



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERBANDINGAN *DED IPAL ANAEROBIC FILTER*
DENGAN *UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE*
BLANKET UNTUK TEMPAT PELELANGAN IKAN
(TPI) SEDATI DI KABUPATEN SIDOARJO**

RACHMAT RIDHO PERMATA PUTRA SIREGAR
3312100116

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M

DOSEN CO-PEMBIMBING
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D

Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - RE 141581

Comparison of the DED of a Waste Water Treatment Plant Anaerobic Filter type with an Upflow Anaerobic Sludge Blanket type for The Sedati Fish Auction Facility in Sidoarjo

**RACHMAT RIDHO PERMATA PUTRA SIREGAR
3312100116**

**SUPERVISOR
Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M**

**CO-SUPERVISOR
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D**

**Department Of Environmental Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN DED IPAL ANAEROBIC FILTER DENGAN UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET UNTUK TEMPAT PELELANGAN IKAN (TPI) SEDATI DI KABUPATEN SIDOARJO

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

RACHMAT RIDHO PERMATA PUTRA SIREGAR
NRP. 3312100116

Disetujui oleh:

Pembimbing Tugas Akhir

Co-Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Ir. Moh. Razif, M.M
NIP. 195305021961031004

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D
NIP. 196206161990031004



Perbandingan *DED IPAL Anaerobic Filter* dengan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati di Kabupaten Sidoarjo

Nama : Rachmat Ridho Permata Putra Siregar
NRP : 3312100116
Jurusan : Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.
Dosen Co-Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E, Ph.D.

ABSTRAK

Pengoperasian tempat pelelangan ikan (TPI) di Kabupaten Sidoarjo memberikan dampak positif dan negatif. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan berupa timbunan limbah cair yang apabila tidak ditangani dengan tepat, maka akan mencemari lingkungan di sekitar TPI. Limbah yang dibuang harus memenuhi baku mutu yang diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu *detailed engineering design* (DED) instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang memadai, yang merupakan tujuan tugas akhir (TA) ini. Dalam TA ini, IPAL jenis *Anaerobic Filter* (AF) dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), dibandingkan.

Data primer pada perencanaan ini adalah data pemakaian air bersih dari TPI tiap bulan selama tahun 2015 serta data karakteristik air limbah, meliputi konsentrasi BOD, COD, TSS, dan Total N. Data sekunder meliputi data kualitas dan kuantitas effluent TPI yang diperoleh dari analisis laboratorium. Perhitungan tiap sistem IPAL mengacu pada kriteria desain sebagai dasar pembuatan DED dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) tiap sistem IPAL. Hasil perhitungan tiap unit IPAL akan dibandingkan dari segi efisiensi penyisihan, luas lahan yang dibutuhkan, dan RAB.

Hasil analisis kandungan air limbah adalah sebagai berikut, BOD = 894 mg/L, COD = 1443 mg/L, TSS = 280 mg/L, dan Total N = 423,9 mg/L. Hasil perhitungan desain AF adalah diperlukannya 2 kompartemen, demikian pula dengan sistem UASB. Efisiensi penyisihan BOD pada AF dan UASB berturut-turut adalah 88,95% dan 97,96%. Sedangkan, efisiensi COD berturut-turut adalah 89,68% dan 90,24%. RAB sistem IPAL sebesar Rp 59.609.889,-; Sedangkan sistem UASB sebesar Rp 50.914.605,. Sehingga unit IPAL yang dipilih adalah sistem UASB.

Kata Kunci: Air limbah TPI, desain *anaerobic filter*, desain *upflow anaerobic sludge blanket*, IPAL.

**Comparison of the DED of a Waste Water Treatment Plant
Anaerobic Filter type with an Upflow Anaerobic Sludge
Blanket type for The Sedati Fish Auction Facility in Sidoarjo**

Name : Rachmat Ridho Permata Putra Siregar
ID Number : 3312100116
Department : Environmental Engineering FTSP-ITS
Supervisor : Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.
Co-Supervisor : Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E, Ph.D.

ABSTRACT

The operation of the fish auction facility (FAC) in Sidoarjo gives positive and negative impacts. One of the negative impacts is the production of waste water that may pollute the environment around the facility if it is not cared properly. The disposed wastewater to the environment must meet the quality standards stated in the East Java Governor Regulation no. 72 Year 2013 regarding to Wastewater Quality Standard for Industrial and / or Other Activities. Therefore, a detailed engineering design of a wastewater treatment plant is needed, which is the topic of this final assignment. In this final assignment, an Anaerobic Filter (AF) type and an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Wastewater Treatment Plant (WWTP) are compared.

The primary data is water consumption of the FAC each month during 2015 and the characteristics of the wastewater comprises of the concentration of BOD, COD, TSS, and Total N. The secondary data, such as data quality and quantity of effluent TPI obtained from laboratory analysis. The calculation of each unit of WWTP refers to the design criteria and building cost. The design of each type of the WWTP will be compared in terms of removal efficiency, land area required, and the building cost.

The chemical contents of the wastewater are BOD of 894 mg/L, COD 1443 mg/L, TSS 280 mg/LI, and Total N 423.9 mg/L. The results of the design of the WWTP is AF with 2 compartments as well as with the system of UASB. The BOD removal efficiency in AF and UASB are 88.95% and 97.96%, respectively. Meanwhile, the efficiency of COD removal are 89.68% and 90.24%, respectively. The building costs for the AF and UASB are IDR 59,609,889,00 and IDR 50,914,605,00; respectively. Therefore, UASB is selected for WWTP of FAC Sedati.

Keywords: *Waste water from fish auction facility, anaerobic filter design, upflow anaerobic sludge blanket design, waste water treatment plant.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1	1
Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB 2	7
Tinjauan Pustaka	7
2.1 Gambaran Umum Tempat Pelelangan Ikan Sedati	7
2.2 Limbah Tempat Pelelangan Ikan	8
2.2.1 Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah	8
2.3 Unit Pengolahan Limbah yang akan Didesain	13
2.3.1 Bak Ekualisasi	13
2.3.2 Bak Pengendap	15
2.3.3 Anaerobic Filter	17
2.3.4 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)	20
BAB 3	25
Metodologi Penelitian	25
3.1 Umum	25

3.2	Tahapan Perencanaan	25
3.2.1	Judul Tugas Akhir	28
3.2.2	Tinjauan Pusataka	28
3.2.3	Pengumpulan Data Primer dan Sekunder.....	29
3.2.4	Pengolahan Data.....	29
3.2.5	Hasil dan Pembahasan	46
3.2.6	Kesimpulan dan Saran	46
BAB 4	.....	47
Hasil dan Pembahasan	.....	47
4.1	Gambaran Umum Perencanaan	47
4.2	Perhitungan Debit dan Kualitas Air Limbah	48
4.2.1	Perhitungan Debit Air Limbah	48
4.2.2	Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah	50
4.3	Desain Unit IPAL	51
4.3.1	Bak Ekualisasi.....	53
4.3.2	Anaerobic Filter	64
4.3.3	Upflow Anaerobic Sludge Blanket.....	100
BAB 5	.....	137
Perbandingan IPAL Anaerobic Filter dan UASB	.....	137
5.1	Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Unit IPAL 137	
5.2	Operasi dan Perawatan IPAL Terpilih	143
BAB 6	.....	145
Kesimpulan dan Saran	.....	145
6.1	Kesimpulan	145
6.2	Saran.....	146
DAFTAR PUSTAKA	.....	147

LAMPIRAN A	151
LAMPIRAN B	153
LAMPIRAN C	155
LAMPIRAN D	157
BIOGRAFI PENULIS	161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Denah Lokasi Tempat Pelelangan Ikan Sedati ...	7
Gambar 2.2 Contoh Bak Ekualisasi	13
Gambar 2.3 Grafik Kualitas Air Limbah pada Bak Ekualisasi.....	14
Gambar 2.4 Anaerobic Filter yang Terintegrasi dengan Tangki Septik	19
Gambar 2.5 Reaktor UASB	22
Gambar 3.1 Tahapan Perencanaan.....	26
Gambar 3.2 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi	31
Gambar 3.3 Grafik COD Removal pada Tangki Septik.....	34
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD	35
Gambar 3.5 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan luas permukaan pada Anaerobic Filter ...	37
Gambar 4.1 Kondisi tempat pelelangan ikan Sedati	45
Gambar 4.2 Debit air bersih TPI Sedati	46
Gambar 4.3 Fluktuasi debit air bersih tiap jam.....	54
Gambar 4.4 Fluktuasi debit air limbah tiap jam.....	56
Gambar 4.5 Penentuan volume bak ekualisasi.....	58
Gambar 4.6 Grafik COD removal pada tangki septik.....	63
Gambar 4.7 Grafik hubungan efisiensi removal	

	BOD dan COD	64
Gambar 4.8	Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan temperatur pada Anaerobic Filter.....	65
Gambar 4.9	Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan kualitas air limbah pada Anaerobic Filter.....	66
Gambar 4.10	Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan luas permukaan pada Anaerobic Filter.....	67
Gambar 4.11	Grafik hubungan efisiensi removal COD dengan nilai hydraulic retention time pada Anaerobic Filter.....	68
Gambar 4.12	Skema mass balance IPAL anaerobic filter	78
Gambar 4.13	Denah Bak Ekualisasi	81
Gambar 4.14	Potongan A-A Bak Ekualisasi.....	82
Gambar 4.15	Potongan B-B Bak Ekualisasi.....	83
Gambar 4.16	Denah Anearobic Filter.....	84
Gambar 4.17	Potongan A-A Anaerobic Filter.....	85
Gambar 4.18	Potongan B-B Anaerobic Filter.....	86
Gambar 4.19	Potongan C-C Anaerobic Filter	87
Gambar 4.20	Profil Hidrolis Sistem Anaerobic Filter	88
Gambar 4.19	Grafik COD removal padabtangki septik.....	94
Gambar 4.20	Grafik hubungan efisiensi removal BOD dan COD	94

Gambar 4.21 Skema mass balance IPAL UASB	104
Gambar 4.22 Denah UASB	119
Gambar 4.23 Potongan A-A UASB	120
Gambar 4.24 Potongan B-B UASB	121
Gambar 4.25 Profil Hidrolis UASB	122
Gambar 4.26 Tampak Atas Bak Pengendap	123
Gambar 4.27 Potongan A-A Bak Pengendap	124
Gambar 4.28 Potongan B-B Bak Pengendap	125
Gambar 5.1 Diagram perbandingan luas lahan IPAL AF dan UASB	138
Gambar 5.3 Diagram perbandingan efisiensi penyisihan BOD IPAL AF dan UASB	139
Gambar 5.4 Diagram perbandingan efisiensi penyisihan COD IPAL AF dan UASB	140
Gambar 5.5 Diagram perbandingan RAB konstruksi IPAL AF dan UASB	141

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan	
Hasil Perikanan	13
Tabel 2.2 Perbandingan Tipe Media	18
Tabel 3.1 Contoh Perhitungan BOD Mass Loading	
pada Bak ekualisasi	35
Tabel 4.1 Perhitungan Debit Air Limbah	40
Tabel 4.2 Data Rata-Rata Kualitas Air Limbah Tempat	
Pelelangan Ikan Sedati	43
Tabel 4.3 Kebutuhan Efisiensi Penyisihan	46
Tabel 4.4 Debit Pemakaian Air Bersih tiap Jam.....	58
Tabel 4.5 Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam.....	70
Tabel 4.6 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi	77
Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria Desain dengan	
Perencanaan 2x Debit dan 1/2x Debit	82
Tabel 4.8 HSPK Unit IPAL Anaerobic Filter	89
Tabel 4.9 BOQ dan RAB Unit	
IPAL Anaerobic Filter	95
Tabel 4.10 HSPK Unit IPAL UASB.....	102
Tabel 4.11 BOQ dan RAB Unit IPAL UASB	105
Tabel 5.1 Perbandingan Luas Lahan	110
Tabel 5.2 Perbandingan Efisiensi Penyisihan	115
Tabel 5.3 Perbandingan Rencana Anggaran Biaya.....	120
Tabel 5.4 Ringkasan Perbandingan IPAL	
Unit AF dan UASB.....	136

BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati didirikan sejak tahun 2009, didirikan dan diselenggarakan oleh Koperasi Perikanan terutama di Pulau Jawa, dengan tujuan untuk melindungi nelayan dari permainan harga yang dilakukan oleh tengkulak/pengijon, membantu nelayan mendapatkan harga yang layak dan juga membantu nelayan dalam mengembangkan usahanya. Rendahnya tingkat pemahaman IPAL dan sistem manajemen limbah menyebabkan sulitnya untuk mengelola limbah yang ada, sehingga hampir semua limbah yang dihasilkan di wilayah ini langsung dibuang ke saluran saluran pembuangan air dan langsung menuju ke sungai dan mencemari badan air tersebut. Jika kondisi ini tidak segera diwaspadai, dan permasalahan lingkungan tidak dikontrol secara ketat, maka berbagai dampak negatif akibat kegiatan ini akan semakin besar dan kompleks.

Menurut River dkk., (1998) jumlah debit air limbah pada efluen umumnya berasal dari proses pengolahan dan pencucian. Setiap operasi pengolahan ikan akan menghasilkan cairan dari pemotongan, pencucian, dan pengolahan produk. Cairan ini mengandung darah dan potongan-potongan kecil ikan dan kulit, isi perut, kondensat dari operasi pemasakan, dan air pendinginan dari kondensor. Selanjutnya River dkk., (1998) menyatakan bahwa bagian terbesar kontribusi beban organik pada limbah perikanan berasal dari industri pengalengan dengan beban COD 37,56

kg/m³, disusul oleh industri pengolahan fillet ikan salmon yang menghasilkan beban limbah 1,46 kg COD/m³. Dalam beban cemaran organik yang tinggi terkandung senyawa nitrogen yang tinggi yang merupakan protein larut air setelah mengalami leaching selama pencucian, defrost dan proses pemasakan (Battistoni dkk., 1992; Mendez dkk., 1992; Veranita, 2001).

Berdasarkan permasalahan yang ada di TPI Sedati, perlu dilakukan pemeriksaan effluent air limbah pelepasan ikan terhadap badan air sekitar TPI. Dari pemeriksaan ini, maka dapat dilakukan perencanaan untuk membuat teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Teknologi IPAL yang akan dilakukan pada limbah perikanan adalah berupa proses pemisahan secara mekanik dan pengendapan dalam microscreen baik yang tetap maupun berputar (Bergheim dkk., 1993).

Utamanya karakteristik limbah cair TPI berupa air limbah yang mengandung lendir dan darah ikan yang keluar dari bakul atau keranjang setelah penyiraman ikan dengan air, serta air limbah hasil pembersihan lantai di TPI. Air limbah tersebut mempunyai nilai BOD serta COD yang tinggi dikarenakan banyaknya zat organik yang terkandung pada limbah cair dari TPI Sedati. Oleh sebab itu, IPAL yang sesuai adalah melalui proses biologis berupa anaerobik proses.

Diharapkan dengan adanya perencanaan ini, permasalahan air limbah di TPI dapat diperbaiki sehingga tidak merugikan berbagai pihak, khususnya masyarakat yang tinggal di daerah sekitar TPI Sedati.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kandungan effluent limbah cair pada Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati?
2. Bagaimana mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Anaerobic Filter* untuk TPI Sedati?
3. Bagaimana mendesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk TPI Sedati?
4. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk masing-masing desain IPAL?
5. Bagaimana memilih unit IPAL yang sesuai dengan kondisi TPI Sedati diantara kedua IPAL?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa kandungan effluent pada Tempat Pelelangan Ikan (TPI)
2. Memperoleh desain rinci Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Anaerobic Filter* untuk TPI
3. Memperoleh desain rinci Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk TPI
4. Memperoleh Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan untuk masing-masing IPAL dan SOP IPAL terpilih.
5. Membandingkan kedua unit IPAL dengan luas lahan, efisiensi penyisihan BOD dan COD, serta Rencana

Anggaran Biaya (RAB) agar didapat unit IPAL yang sesuai dengan kondisi TPI Sedati.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Membantu memecahkan permasalahan lingkungan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati
2. Memberikan alternatif desain IPAL bagi pengelola Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati
3. Memberikan saran berkaitan dengan teknologi pengolahan yang tepat di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati
4. Memberikan alternatif desain IPAL yang dapat dijadikan pertimbangan bagi konsultan dan perancang IPAL dalam merencanakan IPAL untuk TPI yang baru.
5. Mendapatkan unit IPAL yang sesuai dengan kondisi TPI Sedati.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Lokasi sampling dilakukan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati Kabupaten Sidoarjo
2. Objek penelitian adalah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati yang meliputi saluran pembuangan air limbah dan sungai di daerah sekitar lokasi
3. Data sekunder meliputi data kualitas dan kuantitas effluent air limbah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) yang diperoleh dari pihak pengelola TPI
4. Data primer meliputi BOD, COD, TSS, dan Total N dari analisis laboratorium

5. Baku mutu effluent mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.52 Tahun 2015 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya
6. Desain IPAL dengan 2 alternatif, yaitu *Anaerobic Filter* dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* dengan pertimbangan tidak banyak memerlukan energi untuk proses aerasi
7. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) disesuaikan dengan SNI-DT-2007 series dan Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya 2015
8. Operation and Maintenance (O&M) yang dilakukan untuk desain IPAL terpilih.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Gambaran Umum Tempat Pelelangan Ikan Sedati

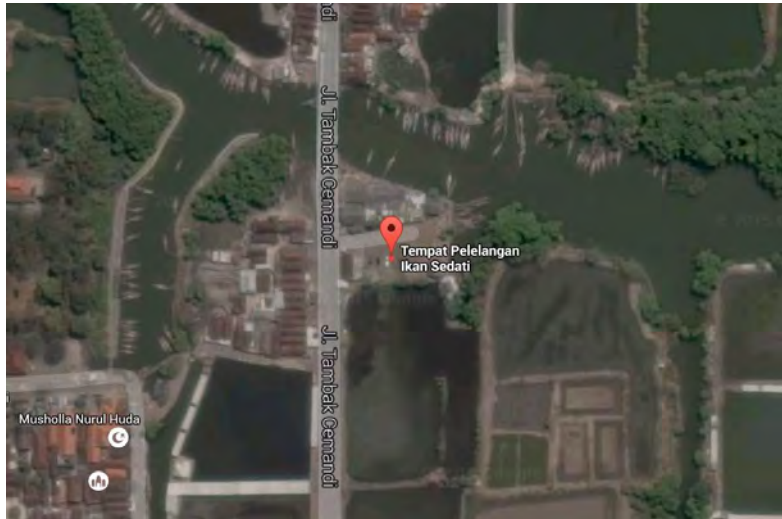
Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati terletak di Desa Gisik Cemandi Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Desa Gisik Cemandi bersebelahan dengan Desa Banjar Kemuning dan Gisik Kidul. Batas-batas administrasi dari TPI Sedati ini adalah:

- Sebelah Utara : Kecamatan Waru
- Sebelah Selatan : Kecamatan Porong
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Barat : Kecamatan Krian

Kecamatan Sedati merupakan salah satu daerah agropolitan perikanan yang berada di kawasan pesisir Kabupaten Sidoarjo telah direncanakan sebagai kawasan strategis pesisir berdasarkan RTRW Kota Sidoarjo Tahun 2009-2029.

Kawasan perikanan di Kecamatan Sedati memiliki luas sebesar 1919,13 Ha yang berbatasan langsung dengan badan air berupa sungai yang langsung mengalir ke laut. Berbagai macam kegiatan yang dilakukan pada TPI Sedati ini, seperti tawar menawar antara penjual ikan dan pembeli, membersihkan sisik ikan, dan mencuci ikan agar tetap segar. Kondisi eksisting dari tempat pelelangan ikan Sedati tidak memiliki bangunan pengolahan air limbah, sehingga effluent air limbah langsung

dibuang ke badan air sungai. Denah lokasi TPI Sedati dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Denah Lokasi Tempat Pelelangan Ikan Sedati

(Sumber : Google Maps)

2.2 Limbah Tempat Pelelangan Ikan

2.2.1 Karakteristik dan Baku Mutu Air Limbah

Berdasarkan sifatnya limbah cair dari kegiatan di pasar ikan mengandung bahan organik dan protein dengan konsentrasi tinggi. Pengolahan yang tepat untuk menurunkan kandungan organik dalam limbah pasar ikan dapat dilakukan secara anaerobik. Jumlah debit air limbah pada effluent umumnya berasal dari proses pengolahan dan pencucian. Sedangkan kualitas limbah yang dihasilkan dari proses pencucian ikan tergantung dari

jenis ikan yang dicuci. Jika ikan yang diperoleh berasal dari laut, maka air pencucinya akan mengandung salinitas. Setiap operasional pengolahan ikan dari pencucian ikan akan menghasilkan cairan yang mengandung darah, potongan kecil ikan, kulit, isi perut, dan lemak. Kandungan terbesar dari limbah cair perikanan adalah COD dengan beban organik 37,56 kg COD/m³ – 1,46 kg COD/m³ (River dkk., 1998). Kandungan beban pencemaran organik limbah cair perikanan terdapat senyawa nitrogen yang tinggi dimana merupakan protein larut air setelah mengalami leaching selama pencucian, defrost, dan proses pemasakan (Battistoni dkk., 1992; Mendez dkk., 1992; Veranita, 2001).

Limbah cair pencucian ikan dihasilkan dengan debit yang tidak tetap setiap harinya, kadar yang dikandungnya juga fluktuatif. Pada waktu tertentu dalam jumlah yang banyak tetapi encer, terutama mengandung banyak protein dan organik. Pada waktu lainnya dihasilkan dalam kadar yang pekat mengandung protein dan lemak (Hesti, 2013).

Parameter-parameter yang perlu diperlukan dalam karakteristik air limbah, termasuk parameter fisik dan kimiawi meliputi BOD, COD, Total N, dan TSS. Parameter kualitas air tersebut akan dianalisa menggunakan alat yang sesuai dengan pengujian masing-masing parameter.

a. COD (Chemical Oxygen Demand)

Menurut (Boyd, 1990 dalam Agustira, 2013) COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk

mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air, hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat sehingga segala macam bahan organik baik yang mudah diurai maupun yang kompleks dan sulit diurai akan teroksidasi. Nilai COD selalu lebih besar dari BOD, COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

b. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagai zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Kandungan BOD dalam air ditentukan berdasarkan selisih oksigen terlarut sebelum dan sesudah pengeringan selama 5 x 24 jam pada suhu 20°C. BOD digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran dalam suatu perairan. Bila nilai BOD suatu perairan tinggi menunjukkan bahwa perairan tersebut sudah tercemar. (Haryadi, 2004 dalam Agustira,2013).

c. TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS (Total Suspended Solids) Zat padat tersuspensi adalah zat padat yang dapat menimbulkan berkurangnya oksigen dalam air. Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen- komponen air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan perairan berbanding terbalik (Gazali dkk.,2013).

d. Total N

Menurut Loosdrech dan Jetten (1998) akhir-akhir ini penyisihan nitrogen dalam proses pengolahan limbah cair menjadi aspek yang sangat penting. Jumlah nitrogen dengan konsentrasi yang tinggi dalam limbah cair dapat memungkinkan terjadi reaksi yang sangat beragam. Banyaknya keragaman ini telah membangkitkan konsep-konsep baru tentang proses-proses oksidasi ammonium dan reduksi nitrat/nitrit yang telah berlangsung sejak lama (Winogradsky, 1890 dan Breal, 1892 *dalam* Loosdrech dan Jetten, 1998).

Secara konvensional proses nitrifikasi adalah aktivitas mikroorganisme autotrof atau mixotrof. Proses ini terjadi melalui oksidasi ammonium menjadi nitrit dan

selanjutnya menjadi nitrat. Telah diketahui banyak jenis mikroba nitrifikasi yang berperan didalamnya, tetapi tidak satupun yang dapat merubah langsung ammonium menjadi nitrat. Proses oksidasi ammonium menjadi nitrit dilakukan oleh *Nitrosomonas sp*, dan oksidasi nitrit dilakukan oleh *Nitrobacter sp* (Grady dan Lim, 1980; Henze dkk., 1987; Metcalf dan Eddy, 1991; Loosdrecht dan Jetten, 1998).

Baku mutu air limbah untuk hasil perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Hasil Perikanan

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN			
Parameter	Pengalengan Ikan	lebih dari Satu Jenis Kegiatan Pengolahan	industri perikanan dengan IPAL Terpusat
	Kadar Maksimum (mg/L)	Kadar Maksimum (mg/L)	Kadar Maksimum (mg/L)
pH	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
TSS	30	30	30
Sulfida (H ₂ S)	1	1	1
NH ₃ -N (Total)	5	5	5
Khlor bebas	1	1	1
BOD ₅	75	100	100
COD	150	150	150
Minyak & Lemak	6,5	15	10
Volume Air Limbah (M ³ /ton bahan baku ikan)	5		

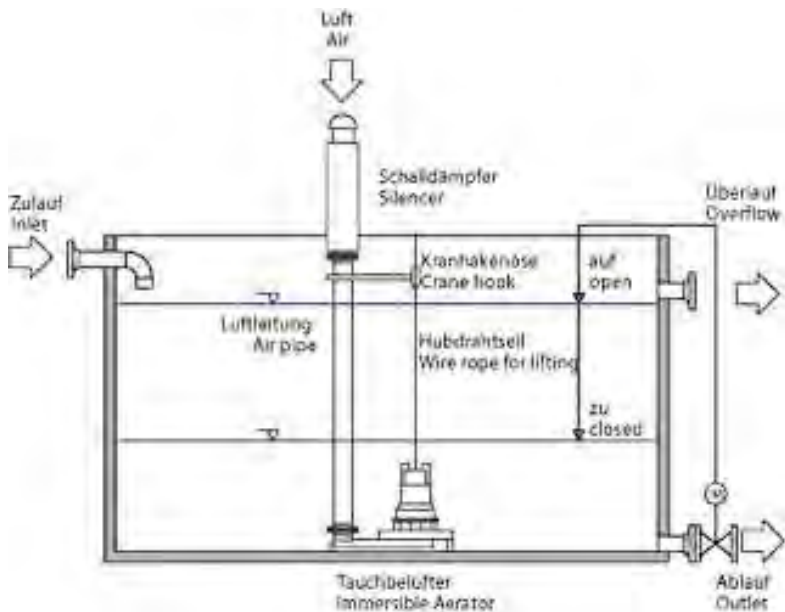
(Sumber : Pergub Jawa Timur no.72 Tahun 2013)

2.3 Unit Pengolahan Limbah yang akan Didesain

2.3.1 Bak Ekualisasi

Menurut Tchobanoglous (2003) bak ekualisasi merupakan suatu bak penampung air limbah agar debit air limbah yang akan diolah menjadi konstan. Hamid (2014) menyebutkan fungsi dari bak ekualisasi ini adalah:

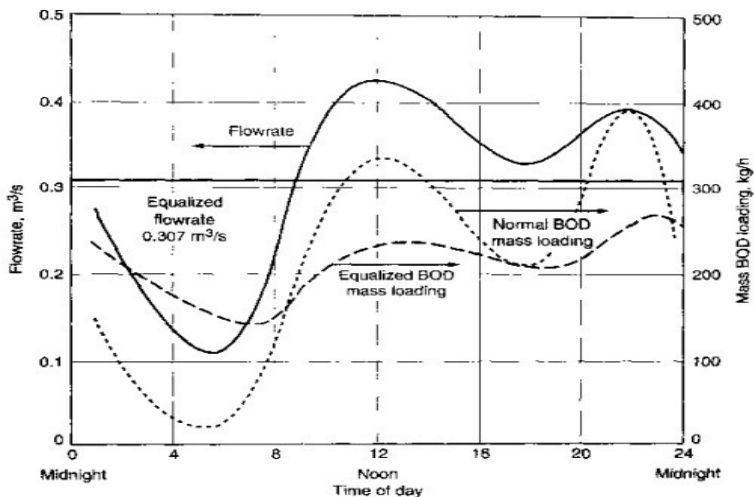
1. Sebagai bak penampung air limbah dari berbagai sumber agar limbah tersebut dapat tercampur dan mendapatkan karakteristik air limbah yang homogen.
2. Mendapatkan debit air limbah yang konstan sebelum diolah pada unit selanjutnya. Karena IPAL beroperasi secara kontinu selama 24 jam dalam sehari, sedangkan pusat perbelanjaan X hanya beroperasi selama 12 jam.
3. Menstabilkan konsentrasi air limbah sebelum masuk ke unit pengolahan sebelumnya.



