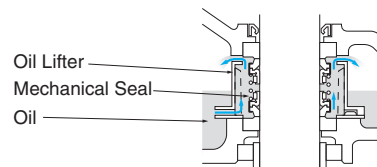
Motor Protector

All Tsurumi pumps have a built-in motor protection device. A circle thermal protector (CTP) is incorporated in Tsurumi pumps with a direct-on-line starting motor. The CTP is installed in the motor housing and it directly cuts the motor circuit if excessive heat builds up or an over-current is caused by an electrical or mechanical failure.

Pumps with a star-delta starting motor have three miniature thermal protectors (MTPs) imbedded in each winding of the 3-phase motor. These MTPs are connected in series, with their wires led out of the motor. Should the winding's temperature rise to the actuating level, the bimetal strip opens to cause the control panel to shut down the power supply.

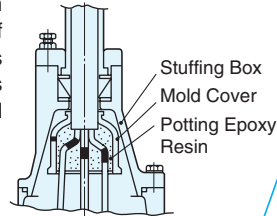
Oil Lifter (Patented)

The Oil Lifter was developed as a lubricating device for the mechanical seal. Utilizing the centrifugal force of the shaft seal, the Oil Lifter forcibly supplies lubricating oil to the mechanical seal and continues to supply the oil to the upper seal faces even if lubricant falls below the rated volume. This amazingly simple device is not only reliably lubricates and cools down, but also retains the stable shaft seal effect and extends the inspection term.



Cable Entry

Every cable has an anti-wicking block at the cable entry section of the pump. This mechanism is such that a part of each conductor is stripped back and the part is sealed by molded rubber or epoxy potting which has flowed in between each strand of the conductor. This unique feature prevents wicking along the strand of the conductor itself.



Motor

The motor is a dry-type, squirrel-cage induction motor, housed in a water-tight casing, and conforms to insulation classes E or F. In each of these insulation classes, all standard pumps can be used in ambient temperatures up to 40°C.

Mechanical Seal

The mechanical seal with two seal faces containing silicon carbide (SiC) is equipped with the oil chamber. The advantages of the seal are two-fold, it eliminates spring failure caused by corrosion, abrasion or fouling which prevents the seal faces from closing properly, and prevents loss of cooling to the lower seal faces during run-dry conditions which causes the lower seal faces to fail.

Seal-Pressure Relief System

Tsurumi pumps with capacity of 5.5 kW or larger have a seal-pressure relief system. This system features an independent pump casing built separately from the oil casing which incorporates the mechanical seal. An intermediate chamber, opened to the outside, is installed between the pump casing and the oil casing. Thanks to this configuration, the mechanical seal is only exposed to static (submergence) pressure without the pumping pressure operating on it. This prevents the mechanical seal from premature wear under the high-head pumping condition.

Replaceable Wear Parts

All these pumps are designed so that their wear parts, such as the impeller and the suction cover, can be replaced by new ones very easily.

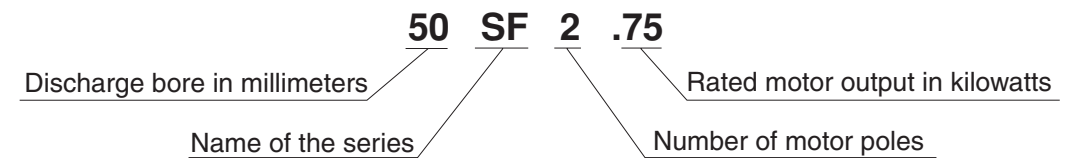
Guide Rail Fitting System

Guide rail fitting system readily connect/disconnect the pump to/from the piping system only by lifting up and down the pump. This simplifies regular maintenance and inspection, which will no longer require entry into the sump. The SF-series pumps with capacity of 1.5 kW to 11 kW, preceded by TOS in the model code, are available with guide rail fittings. For more information about model codes, see the Model Selection.

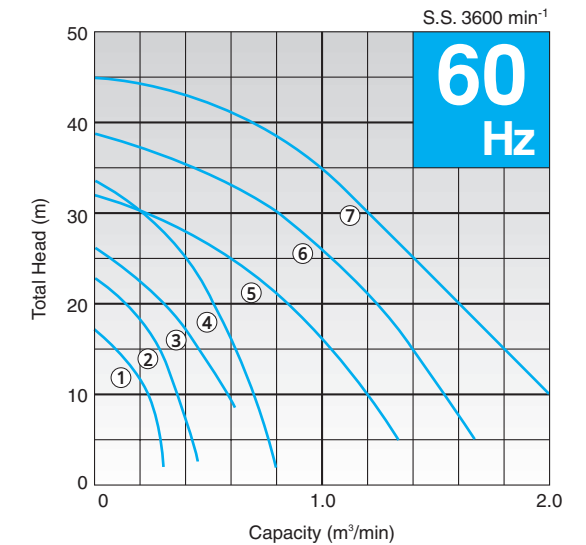
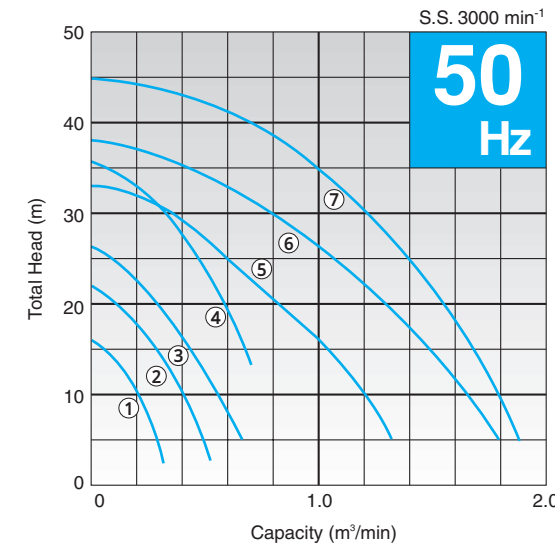
Applications:

- Draining treated water at wastewater treatment plant
- Pumping rainwater and springwater from underground
- Supplying treated water for defoaming at wastewater treatment plant

Model Number Designation



Performance Curves



Model Selection 50/60Hz

Curve No.	Discharge Bore mm	Model		Motor Output kW	Phase	Speed (S.S.) min ⁻¹	Starting Method	Solids Passage mm	Cable Length m	Cable Code	Dimensions L x H mm		Dry Weight ^{*3} kg	
		Free Standing	Guide Rail Fitting								Free Standing	Guide Rail Fitting	Free Standing	Guide Rail Fitting
1	50	50SF2.75	(TOK)	0.75	Three	3000/3600	D.O.L.	11/10	6	A	256 x 377		20	
2	50	50SF21.5	TOS50SF21.5	1.5	Three	3000/3600	D.O.L.	11/10	6	A	421 x 494	637 x 542	33	32
3	50	50SF22.2	TOS50SF22.2	2.2	Three	3000/3600	D.O.L.	7.5	6	A (C ^{*1})	466 x 534	648 x 582	49	48
4	50	50SF23.7	TOS50SF23.7	3.7	Three	3000/3600	D.O.L.	7.5	6	C (E ^{*1})	466 x 537	648 x 585	59	58
5	80	80SF25.5	TOS80SF25.5	5.5	Three	3000/3600	D.O.L.*1	15/19	8	H	635 x 824	808 x 855	125	122
6	80	80SF27.5	TOS80SF27.5	7.5	Three	3000/3600	D.O.L.*1	19/21	8	I	635 x 824	808 x 855	128	125
7	80	80SF211	TOS80SF211	11	Three	3000/3600	Star-Delta	22	8	R	635 x 872	808 x 903	147	144

*1 Star-Delta available upon request *2 200-240V
*3 All weights excluding cable
Weights of guide rail fitting model excluding duckfoot bend

Notes:
When an SF pump is ordered with guide rail fitting*, the following accessories will come with the pump as standard equipment (*Attach TOS to its model code.):

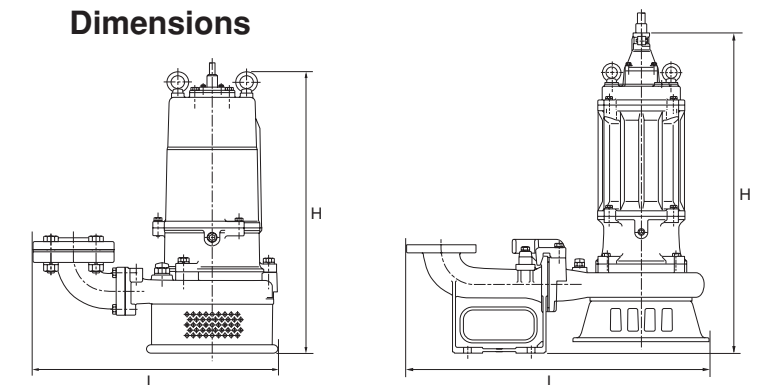
Contents of TOS

- Lifting Chain 5m (with Shackles)
- Guide Support (with Bolts & Nuts)
- Guide Hook (with Bolts)
- Duckfoot Bend
- JIS 10kg/cm² Flange (with Packing, Bolts & Nuts)

Cabtyre Cable Code Reference

Code	Pcs/unit	Cores x mm ²	Dia. mm	Material
A	1	4 x 1.25	11.1	PVC
C	1	4 x 2	11.8	
E	1	4 x 3.5	13.9	
H	1	4 x 3.5	14.1	
I	1	4 x 5.5	16.8	Chloroprene Rubber
R	3	4 x 3.5	14.1	
		3 x 3.5	12.9	
		2 x 1.25	9.8	

Dimensions





Submersible Sewage Pumps **Vortex Impeller**

UT/UTZ

Compact Type Cast Iron Pumps with No Unnecessary Frills

Economic Model

The UT/UTZ-series is economic model of the U-series, vortex pump. It is designed for a wide range of applications.

