



TUGAS AKHIR - 184804

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING:
Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - 184804

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING
Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - number

DESIGN OF WASTEWATER TREATMENT PLAN FOR FISHERY INDUSTRY IN TUBAN

KLARISSA PRADIANTI
NRP. 03211540000113

ADVISOR
Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Perencanaan IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan
di Tuban

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

KLARISSA PRADIANTI

NRP. 03211540000113

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19711114 200312 2 001



PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

Nama Mahasiswa : Klarissa Pradianti
NRP : 0321154000113
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T.,
Ph.D.

ABSTRAK

Berkembangnya industri pengolahan hasil perikanan tidak hanya membawa dampak positif untuk menyediakan lapangan kerja untuk masyarakat sekitar dan devisa negara, tetapi juga dampak negatif hasil perikanan memiliki kuantitas yang besar dan memiliki konsentrasi BOD 786 mg/L, COD 1456 mg/L, dan TSS 270 mg/L mengandung minyak dan lemak sebesar 1990 mg/L yang sulit untuk diolah. Kualitas limbah cair sangat penting dalam penentuan alternatif pengolahan limbah cair yang tepat sehingga dapat direncanakan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Hasil dari pengolahan data dan perencanaan IPAL meliputi, *Detail Engineering Design* (DED) yang mencakup perhitungan dan gambar detail, *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB), dan *Standard Operating Procedure* (SOP) IPAL.

Perencanaan pembangunan IPAL harus mempertimbangkan aspek teknis. Metode perencanaan yang digunakan dimulai dari studi literatur terkait dengan topik perencanaan. Pengumpulan data primer didapatkan melalui sumber asli dengan cara survei dan pengukuran secara langsung. Sedangkan, data sekunder didapatkan melalui sumber yang telah ada. Pengolahan data dan perencanaan IPAL dilakukan sesuai dengan kriteria perencanaan dan prinsip pengolahan limbah cair.

Hasil dari pengolahan data dan analisa, pengolahan limbah cair yang digunakan meliputi: *bar screen*, *grease trap*, bak pengendap awal, bak ekualisasi, tangki aerasi sebagai

pengolahan biologis, bak pengendap akhir, dan Bak Kontrol Akhir. Berdasarkan perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) diperoleh hasil berupa dimensi *Bak Kontrol Awal* (1,3 m x 1,3 m x 1,5 m), *grease trap* (8 m x 2 m x 1,5 m), bak pengendap awal (7 m x 3,5 m x 3 m), sumur pengumpul (2 m x 2 m x 1,5 m), tangki aerasi 1 (13,5 m x 13,5 m x 5 m), tangki aerasi 2 (13,5 m x 9,1 m x 5 m), bak pengendap akhir (diameter= 7,12 meter, kedalaman = 3,1 m), dan bak kontrol (1,5 m x 1,5 m x 1,5 m). Biaya investasi untuk membangun IPAL industri pengolahan hasil perikanan adalah sebesar Rp 1.115.376.677,-

Kata Kunci: Limbah Cair, Industri Pengolahan Hasil Perikanan, IPAL, Perencanaan, DED

Design of Wastewater Treatment Plant for Fishery Processing Industry in Tuban

Student Name : Klarissa Pradianti
NRP : 03211540000113
Departement : Environmental Engineering
Lecture : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph. D.

ABSTRACT

The development of the fishery processing industry not only has a positive impact to provide employment for the surrounding community and foreign exchange countries, but also the negative impact of fishery products has a large BOD 786 mg / L, COD 1456 mg / L, and TSS 270 mg / L contains oil and fat in 1990 mg / L which is difficult to process. The quality of wastewater is very important in alternative planning. Proper processing of liquid waste can be done. Construction of Waste Water Treatment Plant (WWTP). The results of data processing and IPAL planning include, Detail Engineering Design (DED) which includes detailed calculations and drawings, Bill of Quantity (BOQ) and Budget Cost Recapitulation (RAB), and IPAL Standard Operating Procedure (SOP).

Planning for the construction of WWTP must be considered. The planning method used starts from the study of literature relating to the topic of planning. The collection of primary data is obtained through original sources by means of direct surveys and measurements. Meanwhile, secondary data is obtained through existing sources. Data processing and planning of WWTP are carried out according to the planning criteria and principles of liquid waste treatment.

The results of data processing and analysis, waste treatment used include: bar screens, oil traps, initial settling tanks, equalization tanks, aeration tanks as biological treatment, final settling tanks, and monitoring ponds. Based on the calculation

of Detail Engineering Design (DED) the results are based on the dimensions of the Bak Kontrol Awal (1,3 m x 1,3 m x 1,5 m), grease trap (8 m x 2 m x 1,5 m), primary clarifier (7 m x 3.5 m x 3 m), sump well (2 m x 2 m x 1.5 m), the first aeration tank (13.5 m x 13.5 m x 5 m), the second aeration tank (13.5 m x 9.1 m x 5 m), secondary clarifier (diameter = 7.12 meters, depth = 3.1 m), and control tank (1.5 m x 1.5 m x 1.5 m). Investment cost for designing wastewater treatment plant for fishery industry in Tuban is Rp 1.115.376.677,-.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, penyertaan dan kebaikanNya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi tugas mata kuliah Tugas Akhir serta meningkatkan kemampuan pemahaman bidang teknik lingkungan. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Saya mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam karena telah dengan sabar membimbing saya selama proses pembuatan tugas akhir dan ilmu yang telah diberikan.
2. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng., Bapak Welly Herumurti, ST., MT., dan Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penarah. Saya mengucapkan terima kasih atas segala saran serta masukan yang diberikan kepada penulis.
3. Keluarga di Jakarta. Mama, Mas Bimo, dan Mba Ina yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam segala bentuk agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Teman-teman yang telah mendukung serta membantu tugas akhir ini baik secara psikis maupun secara fisik

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah diupayakan sebaik-baiknya, namun masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna hasil yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

<i>ABSTRAK</i>	<i>i</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>iii</i>
<i>KATA PENGANTAR</i>	<i>v</i>
<i>DAFTAR TABEL</i>	<i>ix</i>
<i>DAFTAR GAMBAR</i>	<i>xi</i>
BAB 1 PENDAHULUAN	13
1.1 Latar Belakang.....	13
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Tujuan Perencanaan	14
1.4 Manfaat Perencanaan	15
1.5 Ruang Lingkup.....	15
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	17
2.1 Industri Pengolahan Hasil Perikanan	17
2.2 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair	17
2.1 Baku Mutu Limbah Cair	19
2.2 Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan.....	20
2.3 Proses Pengolahan Limbah Cair	21
2.4 Pengolahan Referensi	24
BAB 3 GAMBARAN UMUM	35
3.1 Gambaran Umum Perencanaan.....	35
3.2 Gambaran Umum Daerah Perencanaan.....	38
BAB 4 METODE PERENCANAAN	41
4.1 Kerangka Perencanaan	41
4.2 Detail Kerangka Perencanaan.....	44
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	53
5.1 Kapasitas dan Kegiatan Produksi.....	53
5.2 Debit Limbah Cair pada Industri Pengolahan Hasil Perikanan.....	53
5.3 Kualitas Limbah Cair pada Industri Pengolahan Hasil Perikanan.....	53

5.4	Efisiensi <i>Removal</i> dan Alternatif Sistem Pengolahan	55
5.5	Perhitungan Detail Engineering Design (DED)	60
5.5.1	Bak Kontrol Awal	60
5.5.2	<i>Grease Trap</i>	65
5.5.3	Bak Pengendapan Awal	69
5.5.4	Tangki Aerasi I.....	86
5.5.5	Tangki Aerasi II.....	95
5.5.6	Bak Pengendap Akhir (Clarifier)	103
5.5.7	Bak Kontrol Akhir	109
5.6	Perhitungan Kesetimbangan Massa (<i>Mass Balance</i>).....	111
5.7	Petunjuk Operasional IPAL (SOP)	120
5.8	Penyusunan Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	124
5.10	Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB).....	140
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN.....	149
6.1	Kesimpulan	149
6.2	Saran	149
	DAFTAR PUSTAKA.....	151
	BIOGRAFI PENULIS	155

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik	18
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Hasil Perikanan	19
Tabel 2. 3 Perbandingan Efisiensi Pengolahan	28
Tabel 3. 1 Tabel Perbandingan Alternatif	28
Tabel 3. 2 Kriteria Desain Bak Pengendap Awal	32
Tabel 3. 3 Kriteria Desain Tangki Aerasi	33
Tabel 5. 1 Kualitas Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan.....	54
Tabel 5. 2 Efisiensi Removal Sistem Pengolahan Limbah.....	55
Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Efisiensi Removal Alternatif 1 ..	57
Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Efisiensi Removal Alternatif 2 ..	58
Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan Efisiensi Removal Alternatif 3 ..	59
Tabel 5. 6 Kriteria Desain <i>Bar Screen</i>	61
Tabel 5. 7 Faktor Bentuk Bar.....	61
Tabel 5. 8 Beban Pencemar Input <i>Grease Trap</i>	112
Tabel 5. 9 Beban Pencemar Teremove <i>Grease Trap</i>	112
Tabel 5. 10 Beban Pencemar Output <i>Grease Trap</i>	113
Tabel 5. 11 Beban Pencemar Input Bak Pengendap Awal ..	114
Tabel 5. 12 Beban Pencemar Teremove Bak Pengendap Awal	114
Tabel 5. 13 Beban Pencemar Output Bak Pengendap Awal	115
Tabel 5. 14 Beban Pencemar Input Tangki Aerasi I	116
Tabel 5. 15 Beban Pencemar Teremove Tangki Aerasi I	116
Tabel 5. 16 Beban Pencemar Output Tangki Aerasi I.....	117
Tabel 5. 17 Beban Pencemar Input Tangki Aerasi II	118
Tabel 5. 18 Beban Pencemar Teremove Tangki Aerasi II ...	119
Tabel 5. 19 Beban Pencemar Teremove Tangki Aerasi II ...	119
Tabel 5. 20 BOQ Bak Kontrol Awal	136
Tabel 5. 21 BOQ <i>Grease Trap</i>	137
Tabel 5. 22 BOQ Bak Pengendap Awal	137
Tabel 5. 23 BOQ Tangki Aerasi I	138
Tabel 5. 24 BOQ Tangki Aerasi II	138
Tabel 5. 25 BOQ Bak Pengendap Akhir.....	139

Tabel 5. 26 BOQ Bak Kontrol Akhir.....	139
Tabel 5. 27 Perhitungan RAB per Kegiatan	140
Tabel 5. 28 RAB Unit Bak Kontrol Awal	143
Tabel 5. 29 RAB Unit Grease Trap	144
Tabel 5. 30 RAB Unit Bak Pengendap Awal	144
Tabel 5. 31 RAB Unit Tangki Aerasi 1.....	145
Tabel 5. 32 RAB Unit Tangki Aerasi 2.....	145
Tabel 5. 33 RAB Unit Bak Pengendap Akhir.....	146
Tabel 5. 34 RAB Unit Bak Kontrol Akhir	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 4 Sistem <i>Grease Trap</i>	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Produksi	37
Gambar 3. 2 Lokasi Rencana Perencanaan IPAL Pada Peta Kabupaten Tuban	38
Gambar 3. 3 Lokasi Rencana Perencanaan IPAL	39
Gambar 3. 4 Lokasi Rencana Perencanaan Pabrik & IPAL...	39
Gambar 3. 5 Layout Rencana Pabrik di Tuban	40
Gambar 3. 6 Tata Letak Rencana IPAL	40
Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan IPAL di Tuban.....	43
Gambar 4. 2 Diagram Alir Proses Produksi	48
Gambar 5. 1 Alternatif Pengolahan 1	57
Gambar 5. 2 Alternatif Pengolahan 2	58
Gambar 5. 3 Alternatif Pengolahan 3	59
Gambar 5. 4 Diagram Aliran Pengolahan Terpilih	60
Gambar 5. 5 Diagram Alir dan Neraca Massa	60
Gambar 5. 6 Grafik Hubungan Tekanan dan Massa Jenis ..	101
Gambar 5. 7 Kesetimbangan Massa Grease Trap	112
Gambar 5. 8 Kesetimbangan Massa Bak Pengendap Awal	114
Gambar 5. 9 Kesetimbangan Massa Tangki Aerasi I.....	116
Gambar 5. 10 Kesetimbangan Massa Tangki Aerasi II dan Bak Pengendap Akhir	118

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan nilai neraca perdagangan di sektor perikanan Indonesia meningkat pesat hingga 2,67% per tahun dan merupakan urutan pertama di Asia Tenggara pada tahun 2017 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2018). Industri pengolahan perikanan merupakan industri yang mengolah hasil perikanan laut untuk dijadikan produk setengah jadi, seperti ikan segar, produk ikan beku, dan produk olahan lainnya.

Pabrik pengolahan hasil perikanan ini merupakan salah satu anak perusahaan dari industri pengolahan hasil perikanan yang akan dibangun di Tuban. Industri ini berfokus pada pengolahan hasil perikanan berupa ikan dan kepiting (*Alaskan Snow Crab*) untuk dijadikan produk setengah jadi dan produk olahan. Pada kondisi eksisting yang diketahui dari studi literatur dan survei lapangan ke anak perusahaan yang berlokasi di daerah lain bahwa konsentrasi pencemar organik pada limbah cair cukup tinggi. Menurut PERMEN LH No. 05 Tahun 2012, industri pengolahan hasil perikanan harus memiliki pengolahan limbah cair untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi karena mengandung pencemar organik yang sangat tinggi. Sehingga, limbah cair yang tidak diolah dengan baik akan berisiko mencemari lingkungan sekitar pabrik.

Menurut Setiyono dan Satmoko (2010), limbah cair yang dihasilkan industri pengolahan hasil perikanan memiliki konsentrasi BOD 2.670 mg/L, COD 6.245 mg/L, dan TSS 1.280 mg/L serta mengandung minyak dan lemak sebesar 5,79 mg/L yang sulit untuk diolah. Selain itu, limbah cair juga memiliki warna kecoklatan dan bau yang tidak sedap. Berdasarkan karakteristik dan kualitas limbah cair, limbah cair harus diolah dengan pengolahan yang tepat agar

dapat memenuhi baku mutu sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar.

Untuk memenuhi persyaratan baku mutu limbah cair yang ditetapkan, perlu dilakukan pertimbangan untuk pemilihan proses pengolahan. Hal yang harus dipertimbangkan meliputi, efektivitas proses dalam mengolah limbah cair, sumber daya manusia (SDM), kemudahan operasional dan perawatan, luas dan tata guna lahan, dan kemampuan finansial. Sesuai dengan arahan industri pengolahan hasil perikanan dan menurut Oktavia (2012), proses pengolahan yang paling banyak diterapkan untuk mengolah limbah cair hasil perikanan adalah proses aerobik. Proses aerobik dianggap paling sederhana dan ekonomis, tetapi efektif untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD yang cukup tinggi sehingga dapat sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik limbah cair industri pengolahan hasil perikanan di Tuban?
2. Bagaimana pengolahan yang tepat untuk mengolah limbah cair industri pengolahan hasil perikanan di Tuban?
3. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk membangun IPAL di Tuban?
4. Bagaimana *Standard Operating Procedure* (SOP) operasi dan pemeliharaan IPAL di Tuban?

1.3 Tujuan Perencanaan

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan sebelumnya, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Merancang IPAL untuk mengolah limbah cair yang sesuai dengan karakteristik di Tuban

2. Menghitung nilai *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB) untuk perencanaan IPAL di Tuban
3. Menyusun *Standard Operating Procedure* (SOP) operasi dan pemeliharaan IPAL di Tuban

1.4 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan rekomendasi teknologi pengolahan limbah cair yang sesuai dengan karakteristik limbah cair
2. Memberikan estimasi BOQ dan RAB untuk perencanaan IPAL di Tuban
3. Memberikan rekomendasi *Standard Operating Procedure* (SOP) operasi dan pemeliharaan IPAL

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup memiliki tujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada perencanaan ini:

1. Lokasi perencanaan dilakukan di Tuban
2. Perencanaan dilakukan dari bulan Januari – April 2019
3. Aspek yang dikaji merupakan aspek teknis
4. Jenis data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder
5. Baku mutu efluen IPAL mengacu pada Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur No. 72 Tahun 2013
6. *Detail Engineering Design* (DED) untuk semua unit pengolahan limbah cair
7. Perhitungan *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB) sesuai dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Tuban tahun 2018
8. Penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) IPAL
9. Gambar Teknik, meliputi:
 - Layout dan denah IPAL
 - Potongan memanjang dan melintang unit IPAL
 - Profil hidrolis

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Industri pengolahan hasil perikanan adalah suatu usaha/kegiatan yang bergerak di bidang pengolahan hasil perikanan yang meliputi kegiatan pengalengan, pembekuan, dan/atau pembuatan tepung ikan (PERMEN LH No. 06 Tahun 2007).