Gambar 2.2 Contoh Bak Ekualisasi

(Sumber: Tchobanoglous dkk., 2003)

Proses pengadukan diperlukan dalam bak ekualisasi. Hal ini dilakukan agar kualitas effluent dapat tercampur dengan optimal. Proses pengadukan bisa dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan menggunakan aerator atau *paddle mixer* (Tchobanoglous dkk., 2003).



Gambar 2.3 Grafik Kualitas Air Limbah pada Bak Ekualisasi

(Sumber: Tchobanoglous dkk., 2003)

Dari gambar 2.4 terlihat bahwa dengan adanya bak ekualisasi dapat meredam *organic shock loading* yang terjadi ketika debit air limbah minimum atau maksimum.

2.3.2 Bak Pengendap

Menurut Sasse (1998) bak pengendap adalah bangunan pengolah awal (*pre-treatment*) yang berperan sebagai bangunan

pengendap sebelum masuk unit *Anaerobic Filter* maupun *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, tujuannya adalah mengurangi kandungan padatan terlarut maupun tersuspensi sehingga kadar TSS berkurang, sehingga secara teoritis bak pengendap juga memiliki kemampuan efisiensi penyisihan COD sekitar 20-25%.

Prinsip pengolahan dalam bak pengendap adalah pengolahan mekanis dengan pengendapan, serta pengolahan biologis dengan mempertemukan antara air limbah dengan lumpur aktif. Proses pengendapan berjalan optimal apabila aliran air dalam kondisi tenang. Pengolahan secara biologis berjalan efektif apabila air limbah baru bertemu dengan lumpur lama secara cepat dan intensif, terutama apabila aliran air dalam kondisi turbulen (Sasse, 1998).

Dalam kondisi *laminer*, *supernatant* (bagian atas yang terpisah dari lumpur) keluar dari bak pengendap lebih jernih dan tanpa bau, hal ini menunjukkan bahwa proses degradasi belum terjadi. Dalam kondisi aliran turbulen, partikel tersuspensi dan terlarut terdegradasi lebih cepat karena adanya kontak antar air limbah yang baru dengan lumpur aktif. Namun, untuk proses pengendapan, apabila aliran terlalu deras maka partikel tersuspensi akan tercampur kembali dan tidak terendapkan secara optimal sehingga effluent yang dihasilkan kurang maksimal dan masih berbau (Sasse, 1998).

Pada limbah pengolahan perikanan, *scum* terdiri atas material yang ringan daripada air seperti lemak, lendir ikan, plastik, dan material lain. Porsi terbesar dari *scum* ini adalah lumpur yang

terdorong ke atas oleh gas. Oleh sebab itu *scum* harus dibersihkan secara teratur, minimal tiga tahun sekali. *Scum* ini tidak membahayakan proses pengolahan, namun berpengaruh pada volume tangki septik.

2.3.3 Anaerobic Filter

Anaerobic Filter (AF) atau yang sering disebut *fixed bed* atau *fixed film reactor*, mengolah padatan yang tidak dapat diendapkan dan padatan terlarut dengan cara mengontakkannya pada bakteri. Bakteri yang “lapar” akan mencerna bahan organik terlarut dalam waktu yang singkat. Kebanyakan bakteri tidak dapat bergerak. Mereka cenderung melekatkan diri pada media padat, misalnya dinding reactor (Sasse, 1998).

Menurut Metcalf dan Eddy (1991) anaerobic filter adalah pengolahan air limbah terlekat menggunakan biofilm yang bertujuan untuk menyisihkan padatan yang tidak dapat mengendap dan padatan terlarut. Anaerobic filter menggunakan tangki yang memiliki beberapa lapisan media yang terendam yang memiliki luar permukaan untuk melekatkan bakteri. Ketika air limbah mengalir melewati filter-biasanya dari bawah ke atas (up-flow) - air limbah akan kontak dengan biomasa pada filter dan mengalami degradasi anaerobik.

Media filter seperti kerikil, batu, atau plastik memiliki luas permukaan tambahan untuk melekatkan bakteri. Semakin besar luas permukaan media untuk pertumbuhan bakteri semakin cepat proses penguraiannya. Sebuah media filter yang baik memiliki 90-300 m² luas permukaan setiap m³ volume reactor. Permukaan

yang kasar memiliki luas area yang lebih besar, paling tidak pada fase awal. Lama-kelamaan bakteri yang tumbuh akan semakin banyak sehingga luas permukaan pada media filter akan semakin berkurang. Luas permukaan pada media filter tidak lebih penting dibandingkan dengan kemampuannya dalam menahan partikel padat (Sasse, 1998).

Berdasarkan pedoman teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan RI, media yang paling efektif untuk unit anaerobic filter adalah media sarang tawon. Hal ini dapat dilihat dari nilai pembobotan beberapa parameter yang dibandingkan dengan media lainnya. Nilai pembobotan dari beberapa parameter media untuk anaerobic filter terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan Tipe Media

Tipe Media	A	B	C	D	E	F	G
Luas Permukaan Spesifik	5	1	5	5	5	5	5
Volume Rongga	1	1	1	1	4	5	5
Diameter Celah Bebas	1	3	1	1	2	2	5
Ketahanan Terhadap Penyumbatan	1	3	1	1	3	3	5
Materila	5	5	5	5	5	5	5
Harga Per Satuan Luas	5	3	3	5	4	1	4
Kekuatan Mekanik	5	5	1	1	2	2	5
Berta Media	1	1	5	5	4	5	5

Tipe Media	A	B	C	D	E	F	G
Fleksibilitas	2	2	1	3	3	4	4
Perawatan	1	1	1	1	3	3	5
Konsumsi Energi	2	2	1	5	4	5	5
Sifat Dapat Basah	5	5	3	3	3	1	3
Total Bobot	34	32	28	36	42	41	56

(Sumber: Kemenkes RI)

Keterangan:

Bobot : 1 = Terburuk 5 = Terbaik

A: Kerikil kecil

B: Kerikil besar

C: Mash pad

D: Brillo pad

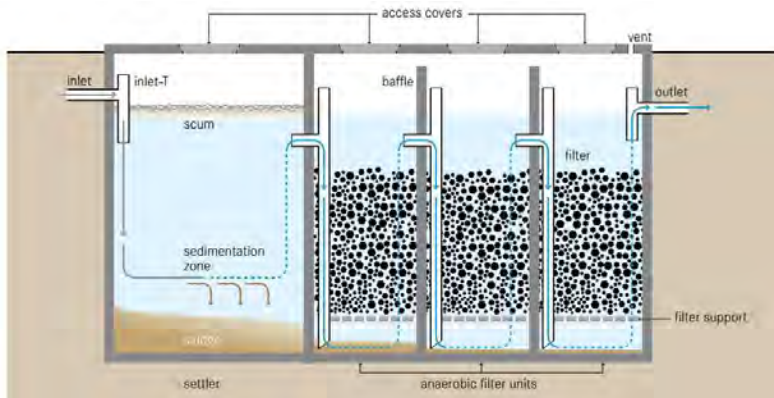
E: Bio Ball

F: Random damped

G: Media terstruktur (sarang tawon)

Kualitas pengolahan jika anaerobik filter berjalan dengan baik adalah berkisar antara 70-90% untuk penyisihan BOD. Anaerobik filter sangat cocok untuk air limbah domestik dan semua industri yang memiliki beban TSS yang rendah. Anaerobik filter bisa dioperasikan secara Up-flow maupun down-flow. Sistem up-flow lebih dianjurkan karena resiko terbuangnya bakteri yang aktif lebih rendah dibandingkan dengan sistem down-flow. Namun kombinasi sistem up-flow dan down-flow juga dapat diaplikasikan. Kriteria desain yang penting adalah distribusi aliran yang stabil

ketika melalui area filter. Ruang kosong sebelum dan sesudah area filter sangat berpengaruh pada aliran yang stabil. Panjang filter tidak boleh melebihi kedalaman air. Batasan beban organik berkisar antara 4 - 5 kg COD/m³.hari. Waktu tinggal hidraulik dibandingkan dengan volume tangki harus berada antara 1,5 - 2 hari (Sasse, 1998).



Gambar 2.4 Anaerobik filter yang Terintegrasi dengan Tangki Septik

(Sumber: Sasse, 1998)

2.3.4 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Air limbah didistribusikan melalui dasar reaktor UASB dan mengalir ke arah atas melewati lapisan lumpur. Bagian terpenting dari desain reaktor UASB adalah sistem distribusi influen, pemisah antara gas dan padatan, dan desain outlet. Ciri kunci dari proses UASB adalah diperbolehkannya penggunaan beban COD yang tinggi dibandingkan dengan proses anaerobik yang lain dan

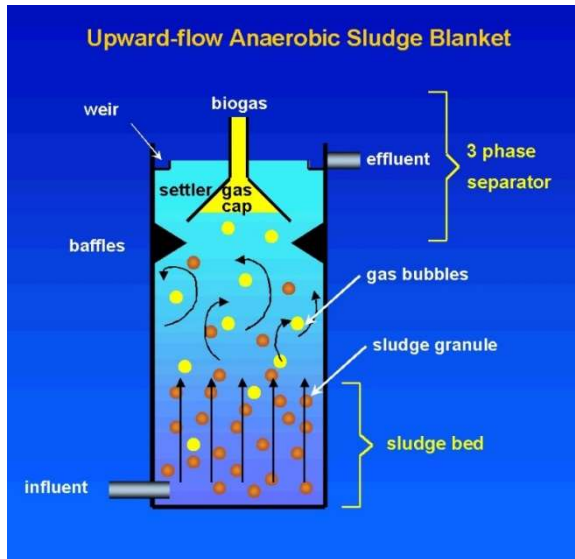
adanya pembentukan butiran lumpur (*sludge blanket*). Dikarenakan pembentukan butiran lumpur, konsentrasi padatan berkisar antara 50 - 100 g/L pada dasar reaktor dan 5 - 40 g/L pada bagian atas reaktor. Butiran lumpur memiliki diameter antara 1 - 3 mm dan menghasilkan lumpur yang terpadatkan sempurna dengan kandungan SVI kurang dari 20 mL/g. Diperlukan waktu beberapa bulan untuk menghasilkan butiran lumpur dan bibit mikroba yang seringkali disuplai dari IPAL lain untuk mempercepat masa inisiasi.

Air limbah yang mengandung bahan yang bersifat negatif terhadap pembentukan butiran lumpur harus diperhatikan, karena dapat menyebabkan timbulnya busa, atau menyebabkan terbentuknya *scum*. Air limbah yang mengandung kandungan protein dan/atau lemak yang tinggi seringkali menyebabkan masalah tersebut. Sebagian partikulat yang berukuran kecil dibandingkan dengan COD terlarut penting untuk menentukan desain beban pada reaktor UASB dan juga untuk menentukan kesesuaian aplikasi dari proses UASB. Apabila padatan pada air limbah meningkat, maka kemampuan untuk membentuk butiran lumpur padatan akan berkurang.

Pemisah gas dan padatan didesain untuk mengumpulkan biogas yang terbentuk, mengeluarkan padatan, membuat pemisah antara gas dan padatan, membuat padatan kembali ke zona lapisan lumpur, dan membantu meningkatkan penyisihan padatan. Seri baffle yang berbentuk "V" terbalik digunakan sebagai weir

pada efluen tersebut. Kriteria desain dari pemisah gas dan padatan pada reaktor UASB adalah sebagai berikut:

1. Kemiringan dinding penangkap gas antara 45° - 60°
2. Luas permukaan pada celah antara penangkap gas tidak boleh lebih kecil dari 15 - 20% dari total luas permukaan reaktor
3. Tinggi dari penangkap gas harus berkisar antara 1.5 - 2 m pada reaktor yang memiliki ketinggian 5 - 7 m.
4. Batas antara gas dan air harus diperhatikan pada penangkap gas untuk memfasilitasi pelepasan dan penangkapan gelembung gas dan untuk mengontrol pembentukan lapisan berbusa.
5. Panjang baffle yang berada dibawah celah harus diantara 100 - 200 mm untuk menghindari masuknya gelembung gas pada kompartemen pengendap.
6. Umumnya baffle lapisan berbusa harus dipasang di depan weir effluent.
7. Diameter pipa pembuang gas harus cukup untuk menjamin penyisihan biogas dari penutup penangkap gas.
8. Pada bagian atas penutup gas, penyemprot anti busa harus dibuat untuk menjaga jika pengolahan menghasilkan busa yang banyak.



Gambar 2.5 Reaktor UASB

(Sumber: Sasse, 1998)

Kelebihan dari proses UASB adalah mampu mengolah beban yang tinggi dan memiliki waktu tinggal yang singkat yang memungkinkan untuk proses anaerobik dan meminimalkan biaya. Kelemahan dari proses UASB adalah kurang mampu mengolah beban padatan yang tinggi (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

BAB 3

Metodologi Penelitian

3.1 Umum

Pada tugas akhir kali ini akan didesain Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati di Sidoarjo dengan menggunakan teknologi *anaerobic filter* dan dengan teknologi *upflow anaerobic sludge blanket*. Secara umum perencanaan awal terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap pengambilan data yang dibutuhkan dalam perencanaan dan tahap perencanaan desain IPAL. Dengan adanya metode perencanaan ini, diharapkan dapat memfokuskan tujuan perencanaan serta dapat diketahui segala sesuatu yang dibutuhkan selama proses desain.

3.2 Tahapan Perencanaan

Penyusunan tahapan perencanaan dilakukan untuk mengetahui tahapan-tahapan pada saat melakukan perencanaan dan sebagai pedoman dalam melakukan perencanaan sehingga diharapkan akan mempermudah dalam proses perencanaan. Tahapan perencanaan dapat dilihat pada gambar 3.1

Judul Tugas Akhir
Perbandingan *DED IPAL Anaerobic Filter* dengan
Upflow Anaerobic Sludge Blanket untuk Tempat
Pelelangan Ikan (TPI) Sedati di Kabupaten Sidoarjo



Tinjauan Pustaka

1. Gambaran umum TPI Sedati di Kabupaten Sidoarjo
2. Karakteristik, baku mutu, kualitas serta kuantitas limbah TPI
3. Unit IPAL yang akan didesain meliputi bar screen, bak ekualisasi, bak pengendap, *anaerobic filter*, dan *upflow anaerobic sludge blanket*.
4. Hasil penelitian dan perencanaan terdahulu



Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Data Primer :

1. Data karakteristik air limbah, meliputi konsentrasi BOD, COD, TSS, dan Total N

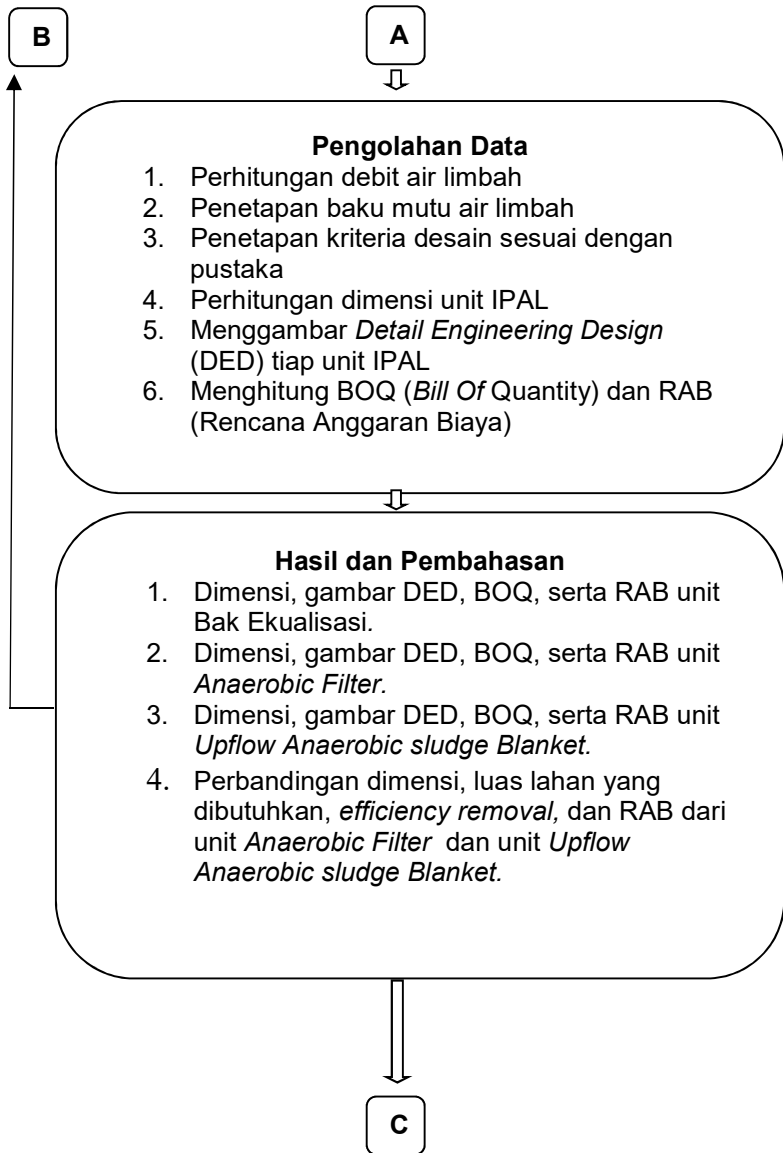
Data Sekunder :

1. Data penggunaan air bersih pada TPI Sedati, dari rekening pemakaian air bersih tiap bulan tahun 2015
2. Baku mutu air limbah TPI (Pergub Jatim 72/2013)
3. Harga satuan pokok kegiatan di Kota Surabaya tahun 2015



B

A



C



Kesimpulan dan Saran

1. Desain rinci unit *Anaerobic Filter* dan *Upflow Anaerobic sludge Blanket*
2. RAB pembangunan untuk masing - masing alternatif IPAL
3. Kekurangan dan kelebihan masing - masing unit IPAL berdasarkan luas lahan yang dibutuhkan, *efficiency removal*, serta RAB.

Gambar 3.1 Tahapan Perencanaan

3.2.1 Judul Tugas Akhir

Judul tugas akhir ini adalah “Perbandingan *DED* IPAL *Anaerobic Filter* dengan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* untuk Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati di Kabupaten Sidoarjo”.

3.2.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk mendapatkan teori - teori yang akan mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini. Tinjauan pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi pustaka dari berbagai sumber seperti jurnal, thesis, tugas akhir, *text book*, internet, dan lain sebagainya. Adapun data pendukung yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Gambaran umum TPI Sedati di Kabupaten Sidoarjo
2. Karakteristik, baku mutu, kualitas serta kuantitas limbah TPI Sedati
3. Unit IPAL yang akan didesain meliputi bak ekualisasi, bak pengendap, *anaerobic filter*, dan *upflow anaerobic sludge blanket*.
4. Hasil penelitian dan perencanaan terdahulu.

3.2.3 Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

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

- Data Primer
 1. Data karakteristik limbah cair TPI meliputi COD, BOD, dan TSS dari analisa lab
- Data Sekunder
 1. Data penggunaan air bersih pada TPI Sedati, dari rekening pemakaian air bersih tiap bulan tahun 2015
 2. Baku mutu air limbah TPI (Pergub Jatim 72/2013)
 3. Harga satuan pokok kegiatan di Kota Surabaya tahun 2015.

3.2.4 Pengolahan Data

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

1. Perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dengan mengasumsikan sebesar 80% dari penggunaan air bersih
2. Penetapan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya
3. Penetapan kriteria desain sesuai dengan pustaka.

a. *Anaerobic Filter*

Kriteria desain untuk *anaerobic filter* meliputi:

- Organik loading : 4 - 5 Kg COD/m³.hari
- HRT di tangki septik : 2 jam
- HRT di *anaerobic filter* : 24 - 48 jam
- BOD removal : 70 - 90%
- Rasio SS/COD : 0,35 - 0,45
- Luas spesifik media : 80 - 180 m²/m³
- Massa kosong filter : 30 - 45%
- *Velocity upflow* : < 2 m/jam

(Sumber: Sasse, 1998)

b. *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

Kriteria desain untuk *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* meliputi:

- Konsentrasi TSS pada dasar reaktor : 50 - 100 g/l
- Konsentrasi TSS pada bagian atas reaktor : 5 - 40 g/l
- Diameter butiran lumpur : 1 - 3 mm
- SVI : <20 mL/g
- pH : mendekati 7

- Rasio COD : N : P pada saat startup : 300 : 5 : 1
- Rasio COD : N : P pada kondisi *steady* : 600 : 5 : 1
- *Upflow velocity* : 0.8 - 1 m/jam
- Tinggi reaktor : 3 - 5 m

(Sumber: Tchobanoglous *dkk.*, 2003)

4. Perhitungan dimensi unit IPAL

a) Cara menghitung dimensi bar screen

- Menghitung Jumlah Batang

$$n = \frac{L_{screen} + 1}{w_{batang} + 1} \dots\dots\dots (1)$$

dimana : L = lebar saluran,

w = lebar batang

- Jumlah celah (S), persamaannya:

$$S = n + 1 \dots\dots\dots (2)$$

dimana: S = Jumlah bukaan antar batang,

n = Jumlah batang

- Lebar celah total (Lt), persamaannya:

$$L_t = S \times b \dots\dots\dots (3)$$

- Panjang kisi-kisi yang terdalam (Hs):

$$H_s = H / \sin \theta \dots\dots\dots (4)$$

dimana: H = Ketinggian muka air

Sin θ = Kemiringan batang terhadap horisontal

- Kecepatan melalui kisi (V), persamaannya:

$$V = Q / (L_t \times H_s) \dots\dots\dots (5)$$

- Kehilangan tekanan melalui penyaring dapat dihitung dengan formula Bernaulli, sebagai berikut:

$$h_{scr} = \beta \times \left[\frac{b_{Bar}}{CD} \right]^{4/3} = \left(\frac{V^2}{2 \times g} \right) \times \sin \alpha \dots\dots (6)$$

dimana: h_{scr} = headloss melalui penyaring

β = faktor bentuk bar

b_{Bar} = lebar maksimum dari bar

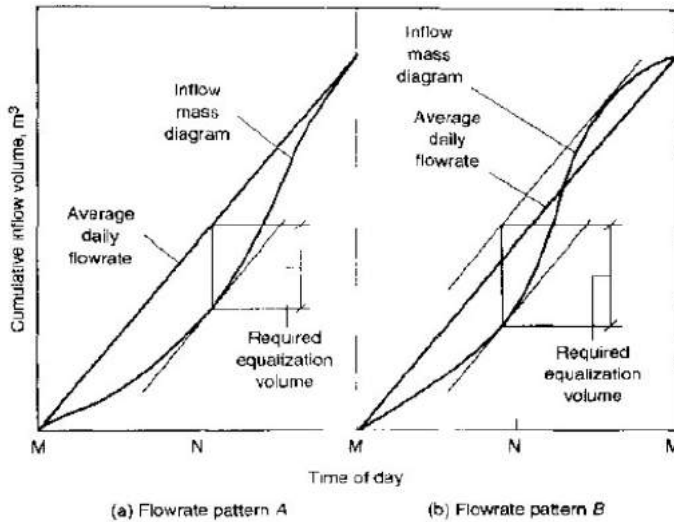
CD = jarak bebas

V = kecepatan aliran yang menuju penyaring

α = sudut bar terhadap horison

b) Cara menghitung dimensi bak ekualisasi

Untuk menentukan volume bak ekualisasi dapat menggunakan gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Massa dan Debit untuk Menghitung Volume Bak Ekualisasi

(Sumber: Tchobanoglous, 2003)

Langkah perhitungan yang dilakukan adalah:

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

Untuk menentukan efek bak ekualisasi terhadap BOD *mass loading* dapat mengikuti langkah - langkah sebagai berikut:

1. Hitunglah volume air limbah pada bak ekualisasi pada tiap - tiap akhir waktu. Perhitungan volume menggunakan persamaan berikut:

$$V_{SC} = V_{SP} + V_{IC} + V_{OC} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana: V_{SC} = volume bak ekualisasi pada periode sekarang,

V_{SP} = volume bak ekualisasi pada periode sebelumnya,

V_{IC} = volume inflow selama waktu sekarang,

V_{OC} = volume outflow selama waktu sekarang,

2. Hitunglah konsentrasi rata - rata yang keluar dari bak. Diasumsikan limbah tercampur secara merata, maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_{OC} = \frac{(V_{IC})(X_{IC}) + (V_{SP})(X_{SP})}{V_{IC} + V_{SP}} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana: X_{OC} = konsentrasi rata - rata BOD efluen pada periode sekarang, mg/l

V_{IC} = volume influen periode sekarang, m³

X_{IC} = konsentrasi BOD influen rata - rata, mg/l

V_{SP} = volume air limbah pada saat akhir periode sebelumnya, m³

X_{SP} = konsentrasi BOD air limbahpada saat akhir periode sebelumnya, mg/l

3. Hitunglah *mass loading rate* per jam dengan persamaan berikut:

$$MLR = \frac{(X_{oc})(q_i)(3600 / h)}{10^3 \text{ g/kg}} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana: $MLR = \text{mass loading rate}$, Kg/jam

X_{oc} = konsentrasi rata - rata BOD efluen pada periode sekarang, mg/l

q_i = debit aliran pada waktu sekarang, m³/s

4. Masukkan data pada tabel 3.1 seperti berikut

Tabel 3.2 Contoh Perhitungan BOD Mass Loading pada Bak ekualisasi

Ratio	BOD mass loading	
	Unequalized	Equalized
$\frac{\text{peak}}{\text{average}}$	$\frac{439}{213} = 2.06$	$\frac{271}{213} = 1.27$
$\frac{\text{minimum}}{\text{average}}$	$\frac{17}{213} = 0.08$	$\frac{132}{213} = 0.62$
$\frac{\text{peak}}{\text{minimum}}$	$\frac{439}{17} = 25.82$	$\frac{271}{132} = 2.05$

(Sumber: Tchobanoglous dkk., 2003)

Data yang telah didapat dari perhitungan kemudian diplot pada grafik perbandingan mass BOD loading dengan debit pada waktu tertentu seperti pada Gambar 2.3.

c) Cara menghitung dimensi unit *anaerobic filter* yang terintegrasi dengan tangki septik

Untuk menghitung dimensi unit *anaerobic filter* + tangki septik terdapat langkah - langkah sebagai berikut

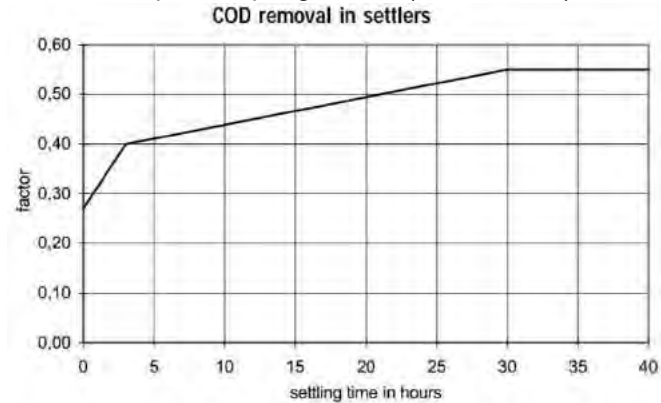
1.) Menghitung data umum diantaranya:

Untuk menentukan Q_{peak} dan presentase penyisihan COD pada tangki septik yaitu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{peak} = Q_{ave}/Flowrate \dots\dots\dots (10)$$

$$COD_{rem} = ((SS/COD)/0,6 \times (HRT-1)) \times ((0,1/2) + 0,3) \dots\dots\dots (11)$$

Persamaan di atas terkait dengan Gambar 3.2, sedangkan nilai 0,6 didapat dari pengalaman (Sasse, 1998).