Large Diameter Passage

The pump has a large diameter passage that makes it ideal for liquid containing various solid matters.

Automatic Operation

The pump employs a float switch for automatic operation to prevent dry running and lower power consumption.



NEW



Applications

- Transferring wastewater between the tanks at small-scale treatment facility
- Draining sewage from factory, residence, hotel, restaurant, etc.
- Pumping rainwater and springwater at a place where solid matters are likely to run into the water

Submersible Sewage Pumps

Vortex UT/UTZ

■ Features

Anti-wicking Cable Entry

An anti-wicking block is provided at the cable entry section of the motor chamber. Even if the cable jacket becomes damaged or the tip of the cable is accidentally immersed in water, this device prevents water from traveling into the motor chamber through capillary action.

Motor Protector

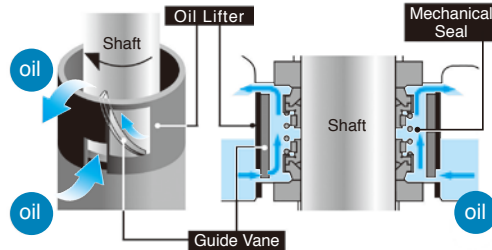
A built-in thermal motor protection device reacts to the heat caused by overcurrent or run-dry conditions. It not only cuts off the motor circuit automatically but also resets by itself. When the motor cools down to a safe operating temperature, the motor restarts.

Dual Inside Mechanical Seal

The dual inside mechanical seal (dual face mechanical seal located in an oil bath) is incorporated in all pumps. As both upper and lower sealing faces are lubricated by the oil only, it ensures a longer life of the product and a stable sealing effect.

Oil Lifter (Patented)

The Oil Lifter is a lubricating device that forcibly lubricates the mechanical seal. It further stabilizes the functions of the mechanical seal and extends the life expectancy of the seal and also the inspection term.

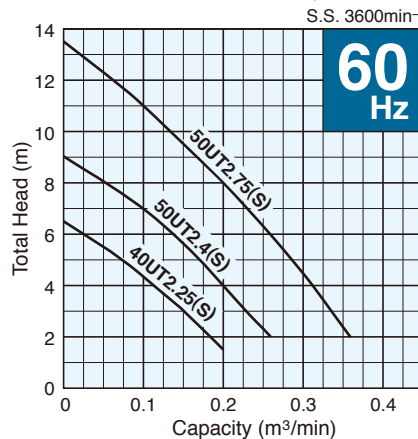
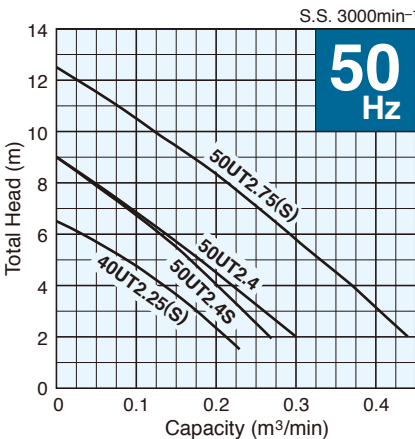


■ Major Components & Specifications

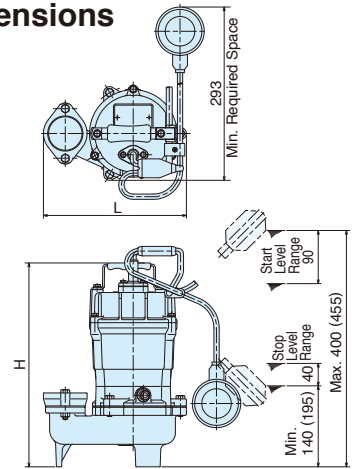
Discharge Bore		mm	40	50
Pumping Fluid	Type of Fluid	Sewage, Wastewater, and Liquid carrying Waste and Solid Matters		
	Fluid Temperature	0 to 40°C		
Pump	Structure	Impeller	Vortex	
		Shaft Seal	Double Mechanical Seal (with Oil Lifter)	
		Bearing	Double-shielded Ball Bearing	
	Materials	Impeller	Glass-fiber Reinforced Resin	
Shaft Seal		SiC		
Motor	Type, Pole	Dry Type Submersible Induction Motor, 2-pole		
	Insulation	Class E		
	Phase	Single-phase (suffix "S") Three-phase		
	Starting Method	Capacitor Run (single-phase only) Direct on Line		
	Protection Device (Built-in)	Circle Thermal Protector Miniature Thermal Protector (0.25 and 0.4kW of single-phase)		
	Lubricant	Turbine Oil (ISO VG32)		
	Materials	Frame	Gray Cast Iron	
Shaft		403 Stainless Steel		
Cable		PVC		
Discharge Connection		Screwed Flange		

■ Performance Curves

Standard and Automatic models have the identical performance.



■ Dimensions



* The figure in parentheses is for the 50UT2.75S.

■ Model Selection


Discharge Bore mm	Model			Motor Output kW	Phase	Starting Method	Solids Passage mm	Dimensions L × H mm	Dry Weight kg	Cable Length m
	Standard	Automatic	Guide Rail Fitting							
40	40UT2.25S	40UTZ2.25S	(TOK4-A)	0.25	Single	Capacitor Run	35	239 × 350	13.5	5
40	40UT2.25	—	(TOK4-A)	0.25	Three	D.O.L.	35	239 × 350	13	5
50	50UT2.4S	50UTZ2.4S	(TOK4-A)	0.4	Single	Capacitor Run	35	242 × 350	13.5	5
50	50UT2.4	—	(TOK4-A)	0.4	Three	D.O.L.	35	242 × 350	13	5
50	50UT2.75S	50UTZ2.75S	(TOK4-A)	0.75	Single	Capacitor Run	35	242 × 406	16.5	5
50	50UT2.75	—	(TOK4-A)	0.75	Three	D.O.L.	35	242 × 387	15.5	5

- For use in combination with the guide rail fitting, order the pump and the TOK4-A guide rail fitting individually.
- Weights excluding cable

We reserve the right to change the specifications and designs for improvement without prior notice.

**TSURUMI
MANUFACTURING CO., LTD.**

Your Dealer

Position	Count	Description
	1	<p>DME 940-4 B</p>  <p style="text-align: center;">Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: 96529163</p> <ul style="list-style-type: none"> · Compact positive displacement diaphragm dosing pump, with integrated variable speed motor drive, in an IP 65 plastic enclosure. · The pump is designed for optimum user-friendliness, accuracy and reliability, and is equipped with a logical control panel with one-touch buttons and a multi-language backlight display. · The capacity to be dosed in each function is set directly in gal,l, or ml per hour. · For enhanced accuracy, the pump can be calibrated to the actual installation by means of a simple calibration function. · The turndown ratio is 1 to 800 with the same accuracy and uniform dosage with reduced pulsation throughout the entire capacity range. · The pump is also equipped with a maximum capacity function (100%) that allows it to work for a preset time at max capacity to facilitate priming or ordinary maintenance, without modifying the pump's settings. <p>The liquid end is composed of:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Pump head · PTFE-coated diaphragm · Ball valves · Manual bleed valve <p>Possible operating modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Manual dosing with direct setting in gph, ml/hour, or l/hour <p>Other features:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Electronic lock to prevent unauthorized setting changes · Anti-cavitation function for high-viscosity, gassing liquids or long suction lines · Maximum capacity limitation · Counters for numbers of pump strokes, hours of operation, and power on/off. · 14 optional display languages. · Overload protection <p>Controls:</p> <p>Control variant: B</p> <p>Level control: not integrated</p> <p>Liquid:</p> <p>Pumped liquid: Water</p> <p>Liquid temperature during operation: 68 °F</p> <p>Density: 62.29 lb/ft³</p> <p>Technical:</p> <p>Approvals on nameplate: CSA, CE</p> <p>Materials:</p> <p>Pump housing: Polypropylene</p>



Company name:

Created by:

Phone:

Date:

7/20/2017

Position	Count	Description
		Valve ball: Glass Gasket: EPDM
		Installation: Maximum operating pressure: 58 psi Pump inlet: THREADED NPT 1 1/4" Pump outlet: THREADED NPT 1 1/4"
		Electrical data: Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 120 V Rated current: 2.4 A Type of cable plug: USA,CANADA