Kegiatan yang dilakukan pada industri pengolahan hasil perikanan, yaitu mentransformasi bahan-bahan hasil perikanan sebagai input dari produk yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi (produk setengah jadi dan produk jadi). Industri pengolahan hasil perikanan merupakan industri yang banyak menggunakan air untuk proses produksinya, sehingga limbah cair industri yang dihasilkan sangat besar. Di samping itu, limbah cair industri memiliki konsentrasi pencemar organik yang sangat tinggi. Sehingga, dibutuhkan teknologi pengolahan limbah cair yang sesuai dengan karakteristik limbah cair industri (Setiyono, 2010).

2.2 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair industri pengolahan hasil perikanan bersumber dari proses produksi yang meliputi, proses penerimaan bahan mentah (ikan, udang, dan rajungan), pembersihan bahan mentah, dehidrasi, pengepresan, penyaringan, pemanasan, pendinginan, dan, pencucian alat. Menurut Colic, dkk. (2011), pada limbah cair industri pengolahan hasil perikanan ditemukan sisa darah, kulit, kepala ikan, sisik, tulang ataupun sisa daging yang menempel pada tulang, dan plastik (Oktavia dkk., 2012).

Menurut Suyasa (2011), bahan organik terlarut dan tersuspensi dapat menjadi sangat tinggi pada limbah cair proses pengolahan perikanan karena akan meningkatkan

BOD dan COD. Selain itu, peningkatan kadar lemak dan minyak pada limbah juga meningkat. Timbulnya bau busuk disebabkan oleh dekomposisi lanjut protein, yang kaya akan asam amino bersulfur (sistein), menghasilkan asam sulfida, gugus thiol, dan amoniak. Asam lemak rantai pendek hasil dekomposisi bahan organik juga menyebabkan bau busuk. Minyak dan lemak di permukaan air akan menghambat proses biologis dalam air dan menghasilkan gas yang berbau (Oktavia dkk., 2012).

Menurut Setiyono dan Satmoko (2010), limbah cair yang dihasilkan industri pengolahan hasil perikanan memiliki konsentrasi BOD 2.670 mg/L, COD 6.245 mg/L, TSS 1.280 mg/L, serta konsentrasi minyak dan lemak sebesar 5,79 mg/L.

Menurut Hall (2019), indikator pencemaran limbah cair dari industri ini, antara lain BOD, COD, padatan tersuspensi, amonia, fosfat, minyak, dan lemak. Masduqi dan Assomadi (2012) menjelaskan tentang karakteristik fisik dari limbah cair yang dapat menjadi parameter pencemaran limbah cair yang dapat dilihat dengan mudah, bisa dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik

Karakteristik Fisik	Penjelasan
Padatan Total	Padatan dalam air limbah berasal dari padatan pada sumber limbah yang terbawa oleh air limbah. Padatan memberi dampak pada perubahan fisik pada limbah cair, antara lain warna dan kekeruhan limbah cair.

Karakteristik Fisik	Penjelasan
Kekeruhan	Kekeruhan disebabkan oleh kandungan bahan-bahan dalam air limbah, khususnya koloid atau bahan tersuspensi. Hal ini menyebabkan daya tembus cahaya ke dalam air limbah berkurang.
Bau	Bau disebabkan oleh proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, yang setelahnya mengalami pembusukan bahan organik atau gas yang dihasilkan, seperti amonia, sulfida, dll.
Warna	Indikator warna oleh kandungan bahan organik dan kimia yang terlarut dalam limbah cair. Perubahan warna juga dipengaruhi oleh kadar oksigen pada limbah cair, semakin hitam warna limbah cair semakin menunjukkan terjadi kondisi septik.

2.1 Baku Mutu Limbah Cair

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan (PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013). Baku mutu limbah cair yang digunakan adalah PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013. Baku mutu untuk limbah cair industri pengolahan hasil perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Hasil Perikanan

Parameter	Pengalengan Ikan	Lebih dari Satu Jenis Kegiatan Pengolahan	Industri Ikan dengan IPAL Terpusat
	Kadar Maksimum (mg/L)		
pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
TSS	30	30	30

Parameter	Pengalengan Ikan	Lebih dari Satu Jenis Kegiatan Pengolahan	Industri Ikan dengan IPAL Terpusat
	Kadar Maksimum (mg/L)		
Sulfida (H₂S)	1	1	1
NH₃-N (Total)	5	5	5
Khlor bebas	1	1	1
BOD₅	75	100	100
COD	150	150	150
Minyak & Lemak	6,5	15	10
Volume Air Limbah (m³/ton bahan baku ikan)	5		

Sumber: PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013

2.2 Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Karakteristik limbah cair industri pengolahan hasil perikanan memiliki beban pencemar organik yang sangat tinggi. Sehingga, diperlukan pengolahan limbah cair untuk menghindari terjadinya pencemaran lingkungan. Pengolahan limbah cair umumnya terdiri dari pengolahan fisik, pengolahan biologis dan pengolahan kimia. Jenis pengolahan limbah disesuaikan dengan karakteristik limbah cair, proses pengolahan dapat dikombinasikan agar menghasilkan proses yang efektif. Berikut adalah penjelasan dari pengolahan limbah cair:

1. Pengolahan fisik merupakan proses untuk menyaring padatan berukuran berukuran besar, padatan

tersuspensi, koloid, serta minyak dan lemak. Proses ini dilakukan pada awal pengolahan untuk mengoptimasi pengolahan limbah cair selanjutnya, seperti pengolahan biologis dan kimia.

2. Pengolahan biologis merupakan proses pemisahan padatan tersuspensi dan pencemar serta penguraian pencemar oleh mikroorganisme. Pengolahan biologis dilakukan bertujuan untuk menurunkan konsentrasi pencemar pada limbah cair, seperti BOD, COD, padatan tersuspensi, dll.
3. Pengolahan kimia merupakan proses pengolahan pencemar yang tidak dapat diolah pada pengolahan biologis. Bahan pencemar yang diolah pada pengolahan kimia memiliki sifat anorganik atau tidak dapat diuraikan, seperti amonia, fosfat, dan nitrogen.

2.3 Proses Pengolahan Limbah Cair

2.3.1 Proses Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pengolahan primer (*primary treatment*) dilakukan untuk memisahkan air dan padatan yang berukuran besar, seperti plastik dan bagian kecil dari bahan mentah serta partikel diskrit, seperti pasir secara gravitasi. Pengolahan primer juga meliputi pemisahan minyak dan lemak yang melalui proses pengapungan (flotasi). Pengolahan primer ini meliputi penyaringan (*screening*) dan pengendapan (sedimentasi). Limbah cair mengandung padatan tersuspensi yang bersifat *biodegradable* dan *non-biodegradable*. Padatan non-biodegradable merupakan padatan yang tidak bisa diuraikan sehingga akan dipisahkan dari limbah cair pada tahap penyaringan. Hal ini bertujuan sebagai langkah preventif untuk melindungi peralatan yang digunakan pada proses pengolahan selanjutnya sehingga dapat berjalan optimal. Tetapi, pengolahan primer tidak efektif untuk mengurangi konsentrasi pencemar organik yang terkandung pada limbah cair. Selanjutnya, padatan tersuspensi yang bersifat *biodegradable* diolah pada pengolahan sekunder (*secondary treatment*) dengan proses biologis. Unit untuk

proses pengolahan primer, antara lain: *bar screen*, *grit chamber*, dan pengendapan pertama.

2.3.2 Proses Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Proses sekunder (*secondary treatment*) dengan pengolahan biologis berguna untuk menguraikan pencemar dalam bentuk padatan tersuspensi yang bersifat *biodegradable*. Pada pengolahan limbah cair industri, proses biologis berguna untuk menurunkan atau menghilangkan konsentrasi dari pencemar organik maupun anorganik dengan menggunakan mikroorganisme (Metcalf&Eddy, 2014). Pada proses ini, mikroorganisme memiliki peranan penting untuk menguraikan pencemar. Pada proses pertumbuhan mikroorganisme dibutuhkan oksigen dan substrat yang berasal dari pencemar dalam limbah cair (Masduqi dan Assomadi, 2012). Sistem penguraian pencemar dalam limbah cair adalah sebagai berikut, mikroorganisme akan memakan pencemar yang juga berfungsi sebagai substrat dan mengonversi pencemar menjadi gas karbondioksida, air, dan energi. Proses konversi tersebut juga berguna untuk proses pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme. Proses aerobik yang sering terjadi adalah sistem lumpur aktif (*activated sludge*), laguna, *Trickling Filter*, dan *Rotating Disc Contractor* (Tay dkk., 2006).

Pengolahan biologis terbagi menjadi aerobik, anaerobik, dan *anoxic*. Pengolahan biologis secara aerobik adalah suatu proses penguraian pencemar jika hanya terdapat kandungan oksigen dalam limbah cair. Jenis mikroorganisme yang digunakan juga berbeda, mikroorganisme yang digunakan merupakan mikroorganisme aerobik yang hanya bisa hidup jika hanya terdapat kandungan oksigen pada limbah cair. Menurut Sasse (1998), proses aerobik terjadi dengan durasi waktu yang lebih singkat terutama jika terdapat oksigen bebas dalam limbah cair. Fenomena ini juga menyebabkan siklus reproduksi mikroorganisme aerobik menjadi sangat

singkat. Pengolahan secara aerobik mampu mengolah limbah cair yang memiliki konsentrasi pencemar organik yang diukur dengan nilai BOD antara 50-1.000 mg/l, dan hasil pengolahannya mempunyai nilai dibawah 15 mg/l. Pengolahan secara biologis menghasilkan lumpur yang mengandung mikroorganismen yang akan terbuang bersama-sama dengan pembuangan lumpur yang dihasilkan akibat proses penguraian pencemar. Untuk menghindari pencemaran mikroorganismen, lumpur akan disirkulasikan kembali ke dalam digester (Prayudi, dkk., 2002).

Pengolahan biologis secara anaerobik terjadi dengan mengurai molekul pencemar yang terbentuk dari oksigen dan karbon untuk difermentasi menjadi karbohidrat. Pengolahan secara anaerobik terjadi dengan bantuan mikroorganismen anaerobik yang mampu mengurai pencemar tanpa menggunakan oksigen. Lumpur yang dihasilkan pada pengolahan ini cenderung lebih sedikit dan mudah kering. Fenomena ini terjadi karena mikroorganismen anaerobik memiliki proses penguraian yang lebih lama dari pada aerobik. Di samping itu, mikroorganismen anaerobik meninggalkan energi tidak terpakai yang akan dilepaskan dalam bentuk biogas (Sasse, 1998). Pengolahan secara anaerobik dapat mengolah limbah cair yang memiliki konsentrasi pencemar organik yang diukur dengan nilai BOD diatas 1.000 mg/l (Prayudi, dkk., 2002).

Pengolahan biologis secara *anoxic* merupakan suatu pengolahan dengan kondisi tidak terdapat oksigen terlarut (oksigen bebas), sehingga mikroorganismen yang mengolah limbah cair perlu melepaskan oksigen terikat dalam bentuk senyawa nitrat atau nitrit (denitrifikasi). Sehingga, pengolahan ini cocok untuk mengolah limbah cair dengan kadar nitrat berlebih (Irman, 2015).

2.4 Pengolahan Referensi

Pengolahan limbah cair industri pengolahan hasil perikanan sudah pernah dilakukan sebelumnya. Pengolahan limbah cair sangat bervariasi teknologinya, berikut adalah beberapa studi kasus IPAL industri pengolahan hasil perikanan:

- a. IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan di Kecamatan Muncar, Banyuwangi
Industri pengolahan ikan di Kecamatan Muncar terdiri dari berbagai jenis industri pengolahan ikan, antara lain: industri pembuatan tepung ikan, industri pembuatan minyak ikan, industri pengalengan ikan, industri pembekuan ikan, industri petis ikan dll.

Setiyono dan Satmoko (2010) melakukan perencanaan prototipe IPAL untuk mengolah limbah cair tersebut. Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi dialirkan ke instalasi pengolahan melalui pipa inlet ke bak pengendapan awal (pra sedimentation). Selanjutnya, limbah cair dari bak pengendapan awal akan dialirkan ke zona anaerob. Zona anaerob tersebut terdiri dari dua kompartemen yang diisi dengan media sarang tawon yang terbuat dari plastik untuk perkembangbiakan mikroorganisme. Pada kompartemen pertama zona anaerob, limbah cair akan mengalir dengan arah aliran dari atas ke bawah, sedangkan pada kompartemen kedua limbah cair akan mengalir dengan arah aliran dari bawah ke atas. Selanjutnya, limbah cair dari zona anaerob akan mengalir ke zona aerob melalui lubang (*weir*). Di dalam zona aerob tersebut limbah cair akan dialirkan ke tumpukan media sarang tawon dengan arah aliran dari bawah ke atas, sambil diberi injeksi udara. Limbah cair dari zona aerob akan masuk ke bak pengendapan akhir melalui saluran (pipa) yang ada di bagian bawah. Limbah cair yang ada di dalam bak pengendapan akhir tersebut akan disirkulasikan ke zona anaerob kompartemen pertama, sedangkan

limpasan air limbah dari bak pengendapan akhir tersebut merupakan air hasil olahan yang telah memenuhi baku mutu yang selanjutnya akan dibuang ke saluran umum atau badan air terdekat. Setelah proses berjalan selama dua sampai empat minggu, permukaan media sarang tawon akan tumbuh lapisan mikroorganisme, yang berguna untuk menguraikan bahan pencemar yang terkandung pada limbah cair.

- b. IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan di PT. Kelola Mina Laut
PT. Kelola Mina Laut memiliki IPAL untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi ikan, rajungan, dan udang yang dialirkan ke instalasi pengolahan melalui pipa inlet ke bak ekualisasi. Pada bak ekualisasi, terdapat proses penyaringan padatan yang berukuran besar, proses pemerataan debit limbah cair, homogenisasi, dan pengendapan partikel awal. Selanjutnya, limbah cair dari bak ekualisasi akan dialirkan ke bak aerasi. Bak aerasi yang dimiliki IPAL adalah lima buah. Sehingga, limbah cair yang telah berada di bak ekualisasi akan dipompakan ke bak aerasi 1 dan selanjutnya akan dialirkan menuju bak aerasi 2 hingga 5. Pada bak aerasi terdapat *air blower* yang terletak di dasar bak untuk membantu proses aerasi atau injeksi udara yang berguna untuk proses penguraian pencemar oleh mikroorganisme.

Selanjutnya, limbah cair dari bak aerasi 5 akan mengalir menuju bak pengendapan. Pada setiap bak aerasi, dihasilkan konversi dari massa-padatan limbah menjadi biomassa lumpur aktif (*activated sludge*). Pada bak pengendapan setelah bak aerasi 5 terjadi proses pengendapan agar *sludge* tersebut tidak ikut terbang ke badan air. Proses pengendapan tersebut akan berlangsung selama 2 hari. Hasil pengolahan dari bak aerasi 5 sebagian

akan dipompakan ke bak 1 untuk proses regenerasi dan penyetaraan proporsi lumpur pada setiap bak aerasi. Dalam bak pengendap terdapat enam sekat yang terbuat dari *fiber glass* dan berfungsi untuk memperbesar luasan pengendapan agar dimensi bak pengendapan yang dibutuhkan tidak terlalu luas. Lumpur yang terendap di bak pengendapan akan diresirkulasi ke bak aerasi untuk membantu pertumbuhan mikroorganisme. Setelah melalui bak pengendapan, efluen limbah cair akan dialirkan ke kolam monitoring secara gravitasi setelah dua hari pengolahan dan siap untuk dibuang ke saluran drainase.

c. IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan di PT. Maya Food Industries

Langkah awal dalam mengolah air limbah di PT. Maya Food Industries adalah dengan menampung limbah cair pada suatu bak penampungan khusus. Penampungan ini memiliki tujuan untuk menampung semua limbah cair hasil produksi dan sanitasi kecuali air toilet atau kebersihan diri. Selain itu, bak penampungan juga berperan sebagai tempat untuk mengendapkan padatan yang terbawa oleh arus air. Sisa padatan akan mengendap pada bagian dasar bak akibat tekanan aliran air dan gaya gravitasi. Pengambilan endapan padatan tersebut dilakukan secara manual. Pada bak penampungan ini, terdapat pompa yang berfungsi untuk memindahkan air ke proses selanjutnya yaitu bak *pre-treatment*.

Bak *pre-treatment* digunakan sebagai tempat memisahkan minyak yang ada dalam limbah cair berdasarkan pada berat jenisnya. Minyak yang berkumpul pada bagian permukaan air akan diambil dengan menggunakan sebuah kotak yang kemudian diletakkan di atas bak *pre-treatment* tersebut. Setelahnya, limbah cair akan dialirkan ke

bak ekualisasi yang digunakan untuk homogenisasi limbah cair. Homogenisasi dilakukan dengan menggunakan bantuan pompa untuk mengaduk limbah cair sehingga terjadi proses pencampuran. Setelah melewati bak *pre-treatment*, limbah cair akan dialirkan ke bak anaerobik yang digunakan untuk menguraikan pencemar organik NH₃, NO₂, bau dan menekan populasi bakteri patogen dengan bantuan bakteri anaerobik.