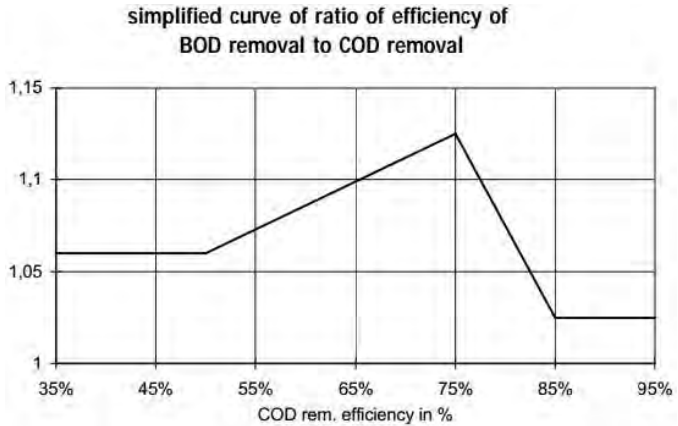


Gambar 3.3 Grafik COD Removal pada Tangki Septik
(Sumber: Sasse, 1998)

$$BOD_{rem\ S.T} = (BOD/COD\ rasio) \times COD_{rem\ S.T} \dots\dots\dots (12)$$

BOD/COD rasio = Jika presentase removal < 50% = rasio 1,06

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.4



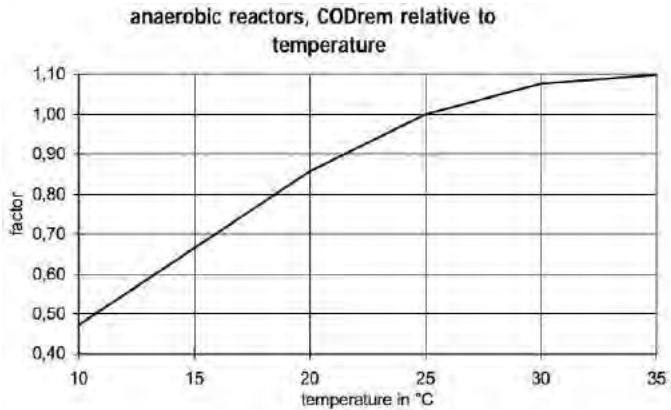
**Gambar 3.4 Grafik Hubungan Efisiensi Removal
BOD dan COD**
(Sumber: Sasse, 1998)

2.) Menghitung data pengolahan diantaranya:

$$\text{CODin AF} = \text{CODin} \times (1 - \text{penyisihan COD bak pengendap}) \dots \dots \dots (13)$$

$$\text{BODin AF} = \text{BODin} \times (1 - \text{penyisihan BOD bak pengendap}) \dots \dots \dots (14)$$

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.5

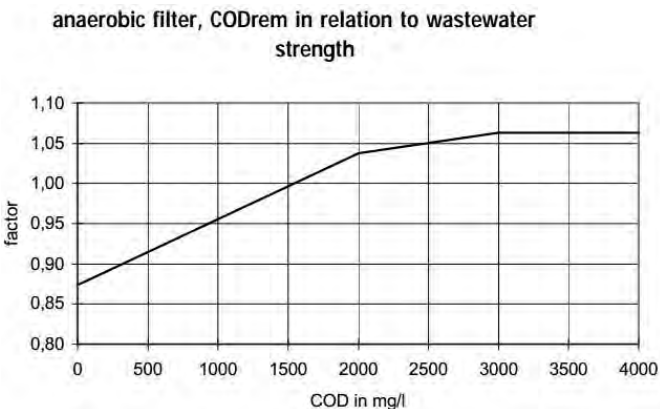


Gambar 3.5 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)

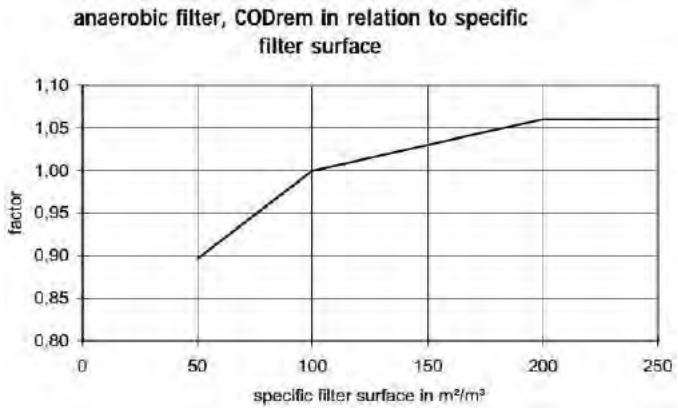
$$F\text{-konsentrasi} = \text{CODin AF} \times (0,17/2000) + 0,87 \dots \dots \dots (15)$$

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.6



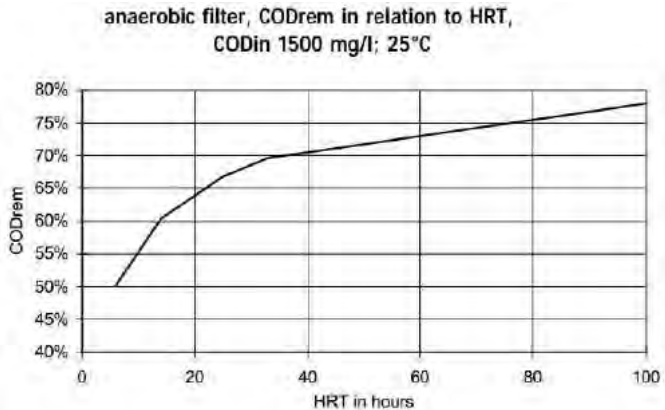
Gambar 3.6 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)



Gambar 3.8 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)

$$\text{COD}_{\text{rem AF}} = F\text{-temp} \times F\text{-strength} \times F\text{-surface} \times F\text{-HRT} \times (1 + (\text{jumlah kompartemen} \times 0,04)) \dots\dots\dots (16)$$

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

$$\text{COD}_{\text{eff AF}} = \text{COD}_{\text{in AF}} \times (1 - \text{penyisihan COD}_{\text{rem AF}}) \dots\dots\dots (17)$$

$$\% \text{COD}_{\text{rem total}} = (1 - \text{COD}_{\text{eff AF}}) / \text{COD}_{\text{in 3}} \dots\dots\dots (18)$$

Menghitung dimensi tangki septik diantaranya:

$$\text{BOD}_{\text{rem total}} = (\% \text{rem COD ST+AF} \times (\text{faktor rem BOD/COD})) \dots\dots\dots (19)$$

$$\text{BOD}_{\text{rem AF}} = ((1 - \text{BOD}_{\text{rem total}}) \times \text{BOD}_{\text{in}}) \dots\dots\dots (20)$$

Untuk menentukan dimensi tangki septik dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Panjang bak pertama} = 2/3 \times \text{volume bak pengendap/lebar dalam/ketinggian minimum air pada inlet} \dots\dots\dots (21)$$

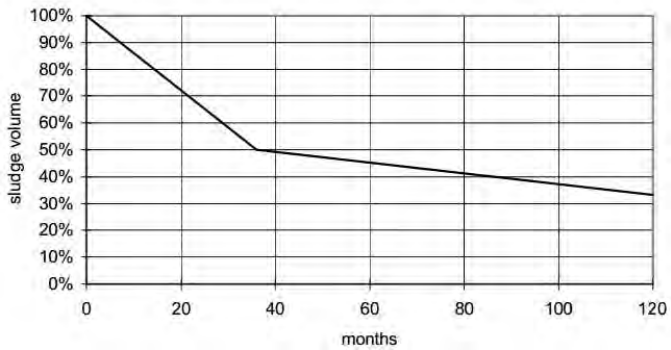
$$\text{Panjang bak kedua} = \text{panjang bak pertama} / 2 \dots\dots\dots (22)$$

Menghitung akumulasi jumlah lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Akumulasi lumpur} = 0,005 \times (1 - (\text{interval pengurasan} \times 0,014)) \dots\dots\dots (23)$$

Persamaan tersebut berkaitan dengan Gambar 3.9

reduction of sludge volume during storage



Gambar 3.9 Grafik Reduksi Lumpur dengan Masa Simpan

(Sumber: Sasse, 1998)

Menghitung volume total bak pengendap menggunakan persamaan berikut:

Vtangki septic = (panjang bak pertama = panjang bak kedua) x lebar dalam x ketinggian air minimum pada inlet..... (24)

4.) Menghitung dimensi anaerobic filter diantaranya:

Menentukan dimensi anaerobic filter menggunakan persamaan berikut:

VAF = HRT x Qave..... (25)

Panjang kompartemen AF = Kedalaman AF... (26)

Lebar kompartemen = VAF/jumlah kompartemen/ (kedalaman x 0,25)+(panjang kompartemen-ketinggian media filter x (1 - %porositas media)..... (27)

Ketinggian media filter = Kedalaman AF - jarak media filter dengan dasar bak - 0,4 - 0,05..... (28)

$$Q_{\text{gas ST}} = (\text{CODin} - \text{COD in AF}) \times Q_{\text{ave}} \times 0,35/1000/0,7 \times 0,5..... (29)$$

Metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang diremoval:

$$Q_{\text{gas AF}} = (\text{CODin AF} - \text{CODeff AF}) \times Q_{\text{ave}} \times 0,35/1000/0,7 \times 0,5$$

Metana diproduksi dari setiap kilogram COD yang diremoval.

$$\text{Total gas yang dihasilkan} = Q_{\text{gas ST}} + Q_{\text{gas AF}}... (30)$$

$$\text{Beban organik} = \text{CODin af} \times Q_{\text{ave}}/1000/(\text{ketinggian media filter} \times \text{lebar kompartemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \% \text{porositas media} \times \text{jumlah kompartemen}..... (31)$$

$$V_{\text{up}} = Q_{\text{ave}} \text{ per jam}/(\text{lebar kompartemen} \times \text{panjang tiap kompartemen} \times \% \text{porositas media})..... (32)$$

d) Cara menghitung dimensi unit upflow anaerobic sludge blanket

Rumus - rumus yang digunakan untuk mendesain unit upflow anaerobic sludge blanket meliputi:

a.) Beban hidraulik

$$V_{\text{HL}} = Q/V..... (33)$$

Dimana:

$$V_{\text{HL}} = \text{beban hidraulik, m}^3/\text{m}^3 \text{ .hari}$$

$$Q = \text{debit influen, m}^3/\text{jam}$$

V = total volume reaktor, m³

b.) Beban organik

$$L_v = (QxS_o)/V \dots\dots\dots (34)$$

Dimana:

L_v = beban organik, kgCOD/m³ .hari

Q = debit influen, m³ /jam

S_o = influen COD, kgCOD/m³

V = total volume reaktor, m³ c.)

c.) Kecepatan aliran ke atas

$$v = Q/A \dots\dots\dots (35)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran ke atas, m/jam

Q = debit influen, m³

A = luas penampang, m²

d.) Efisiensi penyisihan COD & BOD

$$ECOD = 100 \times (1 - 0.68 \times t^{0.35}) \dots\dots (36)$$

$$EBOD = 100 \times (1 - 0.70 \times t^{0.50}) \dots\dots (37)$$

Dimana:

ECOD = efisiensi penyisihan COD, %

EBOD = efisiensi penyisihan BOD, %

t = waktu tinggal

e.) Konsentrasi COD & BOD pada effluen

$$C_{eff} = S_o - ((ExS_o)/100) \dots\dots\dots (38)$$

Dimana:

C_{eff} = konsentrasi COD atau BOD, mg/l

S_o = influen COD atau BOD, mg/l

E = efisiensi penyisihan COD atau BOD

f.) Jumlah pipa distribusi

$$Nd = A/Ad \dots \dots \dots (39)$$

Dimana:

Nd = jumlah pipa distribusi

A = luas penampang, m²

Ad = area influen tiap pipa distributor, m²

g.) Produksi biogas

$$COD_{CH_4} = Q \times (S_0 - S) - Y_{obs} \times Q \times S_0 \dots (40)$$

Dimana:

COD_{CH_4} = beban COD yang dikonversi menjadi gas metan, kgCOD_{CH₄}/hari

Q = debit influen, m³/hari

S_0 = konsentrasi influen COD, mg/l

S = konsentrasi efluen COD, mg/l

Y_{obs} = koefisien produksi padatan, kgCODsludge/kgCODappl

$$Q_{CH_4} = COD_{CH_4} / K(t) \dots \dots \dots (41)$$

Dimana:

Q_{CH_4} = produksi gas metan, m³/hari

$K(t)$ = faktor koreksi suhu operasional reaktor, kgCOD/m³

$$K(t) = P \times K_{COD} / R_X(273+T) \dots \dots \dots (42)$$

Dimana:

P = tekanan atmosfer, 1 atm
 K_{COD} = pengaruh suhu pada nilai COD
 R = konstanta gas, 0.082 atm.L/mole.K
 T = suhu operasi reaktor, °C

h.) Produksi lumpur

$$P_s = Y \times COD_{app} \dots \dots \dots (43)$$

Dimana:

P_s = produksi lumpur, kgTSS/hari
 Y = koefisien produksi lumpur (0.1 - 0.2 kgTSS/kgCOD_{app})
 COD_{app} = beban COD, kgCOD/hari

$$V_s = P_s / Y \times (C_s/100) \dots \dots \dots (44)$$

Dimana:

V_s = volume lumpur, m³/hari
 C_s = konsentrasi padatan pada lumpur (%)
 Y = densitas lumpur (1020 - 1040 kg/m³)

(Sumber: Chernicharo, 2007)

5.) Menggambar Detail Engineering Design (DED) masing-masing unit IPAL berdasarkan data hasil perhitungan dengan menggunakan program AutoCAD 2007.

6.) Menghitung BOQ (Bill Of Quantity) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan gambar DED yang telah dibuat, SNI DT - 91 Series tentang pekerjaan bangunan gedung serta HSPK kota Surabaya 2015 menggunakan program Microsoft Excel.

3.2.5 Hasil dan Pembahasan

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

1. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit Bak Ekualisasi
2. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit *Anaerobic Filter*
3. Dimensi, gambar DED, BOQ, serta RAB unit *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*.

Perbandingan dimensi, luas lahan yang dibutuhkan, *efficiency removal*, RAB serta kekurangan dan kelebihan dari unit *Anaerobic Filter* dan unit *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

3.2.6 Kesimpulan dan Saran

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

1. Desain rinci unit *Anaerobic Filter* dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*
2. RAB pembangunan untuk masing - masing alternatif IPAL
3. Kekurangan dan kelebihan masing - masing unit IPAL berdasarkan volume, luas lahan yang dibutuhkan, *efficiency removal*, serta RAB.

BAB 4

Hasil dan Pembahasan

4.1 Gambaran Umum Perencanaan

Perencanaan ini menggunakan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati Kabupaten Sidoarjo sebagai lokasi studi kasus. Tempat pelelangan ikan ini terletak di Desa Gisik Cemandi Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Desa Gisik Cemandi bersebelahan dengan Desa Banjar Kemuning dan Gisik Kidul. Kondisi TPI Sedati ini dapat dilihat pada Gambar 4.1



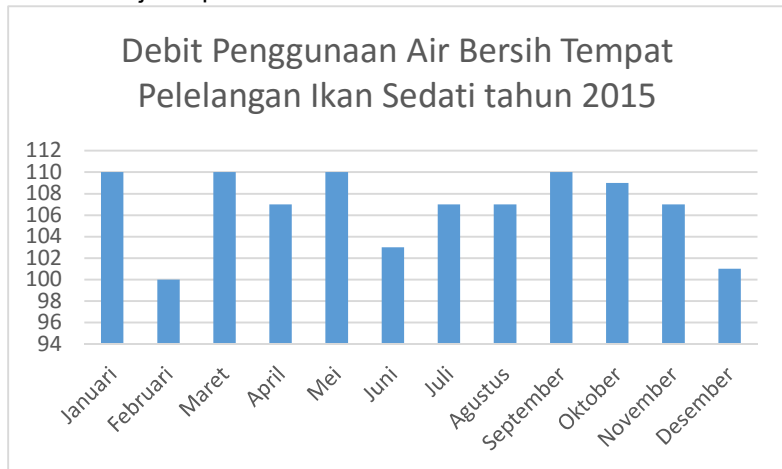
Gambar 4.1 Kondisi Tempat Pelelangan Ikan Sedati

TPI ini termasuk memiliki pengunjung yang cukup banyak. Jumlah pengunjung terbanyak terdapat di hari jumat, sabtu dan minggu. Berbagai macam kegiatan yang dilakukan pada TPI Sedati ini, seperti tawar menawar antara penjual ikan dan pembeli, membersihkan sisik ikan, dan mencuci ikan agar tetap segar. Di TPI ini, sumber air limbah berasal dari toilet dan tempat pencucian ikan. Kondisi eksisting dari TPI ini tidak memiliki bangunan pengolahan air limbah, sehingga effluent air limbah langsung dibuang ke badan air sungai.

4.2 Perhitungan Debit dan Kualitas Air Limbah

4.2.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada debit pemakaian air bersih tiap bulan selama 4 bulan pada Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Sedati. Data debit pemakaian air bersih TPI Sedati disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Debit Air Bersih TPI Sedati

Berdasarkan data debit pemakaian air bersih tersebut, dicari rata-rata debit pemakaian air per bulannya. Debit air limbah dihitung dengan asumsi 70% debit air bersih menjadi air limbah. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

Perhitungan debit air limbah disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Bulan	Debit air	Satuan
Januari	110	m ³
Februari	100	m ³
Maret	110	m ³
April	107	m ³
Mei	110	m ³
Juni	103	m ³
Juli	107	m ³
Agustus	107	m ³
September	110	m ³
Oktober	109	m ³
November	107	m ³
Desember	101	m ³
Debit rata-rata air bersih	106,75	m ³ /bulan
Debit rata-rata air bersih	3,56	m ³ /hari
Debit rata-rata air limbah	2,49	m ³ /hari
Debit rata-rata air limbah	0,10	m ³ /jam

Pada perencanaan ini digunakan debit air limbah rata-rata. Hal ini diambil karena perhitungan debit air limbah berdasarkan data debit pemakaian air bersih tiap bulan dalam 4 bulan. Data debit pemakaian air bersih tersebut didapatkan dari rekening air tempat pelelangan ikan yang merupakan debit rata-rata, sehingga dalam perhitungan debit air limbah juga menggunakan debit rata-rata. Selain itu, pada perencanaan ini juga akan didesain unit bak ekualisasi yang bertujuan menstabilkan debit air limbah yang masuk ke unit selanjutnya, yaitu sebesar debit rata-rata.

4.2.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah

Data kualitas air limbah merupakan data primer dari proses sampling air limbah tempat pelelangan ikan dan hasil analisa laboratorium. Dari hasil analisa laboratorium didapatkan data kualitas air limbah dari tempat pelelangan ikan. Pada perencanaan ini, digunakan baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri dan Usaha Lainnya. Kualitas air limbah tempat pelelangan ikan dan baku mutu air limbah disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Rata-Rata Kualitas Air Limbah Tempat Pelelangan Ikan Sedati

Parameter	Konsentrasi	Baku mutu
BOD	894	100
COD	1443	150
TSS	280	30
TN	423,9	5

Konsentrasi parameter pencemar air limbah yang digunakan pada perencanaan ini merupakan konsentrasi rata-rata. Hal ini dikarenakan konsentrasi parameter pencemar air limbah berfluktuasi tiap jam nya. Selain itu pada perencanaan ini akan didesain bak ekualisasi yang berfungsi untuk menstabilkan konsentrasi parameter pencemar yang akan diolah pada unit selanjutnya.

4.3 Desain Unit IPAL

Perencanaan unit IPAL harus berdasarkan pada tujuan akhir yakni menjaga kualitas effluen agar tetap dibawah baku mutu yang berlaku sehingga tidak mencemari lingkungan disekitarnya. Dalam hal ini batasan konsentrasi effluen telah ditetapkan oleh peraturan perundangan dalam bentuk baku mutu. Oleh karena itu setiap perencanaan IPAL harus berdasarkan pada baku mutu yang berlaku.

Pada perencanaan unit IPAL ini, parameter yang digunakan sebagai dasar perencanaan adalah COD dan BOD. Hal ini dikarenakan dua parameter ini adalah parameter yang paling reliable dan paling merepresentasikan kandungan organik dalam air limbah sehingga paling sering digunakan sebagai dasar perencanaan IPAL secara umum. Sedangkan parameter TSS dan Total N tidak dipakai sebagai dasar pada perencanaan ini dikarenakan TSS dan Total N mencakup seluruh partikel tersuspensi itu sendiri, termasuk BOD dan COD. Artinya kalau BOD dan COD telah tersisihkan maka secara otomatis nilai TSS dan Total N juga pasti turun. Selain itu, pada perencanaan sebelumnya yang dilakukan oleh Hamid (2014) parameter minyak dan lemak tidak dijadikan sebagai dasar perencanaan karena nilainya yang tidak terlalu besar.

Konsentrasi tiap parameter effluen yang keluar dari IPAL harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Oleh sebab itu perlu dihitung nilai efisiensi penyisihan yang dibutuhkan sehingga dapat ditetapkan alternatif unit IPAL yang akan direncanakan.

Kebutuhan efisiensi penyisihan dari tiap-tiap konsentrasi disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kebutuhan Efisiensi Penyisihan

Parameter	Konsentrasi	Baku mutu	Efisiensi Penyisihan
BOD	894	100	88,81 %
COD	1443	150	89,61 %

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui unit IPAL yang direncanakan harus memiliki kemampuan dalam menyisihkan BOD sebesar 88,81% dan COD sebesar 89,61% agar efluen IPAL memenuhi baku mutu. Pada perencanaan kali ini, unit IPAL yang didesain terdiri atas dua unit yaitu anaerobic filter (*attached growth*) dan upflow anaerobic sludge blanket (*suspended growth*). Tujuan merencanakan dua unit IPAL dengan sistem yang berbeda ini adalah untuk membandingkan tingkat efektifitas dan efisiensi antara media terlekat (*attached growth*) dan media tersuspensi (*suspended growth*). Selain itu debit limbah yang direncanakan juga divariasikan menjadi 1/2 kali debit dan 2 kali debit rata - rata. Hal ini sebagai referensi tambahan bagi pengelola tempat pelelangan ikan tentang perbandingan kedua unit IPAL meliputi luas lahan, volume bangunan, serta rencana anggaran biaya.

Desain 1 IPAL pada perencanaan ini menggunakan unit bak ekualisasi dan bak pengendap yang terintegrasi dengan unit anaerobic filter. Bak ekualisasi berfungsi sebagai peredam *shock loading* sekaligus menyeragamkan fluktuasi debit air limbah dari alat - alat plumbing yang akan masuk ke unit IPAL. Bak pengendap

berfungsi sebagai pengendap awal yang akan mengendapkan padatan tersuspensi serta mengurangi kandungan BOD dan COD. Anaerobic filter didesain menggunakan sistem up-flow dengan menggunakan media terlekat (sarang tawon).

Desain 2 IPAL menggunakan unit bak ekualisasi, bak pengendap, dan up-flow anaerobic sludge blanket. Bak ekualisasi pada desain ini memiliki fungsi yang sama dengan bak ekualisasi pada desain 1, yaitu untuk meredam *shock loading* serta menyeragamkan kualitas air limbah yang masuk ke unit IPAL. Bak pengendap berfungsi sebagai bak pengendap awal yang akan mengendapkan padatan tersuspensi serta mengurangi kandungan BOD dan COD.