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

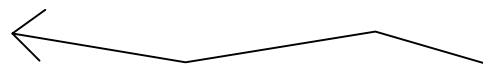
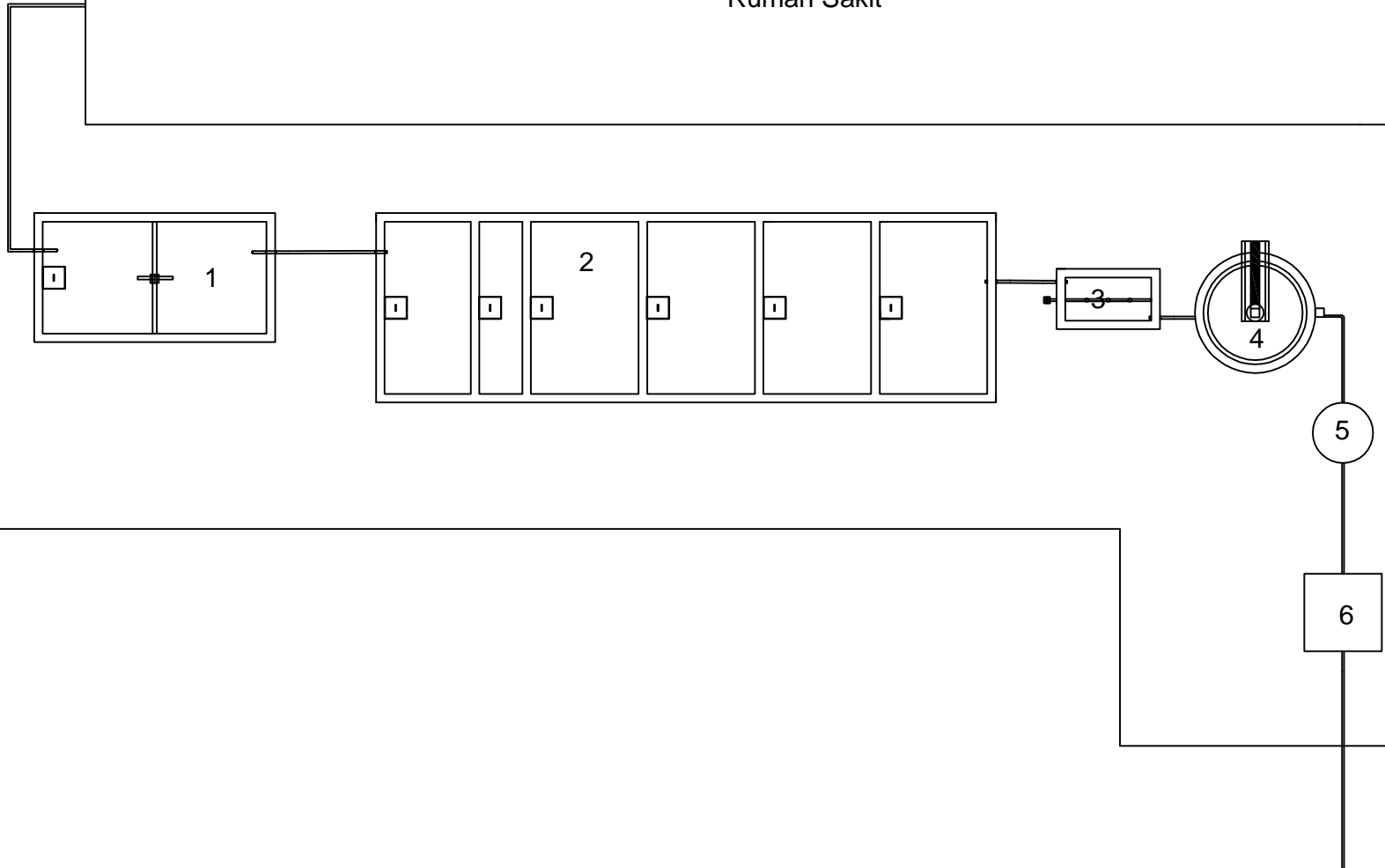
Layout IPAL I

Legenda

- | | |
|----------------------------|---------------|
| 1. Bak Ekualisasi | 4. Clarifier |
| 2. <i>Anaerobic Filter</i> | 5. Filtrasi |
| 3. Bak Aerasi | 6. Desinfeksi |