Selanjutnya, limbah cair dialirkan ke bak aerobik yang menggunakan sistem aerasi. Bak aerobik berguna untuk menghilangkan bau, memperbaiki warna air, menurunkan kadar COD dan BOD dalam limbah air dengan menggunakan bantuan bakteri aerobik. Pada bak aerobik terdapat air blower untuk memberikan injeksi udara (meningkatkan kadar oksigen) dalam bak agar bakteri aerobik dapat hidup dan melakukan proses penguraian. Setelah proses pengolahan dengan bak aerobik, limbah cair akan dialirkan ke bak pengendapan yang digunakan sebagai tempat untuk menampung bakteri aerobik yang terbawa oleh arus air. Kemudian bakteri tersebut akan diresirkulasi ke bak aerobik. Pengurasan bak settling dilakukan setiap 2 atau 3 minggu.

Pengolahan terakhir adalah pengolahan *wetland* yang merupakan area pengolahan limbah cair yang dipenuhi oleh tumbuhan. Proses pengolahan yang terjadi di *wetland* yaitu akar – akar tanaman dalam *wetland* akan menyerap nutrisi yang tersisa dalam limbah cair. Efluen limbah cair yang telah memenuhi baku mutu akan dibuang ke badan air terdekat (sungai).

Setiap jenis teknologi pengolahan limbah cair mempunyai keunggulan dan kekurangannya, oleh karena itu dalam hal pemilihan jenis teknologi

tersebut perlu diperhatikan aspek teknis, aspek ekonomis, aspek lingkungan, dan sumber daya manusia yang akan mengelola IPAL tersebut.

Tabel 3. 1 Tabel Perbandingan Alternatif

Aspek	Tangki Aerasi	ABR-Tangki Aerasi	SBR
Kebutuhan Area	0,13-0,25 m ² /cap		
Operasional & Perawatan			
Efisiensi Pengolahan (BOD)	75 - 90% ^a	ABR: 70 - 90% ^b	85 - 95% ^c
		TA: 75 - 90% ^a	
Kebutuhan Energi	1,12-1,87 kWh/1000 m ³ /kolam		
Beban Hidrolik			
Beban Organik	0,16 - 0,40 kg BOD/m ³ a		0,1 - 0,3 kg BOD/m ³ a
Produksi lumpur	Tinggi	Sedang	Tinggi
Waktu detensi	Lama	Cukup lama	Lama

Sumber: ^a Metcalf dan Eddy, 2014

^b Sasse, 1998

^c US EPA, 1999

Tabel 2. 3 Perbandingan Efisiensi Pengolahan

Parameter	Tangki Aerasi	ABR-Tangki Aerasi	SBR
BOD5	75 - 90% ^a	ABR 70 - 90% ^a	85 - 95% ^c
		TA 75 - 90% ^a	
COD	80 - 85% ^a	ABR 70 - 90% ^b	97% ^d
		TA 70 - 85% ^a	
TSS	80 - 90% ^a	ABR 40-70% ^e	85-97% ^c
		TA 70 - 85% ^a	
Minyak & Lemak	80% ^h	ABR 69-98% ^f	80%
		TA 80%	
NH3-N	89,6 – 90,4% ^g	-	96,3 – 99% ^g
		TA 89,6 – 90,4% ^g	

Sumber: ^a Metcalf dan Eddy, 2014
^b Sasse, 1998
^c US EPA, 1999
^d Reynolds dan Richard, 1996
^e Purwanto, 2004
^f Saputri, 2014
^g Abdelkader, 2009

Menurut US EPA (2000), tangki aerasi memiliki sistem operasional yang mudah. Tangki aerasi juga memiliki kemampuan menampung beban organik dan debit yang fluktuatif, sistem tangki aerasi tidak menghasilkan bau yang tidak sedap, dan terdapat proses nitrifikasi. Tetapi, tidak dapat proses denitrifikasi dalam tangki aerasi, sehingga harus digunakan unit tambahan. Selain itu, sistem tangki aerasi membutuhkan energi dan lahan yang besar.

Menurut Sasse (1998), sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) cocok untuk mengolah segala jenis limbah cair, ABR memiliki sistem operasional yang mudah, memiliki produksi lumpur yang sedikit. Pada sistem ABR, tidak memerlukan perlakuan tertentu pada biomassa, tidak membutuhkan media tumbuh untuk organisme, dan tidak membutuhkan pemisahan lumpur maupun gas. Selain itu, sistem ABR memiliki daya tahan yang relative terhadap beban kejut dan kebutuhan area yang sedikit. Tetapi, sistem ABR tidak mampu mengolah nutrisi N dan P pada limbah cair sehingga perlu dilanjutkan dengan pengolahan aerobik (Saputri, 2014). Sistem ABR cenderung mengolah limbah cair dengan debit kecil hingga menengah. Sehingga, untuk industri skala tidak direkomendasikan.

Pada sistem Sequencing Batch Reactor (SBR) dapat terjadi proses nitrifikasi, denitrifikasi, dan reduksi fosfor. SBR tidak membutuhkan area yang besar, efektif untuk mereduksi bahan organik, nitrogen, dan fosfor serta mengontrol organisme *filamentous* hanya dengan satu sistem. Tetapi, SBR memiliki sistem operasional waktu

siklus yang sulit, kebutuhan energi yang besar, dan harus memiliki sistem pembuangan dan pengolahan lumpur yang baik.

Dengan demikian, dalam perencanaan ini dipilih alternatif pengolahan 1 dengan menggunakan pengolahan biologis berupa tangki aerasi. Tangki aerasi cukup efisien untuk mengolah limbah cair pengolahan hasil perikanan dan menurut konsiderasi aspek operasional dan perawatan, dalam aspek ekonomi dan kebutuhan area tidak menjadi masalah karena industri yang menggunakan sistem tangki aerasi merupakan salah satu industri skala besar sehingga kebutuhan area dan energi dapat dipenuhi.

2.7.1. Bak Kontrol (*Bak Kontrol Awal*)

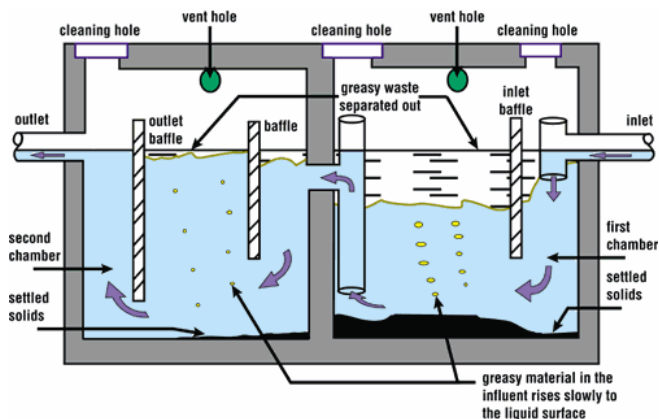
Bak kontrol merupakan unit yang berguna untuk mengontrol saluran limbah cair dari unit produksi menuju IPAL. Bak kontrol memiliki penutup yang digunakan untuk memantau kondisi limbah cair yang masuk ke IPAL. Bak kontrol juga dilengkapi dengan bar screen yang berguna untuk menyaring padatan berukuran besar agar tidak ikut terbawa ke pengolahan selanjutnya. *Bar screen* dipantau dan dibersihkan setiap hari secara manual (*hand-cleaned*).

2.7.2. Grease Trap

Grease trap merupakan salah satu unit pengolahan *pre-treatment* yang berguna untuk memisahkan minyak dan lemak pada limbah cair yang dihasilkan pada proses produksi. Menurut hasil analisa laboratorium mengenai kualitas limbah cair, konsentrasi minyak dan lemak dinilai cukup tinggi. Sehingga, harus memiliki unit pengolahan grease trap untuk mereduksi konsentrasi minyak dan lemak pada limbah cair. Minyak dan lemak merupakan komponen yang dapat mencemari lingkungan, karena dapat menimbulkan bibit penyakit, bau yang tidak sedap,

dan dapat menyebabkan tersumbatnya pipa saluran. (<http://ipalbiofive.com/2017/02/24/grease-trap/>, 2019)

Menurut Purwanti dkk., 2018, unit grease trap dibersihkan secara manual dan secara rutin, agar gumpalan minyak dan lemak tidak mempengaruhi proses pengolahan yang ada. Unit grease trap efektif untuk mereduksi limbah cair industri pengolahan hasil perikanan yang memiliki kadar minyak dan lemak yang tinggi.



Gambar 2. 1 Sistem Grease Trap

2.7.3. Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal (*primary clarifier*) digunakan sebagai *pretreatment* sebelum limbah cair diolah pada pengolahan biologis. Bak pengendapan awal digunakan bertujuan untuk memisahkan padatan dari limbah cair secara gravitasi, padatan yang akan terendapkan berbentuk pasir. Sehingga, pengolahan biologis dapat bekerja lebih optimal. Proses yang terjadi pada bak pengendapan awal adalah proses terjadinya pengendapan partikel yang tidak dapat diuraikan secara biologis dimana akan menyebabkan pengolahan biologis tidak optimal. Bak pengendapan

awal dapat berbentuk segi empat maupun lingkaran, berikut adalah kriteria desain dari bak pengendapan awal yang dikutip dari Metcalf dan Eddy, 2014:

Tabel 3. 2 Kriteria Desain Bak Pengendap Awal

	Satuan	Range
Waktu Detensi	Jam	1,5 - 2,5
OFR		
Rata-rata	m ³ /m ² .hari	30 - 50
	Satuan	Range
Puncak	m ³ /m ² .hari	80 - 120
WLR	m ³ /m ² .hari	125 - 500
Kedalaman	meter	3 - 4,9

2.7.4. Sumur Pengumpul (*Sump Well*)

Sumur pengumpul merupakan salah satu unit pengolahan yang berguna sebagai tempat penampungan limbah sebelum masuk ke pengolahan selanjutnya. Sumur pengumpul berguna untuk meratakan debit dan mengatur kuantitas limbah cair yang akan diolah pada IPAL, meratakan fluktuasi konsentrasi beban organik untuk mencegah pembebanan tiba-tiba (*shock loading*). Sumur pengumpul dilengkapi dengan pompa yang berguna untuk mengalirkan limbah cair ke pengolahan selanjutnya.

2.7.5. Tangki Aerasi

Tangki aerasi merupakan salah satu unit pengolahan biologis dengan bantuan mikroorganisme dan membutuhkan oksigen. Bertujuan untuk menurunkan bahan organik, pada sistem aerasi dapat terjadi proses penurunan ammonia karena terdapat suplai oksigen. Terjadi sistem sirkulasi antara unit tangki aerasi dan bak pengendapan akhir, tujuannya untuk

mempertahankan rasio F/M dalam tangki aerasi. Rasio F/M menunjukkan hubungan antara nutrisi dengan mikroorganisme pengurai. Semakin rendah rasio F/M maka sistem pengolahan limbah semakin efisien. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, hal ini sesuai dengan teori *conventional activated sludge*, yakni semakin kecil nilai F/M maka efisiensi removal TSS semakin tinggi (Rick dan Governor, 1990). Nilai F/M rasio dapat dikontrol dengan cara mengatur jumlah lumpur aktif dalam tangki, semakin banyak volume lumpur aktif maka nilai F/M rasio semakin rendah, begitupun sebaliknya. Pada sistem tangki aerasi juga dapat terjadi proses nitrifikasi yang memiliki prinsip mentransformasi ammonia-nitrogen menjadi nitrat dengan bantuan bakteri nitrifikasi yang bersifat aerob (membutuhkan oksigen) (Handayani, 2012). Berikut adalah kriteria desain dari tangki aerasi menurut Metcalf dan Eddy, 2014:

Tabel 3. 3 Kriteria Desain Tangki Aerasi

Type of Process	SRT (d)	F/M ratio (kg BOD5/ kg MLSS)	OLR (kg BOD5/m³)	HLR (h)	MLSS (mg/L)
<i>Tepered aeration</i>	5-15	0,2-0,4	0,3-0,6	4 - 8	1500 - 3000
<i>Conventio nal</i>	4-15	0,2-0,4	0,3-0,6	4 - 8	1500 - 3000
<i>Step aeration</i>	4-15	0,2-0,4	0,6-1,0	3 - 5	2000 - 3500
<i>Completel y mixed</i>	4-15	0,2-0,4	0,8-2,0	3 - 5	3000 - 6000
<i>Contact stabilizatio n</i>	4-15	0,2-0,4	1,0-1,2		
<i>Contact basin</i>				0,5 - 1,0	1000 - 3000
<i>Stabilizati on basin</i>				4 - 6	4000 - 10000

Type of Process	SRT (d)	F/M ratio (kg BOD5/ kg MLSS)	OLR (kg BOD5/m³)	HLR (h)	MLSS (mg/L)
<i>High-rate aeration</i>	4-15	0,4-1,5	1,6-16	0,5 - 2,0	4000 - 10000
<i>Pure oxygen</i>	8-20	0,2-1,0	1,6-4	1 - 3	6000 - 8000
<i>Extended aeration</i>	20-40	0,04-0,15	0,1-0,3	20-30	2000-4000

2.7.1. Bak Pengendap Akhir (*Secondary Clarifier*)

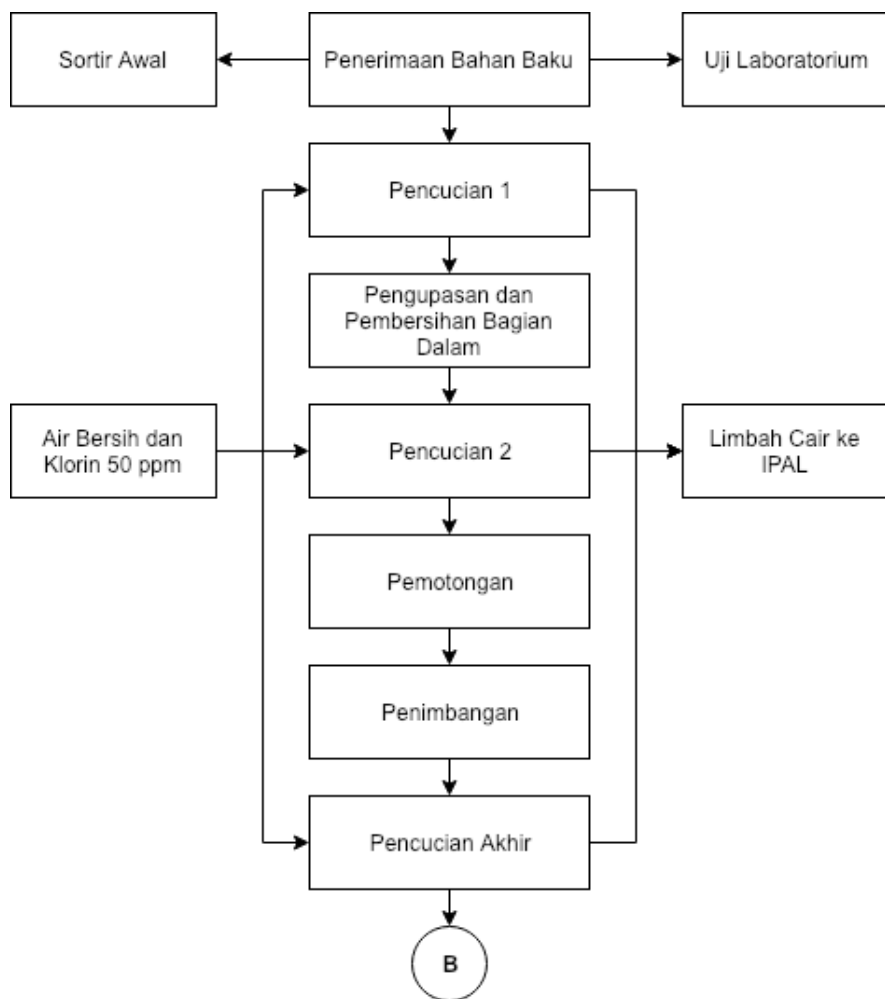
Bak pengendapan akhir merupakan sistem gabungan yang tidak dapat dipisahkan dari proses lumpur aktif (*activated sludge*) karena berperan dalam menghasilkan efluen yang berkualitas melalui mekanisme pengendapan serta berpengaruh pada perilaku proses biologi (Mirza, 2010). Bak pengendap akhir memiliki prinsip seperti bak pengendapan awal, hal yang membedakan adalah partikel yang diendapkan. Jika bak pengendapan awal mengendapkan partikel yang sulit atau bahkan tidak dapat terurai, bak pengendapan akhir mengendapkan partikel organik setelah melalui pengolahan biologis (*biofloc*). Pada unit ini terjadi sistem resirkulasi dari tangki aerasi.