4.3.1 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan unit pre-treatment yang berfungsi untuk menstabilkan debit dan kualitas air limbah sebelum memasuki unit pengolahan biologis. Tujuannya adalah untuk mencegah *shock loading* yang dapat mengurangi tingkat efisiensi penyisihan air limbah.

a.) Perhitungan dimensi

Perhitungan dimensi bak ekualisasi dilakukan sesuai dengan langkah-langkah berikut:

1. Menentukan debit pemakaian air bersih tempat pelelangan ikan. Pada perencanaan ini akan mengasumsikan presentase debit pemakaian air bersih tiap jam nya dengan melakukan pendekatan jumlah

pengunjung tempat pelelangan ikan dalam satu hari untuk mendapatkan fluktuasi debit pemakaian air bersih. Hal ini dikarenakan debit air limbah yang didapat didasarkan pada fluktuasi debit air bersih tiap jam nya. Kemudian presentase debit pemakaian air bersih yang telah diasumsikan tiap jam nya dikalikan dengan debit air bersih per hari sehingga akan didapatkan debit pemakaian air bersih tiap jam nya. Data debit pemakaian air bersih tempat pelelangan ikan disajikan pada Tabel 4.4

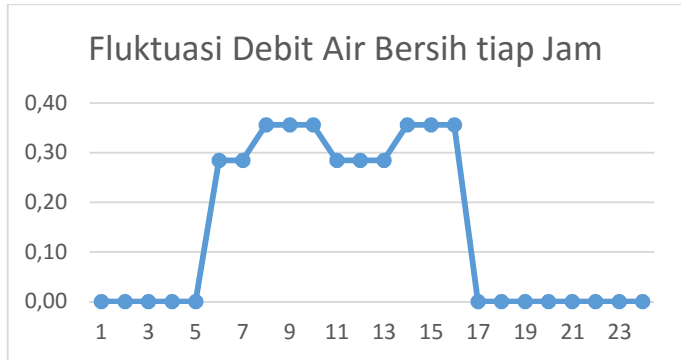
Tabel 4.4 Debit Pemakaian Air Bersih tiap Jam

Debit rata-rata air bersih (m ³ /hari)	Jam	% air bersih	Q air bersih (m ³ /jam)
3,56	1	0%	0,00
	2	0%	0,00
	3	0%	0,00
	4	0%	0,00
	5	0%	0,00
	6	8%	0,28
	7	8%	0,28
	8	10%	0,36
	9	10%	0,36
	10	10%	0,36
	11	8%	0,28
	12	8%	0,28
	13	8%	0,28
	14	10%	0,36

Debit rata-rata air bersih (m ³ /hari)	Jam	% air bersih	Q air bersih (m ³ /jam)
3,56	15	10%	0,36
	16	10%	0,36
	17	0%	0,00
	18	0%	0,00
	19	0%	0,00
	20	0%	0,00
	21	0%	0,00
	22	0%	0,00
	23	0%	0,00
	24	0%	0,00

Setelah mengasumsikan presentase debit pemakaian air bersih tiap jam nya, maka dibuat grafik untuk melihat apakah asumsi tersebut mirip/sesuai dengan grafik fluktuasi air limbah menurut Tchobanoglous (2003).

Grafik fluktuasi debit air bersih tipa jam disajikan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Fluktuasi Debit Air Bersih tiap Jam

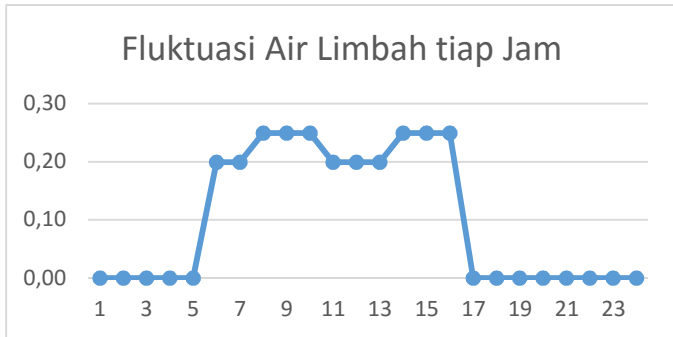
2. Fluktuasi debit air limbah didapat dengan cara mengalikan debit pemakaian air bersih tiap jam dengan 70%, karena dalam perencanaan ini debit air limbah diasumsikan sebesar 70% dari debit pemakaian air bersih. Asumsi ini diambil karena pengukuran debit air limbah tidak dapat dilakukan. Hal ini diakibatkan keterbatasan izin dari pihak pengelola. Menurut Tchobanoglous, dkk., (2003) secara teoritis debit air limbah dapat dihitung dengan pendekatan 60 - 90% dari debit pemakaian air bersih.

3. Data fluktuasi debit air limbah tiap jam nya disajikan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam

Q air bersih (m ³ /jam)	Q air limbah (m ³ /jam)
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,28	0,20
0,28	0,20
0,36	0,25
0,36	0,25
0,36	0,25
0,28	0,20
0,28	0,20
0,28	0,20
0,36	0,25
0,36	0,25
0,36	0,25
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00
0,00	0,00

Dari data tabel diatas dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Fluktuasi Debit Air Limbah tiap Jam

4. Penentuan volume dilakukan dengan membuat grafik dengan menggunakan data debit kumulatif air limbah tiap jam nya dan debit kumulatif rata-rata air limbah. Debit air limbah tiap jam yang digunakan pada perhitungan dimensi bak ekualisasi harus dijumlahkan dengan debit resirkulasi, karena pada perencanaan ini bak ekualisasi memiliki sistem resirkulasi air limbah sebagai sarana pengadukan agar kualitas air limbah dapat tercampur dengan baik. Sehingga:

$$\begin{aligned} Q_{\text{resirkulasi}} &= \text{Total } Q_{\text{air limbah per jam}} / 24 \text{ jam} \\ &= 2,5 / 24 = 0,10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{cum}} \text{ (m}^3\text{/jam)} &= [Q \text{ (m}^3\text{/jam) jam 1} + Q_{\text{res}} \text{ (m}^3\text{/jam)}] + \\ &\dots + [Q \text{ (m}^3\text{/jam) jam 2} + Q_{\text{res}} \text{ (m}^3\text{/jam)}] + [Q \text{ (m}^3\text{/jam)} \\ &\text{jam 24} + Q_{\text{res}} \text{ (m}^3\text{/jam)}] \end{aligned}$$

$$Q_{ave-cum} \text{ (m}^3\text{/jam)} = Q_{ave} \text{ (m}^3\text{/jam)} + Q_{ave} \text{ (m}^3\text{/jam)} + \dots + Q_{ave} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

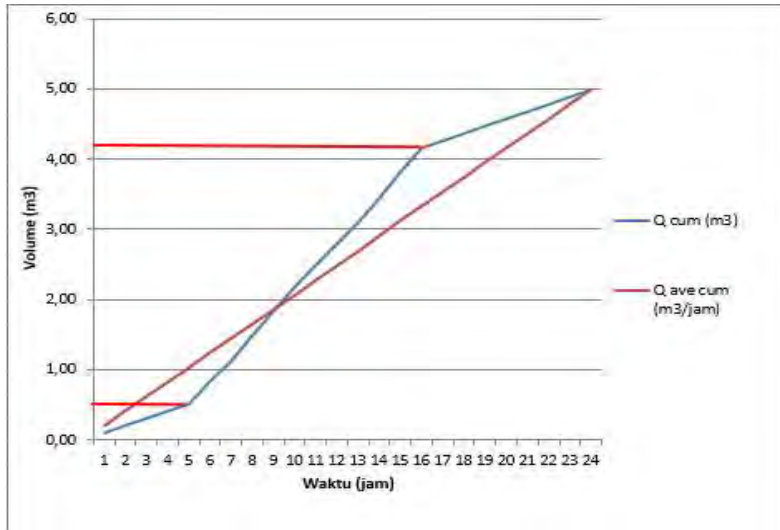
Hasil perhitungan debit kumulatif air limbah tiap jam dan debit kumulatif rata-rata air limbah disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan Volume Bak Ekualisasi

Q air limbah + Q resirkulasi (m ³ /jam)	Q cum (m ³ /jam)	Q ave cum (m ³ /jam)
0,10	0,10	0,21
0,10	0,21	0,42
0,10	0,31	0,62
0,10	0,42	0,83
0,10	0,52	1,04
0,30	0,82	1,25
0,30	1,13	1,45
0,35	1,48	1,66
0,35	1,83	1,87
0,35	2,18	2,08
0,30	2,49	2,28
0,30	2,79	2,49
0,30	3,09	2,70
0,35	3,45	2,91
0,35	3,80	3,11
0,35	4,15	3,32
0,10	4,26	3,53

Q air limbah + Q resirkulasi (m ³ /jam)	Q cum (m ³ /jam)	Q ave cum (m ³ /jam)
0,10	4,36	3,74
0,10	4,46	3,94
0,10	4,57	4,15
0,10	4,67	4,36
0,10	4,77	4,57
0,10	4,88	4,77
0,10	4,98	4,98

Setelah didapatkan debit kumulatif air limbah tiap jam dan debit kumulatif rata-rata air limbah, kemudian data tersebut diplot pada sebuah grafik sehingga didapatkan grafik seperti Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Penentuan Volume Bak Ekualisasi

Dari Gambar 4.5 diatas maka diperoleh volume bak ekualisasi yang direpresentasikan oleh garis tegak pada grafik tersebut dengan nilai sebesar: $0,8 + 4,2 = 5 \text{ m}^3$

Kedalaman bak ditentukan sebesar $(h) = 1,7 \text{ m}$

Freeboard = $0,3 \text{ m}$

Luas permukaan $(A) = V/h = 5 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2$

Ditentukan besar $p : l = 2 : 1$

$A = p \times l$

$2,5 = 2l \times l$

$2,5 = 2l^2$

$l^2 = 1,38 \text{ m}$

$l = 1,17 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}$

$p = 2 \times l = 2,4 \text{ m}$

Jadi luas lahan yang dibutuhkan untuk bak ekualisasi adalah sebesar 2,8 m².

b.) Pompa

Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa disini berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa adalah sebagai berikut:

1. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah 2 kali dari debit rata-rata. Hal ini dikarenakan setengah dari debit pompa akan diresirkulasi ke bak ekualisasi sebagai proses mixing agar pemerataan kualitas air limbah semakin optimal
2. Kecepatan aliran dalam pipa harus < 2 m/detik untuk mencegah tergerusnya pipa oleh aliran air
3. Pompa yang digunakan adalah jenis pompa submersible untuk air limbah.

Perhitungan pompa secara rinci adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$Q = 0,00512 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v.\text{asumsi} = 2 \text{ m/s}$$

Dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang pipa (A)} &= Q/v \\ &= 0,00512 \text{ m}^3/\text{s} / 2 \text{ m/s} \\ &= 0,0011574 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A = 1/4 \pi d^2$$

$$d = (A / (1/4 \pi))^{0.5}$$

$$d = (0,0011574 \text{ m}^2 / (0,25 \times 3,14))^{0.5}$$

$$d = 0,038398 \text{ m} = 38,39 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$A \text{ cek} = 1/4 \pi (0,05)^2 = 0,0019625 \text{ m}^2$$

$$v \text{ cek} = Q / A = 0,00512 \text{ m}^3/\text{s} / 0,0019625 \text{ m}^2 = 1,18 \text{ m/s}$$

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

$$H_f \text{ statis} = 0,31 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sistem} = \text{mayor losses} + \text{minor losses}$$

Mayor losses

$$L \text{ suction} = 0 \quad H_f = 0$$

$$L \text{ discharge} = 0,52 \text{ m}$$

$$H_f \text{ discharge} = [Q / (0,00155 \times c \times d^{2,63})]^{1,85} \times L$$

$$= [0,00231 / (0,00155 \times 120 \times 50^{2,63})]^{1,85} \times 0,52$$

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

Minor losses

- Tee untuk pembagi debit ($K = 0,9$)

$$H_f = [K \times v^2 / 2g]$$

$$= [0,9 \times 0,65^2 / 2(9,8)]$$

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

- Belokan 90° ($K = 0,5$)

$$H_f = [K \times v^2 / 2g]$$

$$= [0,5 \times 0,65^2 / 2(9,8)]$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

- Hf kecepatan

$$H_f = [v^2 / 2g]$$

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

$$\text{- Minor losses total} = 0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sistem} = 0,02 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

$$H_f \text{ total} = H_f \text{ statis} + H_f \text{ sistem}$$

$$= 0,31 \text{ m} + 0,04 \text{ m}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

Penentuan jenis pompa yang akan digunakan dalam perencanaan ini menggunakan software Webcaps dari produsen pompa Grundfos. Pompa yang digunakan adalah tipe S1.80.200.75.4.50E.S.198.G.N.D dengan nomor produk 95113676.

4.3.2 Anaerobic Filter

a.) Perhitungan dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain unit IPAL menurut Sasse (2009), yaitu diantaranya:

Kriteria desain untuk anaerobic filter meliputi:

- Organik loading : 4 - 5 Kg COD/ m³.hari
- HRT di tangki septik : 2 jam
- HRT di anaerobic filter : 24 - 48 jam
- BOD removal : 70 - 90%
- Rasio SS/COD : 0,35 - 0,45
- Luas spesifik media : 80 - 180 m²/m³
- Massa kosong filter : 30 - 45%

- Velocity upflow : < 2 m/jam

Diketahui:

$Q_{ave} = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

$COD_{inf} = 1443 \text{ mg/l}$

$BOD_{inf} = 894 \text{ mg/l}$

Direncanakan:

Suhu pengolahan = $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Waktu pengaliran = 24 jam

Pengurasan lumpur = 12 bulan

Td Bak pengendap = 2 jam

Luas permukaan filter = $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Td Anaerobic filter = 24 jam

Rasio SS/COD = 0,40 \rightarrow 0,35 – 0,45 untuk limbah hasil perikanan

Porositas media = 98% (dari spesifikasi media di pasaran)

HRT Anaerobic filter = 24 jam

Dihitung:

Q per jam = $Q_{ave} / \text{waktu pengaliran}$

= $2,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}$

= $0,104 \text{ m}^3/\text{jam}$

Rasio COD/BOD = COD_{inf} / BOD_{inf}

= $1443 \text{ mg/l} / 894 \text{ mg/l}$

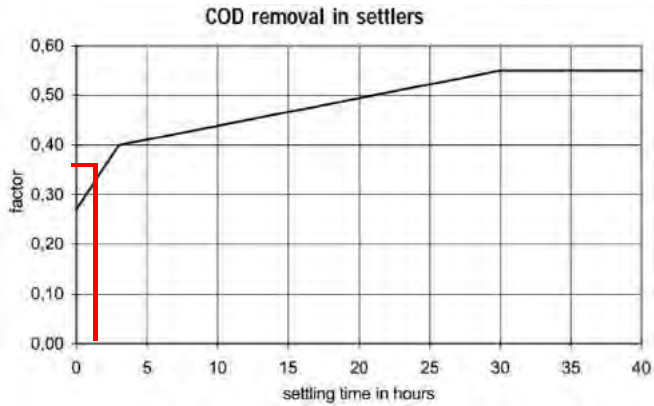
= 1,61

$COD_{rem} \text{ bak pengendap} = \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times (HRT-1) \times 0,1/2 + 0,3$

= $0,4 / 0,6 \times (2-1) \times (0,1 / 2 + 0,3)$

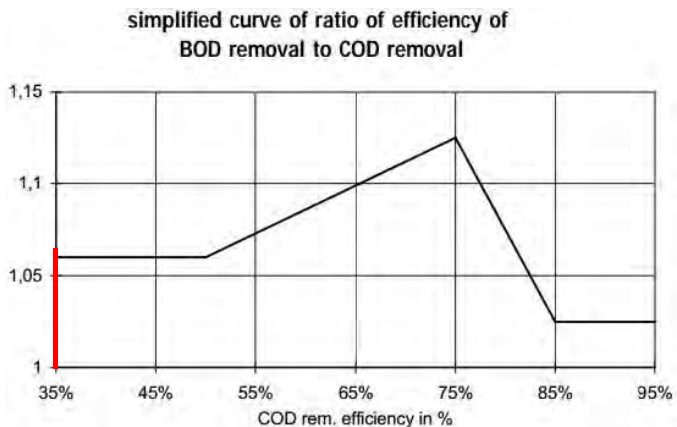
= 23,33 %

Perhitungan diatas berkaitan dengan Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik COD Removal pada Tangki Septik
(Sumber: Sasse, 1998)

Rasio BODrem/CODrem ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 4.7. Dengan nilai CODrem sebesar 23,33% maka didapatkan nilai rasio BODrem/CODrem sebesar 1,06.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD
(Sumber: Sasse, 1998)

BODrem bak pengendap = rasio BODrem/CODrem x
CODrem bak pengendap

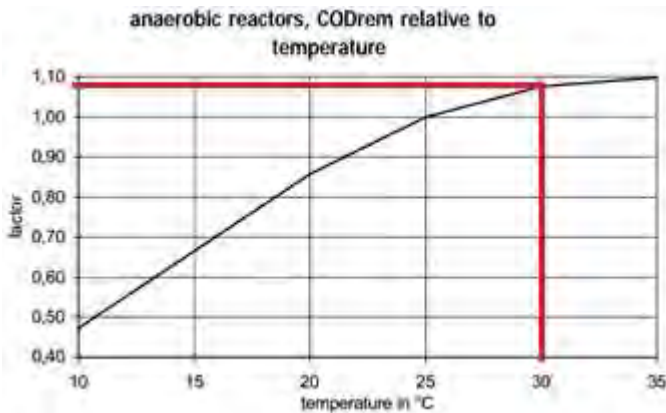
$$= 1,06 \times 23,33\%$$
$$= 24,73\%$$

CODinf di AF = CODinf x (1 - CODrem bak pengendap)
= 1443 mg/l x (1 - 23,33%)
= 1106,37 mg/l

BODinf di AF = BODinf x (1 - BODrem bak pengendap)
= 894 mg/l x (1 - 24,73%)
= 672,88 mg/l

Efisiensi penyisihan di Anaerobic filter dihitung dengan menggunakan empat factor, yaitu:

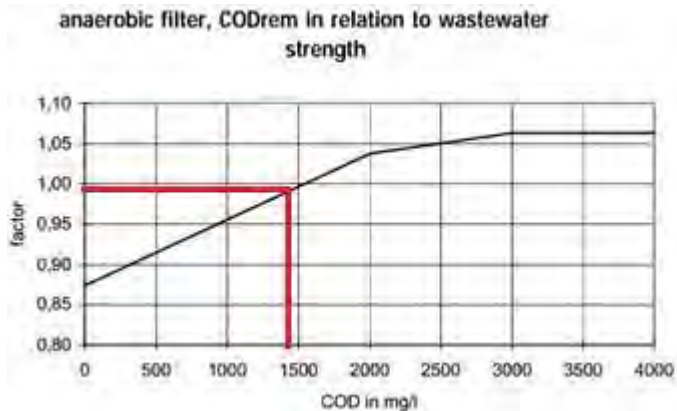
a. F- temp (factor-temperatur), yakni faktor yang menunjukkan hubungan antara CODrem di anaerobic filter dengan suhu pengolahan. Penentuan nilai f-temp berdasarkan pada grafik f-temp seperti tertera pada Gambar 4.8. Dari grafik tersebut, dengan suhu pengolahan di unit IPAL anaerobic filter adalah 30°C, maka nilai f-temp adalah 1,1.



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Temperatur pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)

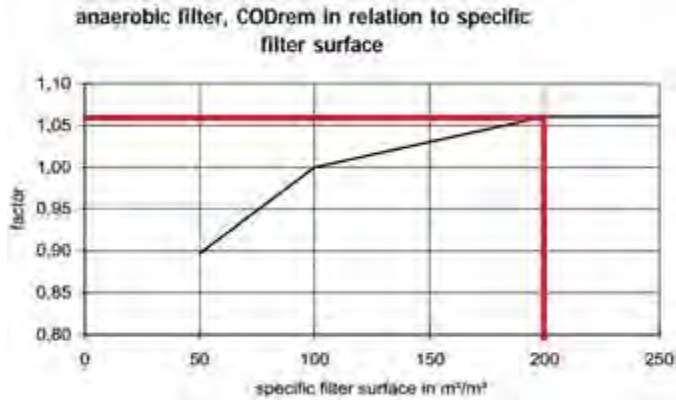
b. F-strength adalah nilai faktor yang menunjukkan hubungan antara CODrem di anaerobic filter dengan kekuatan atau konsentrasi COD pada air limbah. Penentuan nilai f-strength berdasarkan pada grafik f-strength pada Gambar 4.9. Dari grafik f-strength tersebut memasukkan nilai CODinf adalah sebesar 1443 mg/L maka dapat diketahui nilai f-strength adalah sebesar 0,96.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Kualitas Air Limbah pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)

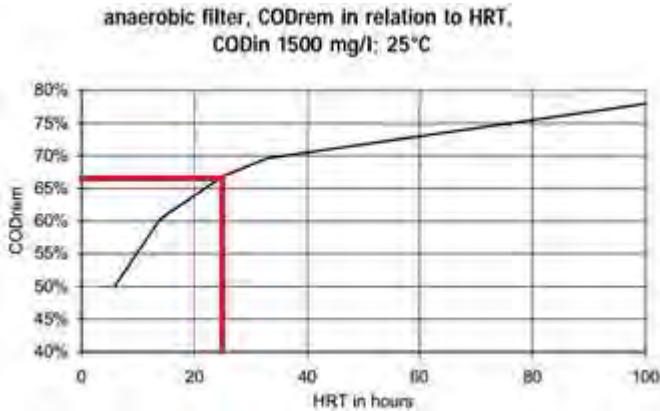
c. F-surface adalah nilai faktor yang menunjukkan hubungan antara CODrem di anaerobic filter dengan luas permukaan media filter. Penentuan nilai f-surface berdasarkan pada grafik f-surface pada Gambar 4.10. Dari grafik f-surface tersebut, dengan memasukkan nilai luas spesifik media filter adalah sebesar 200 m²/m³, maka dapat diketahui nilai fsurface adalah sebesar 1,06.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Luas Permukaan pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)

d. F-HRT adalah nilai faktor yang menunjukkan hubungan antara CODrem di anaerobic filter dengan lamanya waktu tinggal (Hydraulic Retention Time). Penentuan nilai f-HRT ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 4.11. Dari grafik tersebut dengan memasukkan nilai HRT pada anaerobik filter selama 24 jam maka didapatkan nilai f-HRT sebesar 0,67.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Efisiensi Removal COD dengan Nilai Hydraulic Retention Time pada Anaerobic Filter

(Sumber: Sasse, 1998)

$$\text{CODrem anaerobik filter} = f\text{-temp} \times f\text{-strengh} \times f\text{-surface} \times f\text{-HRT} \\ \times (1 + (\text{jumlah kompartemen} \times 0.04))$$

$$= 1,1 \times 0,96 \times 1,06 \times 0,67 \times (1 + (2 \times 0,04)) \\ = 81,34\%$$

$$\text{CODeff anaerobik filter} = \text{CODinf di AF} \times (1 - \text{CODrem AF}) \\ = 1443 \text{ mg/l} \times (1 - 81,34\%) \\ = 206,46 \text{ mg/l}$$

$$\text{CODrem Total} = 1 - (\text{CODeff AF} / \text{CODinf}) \\ = 1 - (206,46 \text{ mg/l} / 1443 \text{ mg/l}) \\ = 85,69\%$$

Rasio penyisihan = berdasarkan grafik rasio BOD/COD penyisihan BOD dan COD, dengan nilai penyisihan COD sebesar 81,34% maka

didapatkan nilai faktor penyisihan BOD sebesar 1,025 BODrem

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{CODrem Total} \times \text{faktor penyisihan BOD} \\ &= 85,69\% \times 1,025 \\ &= 87,83\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BODeff anaerobik filter} &= \text{BODinf} \times (1 - \text{BODrem Total}) \\ &= 894 \text{ mg/l} \times (1 - 87,83\%) \\ &= 108,76 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Bak Pengendap

Direncanakan:

Lebar = 1,2 m

Kedalaman efektif = 2 m

Dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Lumpur akumulasi} &= 0,005 \times 1 - (\text{interval pengurasan} \times \\ &0,014) \\ &= 0,005 \times 1 - (12 \times 0,014) \\ &= 0,0042 \text{ L/Kg.BOD} \end{aligned}$$

Volume bak pengendap

$$\begin{aligned} \text{(termasuk lumpur)} &= \text{Lumpur akumulasi} \times (\text{BODinf} - \text{BODinf di} \\ &\text{AF}) / 1000 \times \text{Interval pengurasan} \times 30 \times \\ &(\text{Qave air limbah/hari} + \text{HRT BP}) \times \\ &\text{Qave/jam} \\ &= 0,0042 \text{ l/Kg.BOD} \times (894 \text{ mg/l} - 672,88 \\ &\text{mg/l}) / 1000 \times 12 \times 30 \times (2,5 \text{ m}^3/\text{hari} + 2 \\ &\text{jam}) \times 0,10 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bak pertama} &= 2/3 \times \text{vol bak pengendap} / \text{lebar dalam} / \\ &\text{Hair pada inlet} \\ &= 2/3 \times 1,7 / 1,2 / 2 \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bak kedua} &= \text{panjang bak pertama} / 2 \\ &= 1,2 / 2 \\ &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume aktual BP} &= (\text{panjang bak pertama} + \text{panjang bak} \\ &\text{kedua}) \times \text{lebar dalam} \times \text{Hair pada inlet} \\ &= (1,2 + 0,6) \times 2 \times 2 \\ &= 7,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Lahan BP} = 7,2 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 3,6 \text{ m}^2$$

Perhitungan Dimensi Anaerobic Filter

Direncanakan:

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

$$\text{Panjang tiap kompartemen} = 0,80 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah kompartemen} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Ruang di bawah media} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Ketinggian media filter} = 1,05 \text{ m (25 cm di bawah muka air)}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \text{HRT} \times Q_{\text{ave}} / 24 \\ &= 24 \text{ jam} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{jam} / 24 \\ &= 2,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar kompartemen} &= \text{volume tangki} / \text{jumlah kompartemen} / \\ &((1/4 \times \text{kedalaman}) + (\text{panjang tiap} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{kompartemen} \times (\text{kedalaman} - \text{ketinggian} \\ & \text{media} \times (1 - \text{porositas media}))) \\ & = 2,5 / 2 / ((0,25 \times 2) + (0,80 \times (2 - 1,05 \times \\ & (1 - 0,98)))) \\ & = 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Produksi Biogas

Diasumsikan 70% CH₄ dan 50% larut

$$\begin{aligned} \text{Effluen bak pengendap} &= (\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{inf di AF}}) \times \text{Qave} \times 0,35 \\ & / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\ & = (1443 - 1106,30 \text{ mg/l}) \times 2,5 \\ & \text{m}^3/\text{hari} / 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\ & = 0,21 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Effluen AF} &= (\text{COD}_{\text{inf AF}} - \text{COD}_{\text{eff di AF}}) \times \text{Qave} \times \\ & 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\ & = (1106,30 \text{ mg/l} - 206,46 \text{ mg/l}) \times 2,5 \\ & \text{m}^3/\text{hari} / 0,35 / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\ & = 0,56 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi biogas total} &= \text{effluen bak pengendap} + \text{effluen AF} \\ &= 0,21 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,56 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,77 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Cek

$$\begin{aligned} \text{OLR} &= \text{COD}_{\text{inf AF}} \times \text{Qave} / 1000 / (\text{ketinggian} \\ & \text{media} \times \text{lebar kompartemen} \times \text{panjang} \\ & \text{tiap kompartemen} \times \text{porositas media} \times \\ & \text{jumlah kompartemen}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1106,30 \text{ mg/l} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / \\
&(2,05 \text{ m} \times 5,38 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,98 \times 5) \\
&= 0,31 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hari} (< 4,5 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hari}) \\
\text{vup} &= Q_{\text{ave}} \text{ per jam} / (\text{lebar kompartemen} \times \\
&\text{panjang kompartemen} \times \text{porositas media}) \\
&= 0,10 \text{ m}^3/\text{jam} / (0,39 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,98) \\
&= 0,25 \text{ m/jam} (< 2 \text{ m/jam})
\end{aligned}$$

b.) Mass balance

Perhitungan kesetimbangan massa diperlukan untuk mengetahui proses yang terjadi pada setiap unit. Perhitungan mass balance untuk unit anaerobic filter ini sebagai berikut:

Influen

Masuk ke unit Bak pengendap

$$Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

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

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (1443 \text{ mg/l} / 1000)$$

$$= 4,99 \text{ kg COD/hari}$$

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

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (894 \text{ mg/l} / 1000)$$

$$= 3,09 \text{ kg BOD/hari}$$

Bak pengendap

$$\text{Efisiensi penyisihan COD} = 23,33\%$$

$$\text{Efisiensi penyisihan BOD} = 24,73\%$$

Masuk ke unit Anaerobic Filter

$$Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODeff} &= Q \times \text{COD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (1106,30 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 3,83 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODeff} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (672,88 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 2,33 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODrem} &= \text{MCODinf} - \text{MCODeff} \\ &= 4,99 \text{ kg COD/hari} - 3,83 \text{ kg COD/hari} \\ &= 1,16 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODrem} &= \text{MBODinf} - \text{MBODeff} \\ &= 3,09 \text{ kg BOD/hari} - 2,33 \text{ kg BOD/hari} \\ &= 0,76 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

Produksi Biogas di Bak Pengendap Dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{COD tersisihkan} = 1,16 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produksi gas methane} = 0,82 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

$$\text{Biogas ditangkap} = 0,41 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

Anaerobic Filter

$$\text{Efisiensi penyisihan COD} = 83,1\%$$

$$\text{Efisiensi penyisihan BOD} = 89,22\%$$

Effluen dari Anaerobic Filter

$$Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODeff} &= Q \times \text{COD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (148,96 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 0,71 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODeff} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (98,76 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 0,38 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODrem} &= \text{MCODinf} - \text{MCODeff} \\ &= 3,83 \text{ kg COD/hari} - 0,71 \text{ kg COD/hari} \\ &= 3,12 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODrem} &= \text{MBODinf} - \text{MBODeff} \\ &= 2,33 \text{ kg BOD/hari} - 0,38 \text{ kg BOD/hari} \\ &= 1,95 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

Produksi Biogas di Anaerobic Filter Dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

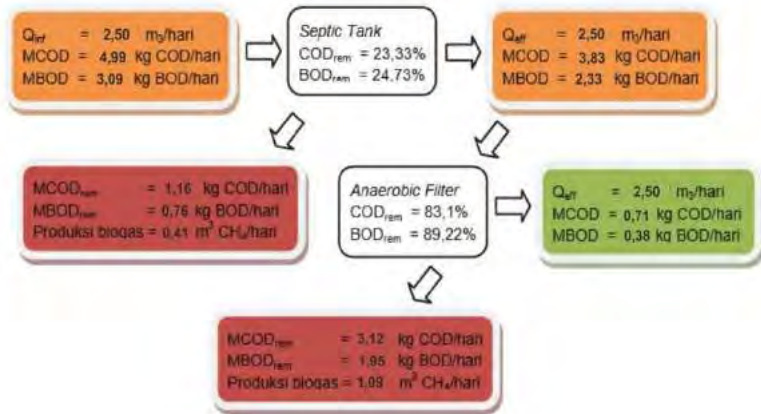
$$\text{COD tersisihkan} = 3,12 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produksi gas methane} = 2,18 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

$$\text{Biogas ditangkap} = 1,09 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi biogas total} &= 0,41 \text{ m}^3/\text{hari} + 1,09 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Skema mass balance pada IPAL unit Anaerobic Filter disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Skema Mass Balance IPAL Anaerobic Filter

Cek Desain Menggunakan 2x Debit dan 1/2x Debit

Pada perencanaan ini dilakukan pengecekan pada desain IPAL yang telah direncanakan menggunakan 2x debit (Q_{max}) dan 1/2x debit (Q_{min}). Tujuan dari pengecekan ini adalah untuk mengetahui apakah hasil desain yang menggunakan debit rata-rata mampu untuk mengolah air limbah ketika terjadi debit maksimum dan minimum. Setelah dilakukan perhitungan desain dengan 2x debit (Q_{max}) dan 1/2x debit (Q_{min}) maka perbandingan hasil perhitungan dengan kriteria desain dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria Desain dengan Perencanaan
2x Debit dan 1/2x Debit**

Parameter	Kriteria Desain	Perencanaan 2x Debit	Perencanaan 1/2x Debit
Beban Organik	<4,5 Kg COD/ m ³ .hari	2,4 kg/m ³ .hari	2,4 kg/ m ³ .hari
HRT Tangki Septik	2 jam	2 jam	2 jam
HRT AF	24 - 48 jam	24 jam	24 jam
BOD Removal	70% - 90%	87,83%	87,83%
Rasio SS/COD	0,35 – 0,45	0,40	0,40
Luas Spesifik Media	80 - 200 m ² / m ³	200 m ² / m ³	200 m ² / m ³
V up	<2 m/jam	0,19 m/jam	0,03 m/jam

c.) Gambar Detail

Setelah dimensi unit IPAL didapatkan, proses desain dilanjutkan dengan menggambar sesuai hasil perhitungan dimensi menggunakan program AutoCAD 2007. Gambar desain dapat dilihat pada Gambar 4.13 – Gambar 4.18

d.) Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah gambaran perbandingan level muka air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ditentukan berdasarkan besaran penurunan level muka air akibat beberapa hal. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya penurunan level muka air antara lain jatuhnya, belokan, kecepatan aliran air di bangunan, kecepatan aliran air ketika melewati perforated baffle, atau kecepatan aliran

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

air ketika melewati media filter. Menurut Marsono (1995), dalam menentukan profil hidrolis perlu menggunakan persamaan headloss dalam bangunan dan media filter. Menurut Subramanya (1984), headloss karena kecepatan aliran di unit IPAL ditentukan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach untuk bangunan open channel.

$$H_f = f \times L \times 4R \times v^2 / 2g$$

$$f = 1.5 \times (0,01989 + 0,0005078 \times 4R)$$

L = panjang bangunan (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

v = 0,33 m/s (kecepatan aliran)

g = 9,81 m/s

Menurut Marsono (1995), headloss dalam media filter ditentukan berdasarkan persamaan turunan dari Carman Kozeny.

Headloss di media filter

$$H_f = 8,9 \cdot 10^{-5} \times v \times D^{-2}$$

v = kecepatan aliran (m/s) = 0,33 m/s

D = diameter/tebal media (mm) = 0,05 cm

Headloss jatuhan dan belokan didasarkan pada persamaan Manning. Aliran air yang masuk dalam pipa inlet memiliki headloss akibat adanya jatuhan dan belokan aliran air dalam bangunan.

$$H_f = (v \cdot n \cdot 1 \cdot R^{2/3})^2 \cdot L$$

v = 0,33 m/s (kecepatan aliran)

n = 0,013 (kekasaran beton)

R = jari-jari hidrolis (m)

L = panjang jatuhan atau belokan

Septic Tank

Kompartemen 1

Headloss kecepatan 1

$$P (b) = 2,4 \text{ m}$$

$$L (y) = 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= b \times y \times b+2y \\ &= (2,4 \times 1,2) / (2,4 + 2 \times 1,2) \\ &= 1,04 \text{ f} \\ &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078/4 \times 1,04) \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f = 0,03 \times 3,2 \times 4 \times 1,04 \times 0,332 / 2 \times 9,81 = 0,0001 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 1

$$L \text{ jatuhan} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_f &= (v \cdot n \cdot 1 \cdot R^2/3)^2 \cdot L \\ H_f &= (0,33 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot 1,04^2/3)^2 \cdot 3 \\ &= 0,0000431 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss belokan 1

$$L \text{ belokan} = 3,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_f &= (v \cdot n / 1 \cdot R^2/3)^2 \cdot L \\ H_f &= (0,33 \cdot 0,013 / 1 \cdot 1,04^2/3)^2 \cdot 3,2 \\ &= 0,000046 \text{ m} \end{aligned}$$

Bangunan 2

Headloss kecepatan 2

$$P (b) = 1,6 \text{ m}$$

$$L (y) = 3 \text{ m}$$

$$R = b \times y \times b+2y$$

$$= 1,6 \times 3/1,6 + 2 \times 3$$

$$= 0,632 \text{ m}$$

$$f = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 \times 4 \times 0,632) = 0,03 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_f &= 0,03 \times 1,6 \times 4 \times 0,632 \times 0,332 \times 2 \times 9,81 \\ &= 0,00008 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss jatuhan 2

$$L \text{ jatuhan} = 2,65 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n \cdot 1 \cdot R^2/3)^2 \cdot L$$

$$\begin{aligned} H_f &= (0,33 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot 0,632^2/3)^2 \cdot 2,65 \\ &= 0,0000744 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss belokan 2

$$L \text{ belokan} = 1,6 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n \cdot 1 \cdot R^2/3)^2 \cdot L$$

$$\begin{aligned} H_f &= (0,33 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot 0,632^2/3)^2 \cdot 1,6 \\ &= 0,0000449 \text{ m} \end{aligned}$$

Anaerobic Filter

Pada perencanaan IPAL ini, unit anaerobic filter, memiliki ukuran tinggi inlet dan panjang masing-masing bangunan yang sama, sehingga dalam perhitungan headloss jatuhan, belokan, perforated baffle, dan media filter memiliki nilai headloss yang sama.

Headloss jatuhan dan belokan

$$L \text{ jatuhan} = 2,55 \text{ m}$$

$$L \text{ belokan} = 3 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n \cdot 1 \cdot R^2/3)^2 \cdot L$$

$$H_f = (0,33 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot 1,132/3)^2 \cdot 2,55$$

$$= 0,000033 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n \cdot 1.48 R^{2/3})^2 \cdot L$$

$$H_f = (0,33 \cdot 0,013 \cdot 1.48 \cdot 1,13^{2/3})^2 \cdot 3$$

$$= 0,000039 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan headloss, diketahui bahwa penurunan level muka air pada effluen septic tank sebesar 0,04 cm. Penurunan level muka air pada unit aerobic filter dengan 2 kompartemen adalah sebesar 0,39 cm.

e.) BOQ & RAB

Setelah proses menggambar desain unit IPAL, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan serta menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai pertimbangan bagi pemrakarsa atau investor pengembang tempat pelelangan ikan. Proses perhitungan rencana anggaran biaya didasarkan pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015. Proses perhitungan menggunakan program Microsoft excel 2007. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2015 untuk unit IPAL Anaerobic Filter disajikan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 HSPK Kota Surabaya 2015

Unit IPAL Anaerobic Filter

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah (Rupiah)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembongkaran dan Pemasangan Dinding Tembok dengan Pembersihan		m ²		
	upah				
	Mandor	0,05	O.H	120.000	6.000
	Pembantu tukang	1	O.H	99.000	99.000
				Jumlah Total	105.000
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik		Titik		
	upah				
	Mandor	0,0045	O.H	120.000	540
	Kepala tukang	0,01	O.H	110.000	1.100
	Tukang	0,1	O.H	105.000	10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	99.000	9.900
				Jumlah	22.040
	Bahan/Material				
	Kayu meranti (bekisting)	0,008	m ³	3.200.000	25.600
	Kayu meranti (usuk 4/6)	0,012	m ³	4.500.000	54.000
	Paku biasa 2" - 5"	0,05	doz	27.000	1.350
				Jumlah	80.950
				Jumlah Total	102.990

c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)		m		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,005	O.H	120.000	600
	Kepala tukang	0,01	O.H	110.000	1.100
	Tukang	0,1	O.H	105.000	10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	99.000	9.900
				Jumlah	22.100
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (PAPAN 2/20)	0,007	m ³	2.830.000	19.810
	Kayu meranti (usuk 5/7)	0,012	m ³	4.500.000	54.000
	Paku biasa 2" - 5"	0,02	doz	27.000	540
				Jumlah	74.350
				Jumlah Total	96.450
	d.	Pembuatan Direksi Kit		m ²	
<u>upah</u>					
Mandor		0,005	O.H	120.000	600
Kepala tukang		0,3	O.H	110.000	33.000
Tukang		1	O.H	105.000	105.000
Tukang		2	O.H	105.000	210.000
Pembantu tukang		2	O.H	99.000	198.000
				Jumlah	546.600
<u>Bahan</u>					
semen PC (50 kg)		0,7	Zak	66.000	46.200
Pasir pasang plester		0,15	m ³	168.400	25.260

pasir cor/beton	0,1	m ³	232.100	23.210
Batu pecah mesin 2/3 cm	0,15	m ³	262.000	39.300
Seng Gelombang BJLS 30 uk. (80x180 cm)	0,25	Lembar	59.000	14.750
Plat besi/baja	1,1	Kg	25.000	27.500
Paku biasa 2" - 5"	0,85	Doz	27.000	22.950
Triplek uk. 110 x 210 x 4 mm	0,06	Lembar	67.700	4.062
Kayu meranti usuk 4/6	0,18	m ³	4.500.000	810.000
Dolken kayu gelam 8-10/400cm	1,25	Batang	8.500	10.625
			Jumlah	1.013.232
			Jumlah Total	1.559.832
PEKERJAAN TANAH				
Penggalian Tanah		m ³		
upah				
Mandor	0,025	O.H	120.000	3.000
Pembantu tukang	0,75	O.H	99.000	74.250
			Jumlah	77.250
Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian		m ³		
upah				
Mandor	0,0075	O.H	120.000	900
Pembantu tukang	0,15	O.H	99.000	14.850
			Jumlah	15.750
Pengurugan Tanah kembali untuk Konstruksi		m ³		
upah				
Mandor	0,019	O.H	120.000	2.280

Pembantu tukang	0,102	O.H	99.000	10.098
			Jumlah	12.378
Pengangkutan Tanah keluar Proyek		m3		
upah				
Pembantu tukang	0,25	O.H	99.000	24.750
Sewa peralatan				
Sewa dump truk 5 ton	0,25	jam	66.100	16.525
			Jumlah Total	41.275
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)		m3		
upah				
Mandor	0,265	O.H	120.000	31.800
Kepala tukang	0,262	O.H	110.000	28.820
Tukang	1,3	O.H	105.000	136.500
Tukang	0,275	O.H	105.000	28.875
Tukang	1,05	O.H	105.000	110.250
Pembantu tukang	5,3	O.H	99.000	524.700
			Jumlah	860.945
Bahan				
semen PC 40 kg	8,4	Zak	63.000	529.200
Pasir cor/beton	0,54	m3	232.100	125.334
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	466.000	377.460
Besi beton polos	157,5	Kg	12.000	1.890.000
Paku triplek/eternit	1,5	Kg	22.000	33.000
Kawat ikat	2,25	Kg	23.000	51.750
Kayu meranti bekisting	0,2	m3	3.200.000	640.000

Minyak Bekisting	0,4	Liter	28.300	11.320
			Jumlah	3.658.064
			Jumlah Total	4.519.009
Pekerjaan Beton K-225		m3		
upah				
Mandor	0,083	O.H	120.000	9.960
Kapala tukang	0,028	O.H	110.000	3.080
Tukang	0,275	O.H	105.000	28.875
Pembantu tukang	1,65	O.H	99.000	163.350
			Jumlah	205.265
Bahan				
semen PC 40 Kg	9,275	Zak	63.000	584.325
Pasir cor/beton	0,43625	m3	232.100	101.254
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,551053	m3	466.000	256.791
Air kerja	215	Liter	27	5.805
			Jumlah	948.174
			Jumlah Total	1.153.439
Pekerjaan bekisting dinding		m2		
upah				
Mandor	0,0004	O.H	120.000	48
Kapala tukang	0,0007	O.H	110.000	77
Tukang	0,007	O.H	105.000	735
Pembantu tukang	0,007	O.H	99.000	693
			Jumlah	1.553
Bahan				
Paku triplek/eternit	0,4	Kg	22.000	8.800
Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	Lembar	93.600	32.760

	Kayu kamper balok 4/6	0,02	m3	6.400.000	128.000
	kayu meranti bekisting	0,03	m3	3.200.000	96.000
	Minyak bekisting	0,2	Liter	28.300	5.660
				Jumlah	271.220
				Jumlah Total	272.773

IV	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'		m		
	upah				
	Mandor	0,0041	O.H	120.000	492
	Kapala tukang	0,0135	O.H	110.000	1.485
	Tukang	0,135	O.H	105.000	14.175
	Pembantu tukang	0,81	O.H	99.000	80.190
				Jumlah	96.342
	Bahan				
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,3	Batang	89.000	26.700
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,105	Batang	89.000	9.345
				Jumlah	36.045
				Jumlah Total	132.387
	Pemasangan Media Sarang Tawon				
	upah				
	Mandor	0,04	O.H	120.000	4.800
	Tukang	0,4	O.H	105.000	42.000
				Jumlah	46.800
	Bahan				
	Media sarang tawon	0,5	m3	2.083.333	1.041.667
				Jumlah	1.041.667
				Jumlah Total	1.088.467
	Pemasangan Pompa				
	upah				
	Mandor	0,04	O.H	120.000	4.800
	Tukang	0,4	O.H	105.000	42.000
				Jumlah	46.800
	Bahan				
	Pompa	1	unit	3.900.000	3.900.000
				Jumlah	3.900.000

				Jumlah Total	3.946.800
--	--	--	--	--------------	-----------

Dari HSPK Kota Surabaya 2015 diatas selanjutnya dihitung *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sesuai dengan volume kegiatan pekerjaan. Hasil perhitungan lengkap bisa dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 BOQ dan RAB Unit IPAL Anaerobic Filter

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Vol.	Harga Satuan (Rupiah)	Harga Total (Rupiah)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pemasangan dan Pembongkaran Dinding Tembok dengan Pembersihan	m ²	3,84	105.000	403.200
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik	titik	20	102.990	2.059.800
c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)	m	15	96.450	1.446.750
d.	Pembuatan Direksi Kit	m ²	10	1.559.832	15.598.320
II	PEKERJAAN TANAH				
a.	Penggalian Tanah	m ³	2,54	77.250	196.061
b.	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian	m ³	2,54	15.750	39.974

c.	Pengurugan Tanah kembali untuk Konstruksi	m ³	1,80	12.378	22.280
d.	Pengangkutan Tanah keluar Proyek	m ³	2,54	41.275	104.839
III	PEKERJAAN BETON				
a.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m ³	6	4.519.009	27.114.054
b.	Pekerjaan Beton K-225	m ³	3,00	1.153.439	3.462.048
c.	Pekerjaan bekisting dinding	m ²	10,05	272.773	2.729.094
IV	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 1 1/2'	m	3	132.387	397.161
b.	Pemasangan Media Sarang Tawon	m ³	2,016	1.088.467	2.194.348
c.	Pemasangan Pompa	unit	1	3.946.800	3.946.800
V	TOTAL				59.609.889

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL Anaerobic Filter dengan debit sebesar 2,5 m³/hari adalah sebesar Rp 59.609.889,-.

4.3.3 Upflow Anaerobic Sludge Blanket

a.) Perhitungan dimensi

Perhitungan dimensi didasarkan pada kriteria desain unit IPAL menurut Chernicharo (2007), yaitu diantaranya:

Kriteria desain untuk Upflow Anaerobic Sludge Blanket meliputi:

- t_d : >6 jam (untuk suhu pengolahan >26 0C)
- OLR : 2,5 - 3,5 kgCOD/m³.hari
- Influen area tiap distributor : 0,5 - 1 m²
- Y : 1020 - 1040 kg/m³
- Upflow velocity : 0,5 - 1,1 m/jam
- Tinggi reaktor : 3 - 5 m

Pada desain 2 unit IPAL ini akan didesain bak ekualisasi dan bak pengendap yang memiliki desain dan fungsi yang sama dengan bak pengendap pada desain 1 unit IPAL agar perbandingan yang dihasilkan lebih akurat. Untuk desain bak ekualisasi identik dengan bak ekualisasi pada desain 1 unit IPAL. Perbedaannya hanya pada jenis pompa yang dipakai karena perbedaan tinggi unit IPAL selanjutnya. Sehingga perhitungan untuk pompa bak ekualisasi pada desain 2 unit IPAL ini adalah sebagai berikut:

Diketahui

$$Q = 0,00004 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 = 0,00008 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v.\text{asumsi} = 2 \text{ m/s}$$

Dihitung

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang pipa (A)} &= Q/v \\ &= 0,00008 \text{ m}^3/\text{s} / 2 \text{ m/s} \\ &= 0,00004 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A = 1/4 \pi d^2$$

$$d = (A / (1/4 \pi))^{0,5}$$

$$d = (0,00004 \text{ m}^2 / (0,25 \times 3,14))^{0,5}$$

$$d = 0,007142 \text{ m} = 7,14 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm (dipakai)}$$

$$A_{\text{cek}} = 1/4 \pi (0,1)^2$$

$$= 0,000314 \text{ m}^2$$

$$v_{\text{cek}} = Q / A$$

$$= 0,00008 \text{ m}^3/\text{s} / 0,000314 \text{ m}^2$$

$$= 0,26 \text{ m/s}$$

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

$$H_f \text{ statis} = 1,31 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sistem} = \text{mayor losses} + \text{minor losses}$$

$$\text{Mayor losses } L_{\text{suction}} = 0$$

$$H_f = 0$$

$$L_{\text{discharge}} = 18,32 \text{ m}$$

$$H_f \text{ discharge} = [Q (0,00155 \times c \times d^{2,63})]^{1,85} \times L$$

$$= [2,5 (0,00155 \times 120 \times 102,63)]^{1,85} \times 18,32$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

Minor losses

- Tee untuk pembagi debit ($K = 0,9$)

$$H_f = [K \times v^2 / 2g]$$

$$= [0,9 \times 0,65^2 / 2(9,8)]$$

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

- Belokan 90° ($K = 0,5$)

$$H_f = [K \times v^2 / 2g]$$

$$= [0,5 \times 0,65^2 / 2(9,8)]$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

- Hf kecepatan

$$H_f = [v^2/2g]$$

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

$$\text{- Minor losses total} = 0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m} + 0,02 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sistem} = 0,11 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,16 \text{ m}$$

$$H_f \text{ total} = H_f \text{ statis} + H_f \text{ sistem}$$

$$= 5,31 \text{ m} + 0,16 \text{ m}$$

$$= 5,47 \text{ m}$$

Penentuan jenis pompa yang akan digunakan dalam perencanaan ini menggunakan software Webcaps dari peodusen pompa Grundfos. Pompa yang digunakan adalah tipe S1.80.200.75.4.50E.S.198.G.N.D dengan nomor produk 95113676.

Perhitungan Bak Pengendap

Diketahui:

$$Q_{ave} = 2,42 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$COD_{inf} = 1443 \text{ mg/l}$$

$$BOD_{inf} = 894 \text{ mg/l}$$

Direncanakan:

$$\text{Suhu pengolahan} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$\text{Pengurasan lumpur} = 36 \text{ bulan}$$

$$T_d \text{ Bak pengendap} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Rasio SS/COD} = 0,40 \rightarrow 0,35 - 0,45 \text{ untuk limbah hasil perikanan}$$

Dihitung:

$$Q \text{ per jam} = Q_{ave} / \text{waktu pengaliran}$$

$$= 2,42 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}$$

$$= 0,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Rasio COD/BOD} = \text{COD}_{\text{inf}} / \text{BOD}_{\text{inf}}$$

$$= 1443 \text{ mg/l} / 894 \text{ mg/l}$$

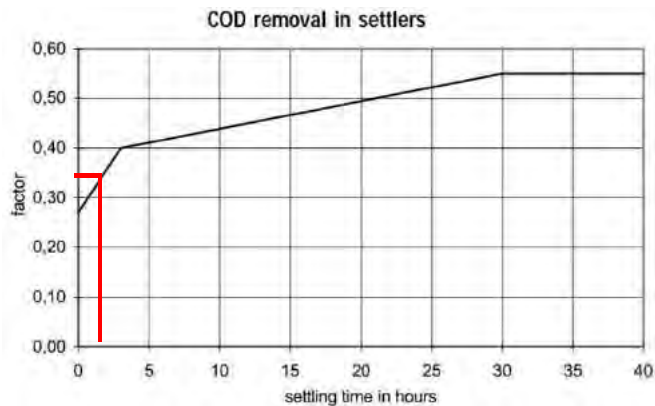
$$= 1,61$$

$$\text{CODrem bak pengendap} = \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times (\text{HRT}-1) \times 0,1 / 2 + 0,3$$

$$= 0,4 / 0,6 \times (2-1) \times (0,1 / 2 + 0,3)$$

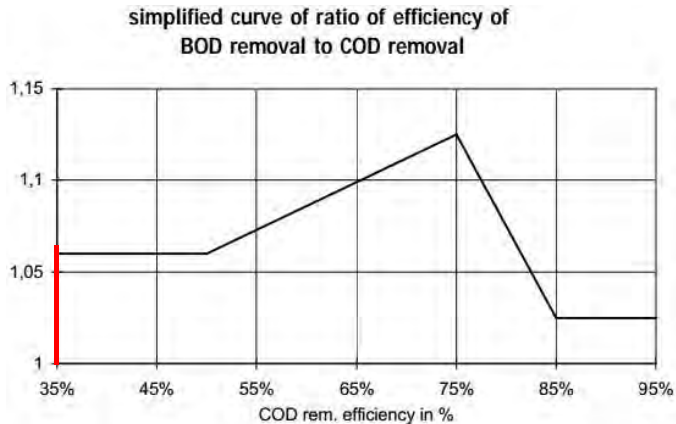
$$= 23,33 \%$$

Perhitungan diatas berkaitan dengan Gambar 4.22



Gambar 4.17 Grafik COD Removal pada Tangki Septik
(Sumber: Sasse, 1998)

Rasio BODrem/CODrem ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 4.17. Dengan nilai CODrem sebesar 23,33% maka didapatkan nilai rasio BODrem/CODrem sebesar 1,06.