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 150	1

Rumah Sakit



Sungai

Layout Alternatif IPAL I



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

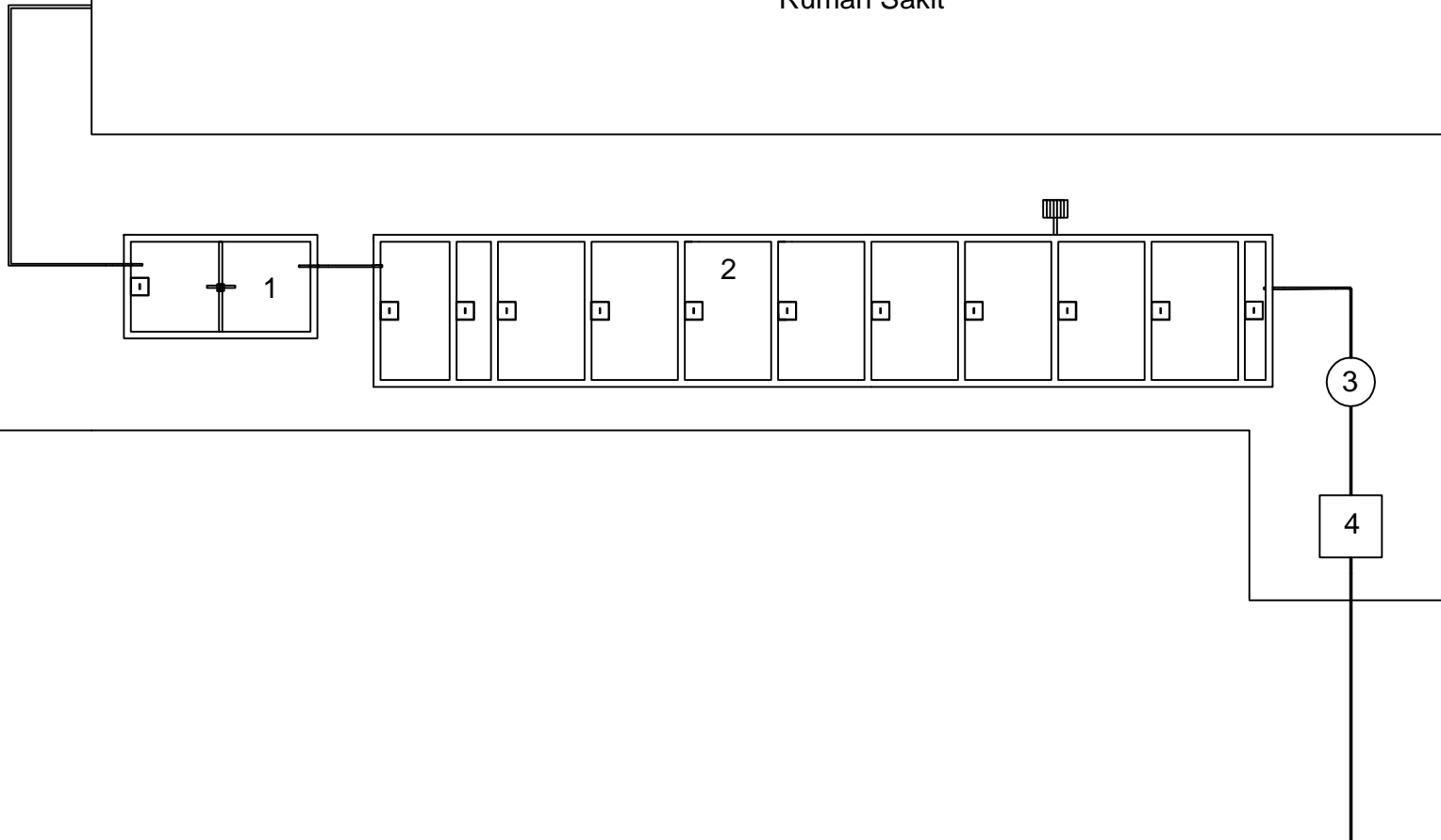
Layout IPAL II

Legenda

1. Bak Ekualisasi
2. Sistem Kombinasi
Biofilter Anaerobik - Aerobik
3. Filtrasi
4. Desinfeksi

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 200	2

Rumah Sakit



Sungai

Layout Alternatif IPAL II



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

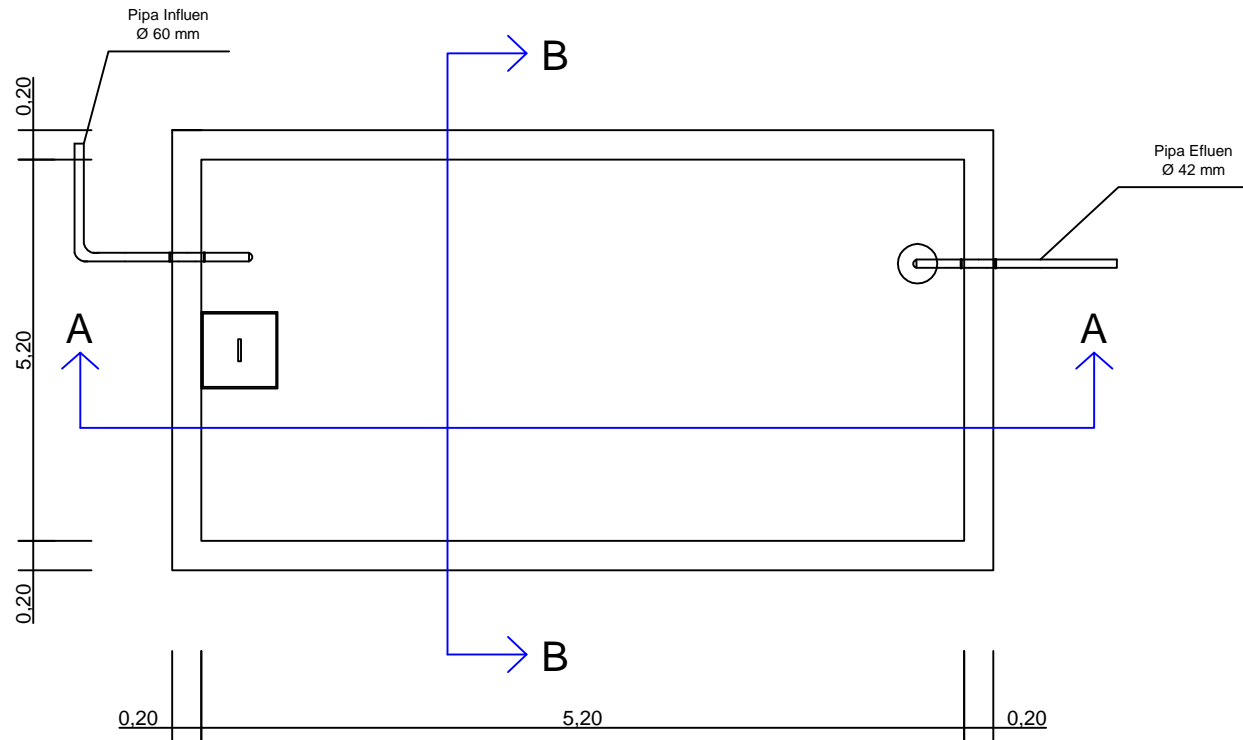
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

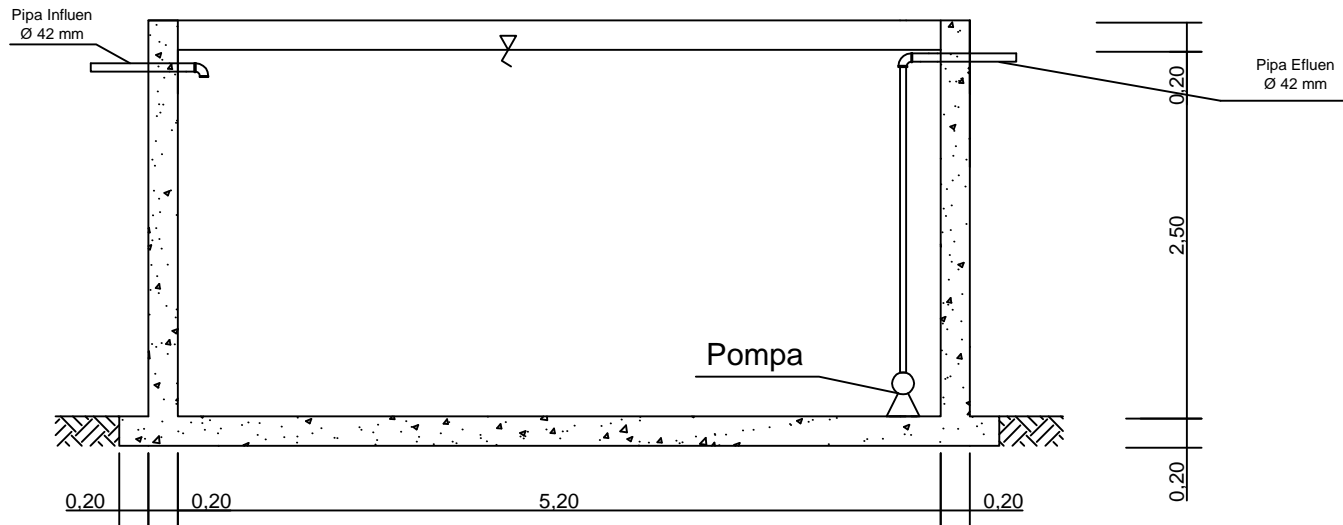
Denah Bak Ekualisasi

Legenda

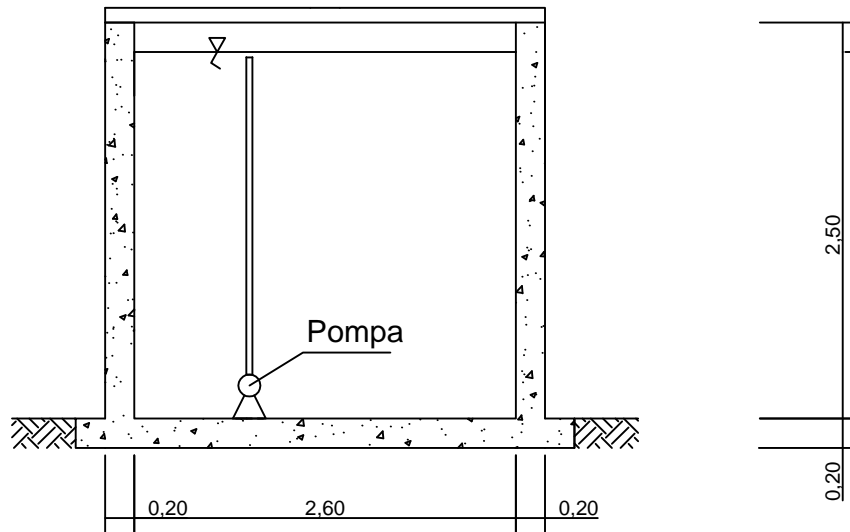
Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	3



Denah Bak Ekualisasi



Potongan A - A Bak Ekualisasi



Potongan B - B Bak Ekualisasi



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Potongan A-A dan B-B Bak
Ekualisasi

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	4



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

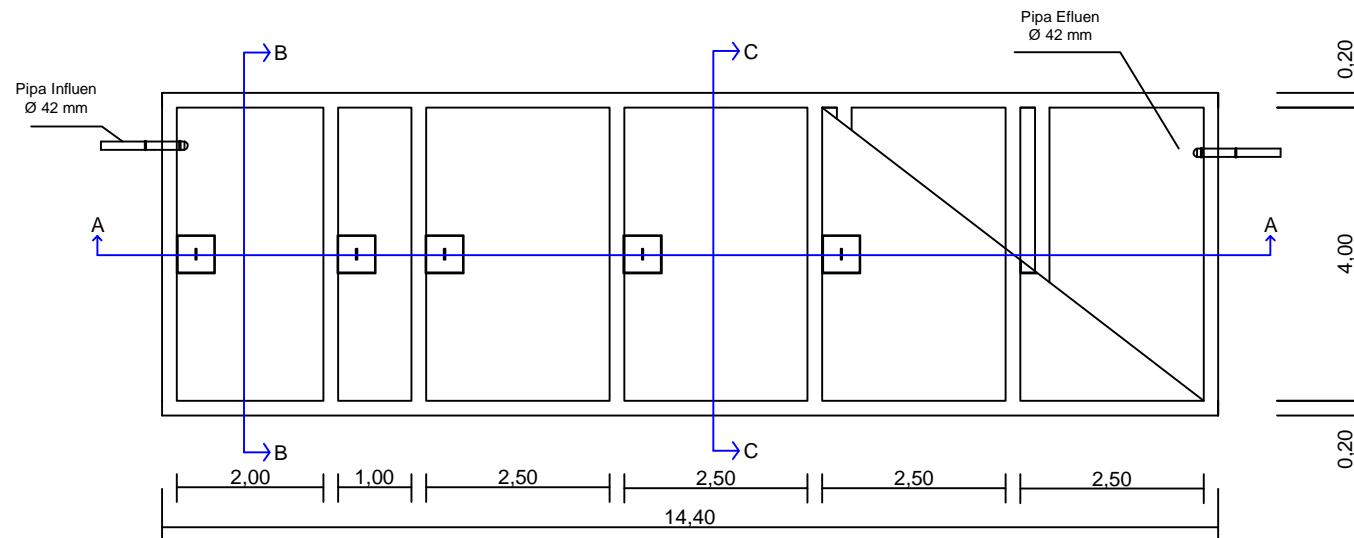
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Denah Anaerobic Filter

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 100	5



Denah Anaerobic Filter



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

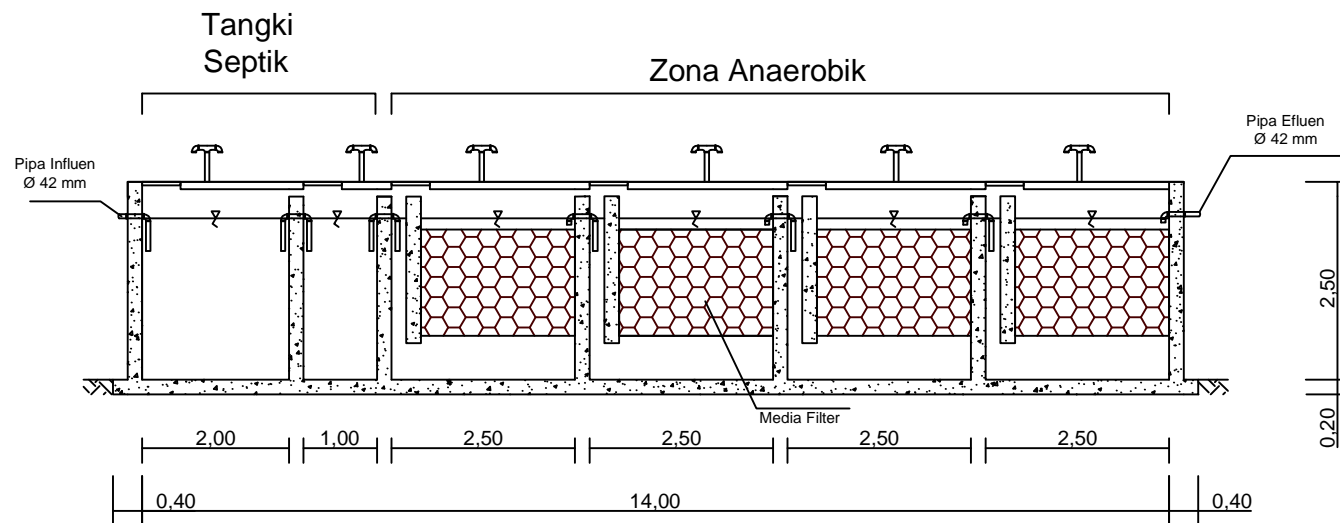
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Potongan A-A *Anaerobic*
Filter