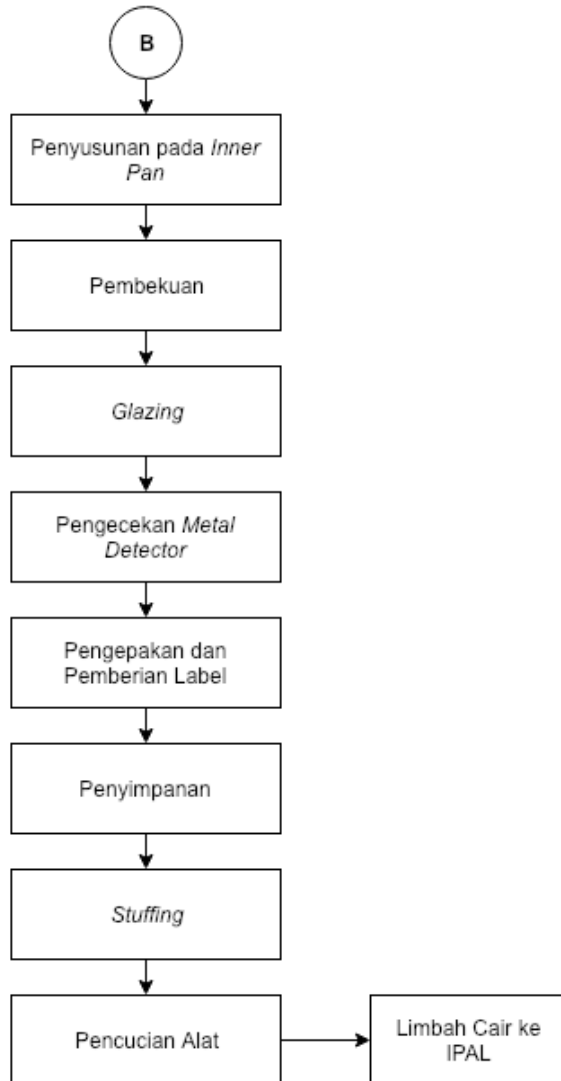
BAB 3

GAMBARAN UMUM

3.1 Gambaran Umum Perencanaan

Perencanaan IPAL ini berfokus pada pengolahan limbah cair yang berasal dari proses pengolahan hasil perikanan skala industri di Tuban. IPAL direncanakan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi, meliputi: pencucian bahan baku dan pencucian alat. Berikut merupakan bagan proses produksi pada industri pengolahan hasil perikanan yang menghasilkan limbah cair:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Produksi

3.2 ` **Gambaran Umum Daerah Perencanaan**

Perencanaan IPAL akan direalisasikan di Kabupaten Gresik, tepatnya di Jalan Raya Ngrayung, Desa Sumberagung, Kecamatan Plumpang. Menurut BPS Kecamatan Plumpang (2018), Kecamatan Plumpang dibatasi oleh wilayah berikut:

Sebelah utara : Kecamatan Semanding

Sebelah timur : Kecamatan Widang

Sebelah selatan: Kabupaten Bojonegoro

Sebelah barat : Kecamatan Rengel

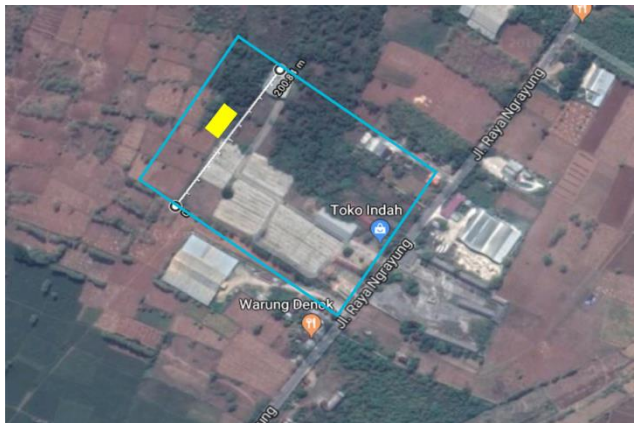
Lokasi perencanaan dapat dilihat pada gambar berikut:



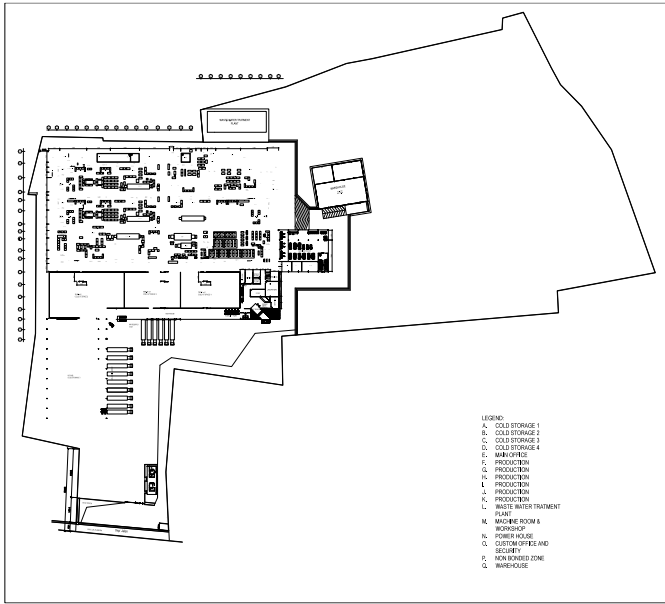
Gambar 3. 2 Lokasi Rencana Perencanaan IPAL Pada Peta Kabupaten Tuban



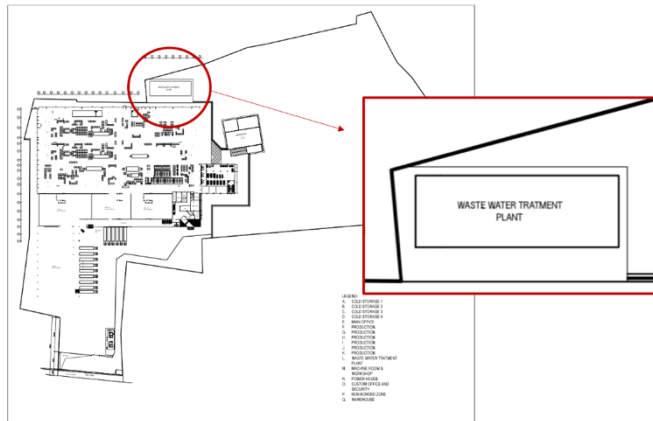
Gambar 3. 3 Lokasi Rencana Perencanaan IPAL Pada Peta Kecamatan Plumpang



Gambar 3. 4 Lokasi Rencana Perencanaan Pabrik & IPAL



Gambar 3. 5 Layout Rencana Pabrik di Tuban

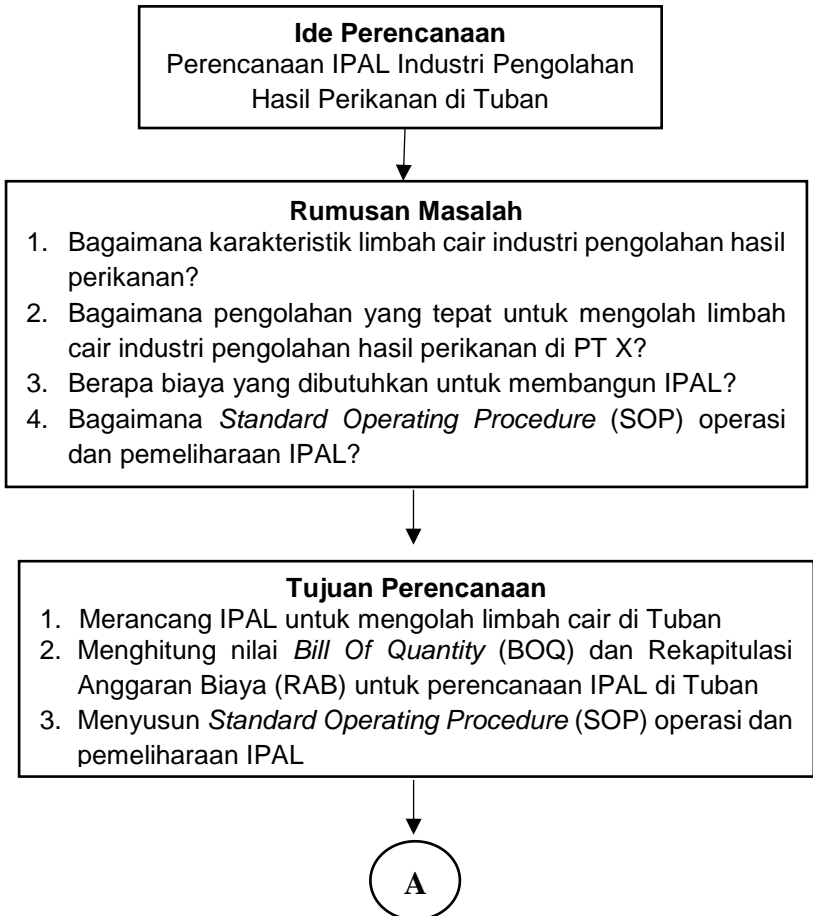


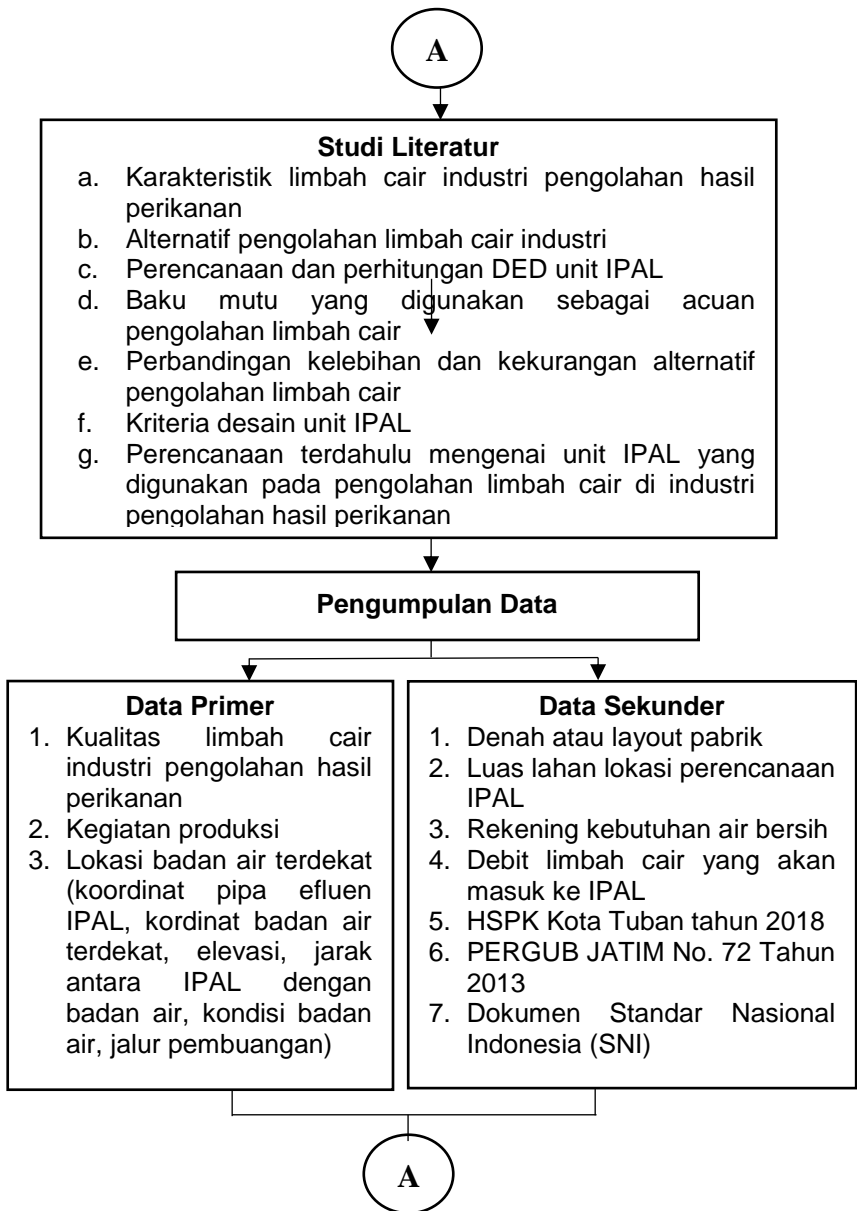
Gambar 3. 6 Tata Letak Rencana IPAL

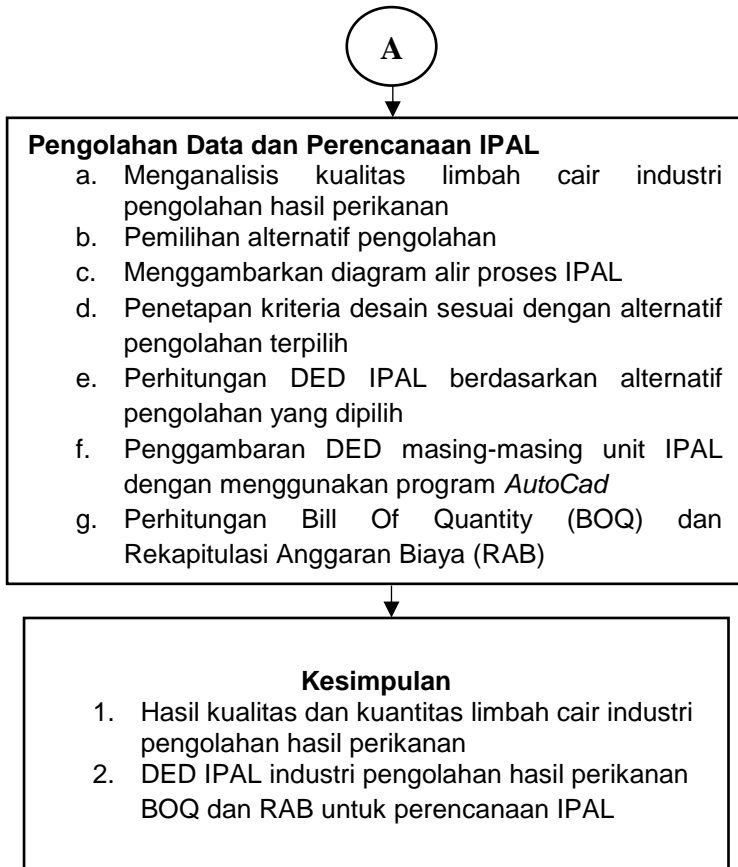
BAB 4 METODE PERENCANAAN

4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan disusun sebagai pedoman dalam proses perencanaan IPAL di Tuban. Berikut adalah alur perencanaan IPAL yang dapat dilihat pada Gambar 4.1:







Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan IPAL di Tuban

4.2 Detail Kerangka Perencanaan

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan IPAL industri pengolahan hasil perikanan berawal dari langkah pemerintah mengeluarkan PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Regulasi ini dikeluarkan agar seluruh pelaku industri mengolah limbah cair yang dihasilkan hingga memenuhi baku mutu. Langkah ini bertujuan agar limbah cair yang dibuang ke badan air tidak mencemari lingkungan sekitar industri.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai langkah untuk membuka wawasan teknis dan teori yang berguna sebagai acuan pada tugas akhir perencanaan ini. Sumber literatur didapatkan melalui buku, jurnal, artikel, standar perencanaan, dan referensi lain. Literatur yang dibutuhkan, antara lain:

- a. Karakteristik limbah cair industri pengolahan hasil perikanan
- b. Alternatif pengolahan limbah cair industri
- c. Perencanaan dan perhitungan DED unit IPAL
- d. Baku mutu yang digunakan sebagai acuan pengolahan limbah cair
- e. Perbandingan kelebihan dan kekurangan alternatif pengolahan limbah cair
- f. Mekanisme unit IPAL
- g. Kriteria desain unit IPAL
- h. Perencanaan terdahulu mengenai unit IPAL yang digunakan pada pengolahan limbah cair di industri pengolahan hasil perikanan

3. Pengambilan Data

Pengumpulan data diperlukan untuk mendapatkan informasi yang dapat menunjang tugas akhir perencanaan. Jenis data berdasarkan cara

mendapatkannya dibagi atas data primer dan sekunder.

a. Data Primer

Data primer didapatkan melalui sumber asli dengan cara survei, pengamatan, wawancara, dan pengukuran secara langsung.