**Gambar 4.18 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan
COD**

(Sumber: Sasse, 1998)

BODrem bak pengendap = rasio BODrem/CODrem x

CODrem bak pengendap

$$= 1,06 \times 23,33\%$$

$$= 24,73\%$$

CODinf di UASB = CODinf x (1 - CODrem bak pengendap)

$$= 1443 \text{ mg/l} \times (1 - 23,33\%)$$

$$= 1106,37 \text{ mg/l}$$

BODinf di UASB = BODinf x (1 - BODrem bak pengendap)

$$= 894 \text{ mg/l} \times (1 - 24,73\%)$$

$$= 672,88 \text{ mg/l}$$

Perhitungan Dimensi Bak Pengendap

Direncanakan:

Lebar = 2 m

Kedalaman efektif = 2 m

Dihitung:

$$\begin{aligned}\text{Lumpur akumulasi} &= 0,005 \times 1 - (\text{interval pengurasan} \times \\ &0,014) \\ &= 0,005 \times 1 - (12 \times 0,014) \\ &= 0,0042 \text{ L/Kg.BOD}\end{aligned}$$

Volume bak pengendap

$$\begin{aligned}(\text{termasuk lumpur}) &= \text{Lumpur akumulasi} \times (\text{BOD}_{\text{inf}} - \text{BOD}_{\text{inf}} \text{ di} \\ &\text{AF}) / 1000 \times \text{Interval pengurasan} \times 30 \times \\ &(\text{Qave air limbah/hari} + \text{HRT BP}) \times \\ &\text{Qave/jam} \\ &= 0,0042 \text{ l/Kg.BOD} \times (894 \text{ mg/l} - 672,88 \\ &\text{mg/l}) / 1000 \times 12 \times 30 \times (2,5 \text{ m}^3/\text{hari} + 2 \\ &\text{jam}) \times 0,10 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1,7 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang bak pertama} &= 2/3 \times \text{vol bak pengendap} / \text{lebar dalam} / \\ &\text{Hair pada inlet} \\ &= 2/3 \times 1,7 / 1,2 / 2 \\ &= 1,2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang bak kedua} &= \text{panjang bak pertama} / 2 \\ &= 1,2 / 2 \\ &= 0,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume aktual BP} &= (\text{panjang bak pertama} + \text{panjang bak} \\ &\text{kedua}) \times \text{lebar dalam} \times \text{Hair pada inlet} \\ &= (1,2 + 0,6) \times 2 \times 2 \\ &= 7,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Luas Lahan BP} = 7,2 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 3,6 \text{ m}^2$$

Perhitungan Dimensi Upflow Anaerobic Sludge Blanket

Diketahui:

$$Q_{ave} = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{COD}_{inf} = 1106,37 \text{ mg/l}$$

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

$$\text{BOD}_{inf} = 672,88 \text{ mg/l}$$

$$= 0,67 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{TSS} = 280 \text{ mg/l}$$

$$= 0,28 \text{ kg/ m}^3$$

$$T = 30^{\circ}\text{C}$$

$$Y_{obs} = 0,2 \text{ kgCOD}_{sludge}/\text{kgCOD}_{app} (0,11 - 0,23)$$

$$Y = 0,15 \text{ kgTSS}/\text{kgCOD}_{app} (0,1 - 0,2)$$

$$Y = 1.020 \text{ kg/ m}^3 (1.020 - 1.040)$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$K_{COD} = 64 \text{ gCOD}/\text{molL}$$

$$R = 0,08206 \text{ atm.L}/\text{mol.K}$$

$$t_d = 6 \text{ jam}$$

Dihitung:

$$\text{Beban COD (Lo)} = Q_{ave} \times \text{COD}_{inf}$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,1 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 7,65 \text{ kgCOD}/\text{hari}$$

$$\text{Volume total (V)} = Q_{ave} \times t_d$$

$$= 0,14 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam}$$

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

$$\text{Tinggi reaktor (H)} = 2,5 \text{ m (2-5)}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = V/H$$

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

$$= 0,29 \text{ m}^2 \approx 0,30 \text{ m}^2$$

Dimensi reaktor:

$$A = p \times l$$

$$0,3 \text{ m}^2 = p \times l$$

$$\text{ditentukan} \rightarrow p = 1,44 \text{ m}$$

$$l = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Koreksi volume} \rightarrow V = A \times H = 0,3 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 0,9 \text{ m}^3$$

$$\text{Koreksi td} \rightarrow t_d = V / Q_{ave}$$

$$= 0,9 \text{ m}^3 / 0,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 6,43 \text{ jam} \approx 6 \text{ jam}$$

$$\text{HLR} = Q_{ave} / V$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 30 \text{ m}^3$$

$$= 0,12 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{hari}$$

$$\text{OLR} = (Q_{ave} \times \text{COD}_{inf}) / V$$

$$= (2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,194 \text{ kg} / \text{m}^3) / 30 \text{ m}^3$$

$$= 0,02 \text{ kgCOD} / \text{m}^3 \cdot \text{hari}$$

$$v_{up} = Q_{ave} / A$$

$$= 0,14 \text{ m}^3/\text{jam} / 0,3 \text{ m}^2$$

$$= 0,47 \text{ m}/\text{jam}$$

Sistem influen

Jumlah pipa distribusi (Nd)

Berdasarkan kriteria desain untuk tipe lumpur berbentuk granular, maka area influen untuk tiap pipa distribusi seluas 1 m². Sehingga:

$$\begin{aligned}Nd &= \text{luas penampang (A) / luas area influen tiap pipa} \\ &= 0,3 \text{ m}^2 / 1 \text{ m}^2 \\ &= 0,3 \text{ buah} \rightarrow 1 \text{ pipa mengikuti panjang reaktor}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CODrem} &= 100 \times (1 - 0,68 \times t^{0,35}) \\ &= 63,23\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BODrem} &= 100 \times (1 - 0,7 \times t^{0,35}) \\ &= 79,37\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CODeff} &= \text{CODinf} \times (1 - \text{CODrem}) \\ &= 1106,37 \text{ mg/l} \times (1 - 0,6323) \\ &= 406,77 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BODeff} &= \text{BODinf} \times (1 - \text{BODrem}) \\ &= 672,88 \text{ mg/l} \times (1 - 0,7937) \\ &= 138,80 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Dikarenakan konsentrasi COD dan BOD pada effluen air limbah belum memenuhi baku mutu, maka pada perencanaan ini akan dibuat 2 unit UASB yang disusun secara seri agar konsentrasi COD dan BOD pada effluen air limbah dapat memenuhi baku mutu yang berlaku. Sehingga dapat dihitung konsentrasi COD dan BOD pada effluen air limbah dari reaktor UASB yang kedua:

$$\begin{aligned}\text{CODeff} &= \text{CODinf} \times (1 - \text{CODrem}) \\ &= 406,77 \text{ mg/l} \times (1 - 0,6323) \\ &= 149,56 \text{ mg/l (memenuhi baku mutu)}\end{aligned}$$

$$\text{BODeff} = \text{BODinf} \times (1 - \text{BODrem})$$

$$= 138,80 \text{ mg/l} \times (1 - 0,7937)$$

$$= 28,63 \text{ mg/l (memenuhi baku mutu)}$$

Produksi gas metan

Reaktor 1

$$\text{CODCH}_4 = Q_{\text{ave}} \times [(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) - Y_{\text{obs}} \times \text{COD}_{\text{inf}}]$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times [(1,12 \text{ kg/m}^3 - (406,77 \text{ mg/l} / 1.000)) - 0,2$$

$$\text{ kgCODsludge/kgCODappl} \times 1,12 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,77 \text{ kgCOD/hari}$$

$$K(t) = (P \times K_{\text{COD}}) / [R \times (273 + T)]$$

$$= (1 \text{ atm} \times 64 \text{ gCOD/mol}) / [0,082 \text{ atm.L/mol.K} \times (273 +$$

$$30^\circ\text{C})]$$

$$= 2,57 \text{ kgCOD/m}^3$$

$$Q_{\text{CH}_4} = \text{CODCH}_4 / K(t)$$

$$= 1,77 \text{ kgCOD/hari} / 2,57 \text{ kgCOD/m}^3$$

$$= 0,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Reaktor 2

$$\text{CODCH}_4 = Q_{\text{ave}} \times [(\text{COD}_{\text{inf}} - \text{COD}_{\text{eff}}) - Y_{\text{obs}} \times \text{COD}_{\text{inf}}]$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times [(0,406 \text{ kg/m}^3 - (149,56 \text{ mg/l} / 1.000)) -$$

$$0,2 \text{ kgCODsludge/kgCODappl} \times 0,065 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,85 \text{ kgCOD/hari}$$

$$K(t) = (P \times K_{\text{COD}}) / [R \times (273 + T)]$$

$$= (1 \text{ atm} \times 64 \text{ gCOD/mol}) / [0,082 \text{ atm.L/mol.K} \times (273 +$$

$$30^\circ\text{C})]$$

$$= 2,57 \text{ kgCOD/m}^3$$

$$Q_{\text{CH}_4} = \text{CODCH}_4 / K(t)$$

$$= 0,85 \text{ kgCOD/hari} / 2,57 \text{ kgCOD/m}^3$$

$$= 0,33 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{CH_4} \text{ total} = Q_{CH_4} (1) + Q_{CH_4} (2)$$

$$= 0,69 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,33 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produksi biogas

Perhitungan produksi biogas telah dilakukan saat menghitung produksi gas metan dengan asumsi bahwa 75% dari total biogas tersebut adalah gas metan. Sehingga produksi biogas total adalah:

$$Q_g = Q_{CH_4} / 75\%$$

$$= 1,02 \text{ m}^3/\text{hari} / 0,75$$

$$= 1,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dimensi penangkap gas

$$\text{Jumlah pengumpul gas tiap reaktor} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Panjang tiap pengumpul gas (Lg)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panjang pengumpul gas (Lt)} &= 1 \text{ buah} \times 0,2 \text{ m} \times 2 \\ &\text{reaktor} \\ &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar bagian atas penangkap gas (Wg)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total area dari penangkap gas (Ai)} &= Lt \times Wg \\ &= 1,2 \times 0,25 \\ &= 0,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Verifikasi biogas release rate pada pengumpul gas dengan persamaan berikut:

$$K_g = Q_g / A_i$$

$$= (1,36 \text{ m}^3/\text{hari} / 24) / 0,3 \text{ m}^2$$

$$= 0,20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$$

Sehingga dimensi penangkap gas adalah:

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

$$\text{Lebar} = 0,25 \text{ m}$$

Dimensi celah pada kompartemen pengendap

$$\text{Jumlah celah tunggal} = 2 \text{ (1 pada tiap reaktor)}$$

$$\text{Jumlah celah ganda} = 2 \text{ (1 pada tiap reaktor)}$$

$$\text{Ekuivalen jumlah dari celah tunggal} = 2 + 2 \times 2 = 8$$

$$\text{Panjang tiap celah (La)} = 0,5 \text{ m (sepanjang lebar reaktor)}$$

$$\text{Ekuivalen panjang dari bukaan tunggal (Lt)} = 8 \times 0,25 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiap celah (Wa)} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Total area celah (At)} = \text{Lt} \times \text{Wa}$$

$$= 2 \times 0,4$$

$$= 0,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Cek } v \text{ pada saat melewati celah (va)} \quad \text{va} = \text{Qave} / \text{At}$$

$$= 0,14 \text{ m}^3/\text{jam} / 0,8 \text{ m}^2$$

$$= 0,175 \text{ m}/\text{jam}$$

Sehingga dimensi tiap celah yaitu:

$$\text{Celah tunggal : panjang} = 0,25 \text{ m ; lebar} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Celah ganda : panjang} = 0,25 \text{ m ; lebar} = 0,4 \text{ m}$$

Dimensi kompartemen pengendapan

$$\text{Jumlah kompartemen pengendap} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Panjang tiap pengendap (Ls)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Total panjang pengendap (Lt)} = 2 \times 0,25 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tiap penangkap gas (Wg)} = 0,3 \text{ m (0,25 + 0,05 tebal dinding)}$$

Lebar tiap pengendap (W_s) = $0,4 \text{ m} / 3 = 1,33 \text{ m}$

Lebar efektif tiap pengendap (W_e) = $1,33 \text{ m} - 0,3 \text{ m} = 1,03 \text{ m}$

Total area pengendap (A_s) = $L_t \times W_e = 0,5 \text{ m} \times \text{ m}$
= $18,54 \text{ m}^2$

Sehingga dimensi tiap kompartemen pengendap yaitu:

Panjang = $0,2 \text{ m}$; lebar = $0,25 \text{ m}$

Produksi lumpur $COD_{app} = 3,82 \text{ kgCOD/hari}$

$Y = 0,18 \text{ kgTSS/kgCOD}_{app}$

$Y = 1.020 \text{ kg/m}^3$

$C_s = 4\%$

perhitungan produksi lumpur:

$P_s = Y \times COD_{app}$
= $0,18 \text{ kgTSS/kgCOD}_{app} \times 3,82 \text{ kgCOD/hari}$
= $0,69 \text{ kgTSS/hari}$

$V_s = P_s / (Y \times C_s)$
= $0,12 \text{ kgTSS/hari} / (1.020 \text{ kg/m}^3 \times 0,04)$
= $0,02 \text{ m}^3/\text{hari}$

Perhitungan Unit Pengolah Lumpur

Dimensi bak penampung

Jumlah lumpur yang akan diolah dari unit UASB = $0,02 \text{ m}^3/\text{hari}$

Direncanakan lumpur diolah 5 hari sekali, sehingga volume bak penampung yang dibutuhkan sebesar:

$v = Q \times t_d$
= $0,02 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5 \text{ hari}$
= $0,1 \text{ m}^3$

Dimensi bak penampung

$p = 0,32 \text{ m} ; l = 0,32 \text{ m} ; h = 1 \text{ m}$

Pada perencanaan ini akan digunakan unit filter press untuk pengolahan lumpur. Filter press yang digunakan buatan pabrik dengan tipe FPA 120 dengan spesifikasi (satu kali pengoperasian) alat sebagai berikut:

- Debit pemompaan = 38 L/menit
- Kapasitas tangki = 100 L
- Ketebalan cake = 32 mm
- volume cake = 1,032 m³

Sedangkan dimensi dari unit filter press tipe FPA 120 adalah sebagai berikut:

- Panjang = 0,32 m
- Lebar = 0,32 m
- Tinggi = 1 m

b.) Mass balance

Perhitungan kesetimbangan massa diperlukan untuk mengetahui proses yang terjadi pada setiap unit. Perhitungan mass balance untuk unit UASB ini sebagai berikut:

Influen Masuk ke unit Bak pengendap

$$Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{MCOD}_{\text{inf}} = Q \times \text{COD}$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (1443 \text{ mg/l} / 1.000)$$

$$= 4,99 \text{ kg COD/hari}$$

$$\text{MBOD}_{\text{inf}} = Q \times \text{BOD}$$

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (894 \text{ mg/l} / 1.000)$$

$$= 3,09 \text{ kg BOD/hari}$$

Bak pengendap

$$\text{Efisiensi penyisihan COD} = 23,33\%$$

$$\text{Efisiensi penyisihan BOD} = 24,73\%$$

Effluen dari bak pengendap

$$Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODeff} &= Q \times \text{COD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (1106,30 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 3,83 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODeff} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (672,88 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 2,33 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODrem} &= \text{MCODinf} - \text{MCODeff} \\ &= 4,99 \text{ kg COD/hari} - 3,83 \text{ kg COD/hari} \\ &= 1,16 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODrem} &= \text{MBODinf} - \text{MBODeff} \\ &= 3,09 \text{ kg BOD/hari} - 2,33 \text{ kg BOD/hari} \\ &= 0,76 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

Produksi Biogas di Bak Pengendap Dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{COD tersisihkan} = 1,16 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produksi gas methane} = 0,812 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari}$$

Biogas ditangkap = 0,41 m³ CH₄/hari

UASB

Efisiensi penyisihan COD = 63,23%

Efisiensi penyisihan BOD = 79,37%

Effluen dari UASB

Q = 2,5 m³/hari

Reaktor 1

$$\begin{aligned} \text{MCODeff} &= Q \times \text{COD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (406,769 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 1,41 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODeff} &= Q \times \text{BOD} \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (28,63 \text{ mg/l} / 1000) \\ &= 0,10 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCODrem} &= \text{MCODinf} - \text{MCODeff} \\ &= 3,83 \text{ kg COD/hari} - 1,41 \text{ kg COD/hari} \\ &= 2,42 \text{ kg COD/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MBODrem} &= \text{MBODinf} - \text{MBODeff} \\ &= 2,33 \text{ kg BOD/hari} - 0,06 \text{ kg BOD/hari} \\ &= 2,27 \text{ kg BOD/hari} \end{aligned}$$

Produksi Biogas di UASB reaktor 1 dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

COD tersisihkan = 2,42 kg/hari
Produksi gas methane = 1,69 m³ CH₄/hari
Biogas ditangkap = 0,85 m³ CH₄/hari

Reaktor 2

MCOD_{eff} = Q x COD
= 2,5 m³/hari x (149,562 mg/l / 1.000)
= 0,52 kg COD/hari

MBOD_{eff} = Q x BOD
= 2,5 m³/hari x (18,24 mg/l / 1.000)
= 0,06 kg BOD/hari

MCOD_{rem} = MCOD_{inf} - MCOD_{eff}
= 1,41 kg COD/hari – 0,52 kg COD/hari
= 0,89 kg COD/hari

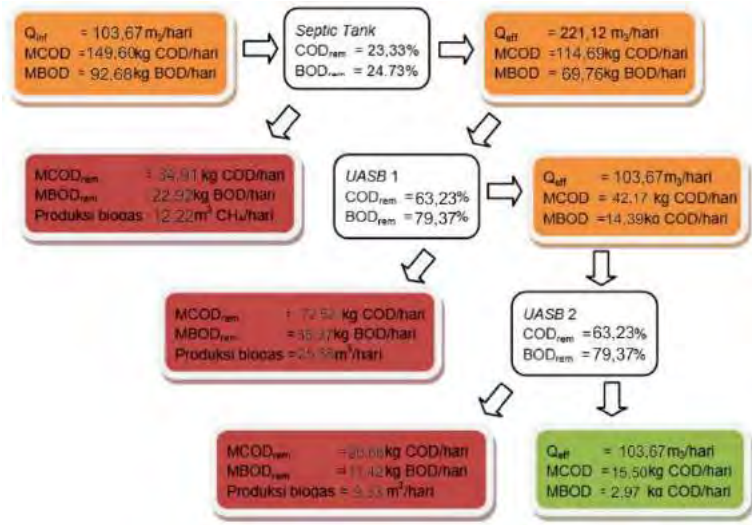
MBOD_{rem} = MBOD_{inf} - MBOD_{eff}
= 0,10 kg BOD/hari – 0,06 kg BOD/hari
= 0,04 kg BOD/hari

Produksi Biogas di UASB dengan asumsi perhitungan sebesar 70% dari COD yang tersisihkan menjadi gas CH₄ (methane), setiap kg COD yang tersisihkan menghasilkan 350 Liter gas methane dan sebesar 50% dari gas metana tersebut larut (Sasse, 1998) maka produksi biogas dari bak pengendap dapat dihitung sebagai berikut:

COD tersisihkan = 0,89 kg/hari
Produksi gas methane = 0,623 m³ CH₄/hari
Biogas ditangkap = 0,31 m³ CH₄/hari

$$\begin{aligned} \text{Produksi biogas total} &= 0,41 + 0,85 + 0,31 \\ &= 1,57 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{hari} \end{aligned}$$

Skema mass balance pada IPAL unit UASB disajikan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Skema Mass Balance IPAL UASB

c.) Gambar Detail

Setelah dimensi unit IPAL didapatkan, proses desain dilanjutkan dengan menggambar sesuai hasil perhitungan dimensi menggunakan program AutoCAD 2007. Gambar desain dapat dilihat pada Gambar 4.22 - Gambar 4.24.

d.) Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah gambaran perbandingan level muka air dengan elevasi tanah. Profil hidrolis ditentukan berdasarkan

besaran penurunan level muka air akibat beberapa hal. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya penurunan level muka air antara lain jatuhnya, belokan, kecepatan aliran air di bangunan, atau kecepatan aliran air ketika melewati perforated baffle. Menurut Marsono (1995), dalam menentukan profil hidrolis perlu menggunakan persamaan headloss dalam bangunan dan pipa.

Menurut Subramanya (1984), headloss karena kecepatan aliran di unit IPAL ditentukan berdasarkan persamaan DarcyWeisbach untuk bangunan open channel.

$$H_f = f \times L/4R \times v^2 / 2g$$

$$f = 1.5 \times (0,01989 + 0,0005078/4R)$$

L = panjang bangunan (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

v = 0,33 m/s (kecepatan aliran)

g = 9,81 m/s

Headloss jatuhnya dan belokan didasarkan pada persamaan Manning. Aliran air yang masuk dalam pipa inlet memiliki headloss akibat adanya jatuhnya dan belokan aliran air dalam bangunan.

$$H_f = (v \cdot n / 1.49 R^{2/3})^2 \cdot L$$

v = 0,33 m/s (kecepatan aliran)

n = 0,013 (kekasaran beton)

R = jari-jari hidrolis (m)

L = panjang jatuhan atau belokan(m)

Septic Tank

Kompartemen 1

Headloss kecepatan 1

$$P(b) = 3,2 \text{ m}$$

$$L(y) = 3 \text{ m}$$

$$R = b \times y / b + 2y = 3,2 \times 3 / 3,2 + 2 \times 3 \\ = 1,04$$

$$f = 1.5 \times (0,01989 + 0,0005078 \times 1,04) \\ = 0,03 \text{ m}$$

$$H_f = 0,03 \times 3,2/4 \times 1,04 \times 0,33^2/2 \times 9,81 \\ = 0,0001 \text{ m}$$

Headloss jatuhan 1

$$L \text{ jatuhan} = 3 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n / 1.1. R^2/3)^2 \cdot L$$

$$H_f = (0,33 \cdot 0,013 / 1.1. 1,04^2/3)^2 \cdot 3 \\ = 0,0000431 \text{ m}$$

Headloss belokan 1

$$L \text{ belokan} = 3,2 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n / 1.1. R^2/3)^2 \cdot L$$

$$H_f = (0,33 \cdot 0,013 / 1.1. 1,04^2/3)^2 \cdot 3,2 \\ = 0,000046 \text{ m}$$

Bangunan 2

Headloss kecepatan 2

$$P(b) = 1,6 \text{ m}$$

$$L (y) = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= b \times y/b + 2y \\ &= 1,6 \times 3/1,6 + 2 \times 3 \\ &= 0,632 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 \times 4 \times 0,632) \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f &= 0,03 \times 1,6/4 \times 0,632 \times 0,33^2/2 \times 9,81 \\ &= 0,008 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss jatuhan 2

$$L \text{ jatuhan} = 2,65 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n / 1.1. R^2/3)^2 \cdot L$$

$$H_f = (0,33 \cdot 0,013 / 1.0,632^2/3)^2 \cdot 2,65$$

Headloss belokan 2

$$L \text{ belokan} = 1,6 \text{ m}$$

$$H_f = (v \cdot n / 1.1. R^2/3)^2 \cdot L$$

$$\begin{aligned} H_f &= (0,33 \cdot 0,013 / 1.0,632^2/3)^2 \cdot 1,6 \\ &= 0,00449 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ total} &= 0,001 \text{ m} + 0,00431 \text{ m} + 0,0046 \text{ m} + 0,008 \text{ m} + \\ &0,00744 \text{ m} + 0,00449 \text{ m} \\ &= 0,020 \text{ m} \end{aligned}$$

UASB

$$Q = 0,04 \text{ L/detik}$$

$$\begin{aligned} c &= 120 \text{ d} \\ &= 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

Headloss dalam pipa distribusi air limbah

$$\begin{aligned}
 H_f &= [Q (0,00155 \times c \times d^{2,63})]^{1,85} \times L \times 12 \\
 &= [0,04 (0,00155 \times 120 \times 10^{2,63})]^{1,85} \times 0,5 \times 12 = 0,0036 \\
 &\text{m}
 \end{aligned}$$

Headloss dalam pipa penghubung unit IPAL

$$\begin{aligned}
 H_f &= [Q (0,00155 \times c \times d^{2,63})]^{1,85} \times L \\
 &= [0,04 (0,00155 \times 120 \times 10^{2,63})]^{1,85} \times 0,5 \\
 &= 0,0004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Headloss kecepatan

$$P(b) = 4 \text{ m}$$

$$L(y) = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 R &= b \times y / b + 2y \\
 &= 4 \times 3 / 4 + 2 \times 3 \\
 &= 1,2 \text{ f} = 1,5 \times (0,01989 + 0,0005078 / 4 \times 1,2) \\
 &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f &= 0,03 \times 4 / 4 \times 1,2 \times 0,33^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,0001 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ total} &= 0,0036 \text{ m} + 0,0004 \text{ m} + 0,0001 \text{ m} \\
 &= 0,004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan headloss, diketahui bahwa penurunan level muka air pada effluen septic tank sebesar 0,020 m. Penurunan level muka air pada unit UASB adalah sebesar 0,004 m.

e.) BOQ & RAB

Setelah proses menggambar desain unit IPAL, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan serta menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai pertimbangan bagi pemrakarsa atau investor

pengelola tempat pelelangan ikan. Proses perhitungan rencana anggaran biaya didasarkan pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015. Proses perhitungan menggunakan program Microsoft excel 2007. HSPK Kota Surabaya Tahun 2015 untuk unit IPAL UASB disajikan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 HSPK Kota Surabaya Tahun 2015 Unit IPAL UASB

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah (Rupiah)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembongkaran dan Pemasangan Dinding Tembok dengan Pembersihan		m ²		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,05	O.H	120.000	6.000
	Pembantu tukang	1	O.H	99.000	99.000
				Jumlah Total	105.000
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik		Titik		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,0045	O.H	120.000	540
	Kepala tukang	0,01	O.H	110.000	1.100
	Tukang	0,1	O.H	105.000	10.500
	Pembantu tukang	0,1	O.H	99.000	9.900
				Jumlah	22.040
	<u>Bahan/Material</u>				
	Kayu meranti (bekisting)	0,008	m ³	3.200.000	25.600
	Kayu meranti (usuk 4/6)	0,012	m ³	4.500.000	54.000

Paku biasa 2" - 5"	0,05	doz	27.000	1.350
			Jumlah	80.950
			Jumlah Total	102.990
Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)		m		
upah				
Mandor	0,005	O.H	120.000	600
Kepala tukang	0,01	O.H	110.000	1.100
Tukang	0,1	O.H	105.000	10.500
Pembantu tukang	0,1	O.H	99.000	9.900
			Jumlah	22.100
Bahan/Material				
Kayu meranti (PAPAN 2/20)	0,007	m3	2.830.000	19.810
Kayu meranti (usuk 5/7)	0,012	m3	4.500.000	54.000
Paku biasa 2" - 5"	0,02	doz	27.000	540
			Jumlah	74.350
			Jumlah Total	Rp 96.450
Pembuatan Direksi Kit		m2		
upah				
Mandor	0,005	O.H	120.000	600
Kepala tukang	0,3	O.H	110.000	33.000
Tukang	1	O.H	105.000	105.000
Tukang	2	O.H	105.000	210.000
Pembantu tukang	2	O.H	99.000	198.000
			Jumlah	546.600
Bahan				
semen PC (50 kg)	0,7	Zak	66.000	46.200
Pasir pasang plester	0,15	m3	168.400	25.260
pasir cor/beton	0,1	m3	232.100	23.210
Batu pecah mesin 2/3 cm	0,15	m3	262.000	39.300