Legenda



Potongan A - A *Anaerobic Filter*

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 100	6



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

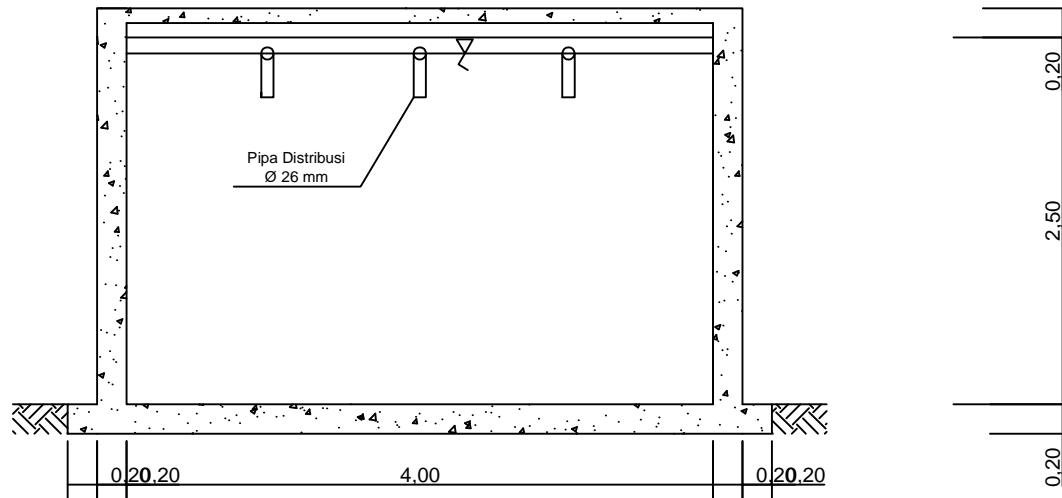
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

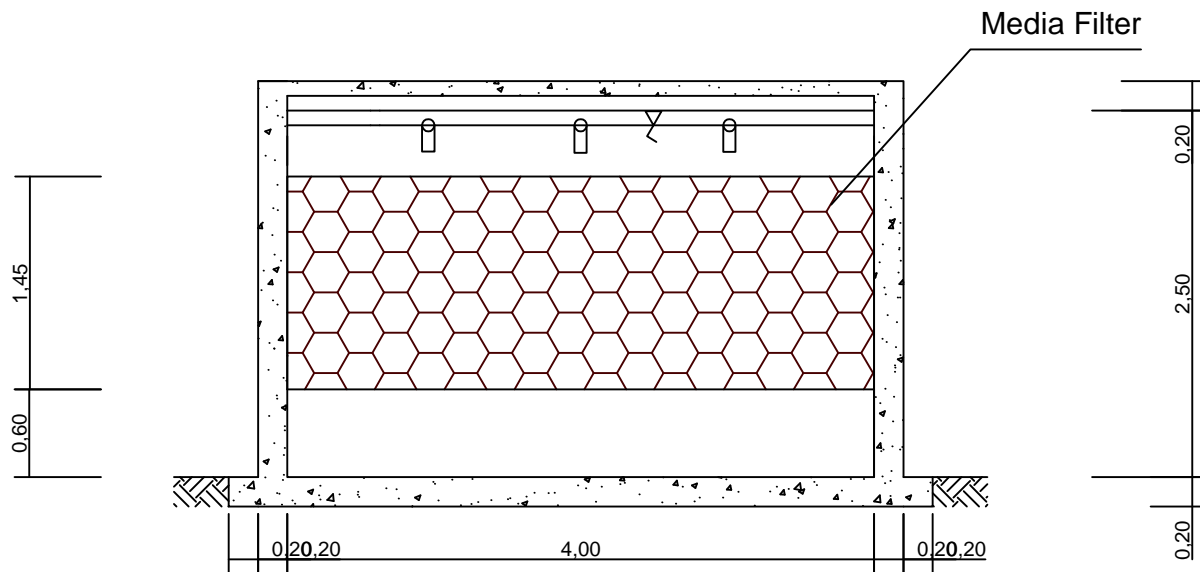
Potongan B-B dan C-C
Anaerobic Filter

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	7



Potongan B - B *Anaerobic Filter*



Potongan C - C *Anaerobic Filter*



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

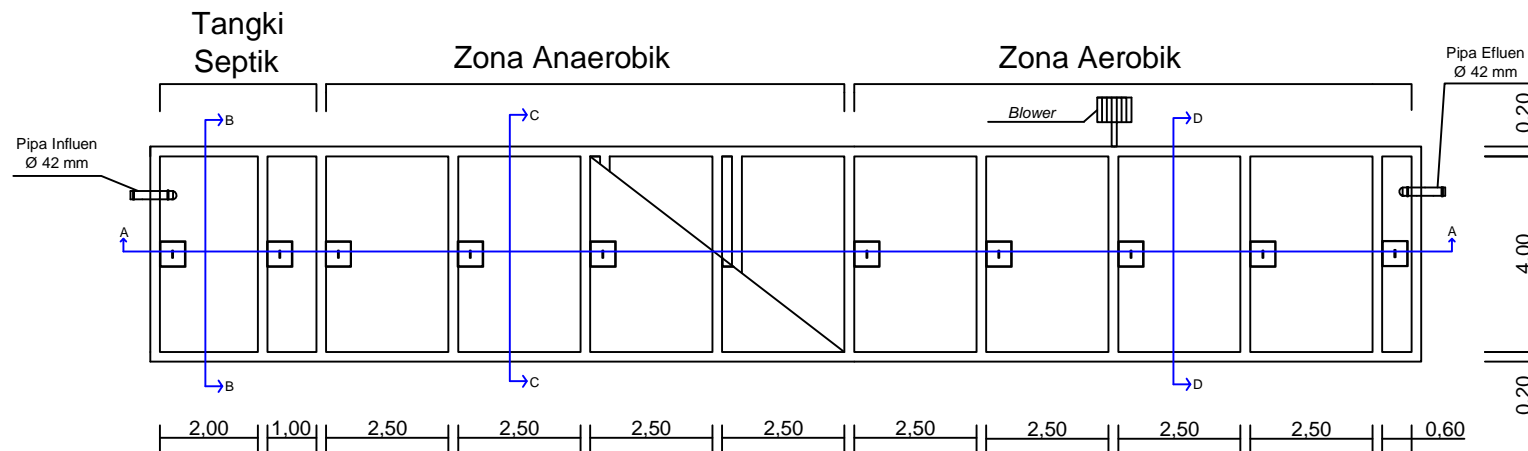
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Denah Sistem Kombinasi
Biofilter Anaerobik - Aerobik
Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 150	8



Denah Sistem Kombinasi Biofilter
Anaerobik dan Aerobik



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syaucy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

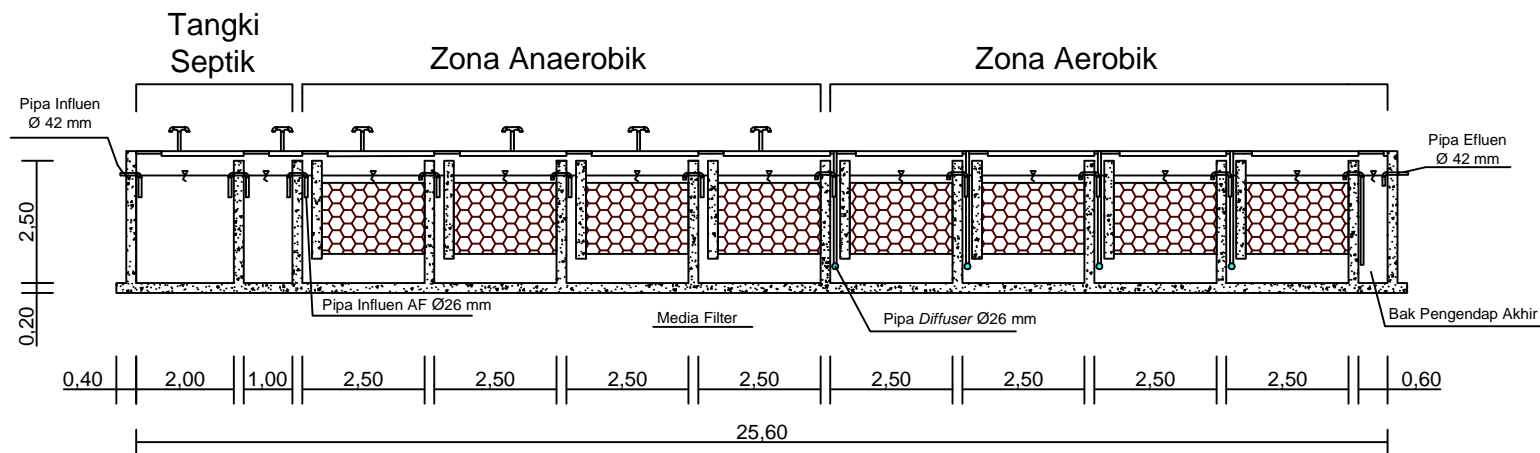
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