1) Pengambilan Sampel dan Analisis Kualitas Limbah Cair

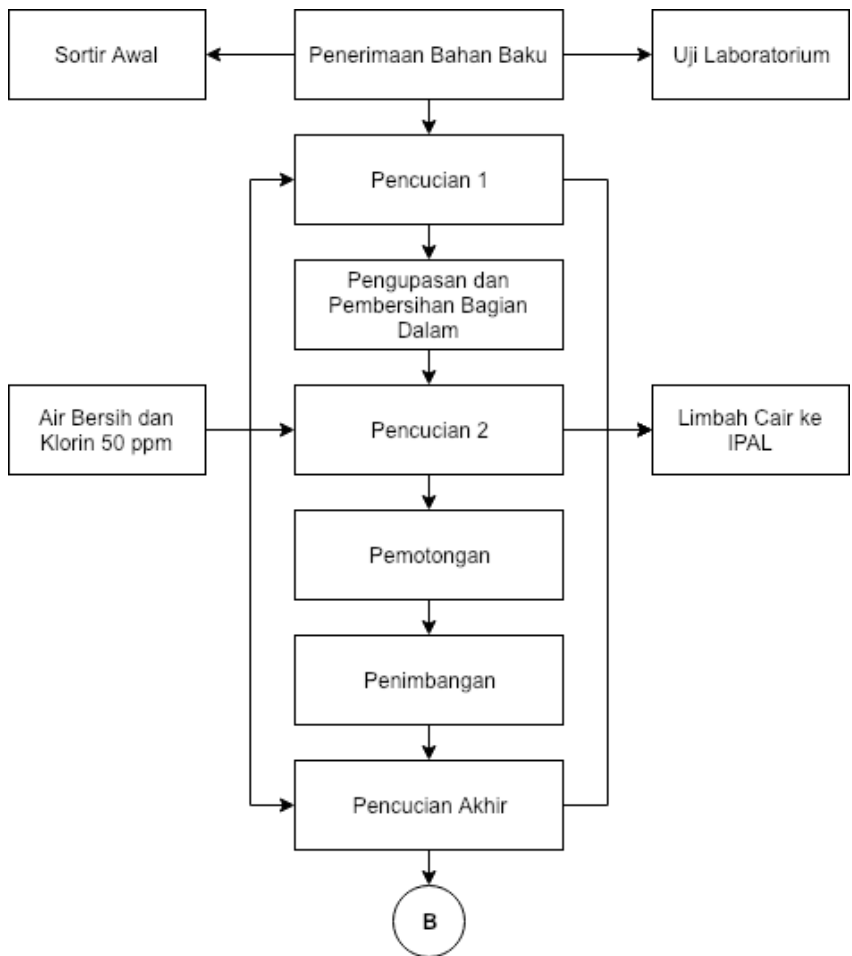
Kualitas limbah cair pada industri pengolahan hasil perikanan dapat diketahui melalui *sampling* dan analisis laboratorium. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan di salah satu pabrik eksisting di Gresik, Jawa Timur yang dianggap representatif karena memiliki kegiatan produksi yang sejenis. Pengambilan sampel pada pabrik di Gresik akan diawali dengan observasi pendahuluan untuk mengetahui kegiatan produksi per hari dan memperkirakan fluktuasi beban pencemar pada limbah cair. Hasil observasi pendahuluan akan mempengaruhi periode pengambilan *sampling*. Pengambilan sampel limbah cair akan dilakukan pada jam puncak dan dilakukan berdasarkan SNI 6989.59: 2008, diambil pada pipa inlet limbah cair yang akan masuk ke bak ekualisasi. Volume sampel limbah cair yang akan diambil untuk pengujian sampel adalah sebesar 3 liter, selanjutnya volume sampel akan didistribusikan ke setiap metode pengujian sampel limbah cair. Parameter dan metode pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

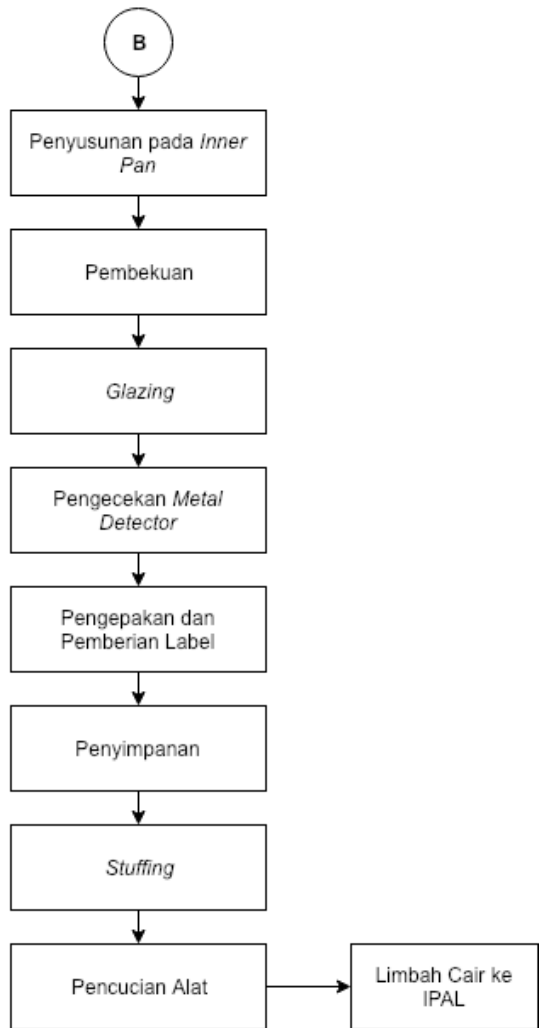
Tabel 4. 1 Parameter dan Metode Pengujian Sampel Limbah Cair

No	Parameter	Metode	Acuan
1	BOD	Winkler	SNI 6989.72:2009
2	COD	Refluks	SNI 6989.2:2009
3	TSS	Gravimetri	SNI 06-6989.3:2004
4	pH	pH meter	SNI 06-6989.11:2004
5	DO	Iodometri	SNI 06-6989.14:2004
6	Minyak dan Lemak	Gravimetri	SNI 06-6989.10:2004
7	MLSS	Gravimetri	SNI 06-6989.3:2004
8	MLVSS	Gravimetri	SNI 06-6989.3:2004
9	Sulfida	Spektrofotometri	SNI 6989.70:2009
10	Khlor bebas	Argentometri	SNI 6989.19:2004

2) Kegiatan Proses Produksi

Industri pengolahan hasil perikanan berfokus pada pengolahan hasil perikanan (ikan dan kepiting). IPAL industri pengolahan hasil perikanan digunakan untuk mengolah limbah cair yang berasal dari proses produksi, antara lain: air bekas pencucian, air sisa proses pendinginan, dan pencucian alat. Jam operasional proses produksi membantu perencana untuk memberikan gambaran umum tentang jam puncak pemakaian air. Jam operasional proses produksi diketahui mulai dari pukul 08.00 – 16.00 WIB. Diagram alir proses produksi yang mencakup kegiatan penghasil limbah cair dapat dilihat pada Gambar 4.2 mengenai proses produksi yang terjadi di industri pengolahan hasil perikanan:





Gambar 4. 2 Diagram Alir Proses Produksi

3) Badan Air Terdekat

Limbah cair yang telah diolah pada IPAL akan dibuang ke badan air terdekat, sehingga limbah cair setelah pengolahan harus memenuhi baku mutu yang telah ditentukan. Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui letak dari badan air dengan kordinat, kualitas badan air, elevasi permukaan badan saat kemarau dan musim hujan. Kordinat dari badan air digunakan untuk menentukan arah aliran efluen limbah cair ke badan air, mengukur jarak dan elevasi dengan menggunakan aplikasi *Google Maps*. Kualitas dan elevasi permukaan badan air dilihat dari observasi lapangan yang didukung dengan studi literatur. Jarak antara badan air dengan IPAL adalah sekitar 1,5 km.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui sumber yang telah ada, seperti buku, peraturan, data perusahaan, dll.

i. Gambar denah dan *Layout* Pabrik

Gambar denah dan *layout* pabrik dibutuhkan untuk mengetahui tata letak IPAL yang akan dibangun serta untuk mengetahui luas lahan yang tersedia untuk pembangunan IPAL. Gambar denah merupakan data yang digunakan untuk mengetahui tata letak IPAL sedangkan *layout* Pabrik digunakan untuk mengetahui tata letak pabrik terhadap lingkungan sekitar, termasuk mengetahui lokasi badan air terdekat. Denah pabrik dapat dilihat pada Gambar 3.6.

ii. Luas Lahan Perencanaan IPAL

Dari gambar denah pabrik, dapat diketahui luas lahan yang tersedia untuk

membangun IPAL. Luas lahan yang tersedia untuk perencanaan IPAL adalah sekitar 645m².

iii. Debit Limbah Cair

Sumber limbah cair yang dihasilkan pada industri pengolahan hasil perikanan sebagian besar berasal dari proses produksi. Sehingga, direncanakan kapasitas IPAL untuk menampung limbah cair adalah sebesar 750 m³/hari. Debit limbah cair harus diketahui untuk menentukan kapasitas perencanaan IPAL yang akan dibangun.

iv. Dokumen Acuan

Baku mutu efluen pengolahan limbah cair mengacu pada PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya terkhusus untuk Industri Pengolahan Hasil Perikanan. Metode pengambilan sampel dan analisis kualitas limbah cair digunakan dokumen Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan dalam melakukan kegiatan tersebut. Serta, Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kabupaten Tuban tahun 2018 berguna untuk menghitung RAB yang dibutuhkan dalam pembangunan IPAL di Tuban.

4. Pengolahan Data dan Perencanaan IPAL

Jika data primer dan sekunder telah terkumpul, maka proses pengolahan data dan perencanaan IPAL dapat dilakukan. Langkah-langkah pengolahan data dan perencanaan IPAL di Tuban adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis kualitas dan kuantitas limbah cair industri pengolahan hasil perikanan
- b. Pemilihan alternatif pengolahan
- c. Menggambarkan diagram alir proses IPAL

- d. Penetapan kriteria desain sesuai dengan alternatif pengolahan terpilih
 - e. Perhitungan DED IPAL berdasarkan alternatif pengolahan yang dipilih
Penyusunan *Detail Engineering Design* (DED) IPAL dilakukan untuk mendapat hasil akhir, antara lain:
 - Efisiensi proses pengolahan dalam penyisihan pencemar
 - Dimensi unit IPAL
 - Kebutuhan lahan berdasarkan perhitungan dimensi unit IPAL
 - f. Penggambaran detail setiap unit IPAL (gambar denah IPAL, potongan memanjang dan melintang bangunan, dan gambar detail komponen pendukung dengan menggunakan program *AutoCad*).
 - g. Perhitungan Bill Of Quantity (BOQ) dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB) sesuai dengan perhitungan DED yang telah dilakukan. Perhitungan ini berpedoman pada HSPK Tuban tahun 2018
 - h. Penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) IPAL yang berguna untuk pedoman dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan unit IPAL
5. Kesimpulan
- Kesimpulan didapatkan dari hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka dari hasil tersebut didapatkan jawaban dari tujuan perencanaan yang telah dibuat. Kesimpulan yang didapatkan, antara lain:
- Hasil kualitas dan kuantitas limbah cair industri pengolahan hasil perikanan di Tuban
 - DED IPAL industri pengolahan hasil perikanan
 - BOQ dan RAB untuk perencanaan IPAL
 - *Standard Operating Procedure* (SOP) IPAL

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kapasitas dan Kegiatan Produksi

Pada industri pengolahan hasil perikanan di Tuban diperkirakan memiliki kapasitas produksi sebesar hampir 140 ton per hari. Beban produksi yang dipasok setiap hari cenderung fluktuatif (tidak sama setiap hari).

Bahan baku selanjutnya akan diproses untuk menjadi produk setengah jadi dan jadi dengan berbagai proses. Kegiatan produksi terfokus untuk menghasilkan produk setengah jadi berupa ikan dan kepiting beku. Bahan baku yang siap untuk diolah harus melewati proses pencucian, pembersihan, pemotongan, dan penimbangan bagian tubuh ikan atau kepiting. Proses ini bertujuan agar bahan baku memiliki ukuran dan kualitas yang sesuai standar. Setelah itu, bahan mentah akan dibekukan di mesin pendingin dan diberi selimut es (*glaze*) agar dapat menjadi produk beku dan tahan lama.

5.2 Debit Limbah Cair pada Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Menurut hasil wawancara, kapasitas IPAL untuk mengolah limbah cair rata-rata direncanakan adalah sebesar 750 m³/hari dengan waktu operasional IPAL 24 jam setiap hari. Dari perencanaan kapasitas IPAL, didapatkan kesimpulan bahwa rata-rata limbah cair yang dihasilkan adalah sebesar 82% dari penggunaan air bersih. Diasumsikan bahwa pada saat limbah cair mengalami titik puncak, faktor titik puncaknya adalah sebesar 1,5. Asumsi ini digunakan pada perencanaan agar kapasitas IPAL mampu menampung beban limbah cair bila pada kondisi tertinggi.

5.3 Kualitas Limbah Cair pada Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Kualitas limbah cair dibutuhkan untuk mengetahui proses apa yang harus terjadi pada pengolahan limbah cair.

Kualitas limbah cair didapatkan dengan cara mengambil sampel limbah cair yang representative dengan limbah cair industri pengolahan hasil perikanan yang kemudian dianalisis di Laboratorium Departemen Teknik Lingkungan ITS. Hasil kualitas limbah cair dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Kualitas Limbah Cair Industri Pengolahan Hasil Perikanan

Parameter	Hasil Analisa (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
BOD	786	100
COD	1.456	150
TSS	270	30
pH	7,0	6,0-9,0
Minyak dan Lemak	1.990	10
Sulfida	2,36	1
Khlor bebas	0	1
TKN	382,45	5

Sumber: Hasil Analisis di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS, 2019

Baku mutu limbah cair merupakan kadar pencemar maksimum yang terdapat dalam limbah cair yang akan dibuang ke badan air. Baku mutu yang digunakan dalam perencanaan ini adalah PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Suatu Kegiatan Lainnya.

Menurut hasil analisis, kualitas limbah cair pada industri ini tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Sehingga, limbah cair harus diolah terlebih dahulu menggunakan unit pengolahan sebelum dibuang ke badan air.

Pemilihan alternatif pengolahan dipilih sesuai dengan karakteristik limbah cair, limbah cair dari industri ini memiliki beban pencemar dan debit yang fluktuatif. Sehingga, didapatkan ketiga alternatif pengolahan tersebut. Penurunan konsentrasi pencemar organik disebabkan oleh adanya proses baik secara anaerobik maupun aerobik

5.4 Efisiensi *Removal* dan Alternatif Sistem Pengolahan

a. Efisiensi *Removal*

Limbah cair yang dibuang ke badan air harus memenuhi baku mutu, sehingga pemilihan alternatif sistem pengolahannya harus tepat. Dalam menentukan alternatif sistem pengolahan, efisiensi removal merupakan faktor yang membantu dalam pemilihan alternatif yang sesuai. Nilai efisiensi removal dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 2 Efisiensi Removal Sistem Pengolahan Limbah Cair

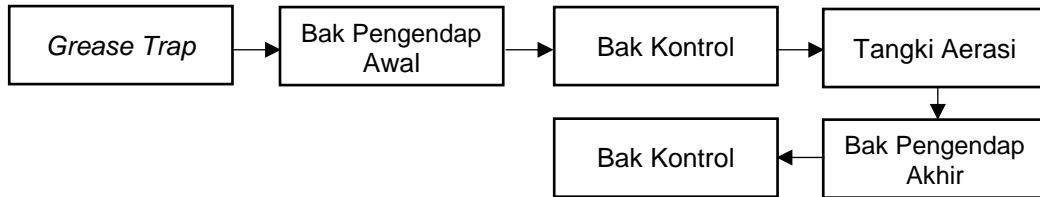
Unit Pengolahan	Efisiensi Removal (%)					
	BOD5	COD	TSS	N	P	MnG
Bar Screen	-	-	-	-	-	-
Grease Trap	-	-	-	-	-	99 ^a
Bak Pengendap I	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	-
Bak Kontrol	-	-	-	-	-	-
Tangki Aerasi	75-95	80-85	80-90	15-50	10-25	20-50
Bak Pengendap II	-	-	-	-	-	-
Bak Kontrol	-	-	-	-	-	-

Sumber: ^a Purwanti, dkk., 2018

b. Alternatif Sistem Pengolahan

Pada perencanaan IPAL ini dibuat tiga alternatif pengolahan yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah cair industri pengolahan hasil perikanan. Alternatif pengolahan limbah cair pada industri pengolahan hasil perikanan sangat bervariasi. Alternatif pengolahan yang pertama

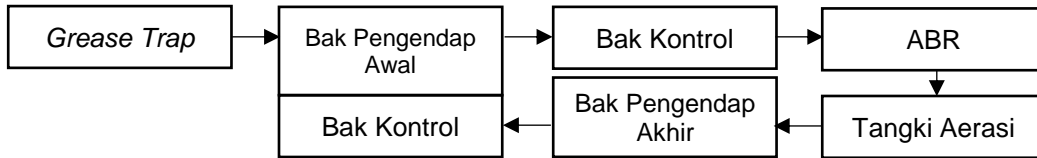
adalah bak aerasi sebagai pengolahan biologis utama. Alternatif pengolahan yang kedua adalah dengan menggunakan kombinasi pengolahan anaerobik dan aerobik. Alternatif pengolahan yang ketiga adalah dengan menggunakan teknologi *Sequencing Batch Reactor* (SBR) sebagai pengolahan biologis. Alternatif pengolahan dilengkapi dengan rencana efisiensi removal sehingga dapat diperkirakan apakah alternatif pengolahan dapat mengolah limbah cair agar sesuai dengan baku mutu. Diagram alir dan tabel alternatif pengolahan dapat dilihat pada gambar diagram alir dan tabel efisiensi removal di berikut ini:



Gambar 5. 1 Alternatif Pengolahan 1

Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Efisiensi Removal Alternatif 1

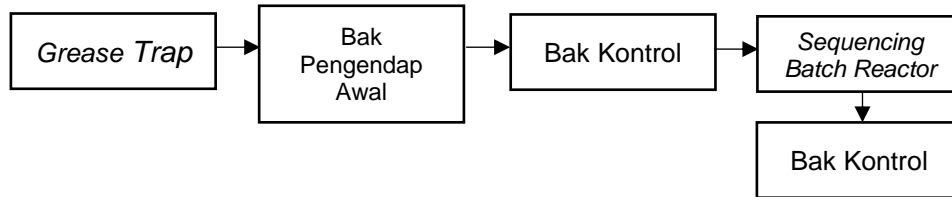
Parameter	Satuan	Input Air Limbah												Mutu
			Bar Screen	Grease Trap		Bak Pengendap Awal		Sump Well	Tangki Aerasi 1		Tangki Aerasi 2		Clarifier	
			Output	% Removal	Output	% Removal	Output	Output	% Removal	Output	% Removal	Output	Output	
BOD5	mg/L	786	786	0%	786	40%	472	472	75%	117.90	75%	29.48	29	100
COD	mg/L	1456	1456	0%	1456	40%	874	874	80%	174.72	80%	34.94	35	150
TSS	mg/L	270	270	0%	270	50%	135	135	80%	27.00	80%	5.40	5	30
TKN	mg/L	382.45	382.45	0%	382	0%	382	382	90%	39.77	90%	4.14	4	5
M & L	mg/L	1990	1990	85%	299	0%	299	299	82%	53.73	80%	10.75	10.7	10



Gambar 5. 2 Alternatif Pengolahan 2

Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Efisiensi Removal Alternatif 2

Parameter	Satuan	Input Air Limbah														Mutu
			Bar Screen	Grease Trap		Bak Pengendap Awal		Sump Well	ABR		Tangki Aerasi 1		Tangki Aerasi 2		Clarifier	
			Output	% R	Output	% R	Output	Output	% R	Output	% R	Output	% R	Output	Output	
BOD5	mg/L	786	786	0%	786	40%	472	472	75%	117.90	75%	29.475	75%	7.36875	7.37	100
COD	mg/L	1456	1456	0%	1456	40%	874	874	80%	174.72	80%	34.944	80%	6.9888	6.99	150
TSS	mg/L	270	270	0%	270	50%	135	135	50%	67.50	80%	13.5	80%	2.7	2.70	30
TKN	mg/L	382.45	382.45	0%	382	0%	382	382	0%	382.45	90%	39.7748	90%	4.1365792	4.14	5
M&L	mg/L	1990	1990	85%	299	0%	299	299	70%	89.55	80%	17.91	80%	3.582	3.58	10

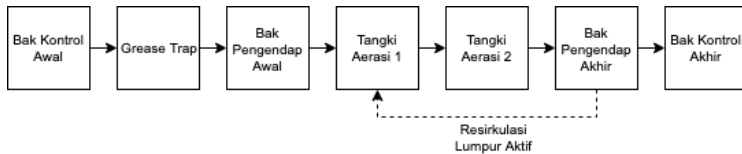


Gambar 5. 3 Alternatif Pengolahan 3

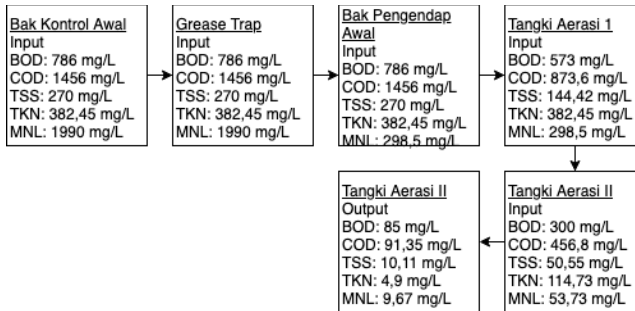
Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan Efisiensi Removal Alternatif 3

Parameter	Satuan	Input Air Limbah											Mutu
			Bar Screen	Grease Trap		Bak Pengendap Awal		Sump Well	SBR		SBR		
			Output	% R	Output	% R	Output	Output	% R	Output	% R	Output	
BOD5	mg/L	786	786	0%	786	40%	472	472	85%	70.74	85%	10.61	100
COD	mg/L	1456	1456	0%	1456	40%	874	874	97%	26.21	97%	0.79	150
TSS	mg/L	270	270	0%	270	50%	135	135	85%	20.25	85%	3.04	30
TKN	mg/L	382.45	382.45	0%	382	0%	382	382	98.5%	5.7	98.5%	0.1	5
M & L	mg/L	1990	1990	85%	299	0%	299	299	80%	59.70	80%	11.94	10

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel di atas, ketiga alternatif pengolahan dapat mengolah limbah cair hingga memenuhi baku mutu. Alternatif pengolahan yang dipilih merupakan alternatif 1, dengan menggunakan tangki aerasi sebagai sistem pengolahan biologis. Pemilihan alternatif sistem pengolahan dipilih atas pertimbangan beberapa aspek, aspek teknis (operasional dan perawatan) dan aspek ekonomi. Pertimbangan dari aspek teknis, operasional dan perawatan untuk tangki aerasi cukup mudah dan efektif dalam mereduksi konsentrasi bahan organik yang terkandung dalam limbah cair. Sehingga, diagram alir pengolahan adalah sebagai berikut:



Gambar 5. 4 Diagram Aliran Pengolahan Terpilih



Gambar 5. 5 Diagram Alir dan Neraca Massa

5.5 Perhitungan Detail Engineering Design (DED)

5.5.1 Bak Kontrol Awal

Bak kontrol awal berguna sebagai pengontrol saluran limbah cair dari unit produksi menuju IPAL. Bak kontrol dilengkapi dengan *bar screen* (penyaring padatan) yang bertujuan untuk menyaring padatan yang

berukuran besar agar tidak ikut ke pengolahan selanjutnya. *Bar screen* dipantau dan dibersihkan setiap hari secara manual (*hand-cleaned*).

Tabel 5. 6 Kriteria Desain *Bar Screen*

	Hand-cleaned	Mech-anic
Ukuran <i>Bar Screen</i>		
Lebar (mm)	5-15	5-15
Kedalaman (mm)	25-38	25-38
Jarak batang (b) (mm)	25-50	15-75
Slope batang dari vertikal (derajat)	30 - 45	0 - 30
Kecepatan melalui rack (m/s)	0,3-0,6	0,6-1,0
Headloss maksimum (hl) (mm)	150	150-600

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

Tabel 5. 7 Faktor Bentuk Bar

Tipe Bar	β
Sharp-edged rectangular	2.45
Rectangular with semicircular upstream face	1.83
Rectangular with semicircular upstream & downstream faces	1.67
Circular	1.79
Tear shape	0.76

Sumber : Qasim, Wastewater Treatment Plants, 1985, hlm 101

Direncanakan:

Bak kontrol antara saluran limbah cair dari unit produksi menuju IPAL.

- Kedalaman air = 1,5 meter
- Freeboard = 0,5 meter
- Rasio P : L = 1 : 1
- Q rata-rata = 750 m³/hari
- Factor peak (fp) = 1,5
- Q peak = 1.125 m³/hari
= 0,78125 m³/menit
- Waktu detensi (td) = < 10 menit
= 3 menit

Perhitungan:

1. Dimensi Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= Q \times t \\ &= 0,78125 \frac{m^3}{mnt} \times 3mnt \\ &= 2,34 m^3 \\ \text{As basah} &= \frac{\text{Volume}}{H} \\ &= \frac{2,34 m^2}{1,5 \text{ meter}} \\ &= 1,56 m^2 \\ P = L &= \sqrt{2,34} \\ &= 1,3 \text{ meter}\end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan dimensi bak kontrol:

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 1,3 \text{ meter} \\ \text{Lebar} &= 1,3 \text{ meter} \\ \text{Kedalaman air} &= 1,5 \text{ meter} \\ \text{Free board} &= 0,5 \text{ meter}\end{aligned}$$

**2. Pipa Masuk & Keluar Bak Kontrol Awal
Direncanakan:**

- Kecepatan di pipa = 0,6 m/s
- Q_{peak} = 0,013 m³/s

$$\begin{aligned}\text{As basah} &= \frac{Q}{\text{Kecepatan}} \\ &= \frac{0,013 m^3/s}{0,6 m/s} \\ &= 0,0217 m^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times \text{As}}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0217 m^2}{3,14}} \\ &= 0,166 m\end{aligned}$$

Diameter Pasaran yang digunakan 0,165 m atau 165 mm.

$$\begin{aligned}\text{Cek Kecepatan} &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,013 m^3/s}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,165^2}\end{aligned}$$

$$= 0,62 \text{ m/s (Memenuhi)}$$

3. **Headloss**

Direncanakan:

- Panjang pipa inlet = 3 meter
- Diameter pipa = 165 mm
= 16,5 cm
- Koef. Gesekan (C)= 120 (PVC)
- Panjang pipa outlet= 0,6 meter
= 60 cm

a. Inlet

$$\begin{aligned} \mathbf{H_f} &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{3 \text{ meter}}{(0,00155 \times 120 \times 16,5 \text{ cm})^{1,85}} \times 12,8 \text{ l/s}^{1,85} \\ &= 0,00215 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{H_v} &= \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{0,6 \text{ m/s}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0196 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Headloss Total} &= H_f + H_v \\ &= 0,00215 + 0,0196 \\ &= 0,022 \text{ meter} \end{aligned}$$

b. Outlet

$$\begin{aligned} \mathbf{H_f} &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{0,6 \text{ meter}}{(0,00155 \times 120 \times 16,5 \text{ cm})^{1,85}} \times 12,8 \text{ l/s}^{1,85} \\ &= 0,00043 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{H_v} &= \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{0,62^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0196 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Headloss Total} &= H_f + H_v \\ &= 0,00043 + 0,0196 \\ &= 0,02 \text{ meter} \end{aligned}$$

Bar screen akan diletakkan pada *Bak Kontrol Awal* terakhir yang berasal dari proses produksi menuju IPAL.

- $Q = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$
- Rasio $p : l = 1 : 1$
- Lebar Bak Kontrol Awal = 1,3 meter
- Panjang pipa inlet = 2 meter
- Kecepatan aliran = 0,6 m/s
- Kemiringan batang = 30°
- Jarak antar batang (b) = 30 mm
- Diameter batang (w) = 10 mm
- Kedalaman
 - *Freeboard* = 0,5 meter
- Faktor bentuk batang (β) = 2,45 (batang berbentuk segi empat)

Perhitungan:

4. Jumlah batang *bar screen* (n)

Lebar *bar screen* = lebar *Bak Kontrol Awal*

$$\begin{aligned} \text{Lebar BS} &= (n \times w) + ((n + 1) \times b) \\ 1,3 \text{ m} &= (n \times 0,01) + ((n + 1) \times 0,03) \\ n &= 31,75 \text{ buah} \\ &= 32 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa jumlah batang *barscreen* (n) adalah sebanyak 32 buah.

5. Jumlah bukaan antar bar (s)

$$\begin{aligned} S &= n + 1 \\ &= 32 + 1 \\ &= 33 \text{ buah} \end{aligned}$$

Lebar bukaan antar bar total (Lt)

$$\begin{aligned} Lt &= b \times (n + 1) \\ &= 0,03 \times (32 + 1) = 0,99 \text{ m} \end{aligned}$$

6. *Headloss*

$$Ac = \frac{Q}{v}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,013 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}} \\
&= 0,0174 \text{ m}^2 \\
\mathbf{Hv} &= \frac{v \text{ max}^2}{\frac{2g}{2 \times 9,81}} \\
&= \frac{0,7^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,025 \text{ meter} \\
\mathbf{Hf} &= \beta \times \left[\frac{w}{b} \right]^{4/3} \times hv \times \sin \alpha \\
&= 2,45 \times \left[\frac{10 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} \right]^{4/3} \times 0,025 \text{ meter} \times \sin 30 \\
&= 0,007 \text{ meter} \\
\mathbf{Headloss Total} &= Hf + Hv \\
&= 0,007 + 0,025 \\
&= 0,032 \text{ meter}
\end{aligned}$$

5.5.2 Grease Trap

Grease Trap / Penyaring Minyak adalah perangkat yang dirancang untuk mencegat minyak sebelum memasuki sistem pembuangan air limbah. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak / lemak tidak menggumpal dan mengeras di pipa pembuangan (Aryadi, 2017). Pada perencanaan kali ini, direncanakan unit *grease trap* memiliki 2 kompartemen yang dioperasikan secara seri. Kompartemen pertama digunakan untuk menampung limbah cair dari proses produksi dan kompartemen kedua digunakan untuk proses pemisahan minyak dan lemak dari limbah cair.

Kriteria Desain:

- Waktu detensi (td) = 30 – 60 menit

Direncanakan:

- Q masuk = 1.125 m³/hari
- Waktu detensi (td) = 35 menit
- Kedalaman (H) total = 2 meter
- Freeboard (fb) = 0,5 meter
- Kedalaman basah (WD)= 1,5 meter
- Kompartemen = 2 buah

- Rasio p:l = 2:1

Perhitungan:

1. Volume Grease Trap

$$\begin{aligned} \text{Vol GT} &= \frac{Q \times t_d}{\text{Kompartemen Rencana}} \\ &= \frac{1125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 35 \text{ menit}}{2} \\ &= 13,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. As Basah

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{H \text{ air}} \\ &= \frac{13,7 \text{ m}^3}{1,5} \\ &= 7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Dimensi Grease Trap

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{\frac{7}{2}} \\ &= 1,8 \text{ meter} &= 2 \text{ meter} \\ P &= \text{Lebar} \times 2 \\ &= 3,7 \text{ meter} &= 4 \text{ meter} \end{aligned}$$

4. Cek Waktu Detensi (td)

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{\text{Volume}}{Q} \\ &= \frac{13,7 \text{ m}^3}{1.125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 20,5 \text{ menit/kompartemen} \\ &= 41 \text{ menit/ 2 kompartemen} \end{aligned}$$

Sehingga, waktu detensi adalah 41 menit (sesuai kriteria).