Seng Gelombang BJLS 30 uk. (80x180 cm)	0,25	Lembar	59.000	14.750
Plat besi/baja	1,1	Kg	25.000	27.500
Paku biasa 2" - 5"	0,85	Doz	27.000	22.950
Triplek uk. 110 x 210 x 4 mm	0,06	Lembar	67.700	4.062
Kayu meranti usuk 4/6	0,18	m3	4.500.000	810.000
Dolken kayu gelam 8-10/400cm	1,25	Batang	8.500	10.625
			Jumlah	1.013.232
			Jumlah Total	1.559.832
PEKERJAAN TANAH				
Penggalian Tanah		m3		
upah				
Mandor	0,025	O.H	120.000	3.000
Pembantu tukang	0,75	O.H	99.000	74.250
			Jumlah	77.250
Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian		m3		
upah				
Mandor	0,0075	O.H	120.000	900
Pembantu tukang	0,15	O.H	99.000	14.850
			Jumlah	15.750
Pengurugan Tanah kembali untuk Konstruksi		m3		
upah				
Mandor	0,019	O.H	120.000	2.280
Pembantu tukang	0,102	O.H	99.000	10.098
			Jumlah	12.378
Pengangkutan Tanah keluar Proyek		m3		

upah				
Pembantu tukang	0,25	O.H	99.000	24.750
Sewa peralatan				
Sewa dump truk 5 ton	0,25	jam	66.100	16.525
			Jumlah Total	41.275
PEKERJAAN BETON				
Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)		m3		
upah				
Mandor	0,265	O.H	120.000	31.800
Kepala tukang	0,262	O.H	110.000	28.820
Tukang	1,3	O.H	105.000	136.500
Tukang	0,275	O.H	105.000	28.875
Tukang	1,05	O.H	105.000	110.250
Pembantu tukang	5,3	O.H	99.000	524.700
			Jumlah	860.945
Bahan				
semen PC 40 kg	8,4	Zak	63.000	529.200
Pasir cor/beton	0,54	m3	232.100	125.334
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	466.000	377.460
Besi beton polos	157,5	Kg	12.000	1.890.000
Paku triplek/eternit	1,5	Kg	22.000	33.000
Kawat ikat	2,25	Kg	23.000	51.750
Kayu meranti bekisting	0,2	m3	3.200.000	640.000
Minyak Bekisting	0,4	Liter	28.300	11.320
			Jumlah	3.658.064
			Jumlah Total	4.519.009
Pekerjaan Beton K-225		m3		

upah				
Mandor	0,083	O.H	120.000	9.960
Kapala tukang	0,028	O.H	110.000	3.080
Tukang	0,275	O.H	105.000	28.875
Pembantu tukang	1,65	O.H	99.000	163.350
			Jumlah	205.265
Bahan				
semen PC 40 Kg	9,275	Zak	63.000	584.325
Pasir cor/beton	0,43625	m3	232.100	101.254
Batu pecah mesin 1/2 cm	0,551053	m3	466.000	256.791
Air kerja	215	Liter	27	5.805
			Jumlah	948.174
			Jumlah Total	1.153.439
Pekerjaan bekisting dinding		m2		
upah				
Mandor	0,0004	O.H	120.000	48
Kapala tukang	0,0007	O.H	110.000	77
Tukang	0,007	O.H	105.000	735
Pembantu tukang	0,007	O.H	99.000	693
			Jumlah	1.553
Bahan				
Paku triplek/eternit	0,4	Kg	22.000	8.800
Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	Lembar	93.600	32.760
Kayu kamper balok 4/6	0,02	m3	6.400.000	128.000
kayu meranti bekisting	0,03	m3	3.200.000	96.000
Minyak bekisting	0,2	Liter	28.300	5.660
			Jumlah	271.220
			Jumlah Total	272.773

IV	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4'		m		
	upah				
	Mandor	0,0041	O.H	120.000	492
	Kapala tukang	0,0135	O.H	110.000	1.485
	Tukang	0,135	O.H	105.000	14.175
	Pembantu tukang	0,81	O.H	99.000	80.190
				Jumlah	96.342
	Bahan				
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,3	Batang	89.000	26.700
	Pipa PVC Tipe C uk 4' (4 m)	0,105	Batang	89.000	9.345
				Jumlah	36.045
				Jumlah Total	132.387
	Pemasangan Media Sarang Tawon				
	upah				
	Mandor	0,04	O.H	120.000	4.800
	Tukang	0,4	O.H	105.000	42.000
				Jumlah	46.800
	Bahan				
	Media sarang tawon	0,5	m3	2.083.333	1.041.667
				Jumlah	1.041.667
				Jumlah Total	1.088.467
	Pemasangan Pompa				
	upah				
	Mandor	0,04	O.H	120.000	4.800
	Tukang	0,4	O.H	105.000	42.000
				Jumlah	46.800
	Bahan				
	Pompa	1	unit	3.900.000	3.900.000
				Jumlah	3.900.000
				Jumlah Total	3.946.800

Dari hasil perhitungan rinci diatas selanjutnya dihitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) sesuai dengan volume kegiatan pekerjaan. Hasil perhitungan lengkap bisa dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya Unit IPAL UASB

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Vol.	Harga Satuan (Rupiah)	Harga Total (Rupiah)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pemasangan dan Pembongkaran Dinding Tembok dengan Pembersihan	m ²	3,84	105.000	403.200
b.	Pembuatan Bouwplank / Titik	titik	20	102.990	2.059.800
c.	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank (UITZET)	m	15	96.450	1.446.750
d.	Pembuatan Direksi Kit	m ²	10	1.559.832	15.598.320
II	PEKERJAAN TANAH				
a.	Penggalian Tanah	m ³	2,54	77.250	196.061
b.	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian	m ³	2,54	15.750	39.974
c.	Pengurugan Tanah kembali untuk Konstruksi	m ³	1,80	12.378	22.280
d.	Pengangkutan Tanah keluar Proyek	m ³	2,54	41.275	104.839
III	PEKERJAAN BETON				

a.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m ³	6	4.519.009	27.114.054
b.	Pekerjaan Beton K-225	m ³	3,00	1.153.439	3.462.048
c.	Pekerjaan bekisting dinding	m ²	10,0 5	272.773	2.729.094
IV	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 1 1/2'	m	3	132.387	397.161
b.	Pemasangan Media Sarang Tawon	m ³	2,01 6	1.088.467	2.194.348
c.	Pemasangan Pompa	unit	1	3.946.800	3.946.800
V	TOTAL				50.914.605

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit IPAL UASB dengan debit sebesar 2,5 m³/hari adalah sebesar Rp 50.914.605,-.

BAB 6

Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Pada perencanaan ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kandungan dari *effluent* air limbah Tempat Pelelangan Ikan Sedati yaitu, BOD sebesar 894 mg/l, COD 1443 mg/l, TSS 280 mg/l, dan Total N 423,9 mg/l.
2. Hasil perhitungan desain IPAL anaerobic filter dimensi bak ekualisasi (1,2 m x 2,4 m x 2 m), bak pengendap kompartemen I (1,2 m x 2 m x 2 m), kompartemen II (0,6 m x 2 m x 2 m), AF tiap kompartemen (0,80 m x 1,2 m x 2 m) sebanyak 2 buah dengan presentase removal COD dan BOD total masing-masing sebesar 89,68% dan 88,95%.
3. Hasil perhitungan desain IPAL Upflow Anaerobic Sludge Blanket menghasilkan dimensi bak ekualisasi (1,2 m x 2,4 m x 2 m), bak pengendap kompartemen I (1,2 m x 2 m x 2 m), kompartemen II (0,6 m x 2 m x 2 m), UASB tiap unit (1,44 m x 1,6 m x 2,5 m) sebanyak 2 buah dengan presentase removal COD dan BOD total masing-masing sebesar 90,24% dan 97,96%.
4. Rencana Anggaran Biaya Unit AF Rp 59.609.889,-. Sedangkan Unit UASB Rp 50.914.605,-.

6.2 Saran

Pada perencanaan ini ada beberapa saran dari penulis agar perencanaan selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik. Saran tersebut diantaranya:

1. Perlu adanya perencanaan pengelolaan gas dan pengelolaan lumpur lebih lanjut yang terbentuk dari masing-masing unit IPAL.

DAFTAR PUSTAKA

- Battistoni, P., Fava, G., dan Gato, A. 1992. *Fish Processing Wastewater: Emission Factors and High Load Trickling Filters Evaluation*. *Wat Sci Tech.*, 25, hal. 1-8.
- Bergheim, A., Seymour, S., Sanni, S., Tyvold, T. dan Fivelstad, S. 1991. *Measurements of Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of Atlantic Salmon (Salmo salar L.) in Commercial Scale, Single Pass Freshwater and Seawater Landbased Culture Systems Aquac. Eng.*, 10, hal. 251-267.
- Dyah, N. S. 2013. *Efektifitas Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD dan COD pada Air Limbah Laundry Kabupaten Jember*. Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember. Jember
- Gazali, I., Widiatmono., Bambang, R., dan Wirosodarmo, R. 2013. *Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk*. Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem.*, 1, hal. 1-8.
- Haryadi, S. 2004. *BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah*. Bogor: Makalah individu Pengantar Falsafah Sains (PPS 702) IPB.

- Hesti, W. M. R. 2013. *Bioekonomi dan Alternatif Pengelolaan Perikanan Lemuru di Selat Bali*. Disertasi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2007. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI. No. 06 Tahun 2007, tentang *Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup Jakarta.
- Kementerian Kesehatan RI. 2011. *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik dan Sarana Kesehatan.
- Mendez, R., Omil, F., Soto, M., dan Lema, J. M. 1992. *Pilot Plant Studies on The Anaerobic Treatment of Different Wastewaters from A Fish Canning Factory*. *Wat Sci Tech.*, 25, hal. 37-44.
- Metcalf dan Eddy, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 3rd (ed). Singapore: Mc Graw Hill Inc.
- Permadi, R. B. 2014. *Perbandingan DED IPAL Proses Attached Growth Anaerobic Filter dengan Proses Suspended Growth Upflow Anaerobic Sludge Blanket untuk Pusat Perbelanjaan di Surabaya*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur. No. 72 Tahun 2013, tentang *Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*, diunduh (http://blh.jatimprov.go.id/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=540&Itemid=156)
- Pujiastuti, P., Ismail, B., dan Pranoto. 2013. *Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur*. Jurnal ekosains Universitas Sebelah Maret., 5, hal. 90-94.
- River, L., Aspe, E., Roeckel, M., dan Marti, M. C. 1998. *Evaluation of Clean Technology Process in The Marine Product Processing Industry*. J. Chem. Technol. Biotechnol., 73, hal. 217-226.
- Sasse, L. 1998. *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Germany: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- Veranita, D. 2001. *Studi Tentang Karakteristik Limbah Cair Industri Pengolahan Tuna Beku di PT. Indomaguro Tunas Unggul, Jakarta*. Skripsi. Jurusan THP FKIP-IPB. Bogor.



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
ANAEROBIC FILTER DENGAN
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK TEMPAT
PELELANGAN IKAN SEDATI DI
KABUPATEN SIDARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

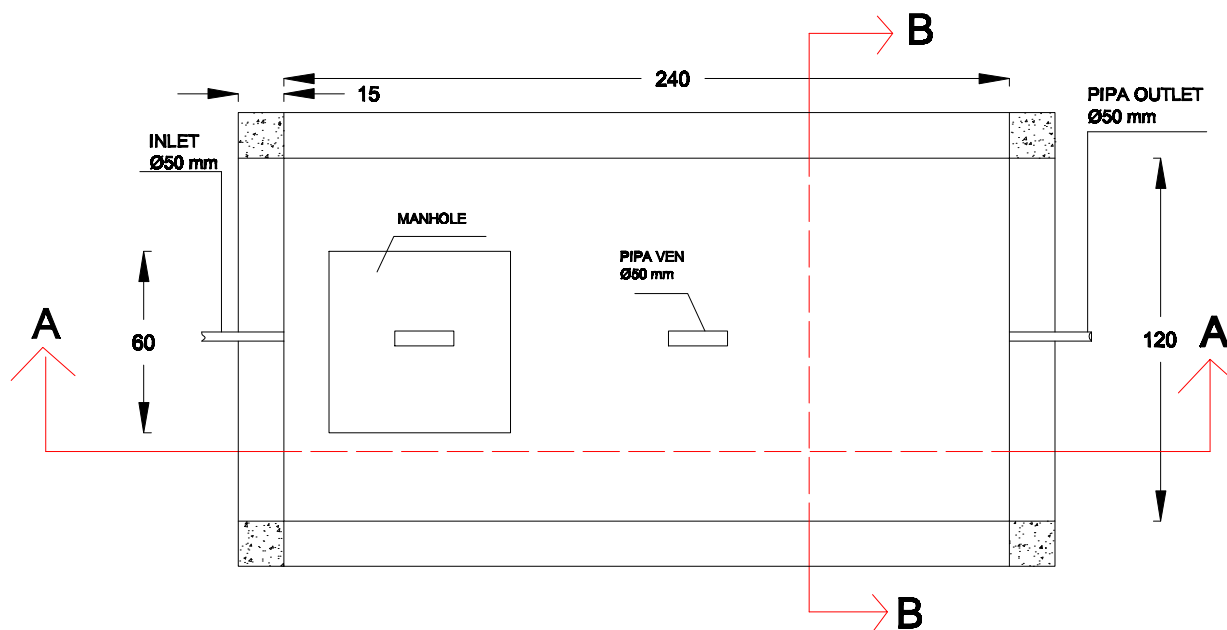
**DENAH
BAK EKUALISASI**

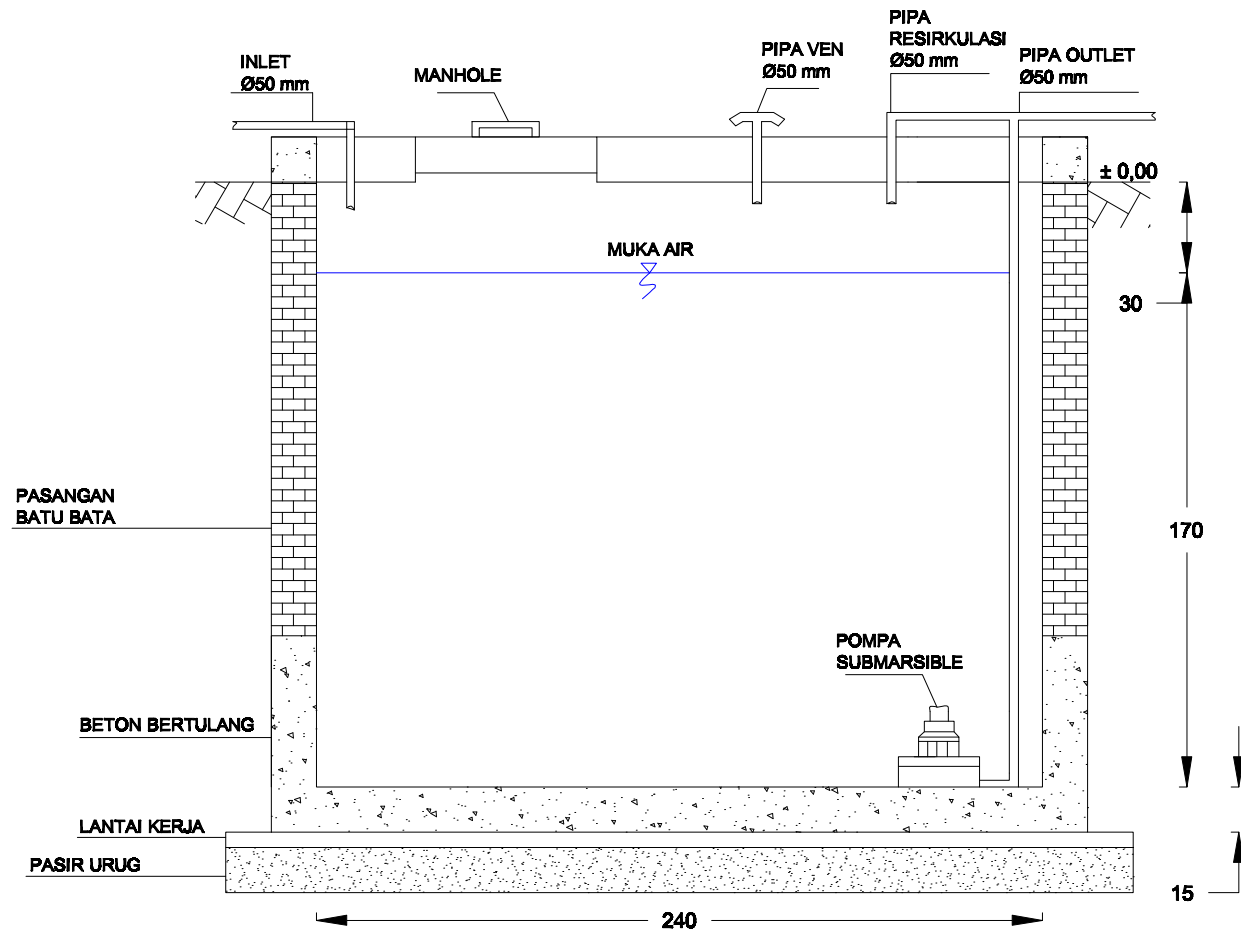
SKALA

SKALA 1:50

NO GAMBAR

4.13





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
ANAEROBIC FILTER DENGAN
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK TEMPAT
PELELANGAN IKAN SEDATI DI
KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
19820816 198003 1 004**

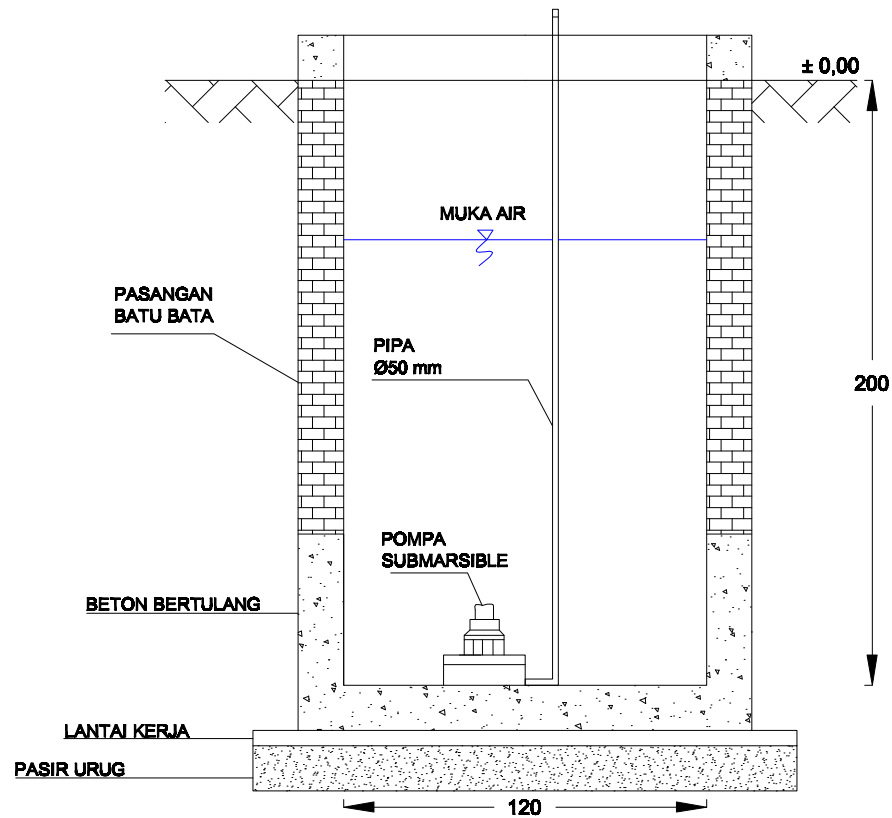
JUDUL GAMBAR

**POTONGAN A-A
BAK EKUALISASI**

SKALA **NO GAMBAR**

SKALA 1:50

4.14



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
ANAEROBIC FILTER DENGAN
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK TEMPAT
PELELANGAN IKAN SEDATI DI
KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
19530502 198103 1 004**

DOSEN CO- PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN B-S
BAK EKUALISASI**

SKALA

SKALA 1:50

NO GAMBAR

4.15



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN DED IPAL
ANAEROBIC FILTER DENGAN
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK TEMPAT
PELELANGAN IKAN SEDATI DI
KABUPATEN SIDOARJO

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

RACHMAT RIDHO P.P.S
3312100116

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
19530502 198103 1 004

DOSEN CO-PEMBIMBING

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
19820816 198003 1 004

JUDUL GAMBAR

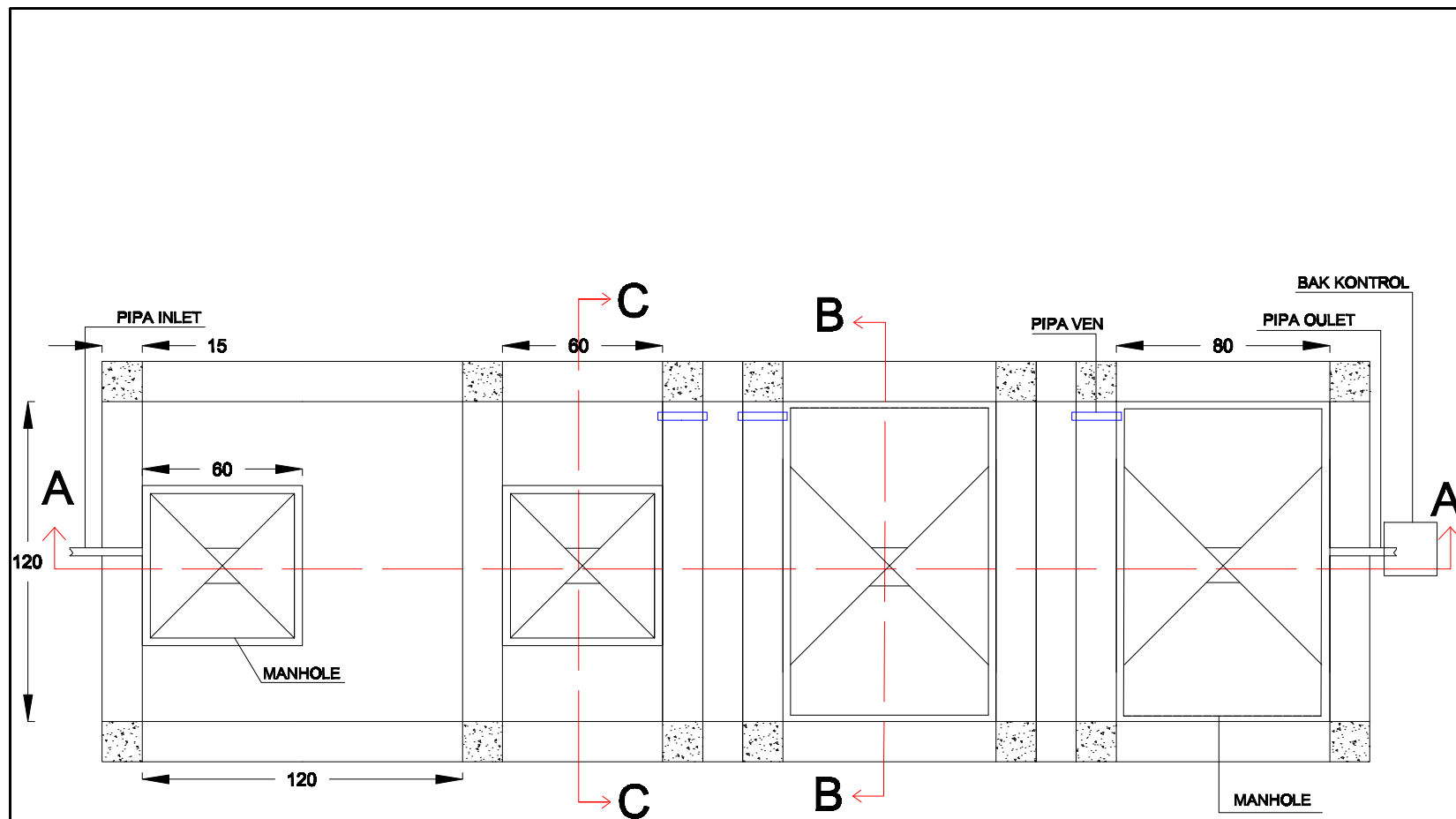
DENAH
ANAEROBIC FILTER

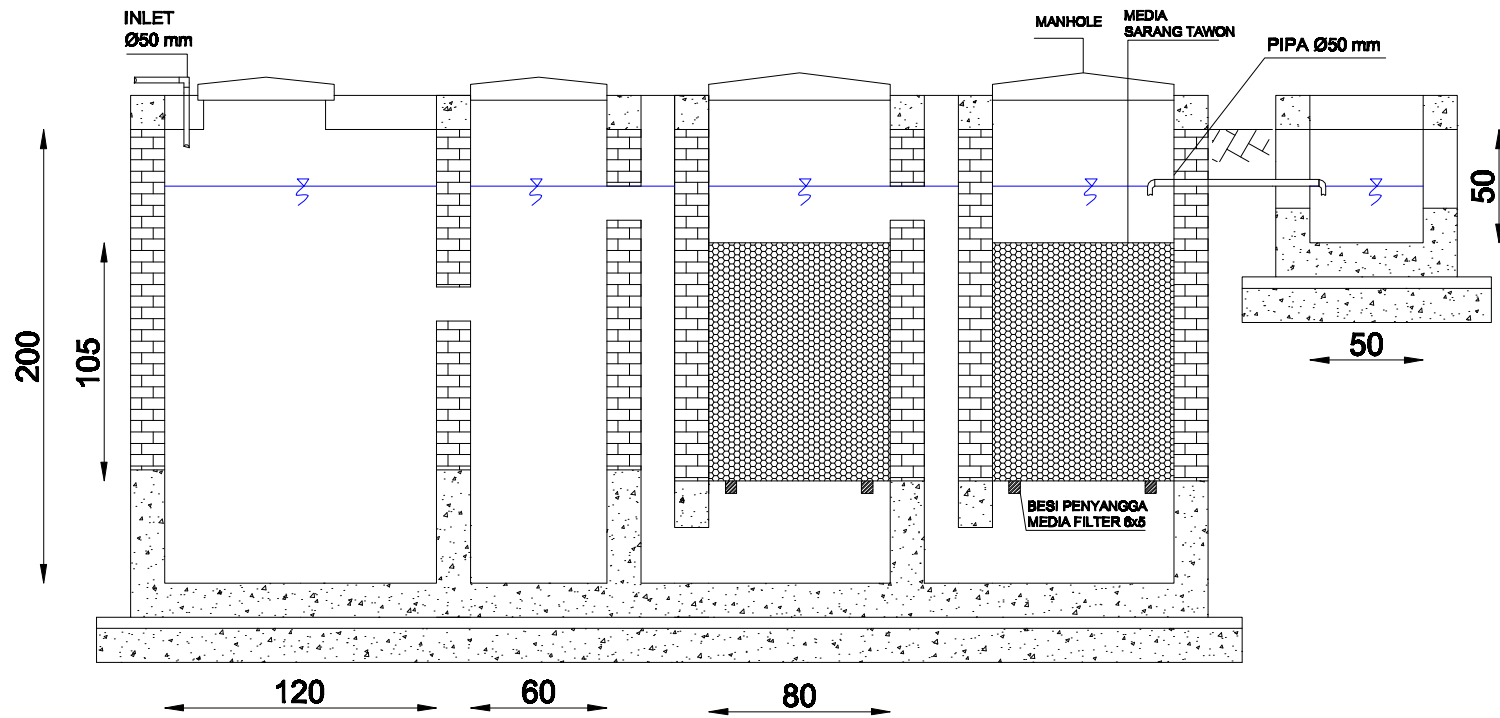
SKALA

SKALA 1:50

NO GAMBAR

4.16





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK TEMPAT
 PELELANGAN IKAN SEDATI DI
 KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
 3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
 19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