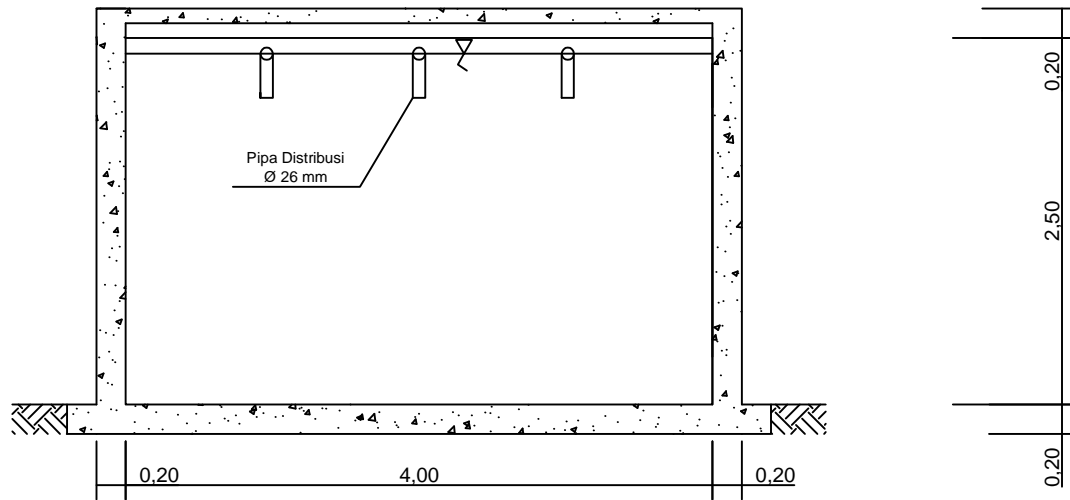
Potongan A-A Sistem
Kombinasi Biofilter

Legenda

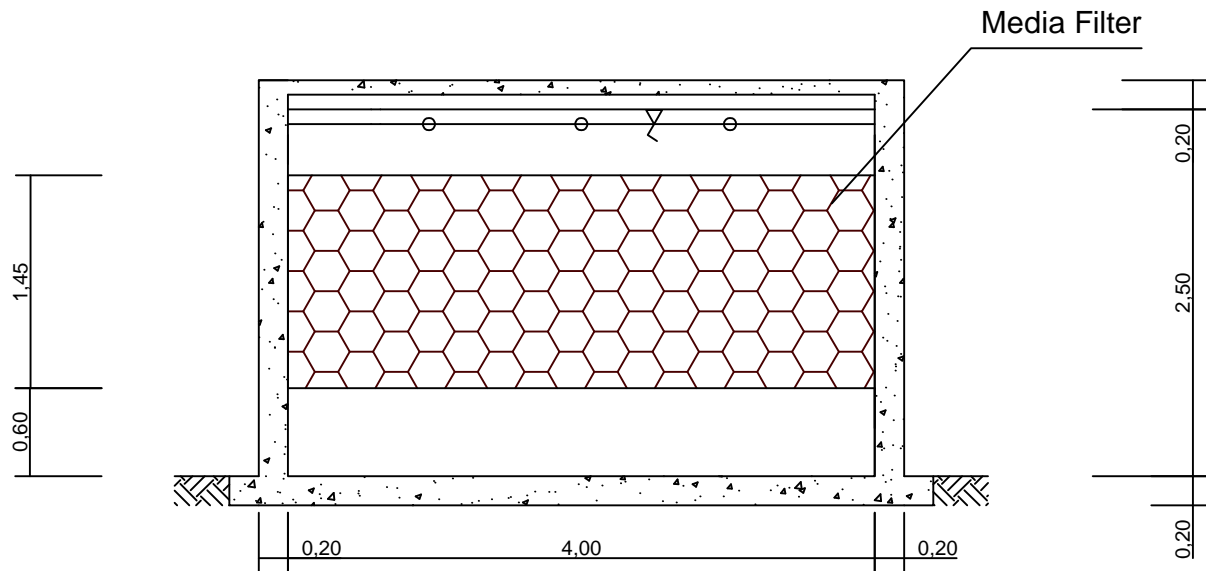
Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 150	9



Potongan A - A Sistem Kombinasi Biofilter
Anaerobik dan Aerobik



Potongan B - B Sistem Kombinasi Biofilter
Anaerobik dan Aerobik



Potongan C - C Sistem Kombinasi Biofilter
Anaerobik dan Aerobik



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Potongan B-B dan C-C
Sistem Kombinasi Biofilter

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	10



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

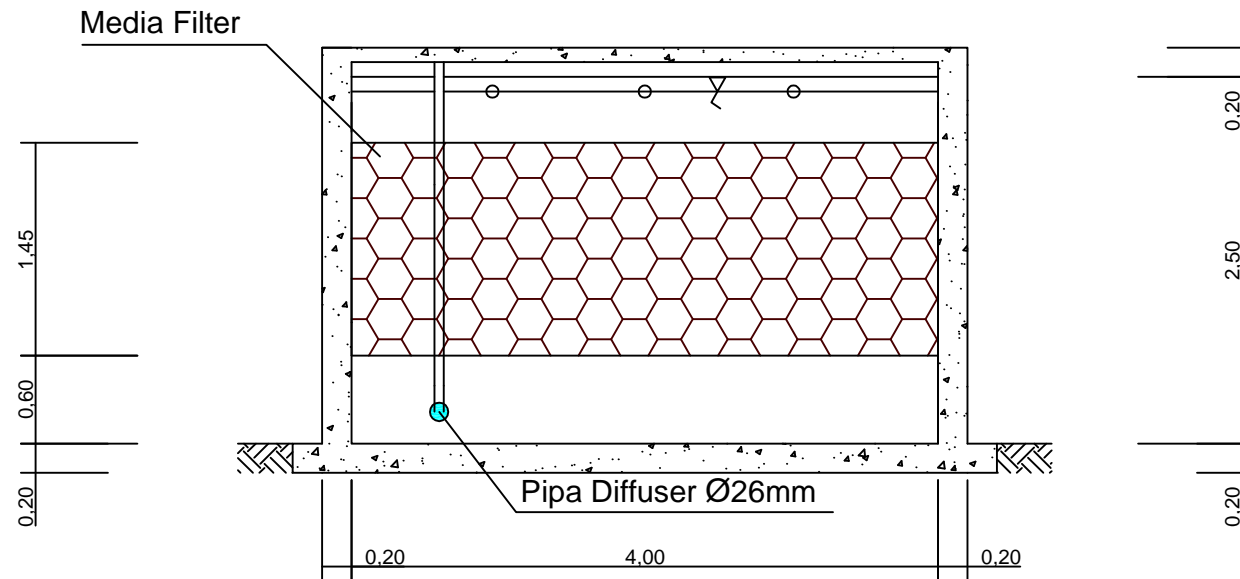
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Potongan D-D Sistem
Kombinasi Biofilter