5. Pipa Masuk dan Keluar Grease Trap

Direncanakan:

- Kecepatan pipa = 0,6 m/s

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang Basah (A)} &= \frac{Q}{\text{Kecepatan}} \\ &= \frac{1.125 \text{ m}^3 / \text{hari}}{0,6 \text{ m/s}} \\ &= 0,0217 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A &= \frac{\pi \times D^2}{4} \\
\text{Diameter Pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}} \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,0217}{3,14}} \\
&= 0,166 \text{ m} &= 166 \text{ mm} \\
\text{D pasaran} &= 0,165 \text{ m} &= 165 \text{ mm} \\
\text{Cek Kecepatan} &= \frac{Q}{A} \\
&= \frac{1.125 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,25 \times 3,14 \times 0,165^2} \\
&= 0,61 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

6. Headloss

a. Inlet

$$\begin{aligned}
\text{Hf} &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\
&= \frac{0,6 \text{ meter}}{(0,00155 \times 120 \times 16,5 \text{ cm})^{1,85}} \times 12,99 \text{ l/s}^{1,85} \\
&= 0,00043 \text{ meter}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Hv} &= \frac{v^2}{2g} \\
&= \frac{0,62^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81} \\
&= 0,0196 \text{ meter}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Headloss Total} &= \text{Hf} + \text{Hv} \\
&= 0,00043 + 0,0196 \\
&= 0,02 \text{ meter}
\end{aligned}$$

b. Antar Kompartemen

$$\begin{aligned}
\text{H Minor Elbow 90} &= \frac{v^2}{2g} \\
&= \frac{0,61^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81} \\
&= 0,0189 \text{ meter}
\end{aligned}$$

c. Outlet

$$\begin{aligned}
\text{Hf} &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\
&= \frac{1 \text{ meter}}{(0,00155 \times 120 \times 16,5 \text{ cm})^{1,85}} \times 12,99 \text{ l/s}^{1,85} \\
&= 0,00072 \text{ meter}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,61^2 m/s}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0189 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ Minor Elbow } 90 &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,61^2 m/s}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0189 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss Total} &= H_f + H_v \\
 &= 0,00072 + (2 \times 0,0189) \\
 &= 0,038 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan di atas dapat diketahui dimensi unit *grease trap* yang direncanakan sebagai berikut:

- **Panjang Total** = 8 meter
- **Lebar Total** = 4 meter
- **H total** = 2 meter
 - *Freeboard* = 0,5 meter
 - Kedalaman basah = 1,5 meter
- **Diameter pipa inlet & outlet** = 0,165 meter = 165 mm

Limbah cair pada industri ini memiliki konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi yaitu 1.990 mg/L. Menurut Purwanti, dkk. (2018), efisiensi *removal* unit *grease trap* untuk mereduksi konsentrasi minyak dan lemak adalah sebesar 99%. Pada *grease trap* tidak terjadi proses reduksi untuk bahan organik lainnya. Pada perencanaan ini direncanakan efisiensi *removal* sebesar 85%, sehingga perhitungan proses reduksi minyak dan lemak pada unit *grease trap*:

$$\begin{aligned}
 \text{[Minyak dan Lemak] in} &= 1.990 \text{ mg/L} \\
 \% \text{ Removal} &= 85\% \\
 \text{[Minyak dan Lemak] r} &= 85\% \times 1.990 \text{ mg/L} \\
 &= 1691,5 \text{ mg/L} \\
 \text{[Minyak dan Lemak] out} &= (100\% - \\
 &85\%) \times 1.990 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$= 298,5 \text{ mg/L}$$

Dapat disimpulkan dari perhitungan di atas, unit *grease trap* dapat menyisakan konsentrasi minyak dan lemak setelah melalui proses pengolahan sebesar 298,5 mg/L. Namun, hasil dari pengolahan unit *grease trap* belum dapat menurunkan konsentrasi minyak dan lemak hingga sesuai dengan baku mutu, yaitu 10 mg/L. Minyak dan lemak yang telah terpisahkan akan diambil secara manual dan akan diolah dengan menggunakan serabut kelapa atau jerami sebagai adsorben alami yang berfungsi untuk menyerap minyak. Hal ini bertujuan agar lresidu minyak dapat dibuang ke tempat pembuangan selanjutnya dan tidak mencemari lingkungan. Penggunaan adsorben alami terbuat dari bahan (suatu proses) yang tidak memiliki harga ekonomis dan terkadang tidak bisa digunakan kembali untuk suatu proses. Harga adsorben alami jauh lebih murah dibanding dengan adsorben yang berasal dari zeolite alam (Ali, 2007).

5.5.3 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal (*primary clarifier*) berfungsi untuk memisahkan zat padat tersuspensi dari limbah cair dengan cara diendapkan. Proses pengendapan terjadi karena adanya gaya gravitasi.

Kriteria Desain:

	Satuan	Range
Waktu Detensi	Jam	1,5 - 2,5
OFR		
Rata-rata	m ³ /m ² .hari	30 - 50
Puncak	m ³ /m ² .hari	80 - 120
WLR	m ³ /m.hari	125 - 500
Kedalaman	meter	3 - 4,9

Direncanakan:

- Q peak = 1.125 m³/hari
- Faktor puncak (fp) = 1,5

- Waktu detensi (td) = 1,5 jam
- Jumlah Unit = 1 buah
- Rasio p:l = 2:1
- Suhu (T) = 28°C
- ρ_{air} = 0,99626 gr/cm³
= 996,26 kg/m³
- μ = 0,0008363 N.s/m²
- ν = 8,394 x 10⁻⁷ m²/s

Perhitungan:
Zona Inlet

Direncanakan:

- Kecepatan pipa = 0,6 m/s

1. Luas Penampang Basah (As)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{Q}{\text{Kecepatan}} \\ &= \frac{1.125 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,6 \text{ m/s}} \\ &= 0,0217 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times \text{As}}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0217}{3,14}} \\ &= 0,166 \text{ m} = 166 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{D pasaran} = 0,165 \text{ m} = 165 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek Kecepatan} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1.125 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,25 \times 3,14 \times 0,165^2} \\ &= 0,61 \text{ m/s} \end{aligned}$$

2. Headloss

a. Inlet

$$\begin{aligned} \text{Hf} &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{3,5 \text{ meter}}{(0,00155 \times 120 \times 16,5 \text{ cm})^{1,85}} \times 12,99 \frac{\text{l}}{\text{s}}^{1,85} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0026 \text{ meter} \\
 \mathbf{Hv} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0183 \text{ meter} \\
 \mathbf{H \text{ Minor Elbow } 90} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,6^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0183 \text{ meter} \\
 \mathbf{Headloss Total} &= H_f + H_v + H_{E90} \\
 &= 0,0026 + (2 \times 0,0183) \\
 &= 0,038 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Zona Pengendapan

Direncanakan:

- H rencana = 3 meter
- *Freeboard* = 0,5 meter

3. Volume BP

$$\begin{aligned}
 \text{Vol BP} &= Q \times t_d \\
 &= 1.125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 1,5 \text{ jam} \\
 &= 70,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Dimensi Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Permukaan (As)} &= \frac{\text{Volume}}{H} \\
 &= \frac{70,3 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\
 &= 23,4 \text{ m}^2 \\
 L &= \sqrt{\frac{23,4}{2}} \\
 &= 3,5 \text{ meter} \\
 P &= \text{Lebar} \times 2 \\
 &= 3,5 \text{ meter} \times 2 \\
 &= 7 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

5. Cek OFR, Waktu Detensi (td), dan H air

$$\text{OFR pada peak} = \frac{Q_{\text{peak}}}{As}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1.125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3,5 \times 7 \text{ meter}} \\
 &= 45,92 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\
 &\text{(Memenuhi)} \\
 \text{Td pada saat } peak &= \frac{\text{Volume}}{Q} \\
 &= \frac{3,5 \times 7 \times 3 \text{ meter}}{1.125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\
 &= 1,57 \text{ jam} \\
 &\text{(Memenuhi)} \\
 \text{H air saat peak} &= \frac{td \times Q_{peak}}{As} \\
 &= \frac{1,57 \text{ jam} \times 46,875 \text{ m}^3/\text{jam}}{25 \text{ m}^2} \\
 &= 3 \text{ meter} \\
 \\
 \text{OFR pada saat rata-rata} &= \frac{Q \text{ rata-rata}}{As} \\
 &= \frac{750 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3,5 \times 7 \text{ meter}} \\
 &= 30,61 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\
 &\text{(Memenuhi)} \\
 \text{Td pada saat rata-rata} &= \frac{\text{Volume}}{Q} \\
 &= \frac{3,5 \times 7 \times 3 \text{ meter}}{750 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\
 &= 2,25 \text{ jam} \\
 &\text{(Memenuhi)} \\
 \text{H air saat rata-rata} &= \frac{td \times Q_{peak}}{As} \\
 &= \frac{2,25 \text{ jam} \times 31,25 \text{ m}^3/\text{jam}}{25 \text{ m}^2} \\
 &= 2 \text{ meter} \\
 \\
 \text{OFR pada saat min} &= \frac{Q \text{ minimal}}{As} \\
 &= \frac{681,8 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3,5 \times 7 \text{ meter}} \\
 &= 27,83 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\
 &\text{(Memenuhi)} \\
 \text{Td pada saat min} &= \frac{\text{Volume}}{Q_{min}}
 \end{aligned}$$

H air saat min

$$\begin{aligned} &= \frac{3,5 \times 7 \times 3 \text{ meter}}{681,8 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 1,8 \text{ jam} \\ &\text{(Memenuhi)} \\ &= \frac{td \times Q_{peak}}{As} \\ &= \frac{2,475 \text{ jam} \times 28,4 \text{ m}^3/\text{jam}}{25 \text{ m}^2} \\ &= 1,8 \text{ meter} \end{aligned}$$

Cek Scouring
Direncanakan:

- K = 0,05
- Sg S = 1,25
- g = 9,81 m/s²
- f = 0,025

6. Settling Velocity (Vs)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{As} \\ &= \frac{1.125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3,5 \times 7 \text{ meter}} \\ &= 0,00053 \text{ m/s} \end{aligned}$$

7. Diameter partikel (dp)

$$\begin{aligned} D_p &= \sqrt{\frac{18 \times V_s \times v}{g \times (Sg S - 1)}} \\ &= \sqrt{\frac{18 \times 0,00053 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 8,394 \times 10^{-7}}{9,81 \times (1,25 - 1)}} \\ &= 5,72 \times 10^{-5} \text{ m} \\ &= 0,0572 \text{ mm} \end{aligned}$$

8. Scouring Velocity (VSc)

$$\begin{aligned} V_{Sc} &= \sqrt{\frac{8 \times k \times (Sg S - 1) \times g \times dp}{f}} \\ &= \sqrt{\frac{8 \times 0,05 \times (1,25 - 1) \times 9,81 \times 5,72 \times 10^{-5}}{0,025}} \\ &= 0,0474 \text{ m/s} \end{aligned}$$

9. Horizontal Velocity (Vh)

$$V_h = \frac{Q}{Across} = \frac{Q}{L \times H}$$

$$= \frac{1.125 \text{ m}^3/\text{hari}}{3,5 \times 3 \text{ meter}}$$

$$= 0,00124 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan hasil bahwa $V_h < V_{Sc}$. Sehingga, tidak terjadi *scouring*.

10. Cek NRe dan NFr

$$\text{i. NRe} = \frac{\rho \times dp \times Vs}{\mu}$$

$$= \frac{996,26 \times 5,72 \times 10^{-5} \times 0,00053}{8,394 \times 10^{-7}}$$

$$= 36,09 \text{ (Transisi)}$$

$$\text{ii. CD} = \frac{24}{NRe} + \frac{3}{\sqrt{NRe}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{36,09} + \frac{3}{\sqrt{36,09}} + 0,34 = 1,50$$

$$\text{iii. Vs} = \sqrt{\frac{4 \times g}{3 \times CD \times (\rho_{\text{solid}} - \rho_{\text{water}}) \times dp}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 9,81}{3 \times 1,45 \times (1250 - 996,26) \times 5,72 \times 10^{-5}}}$$

$$= 0,36 \text{ m/s}$$

Dilakukan iterasi untuk perhitungan pada poin (i), (ii), (iii) sebanyak 3 iterasi. Sehingga, didapat hasil sebagai berikut:

- **NRe** = 20,43
- **CD** = 2,18
- **Vs** = 0,3 m/s

$$\text{R (Jari-jari basah)} = \frac{L \times H}{L + 2H}$$

$$= \frac{3,5 \times 3}{3,5 + 6}$$

$$= 1,09 \text{ meter}$$

$$\text{11. NFr} = \frac{Vh^2}{g \times R}$$

$$= \frac{0,00124^2}{9,81 \times 1,09}$$

$$= 1,44 \times 10^{-7}$$

Dari perhitungan NFr di atas, nilai NFr tidak memenuhi karena nilai NFr $< 10^{-5}$, sehingga

dibutuhkan tambahan *perforated baffles* pada unit bak pengendap awal.

12. NRe

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{Vh \times R}{v} \\ &= \frac{0,00124 \frac{m}{s} \times 1,09 \text{ meter}}{8,394 \times 10^{-7}} \\ &= 3357,4 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

13. NFr

$$\begin{aligned} \text{NFr} &= \frac{Vh^2}{g \times R} \\ &= \frac{(0,00124)^2}{9,81 \times 1,09 \text{ meter}} \\ &= 1,149 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa NRe memenuhi kriteria (>2000) dan nilai NFr juga memenuhi karena memiliki nilai lebih besar dari 10^{-5} .

Efisiensi Removal

Diketahui:

	TSS	BOD
a	0,0075	0,018
b	0,014	0,02

Perhitungan:

14. % Removal = $\frac{td}{a+b \times td}$

% Removal TSS = $\frac{1,5 \text{ jam}}{0,0075 + 0,014 \times 1,5 \text{ jam}} = 46,5\%$

% Removal BOD = $\frac{1,5 \text{ jam}}{0,018 + 0,02 \times 1,5 \text{ jam}} = 27\%$

Zona Lumpur

Diketahui:

- [TSS] in = 270 mg/L

Direncanakan:

- Sg Sludge = 1,03 (Metcalf dan Eddy,

2013)

- ρ sludge = 1,03 gr/cm³ = 0,00103 kg/m³
- Kadar sludge = 5%

Perhitungan:

15. [TSS] teremoval

$$\begin{aligned} [\text{TSS}]_{\text{rem}} &= \% \text{ R TSS} \times [\text{TSS}]_{\text{in}} \\ &= 47\% \times 270 \text{ mg/L} \\ &= 125,581 \text{ mg/L} \\ &= 0,126 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

16. Massa TSS teremoval

$$\begin{aligned} M_{\text{TSS rem}} &= Q \times [\text{TSS}]_{\text{teremoval}} \\ &= 1.125 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,126 \text{ kg/m}^3 \\ &= 141,28 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

17. Berat Lumpur

$$\begin{aligned} \text{Berat Lumpur} &= \frac{100}{5} \times \text{Massa TSS teremoval} \\ &= 2825,58 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

18. Volume Lumpur

$$\begin{aligned} \text{Vol Lumpur} &= \frac{\text{berat lumpur}}{\rho_{\text{sludge}}} \\ &= \frac{2825,58}{1,03 \times 1000} \\ &= 2,743 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

19. Dimensi Ruang Lumpur

$$\begin{aligned} H_{\text{ruang lumpur}} &= \frac{1}{3} \times H_{\text{bak pengendap awal}} \\ &= \frac{1}{3} \times 3 \text{ meter} \\ &= 1 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$P_{\text{ruang lumpur atas (Lebar BP)}} = 3,5 \text{ meter}$$

$$L_{\text{ruang lumpur atas}} = 3,5 \text{ meter}$$

$$L_{\text{ruang lumpur bawah}}$$

$$= L_{\text{ruang lumpur atas}} - 0,2 \text{ meter}$$

$$= 3,5 \text{ meter} - 0,2 \text{ meter}$$

$$= 3,3 \text{ meter}$$

$$P_{\text{ruang lumpur bawah}} = 3,3 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{ruang lumpur sebenarnya}} &= \frac{3 \times \text{Vol.Lumpur}}{S_1^2 + S_2^2 + \sqrt{S_1 \times S_2}} \\ &= \frac{3 \times 2,743 \text{ m}^3}{3,5^2 + 3,3^2 + \sqrt{3,5 \times 3,3}} \\ &= 0,31 \text{ meter} \end{aligned}$$

Volume Ruang Lumpur

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \times H \text{ ruang lumpur} \times (S1^2 + S2^2 + \sqrt{S1 \times S2}) \\ &= 11,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

20. Pengurasan Ruang Lumpur

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pengurasan} &= \frac{H \text{ rencana Ruang Lumpur}}{H \text{ hitung ruang Lumpur}} \\ &= \frac{1}{10,31} \\ &= 4 \text{ hari} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui dimensi bak pengendap awal, kemudian dilakukan perhitungan pompa untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan. Pompa berfungsi untuk mengalirkan air secara konstan dari bak ekualisasi ke unit IPAL selanjutnya. Dalam perencanaan ini digunakan pompa *centrifugal* Grundfos sebanyak 2 buah dimana salah satu pompa akan dijadikan unit cadangan apabila dilakukan perbaikan. Bak Pengendap Awal akan merangkap fungsi menjadi sumur pengumpul untuk mengendalikan fluktuasi aliran limbah cair baik dari segi kualitas ataupun kuantitas yang berbeda agar dapat dialirkan ke pengolahan selanjutnya.