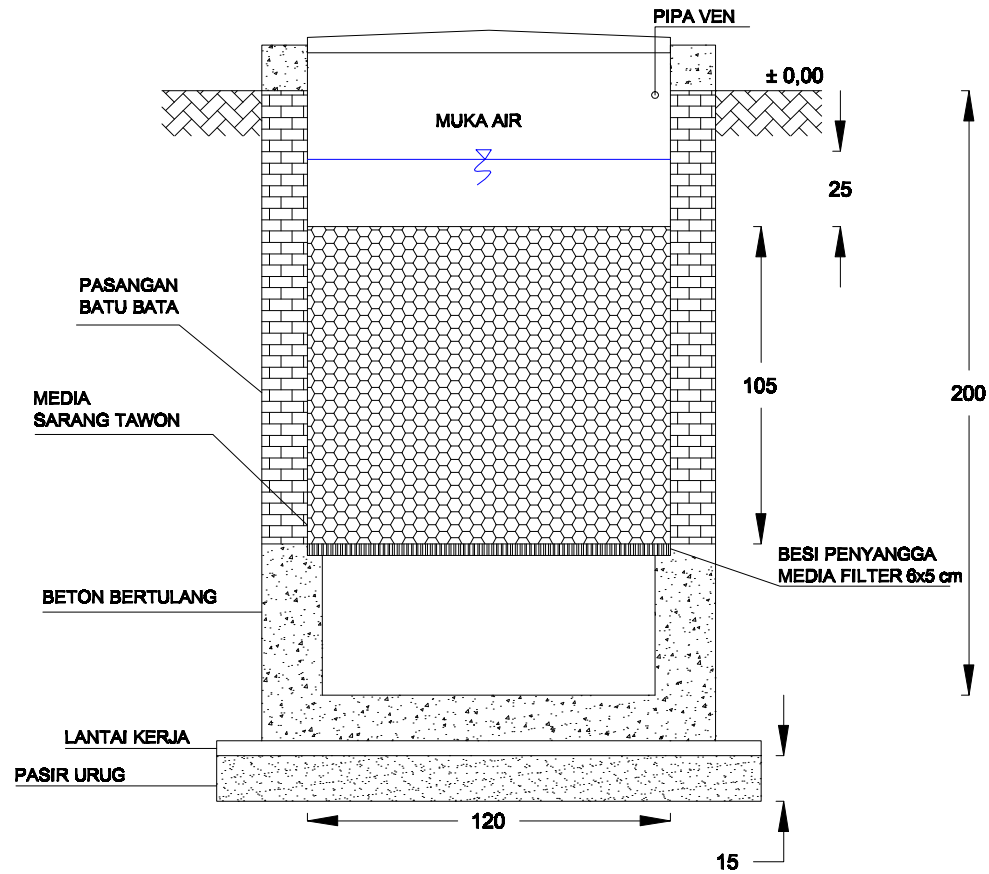
**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
 19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN A-A
 ANAEROBIC FILTER**

SKALA NO GAMBAR

SKALA 1:70 4.18



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK TEMPAT
 PELELANGAN IKAN SEDATI DI
 KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
 3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
 19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

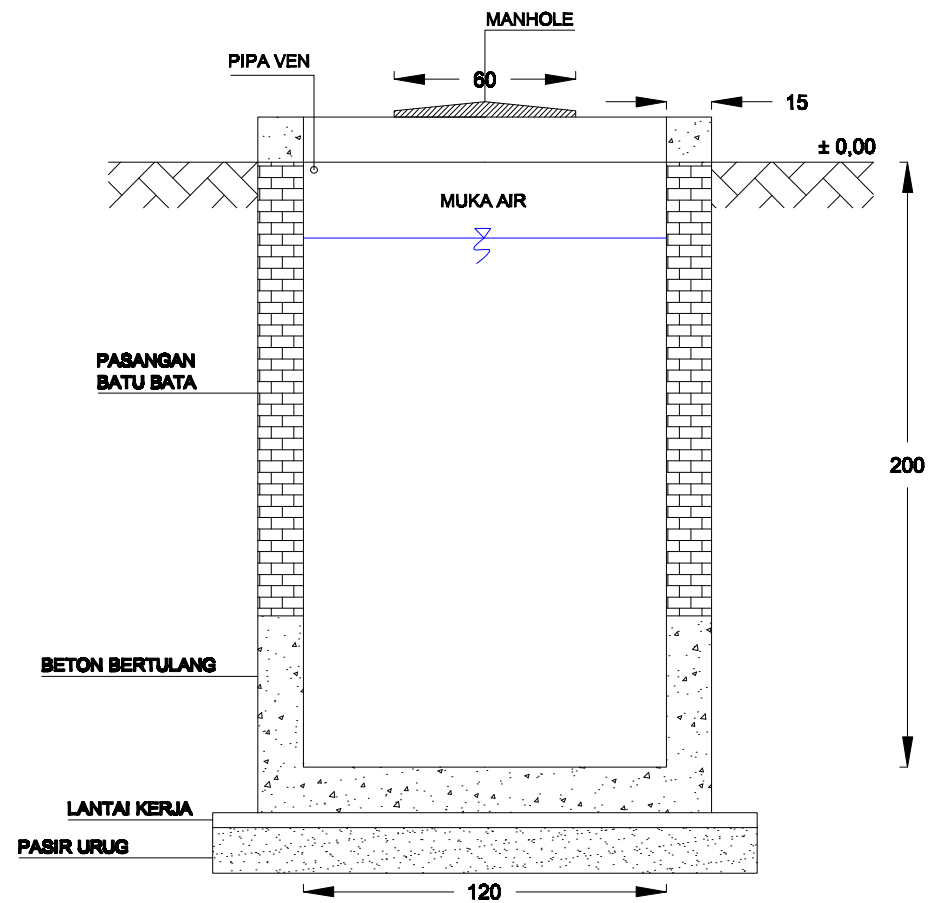
**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
 19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN B-B
 ANAEROBIC FILTER**

SKALA	NO GAMBAR
--------------	------------------

SKALA 1:50	4.19
-------------------	-------------



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK TEMPAT
 PELELANGAN IKAN SEDATI DI
 KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
 3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
 19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
 19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN C-C
 ANAEROBIC FILTER**

SKALA	NO GAMBAR
-------	-----------

SKALA 1:50	4.20
------------	------



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK TEMPAT
 PELELANGAN IKAN SEDATI DI
 KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
 3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
 19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
 19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

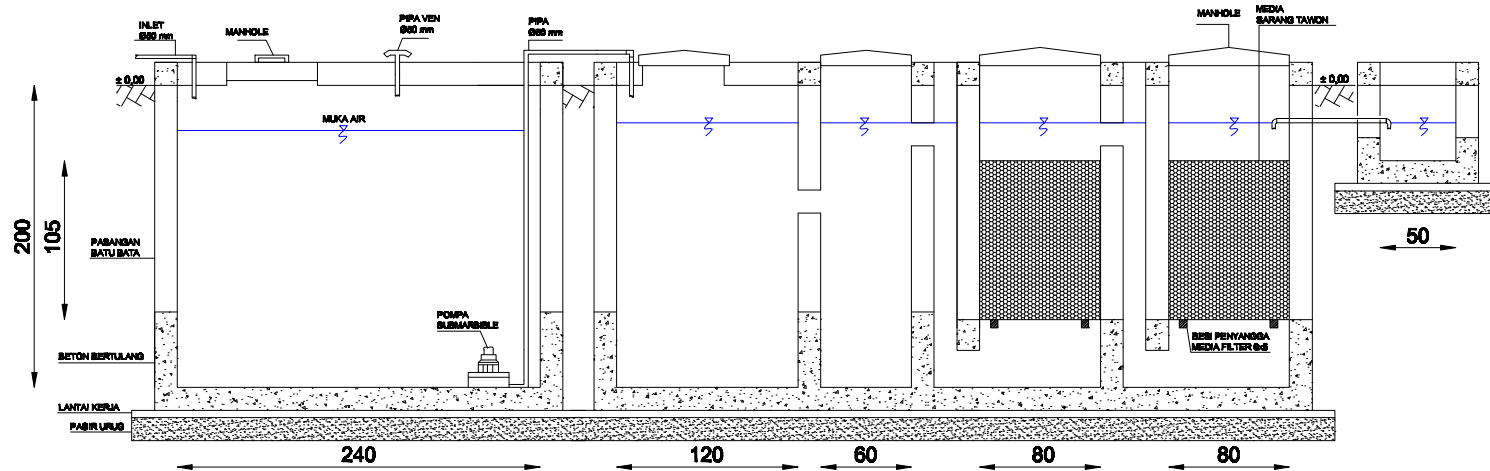
**PROFIL HIDROLIS
 UNIT ANAEROBIC FILTER**

SKALA

SKALA 1:100

NO GAMBAR

4.20





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
ANAEROBIC FILTER DENGAN
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK TEMPAT
PELELANGAN IKAN SEDATI DI
KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

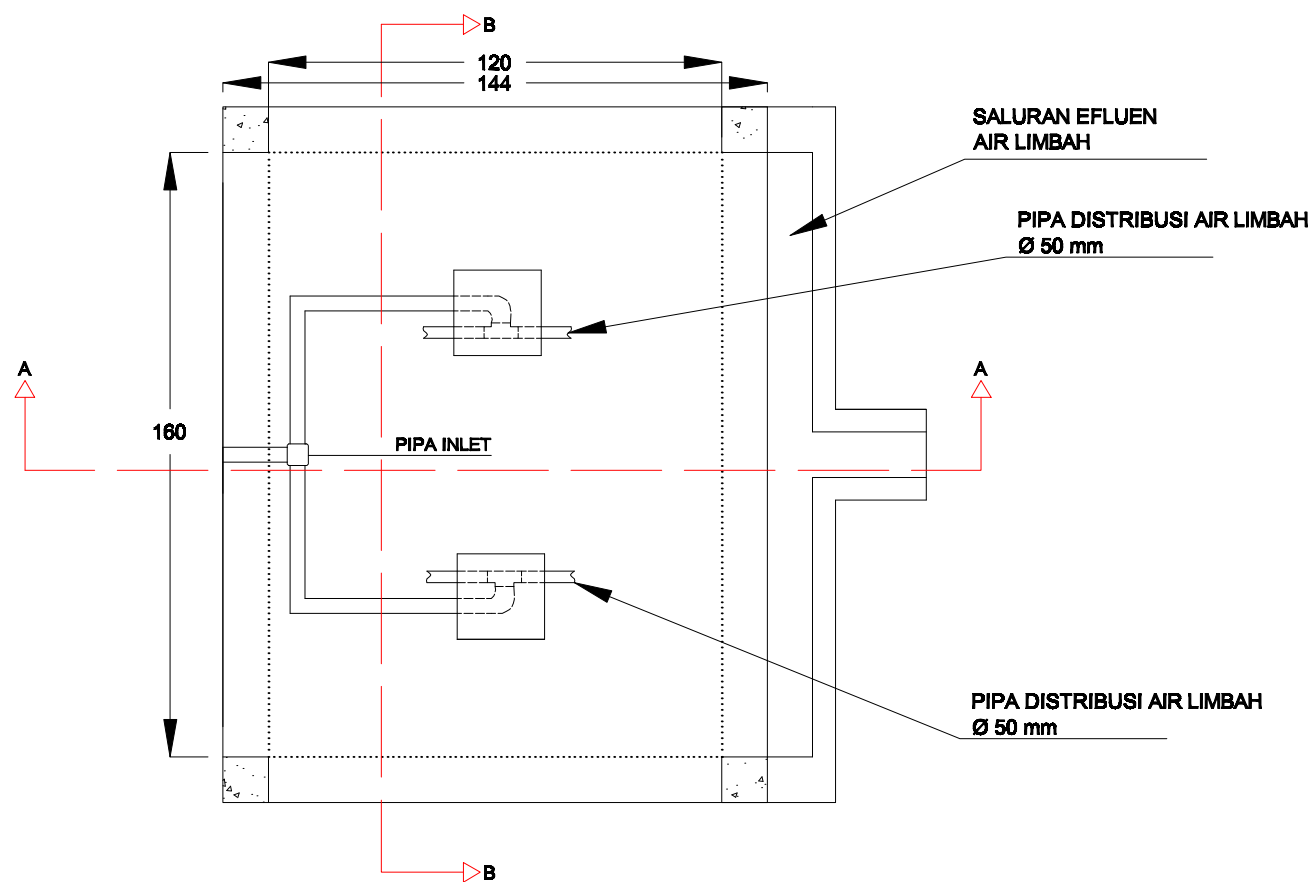
DENAH UASB

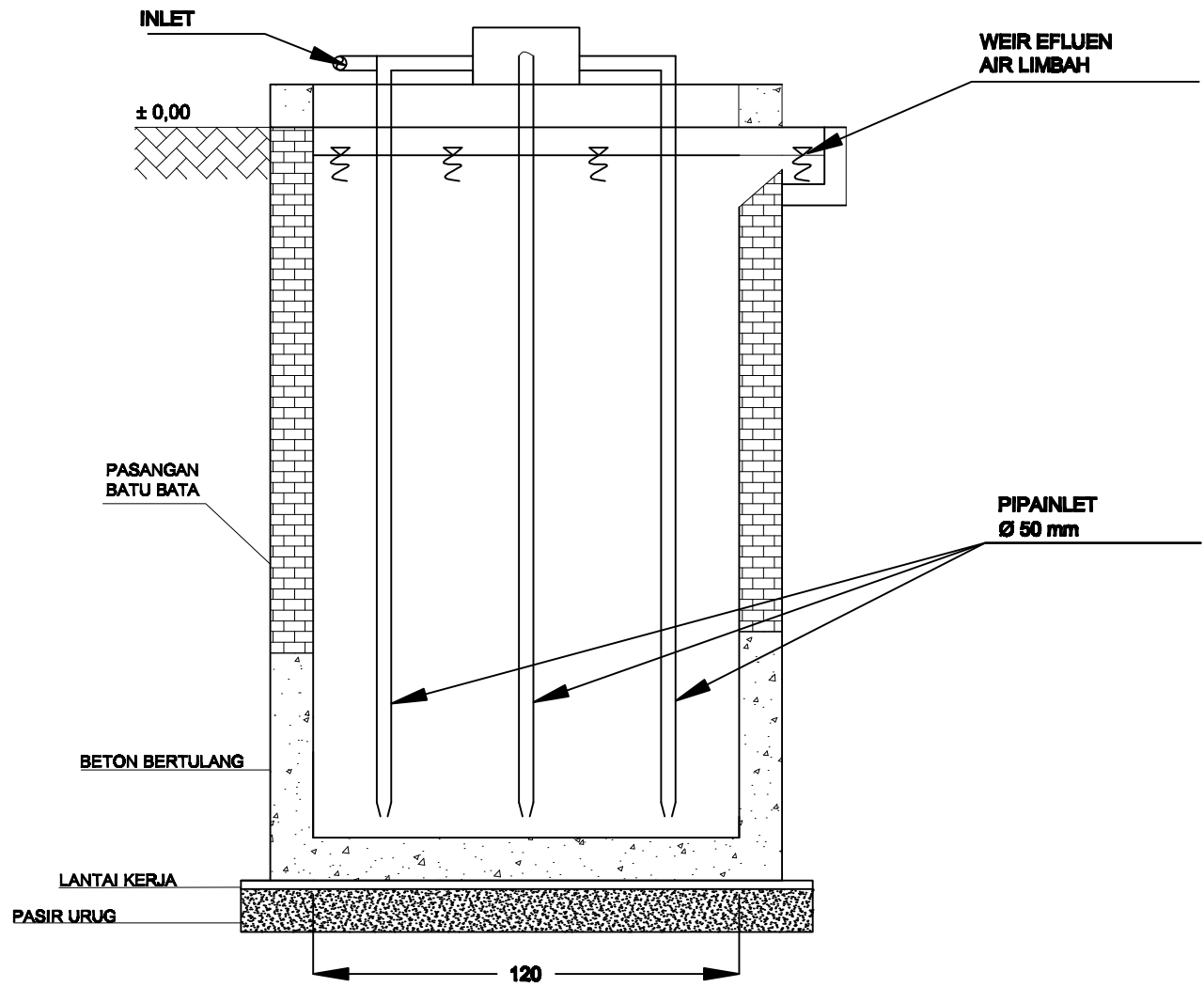
SKALA

SKALA 1:50

NO GAMBAR

4.22





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK TEMPAT
 PELELANGAN IKAN SEDATI DI
 KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
 3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Prof. Ir. M. RAZIF, MM.
 19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

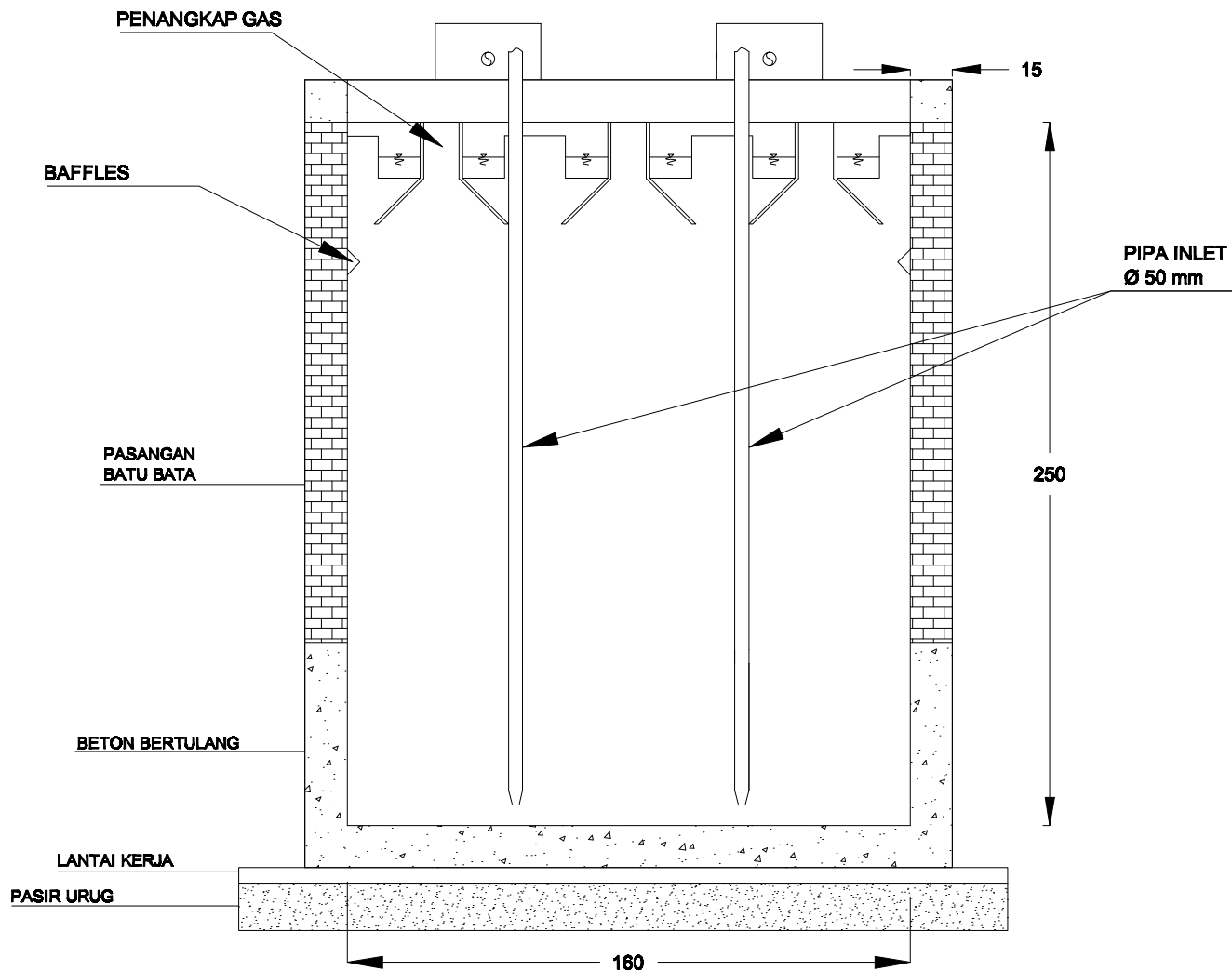
**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
 19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN AA
 UASB**

SKALA NO GAMBAR

SKALA 1:50 4.23



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
ANAEROBIC FILTER DENGAN
UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET UNTUK TEMPAT
PELELANGAN IKAN SEDATI DI
KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Prof. Ir. M. RAZIF, MM.
19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

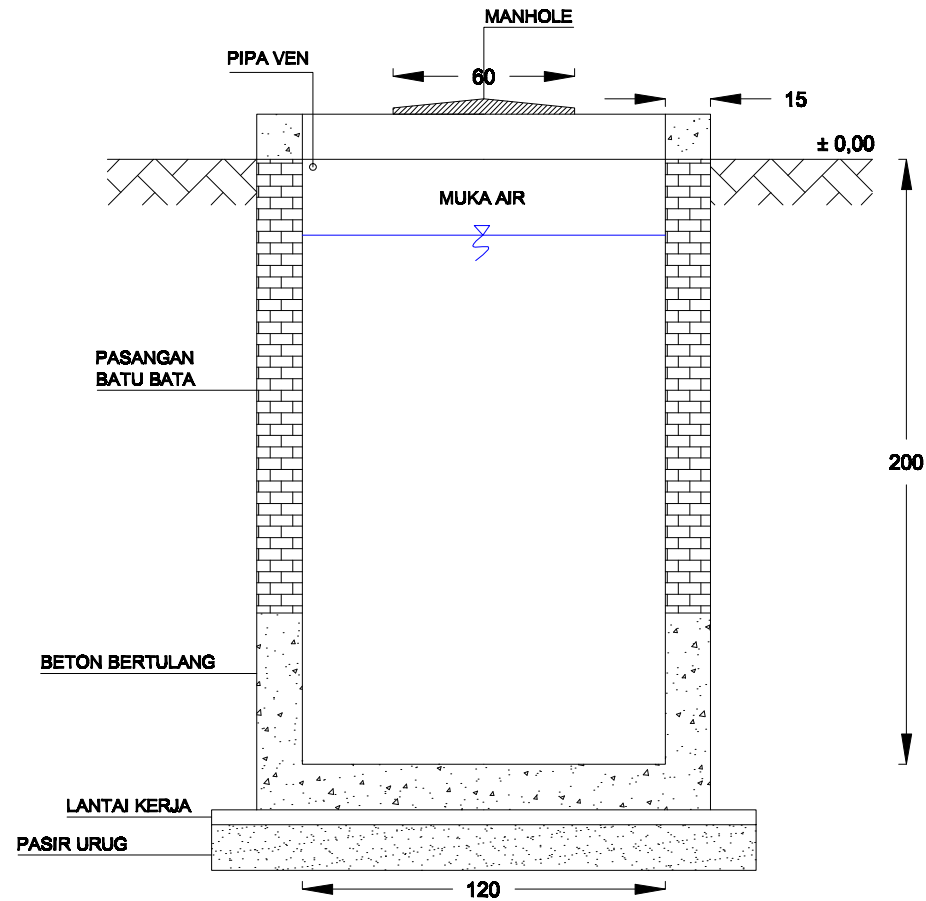
**POTONGAN B-B
UASB**

SKALA

SKALA 1:50

NO GAMBAR

4.24



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DED IPAL
 ANAEROBIC FILTER DENGAN
 UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
 BLANKET UNTUK TEMPAT
 PELELANGAN IKAN SEDATI DI
 KABUPATEN SIDOARJO**

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RACHMAT RIDHO P.P.S
 3312100116**

DOSEN PEMBIMBING

**Dr. Ir. M. RAZIF, MM.
 19530502 198103 1 004**

DOSEN CO-PEMBIMBING

**Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
 19820816 198003 1 004**

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN B-B
 BAK PENGENDAP**

SKALA	NO GAMBAR
-------	-----------

SKALA 1:50	4.28
------------	------

BIOGRAFI PENULIS



Rachmat Ridho Permata Putra Siregar adalah seorang mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP ITS angkatan 2012. Penulis mempunyai hobi travelling dan fotografi. Dalam setiap perjalanannya ke suatu tempat, penulis menyempatkan untuk mengabadikan momen perjalanan tersebut. Penulis aktif di beberapa sosial media untuk menceritakan perjalanannya. Salah satunya di media sosial Intstagram. Melalui Instagram, penulis menjadi lebih banyak rekan di Indonesia.

Selain itu, penulis juga aktif di organisasi mahasiswa. Penulis pernah menjadi Kepala Departemen Seni dan Olahraga BEM FTSP ITS 2014/2015. Penulis lahir pada tanggal 16 September 1994 di Jakarta. Lulus dari SMA PU Al-Bayan tahun 2012 dan melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis tinggal di Grogol, Jakarta Barat, mempunyai adik bernama Ridha Alfitriah Permata Sari Siregar, yang bertaut 14 tahun selisih dari umur keduanya.

Penulis dapat dihubungi di alamat email:
rachmat.ridho94@gmail.com