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	11



Potongan D - D Sistem Kombinasi Biofilter
Anaerobik dan Aerobik



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

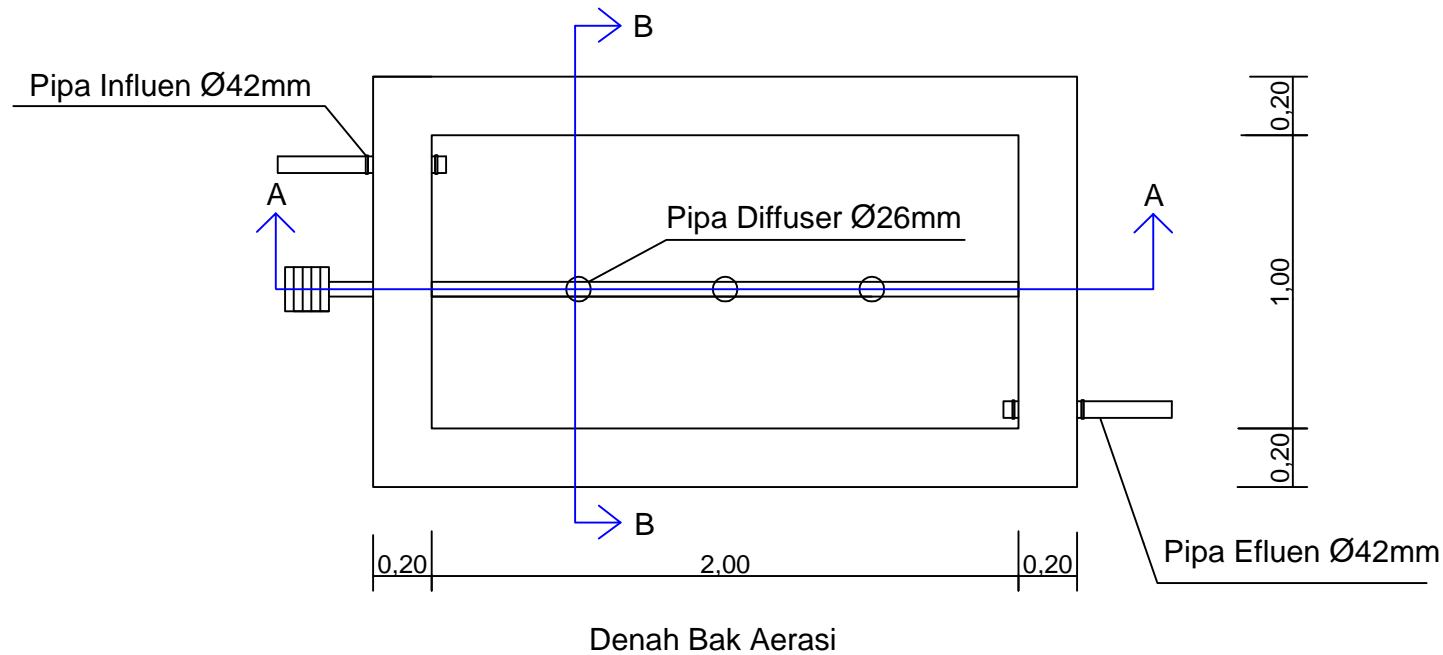
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

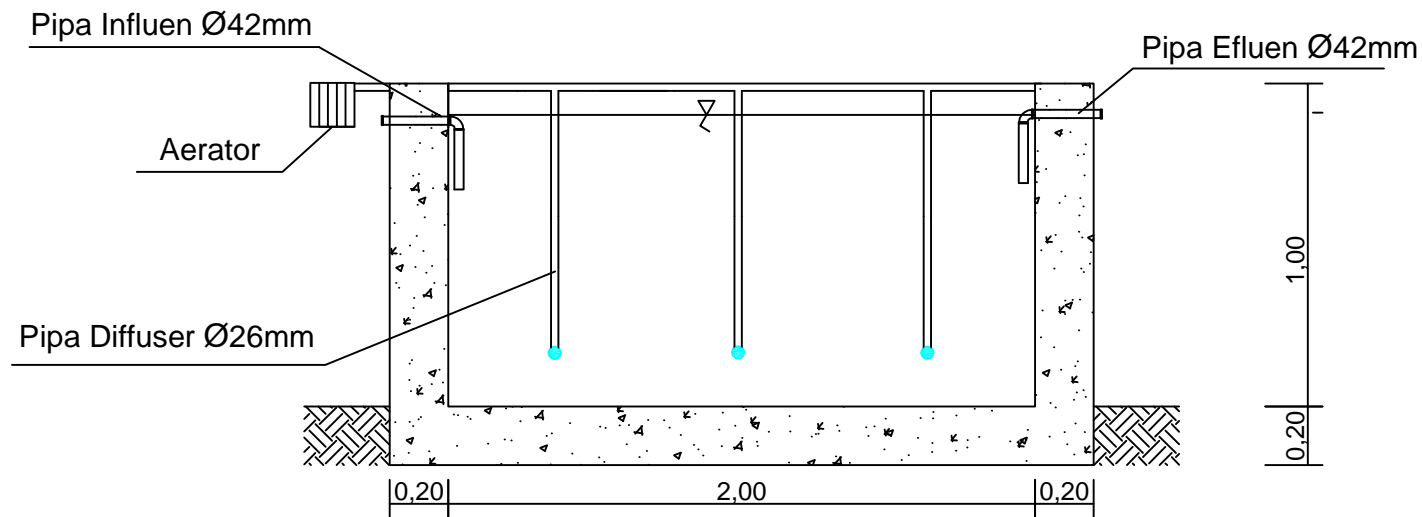
Judul Gambar

Denah Bak Aerasi

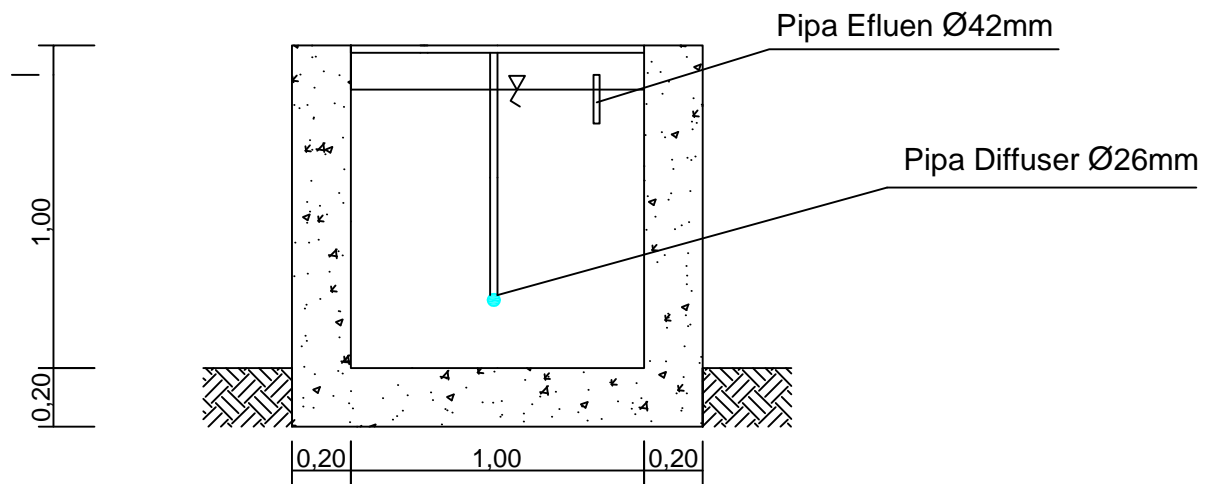
Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 25	12





Potongan A - A Bak Aerasi



Potongan B - B Bak Aerasi



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Potongan A-A dan B-B Bak
Aerasi

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 25	13



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

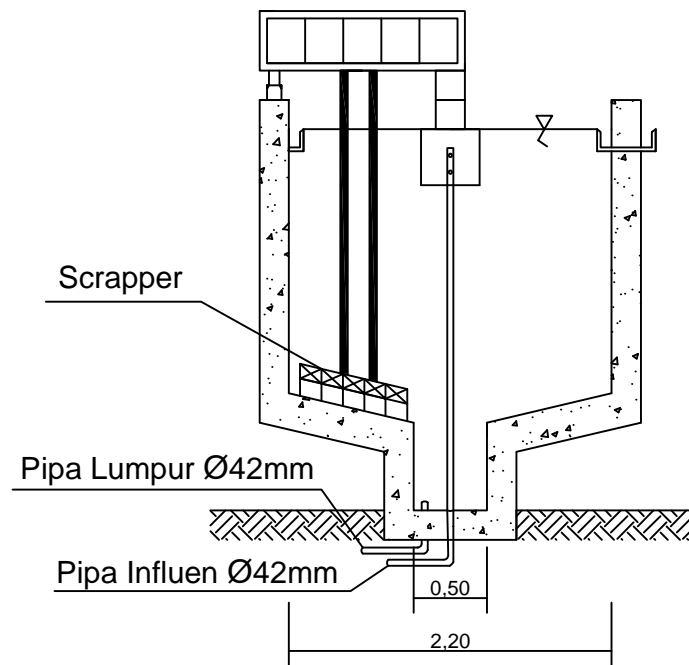
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

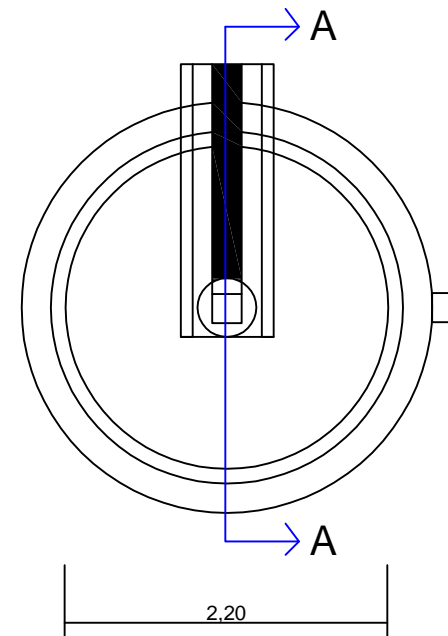
Denah dan Potongan A-A *Clarifier*

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	14



Potongan A - A Clarifier



Denah Clarifier



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

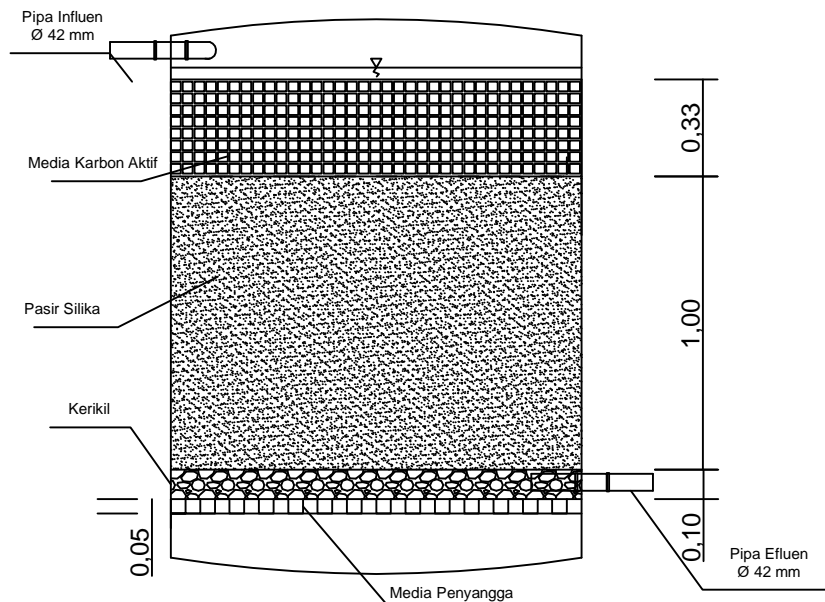
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

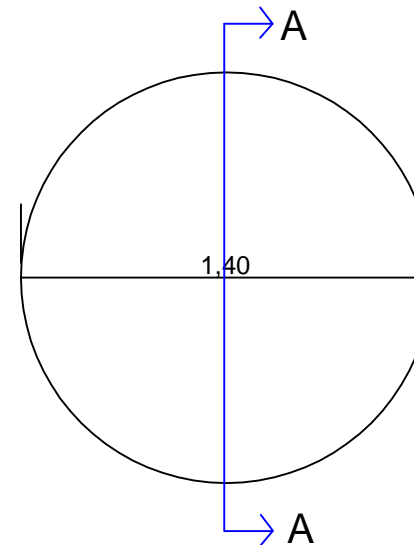
Denah dan Potongan A-A
Filtrasi

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 25	15



Potongan A - A Filtrasi



Denah Filtrasi



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

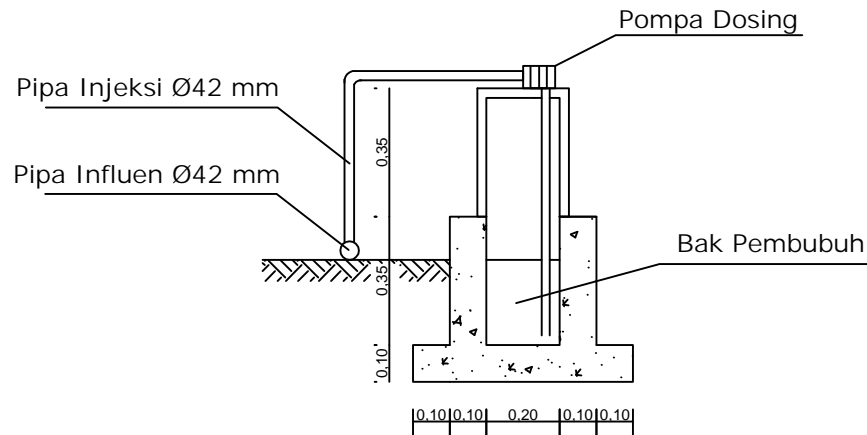
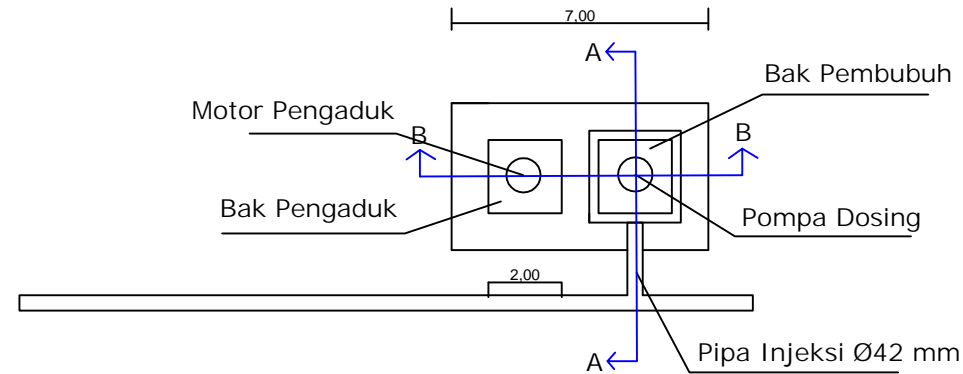
Judul Gambar

Denah dan Potongan
Desinfeksi

Legenda

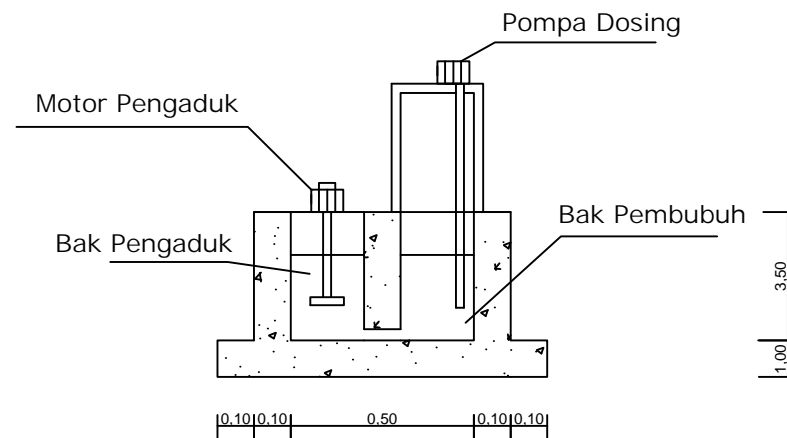
Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 20	16

Denah Desinfeksi



Potongan A-A Desinfeksi

Potongan B-B Desinfeksi





Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

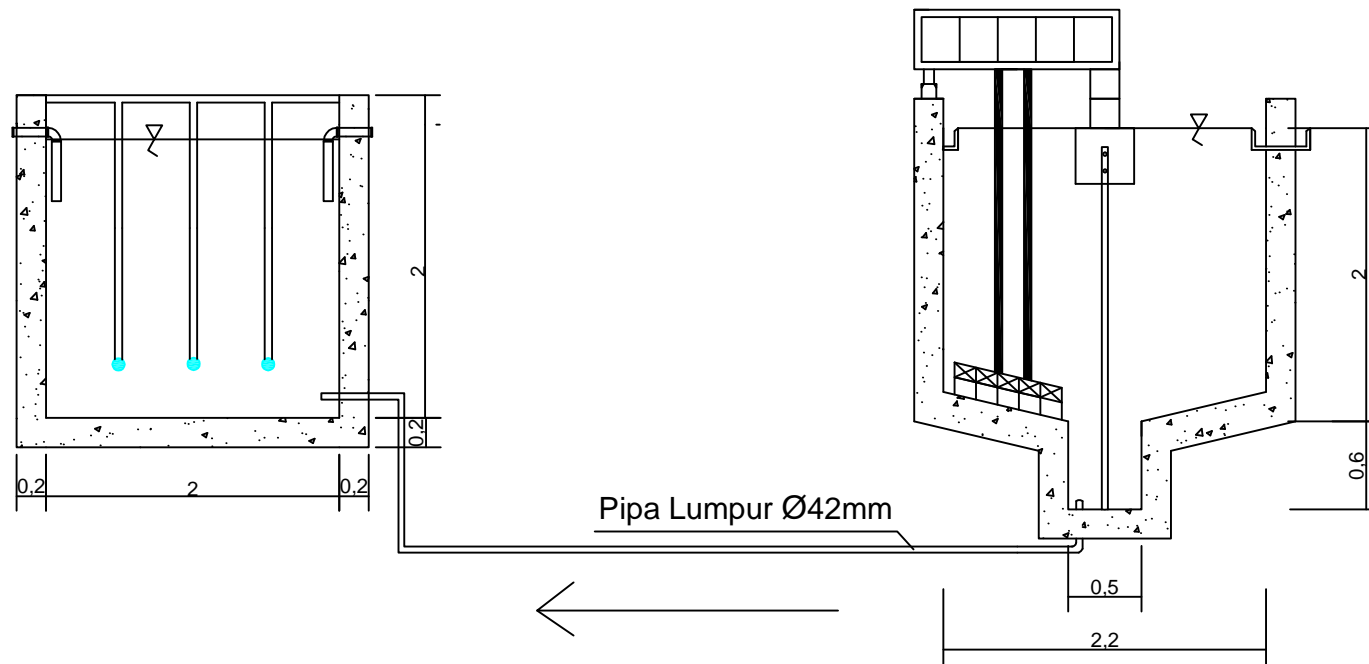
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Skema Resirkulasi Lumpur
IPAL II

Legenda



Bak Aerasi

Clarifier

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 50	17



Judul Tugas Akhir

Perencanaan Instalasi
Pengolahan Air Limbah
Nonmedis Dengan Alternatif
Anaerobic Filter - Bak Aerasi
dan Kombinasi Biofilter
Anaerobik - Aerobik Untuk
Rumah Sakit Kelas C

Departemen

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

Nama dan NRP

Syauqy Ihsan
3313100053

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
M.Sc.
19550128 1985032 2 001

Judul Gambar

Elevasi Wilayah

Legenda

Satuan	Skala	No.
Meter	1 : 150	18