Direncanakan:

- Kecepatan air di pipa (v) = 0,6 m/s
- Q = 1.125 m³/hari
= 0,013 m³/s
- L suction = 3meter
- L discharge = 1 meter
- C = 120

Perhitungan:

1. Headloss

Headloss statis = 3 meter

Hf suction

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{Q}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{0,013}{(0,00155 \times 120 \times 0,165^{2,63})} \right)^{1,85} \times 3 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$= 0,0092 \text{ meter}$$

Hf discharge

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{Q}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{0,013}{(0,00155 \times 120 \times 0,165^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times 1 \text{ meter} \\ &= 0,003 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hf minor Tee (k=0,9)

$$\begin{aligned} &= k \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,9 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0165 \text{ m} \end{aligned}$$

Hf minor Bend 90° (k=0,5)

$$\begin{aligned} &= k \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,5 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,00917 \text{ m} \end{aligned}$$

Hf minor check valve (k=0,25)

$$\begin{aligned} &= k \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,25 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0046 \text{ m} \end{aligned}$$

Hf minor gate valve (k=0,19)

$$\begin{aligned} &= k \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,19 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,00349 \text{ m} \end{aligned}$$

Head pompa

$$\begin{aligned} &= H_{\text{statis}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} \\ &= 3 + 0,0092 + 0,003 + 0,00917 + 0,0046 + \\ &\quad 0,00349 \text{ meter} \\ &= 4,03 \text{ m} \end{aligned}$$

Q Outlet

$$\begin{aligned} &= (1.125 - 2,75) \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1122,25 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Direncanakan:

- Kecepatan pipa = 0,6 m/s

21. Luas Penampang Basah (As)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{Q}{\text{Kecepatan}} \\ &= \frac{1.122,26 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,6 \text{ m/s}} \\ &= 0,0217 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{As} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times \text{As}}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0217}{3,14}} \\ &= 0,166 \text{ m} \quad = 166 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{D pasaran} = 0,165 \text{ m} = 165 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek Kecepatan} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{1.122,26 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,25 \times 3,14 \times 0,165^2} \\ &= 0,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah pengolahan biologis menggunakan tangki aerasi. Tangki aerasi merupakan pengolahan lumpur aktif yang sistem pengolahannya menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dan bertujuan untuk menurunkan pencemar organik atau nitrogen. Tangki aerasi direncanakan seri karena ada beberapa alasan yang mendukung. Berikut adalah perhitungan tangki aerasi bila hanya digunakan 1 buah:

Kriteria Desain:

- OLR = 0,1 – 0,3 m³/m².hari
- SRT (θC) = 20 - 40 hari
- MLSS = 2000 – 4000 mg/L
- MLVSS/MLSS = 0,65 – 0,75
- Kd = 0,06 – 0,1

Direncanakan:

- Q = 748,17 m³/hari
- θC = 40 hari
- OLR = 0,3 kg BOD/m³.hari

- $[BOD_5]_{in} = 573,78 \text{ mg/L}$
- $[BOD_5]_{out} = 85 \text{ mg/L}$
- $[TKN]_{in} = 382,45 \text{ mg/L}$
- $[TKN]_{out} = 4,9 \text{ mg/L}$
- $Y = 0,6 \text{ kg VSS/kg BOD}$
- $K_d = 0,06 \text{ /hari}$
- $MLVSS (X) = 2000 \text{ mg/L}$
- $MLSS = 2667 \text{ mg/L}$
- $MLVSS/MLSS = 0,75$
- $Y_n = 0,15 \text{ kg VSS/kg N}$
- $K_d' = 0,0852$
- $K_{dn} = 0,12$
- Rasio p:l = 2:1
- $H = 5 \text{ meter}$
- $X_r = 10000 \text{ mg/L}$

Diketahui:

- $[BOD_5]_{in} = 573,78 \text{ mg/L}$
- $[TKN]_{in} = 382,45 \text{ mg/L}$

Perhitungan:

1. Rasio Resirkulasi (Qr/Q)

$$R = \frac{X}{X_r - X}$$

$$\frac{2000}{10000 - 2000} = 0,25$$

$$Q_r = Q \times R$$

$$= 187 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Debit

$$Q = Q_o + Q_r$$

$$= 935,21 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3. Efisiensi Removal

$$\% R_{BOD} = \frac{[BOD]_{in} - [BOD]_{out}}{[BOD]_{in}}$$

$$= \frac{573,78 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 85 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{573,78 \text{ mg/L}}$$

$$= 48\%$$

4. Waktu detensi (td = θH)

$$T_d = \frac{\theta C}{X} \times \frac{Y \times (S_i - S_e)}{1 + k_d \times \theta C}$$

$$= \frac{40 \text{ hari}}{2000 \text{ mg/L}} \times \frac{0,6 \times (573,78 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 85 \text{ mg/L})}{1 + 0,06 \times 40 \text{ hari}}$$

$$= 1,73 \text{ hari}$$

$$= 41,4 \text{ jam}$$

5. Dimensi Tangki Aerasi

Volume Tangki Aerasi I

$$\text{Vol TA1} = Q \times t d$$

$$= 935,21 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,73 \text{ hari}$$

$$= 1613,3 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (As)} &= \frac{\text{Volume}}{H} \\ &= \frac{1613,3 \text{ m}^3}{5} \\ &= 322,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= \sqrt{322,7} \\ &= 18 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \sqrt{322,7} \\ &= 18 \text{ meter} \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan di atas dapat diketahui dimensi unit tangki aerasi I yang direncanakan sebagai berikut:

- **Panjang** = 18 meter
- **Lebar** = 18 meter
- **H total** = 5,3 meter
 - *Freeboard* = 0,3 meter
 - Kedalaman basah = 5 meter

Pengolahan Biologis

$$\begin{aligned} 6. Y' &= \frac{Y}{1+kd \times \theta C} \\ &= \frac{0,6}{1+0,6 \times 40} \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

7. Px biomassa

$$\begin{aligned} \text{Px biomassa} &= \frac{Q \times Y \times (S_0 - S_e)}{1+kd \times \theta C} \\ &= 80,67 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

8. Proses Nitrifikasi

$$\text{Ar N} = 14$$

$$\text{Mr C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N} = 118$$

i. Kadar Nitrogen (%)

$$\begin{aligned} \%N &= \frac{Ar N}{Mr C_5H_{12}O_2N} \times 100\% \\ &= \frac{14}{118} \times 100\% \\ &= 12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ii. Nitrogen input} \\ N \text{ in} &= [TKN]_{in} \times Q \\ &= 382,45 \frac{mg}{L} \times 935,21 \frac{m^3}{hari} \\ &= 358 \text{ kgN/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{iii. Nitrogen sintesa} \\ N \text{ sin} &= \% N \times Px \\ &= 12 \% \times 45,18 \text{ kg/hari} \\ &= 9,6 \text{ kgN/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{iv. Kebutuhan Nitrogen} \\ N &= Nitrogen \text{ in} - Nitrogen \text{ sin} \\ &= 358 \text{ kgN/hari} - 9,6 \text{ kgN/hari} \\ &= 348,1 \text{ kgN/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{v. NOx} &= 382,45 - 4,9 \\ &= 377,55 \text{ kgN/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{vi. Px N} \\ Px N &= \frac{Q \times NOx \times Yn}{1 + kdn \times \theta C} \\ &= 9,13 \text{ kgN/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{vii. Px VSS} \\ Px VSS &= Px \text{ biomassa} + Px N \\ &= 89,8 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dilakukan iterasi untuk perhitungan pada poin (v) dan (vi) sebanyak 2 iterasi. Sehingga, didapat hasil sebagai berikut:

- **NOx** = 0,366 kgN/hari
- **Px N** = 8,85 kgN/hari

Dari perhitungan iterasi di atas, diketahui nilai NOx dan Px N. Sehingga diketahui:

$$\begin{aligned} Px VSS &= Px \text{ biomassa} + Px N \\ &= 89,52 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Px TSS &= \frac{Px}{Rasio \text{ MLVSS/MLSS}} \\ &= \frac{89,52 \frac{kg}{hari}}{0,75} \\ &= 119,4 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Lumpur} &= \frac{Px TSS}{\rho \text{ sludge}} \\
 &= \frac{119,4 \text{ kg/hari}}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\
 &= 0,1155 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

9. Rasio F/M

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio F/M} &= \frac{Q \times (S_o - S_e)}{\text{Volume} \times MLSS} \\
 &= \frac{935,21 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{(573,78 - 85) \text{mg}}{\text{L}}}{1613,3 \text{ m}^3 \times 2,667 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\
 &= 0,2 \text{ (Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Organic Loading Rate (OLR)

$$\begin{aligned}
 \text{OLR} &= \frac{Q \times S_o}{\text{Volume}} \\
 &= \frac{935,21 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 573,78 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1613,3 \text{ m}^3} \\
 &= 0,4 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

10. Kebutuhan Oksigen (O₂)

$$\begin{aligned}
 &= Q \times (S_o - S_e) - (1,42 Px bio) + \\
 &\quad (4,57 \times Q \times NOx) \\
 &= 1581,5 \text{ kg O}_2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

Menggunakan Fine Bubble Diffuser HLBQ-260

- Diameter = 10 in
= 254 mm = 25,4 cm
- Transfer O₂ = 0,30 kg.jam (0,13 - 0,4)
- Aliran udara = 5 m³/jam (2 - 5)
= 0,083 m³/menit
- Kedalaman = 4-8 meter
- Kebutuhan O₂ = 1015,8 kg/hari
- Kedalaman AT1 = 5 m

11. Penentuan Kejenuhan Kelarutan Gas

- T air limbah = 28 °C
- P rata-rata = 750 mmHg
- Pada tekanan 760 mmHg,
 - Cs 28°C = 8,4 mg/L ;
 - pu = 31,8 mmHg

$$\begin{aligned}
 C_s \text{ 28}^\circ\text{C} &= 8,4 \text{ mg/L} \times \frac{750 \text{ mmHg} - 31,8 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg} - 31,8 \text{ mmHg}} \\
 &= 8,2846 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

12. Penentuan Konsentrasi Gas Jenuh Pada Kedalaman Tertentu

$$C_m = C_s \times \frac{P_r}{203} + \frac{O_e}{42}$$

Dimana,

C_m = Konsentrasi gas jenuh pada kedalaman bak, (mg/L)

P_r = Tekanan absolut pada kedalaman pelepasan udara, (kPa)

O_e = % gas dalam aliran udara yang dikeluarkan

Tekanan = 1 atm
 = 10,34 m air
 = 101,37 kPa
 = 760 mm Hg

Direncanakan:

- Kehilangan energi akibat gesekan udara dengan pipa distribusi = 10 kPa

$$P_r = 1 \text{ atm} + \left(\frac{5 \text{ meter}}{10,34 \text{ meter}} \times 101,37 \text{ kPa} \right) + 10 \text{ kPa}$$

$$P_r = 160,38 \text{ kPa}$$

13. % Gas pada Aliran Udara (O_e)

Diketahui dan direncanakan:

- Kandungan O₂ di udara = 21%
- Asumsi O₂ dalam gelembung udara larut di air adalah 8 %

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 O_e &= 21\% \times (1 - \% \text{Penyerapan O}_2) \\
 &= 21\% \times (1 - 8\%) = 19\%
 \end{aligned}$$

C_m

$$C_m = C_s \times \left(\frac{P_r}{203} + \frac{O_e}{42} \right)$$

$$= 8,4\text{mg/L} \times \left(\frac{160,38 \text{ kPa}}{203} + \frac{19}{42} \right)$$

$$= 6,55 \text{ mg/L}$$

14. Penentuan Massa Oksigen yang Dikeluarkan Diffuser

$$N = CG^{1/a-n} D^{0,67} (C_M - C_L) \times (1,02^{(T-20)})$$

$$C = \text{konstanta (0,04233)}$$

$$n = \text{konstanta (0,1)}$$

$$D = \text{Kedalaman difuser, m}$$

$$C_M = \text{Konsentrasi gas jenuh pada kedalaman bak, mg/L}$$

$$C_L = \text{Konsentrasi DO pada kedalaman air, mg/L}$$

$$\alpha = \text{Koefisien transfer (air limbah/air bersih)}$$

$$G_a = \text{Debit udara } m^3/\text{menit (sesuai kriteria Diffuser)}$$

Direncanakan:

- DO = 2 mg/L

- α = 0,75

Perhitungan:

$$N =$$

$$0,04233 \times \left(0,083 \frac{m^3}{\text{menit}} \right)^{1-0,1} \times (2,3^{0,67}) \times (6,55\text{mg/L} - 2\text{mg/L}) \times 1,02^{(28-20)} \times 0,75$$

$$= 0,133 \text{ kg O}_2/\text{jam}$$

15. Penentuan jumlah dan letak Diffuser

Perhitungan:

$$\text{Jumlah difuser} = \frac{\text{Keb.O}_2 \text{ sehari}}{24 \times N}$$

$$= \frac{1581,5\text{kg/hari}}{24 \times 0,133}$$

$$\text{Jumlah difuser} = 495 \text{ buah}$$

$$\text{Panjang tangki} = 18 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 18 \text{ m}$$

16. Daya Kompresor/Blower

$$P = \frac{F \times R \times T_i}{C \times n \times E} \times \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Dimana,

P = Daya kompresor/blower, hp (kW)

F = Massa aliran udara, (kg/s)

R = Konstanta (Dalam SI 0,288)

C = Konstanta (Dalam SI 1,0)

n = Konstanta untuk udara (0,283)

E = Efisiensi kompresor/blower (70-80%)

Pi = Tekanan pada tempat perencanaan
(inlet), psi (kPa)

Pr = Tekanan pada outlet, psi (kPa)

Perhitungan:

$$P = \frac{F \times R \times T_i}{C \times n \times E} \times \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{0,283} - 1 \right]$$
$$= 48 \text{ kW}$$

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa dimensi dari 1 buah tangki aerasi adalah 18 x 18 m². Dari hasil analisa, dikhawatirkan bila dimensi bangunan terlalu besar, tidak terjadi proses *complete mix* seperti yang seharusnya. Selain itu, harus terdapat proses pengolahan N yang efektif dengan efisiensi removal dan waktu yang lebih lama, tetapi beban organik bila hanya dibebankan pada 1 buah akan sangat berat dan cenderung tidak efektif dalam mengolah bahan organik. Tetapi, walau membutuhkan waktu yang lama, harus dipertimbangkan bahwa IPAL terus digunakan setiap hari selama 24 jam. Menurut hasil perhitungan, waktu detensi melebihi baku mutu (18-40 jam), rasio F/M melebihi baku mutu (0,04-0,1), luas lahan yang tidak memadai. Sehingga, harus diberi tambahan tangki aerasi untuk meningkatkan efisiensi removal N dan mempercepat pengolahan. Berikut adalah perhitungan rangkaian seri tangki aerasi:

5.5.4 Tangki Aerasi I

Pada perencanaan kali ini digunakan 2 buah tangki aerasi yang disusun secara seri, agar proses penguraian bahan organik lebih efektif. Tangki aerasi pertama merupakan tipe *extended aeration*.

Kriteria Desain:

- OLR = 0,1 – 0,3 m³/m².hari
- SRT (θ_C) = 20 - 40 hari
- MLSS = 2000 – 4000 mg/L
- MLVSS/MLSS = 0,65 – 0,75
- Kd = 0,06 – 0,1

Direncanakan:

- Q = 748,17 m³/hari
- θ_C = 40 hari
- OLR = 0,3 kg BOD/m³.hari
- [BOD₅] in = 573,78 mg/L
- [BOD₅] out = 300 mg/L
- [TKN] in = 382,45 mg/L
- [TKN] out = 114,735 mg/L
- Y = 0,6 kg VSS/kg BOD
- Kd = 0,06 /hari
- MLVSS (X) = 2000 mg/L
- MLSS = 2667 mg/L
- MLVSS/MLSS = 0,75
- Y_n = 0,15 kg VSS/kg N
- Kd' = 0,0852
- K_{dn} = 0,12
- Rasio p:l = 2:1
- H = 5 meter
- X_r = 10000 mg/L

Diketahui:

- [BOD₅] in = 573,78 mg/L
- [TKN] in = 382,45 mg/L

Perhitungan:

17. Rasio Resirkulasi (Qr/Q)

$$\begin{aligned} R &= \frac{X}{X_r - X} \\ \frac{2000}{10000 - 2000} &= 0,25 \\ Q_r &= Q \times R \\ &= 187 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

18. Debit

$$Q = Q_o + Q_r$$

$$= 935,21 \text{ m}^3/\text{hari}$$

19. Efisiensi Removal

$$\begin{aligned} \% \text{ R BOD} &= \frac{[BOD]_{in} - [BOD]_{out}}{[BOD]_{in}} \\ &= \frac{573,78 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 300 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{573,78 \text{ mg/L}} \\ &= 48\% \end{aligned}$$

20. Waktu detensi ($t_d = \theta_H$)

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{\theta_C}{X} \times \frac{Y \times (S_i - S_e)}{1 + k_d \times \theta_C} \\ &= \frac{40 \text{ hari}}{2000 \text{ mg/L}} \times \frac{0,6 \times (573,78 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 300 \text{mg/L})}{1 + 0,06 \times 40 \text{ hari}} \\ &= 0,883 \text{ hari} \\ &= 23,2 \text{ jam (Memenuhi)} \\ &= 0,97 \text{ hari} \end{aligned}$$

21. Dimensi Tangki Aerasi I

Volume Tangki Aerasi I

$$\begin{aligned} \text{Vol TA1} &= Q \times t_d \\ &= 935,21 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,97 \text{ hari} \\ &= 903,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (As)} &= \frac{\text{Volume}}{H} \\ &= \frac{903,7 \text{ m}^3}{5} \\ &= 180,74 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= \sqrt{180,74} \\ &= 13,5 \text{ meter} \\ \text{Panjang} &= 13,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan di atas dapat diketahui dimensi unit tangki aerasi I yang direncanakan sebagai berikut:

- **Panjang** = 13,5 meter
- **Lebar** = 13,5 meter
- **H total** = 5,3 meter
 - *Freeboard* = 0,3 meter
 - Kedalaman basah = 5 meter

Pengolahan Biologis

$$\begin{aligned}
 22. Y' &= \frac{Y}{1+kd \times \theta C} \\
 &= \frac{0,6}{1+0,6 \times 40} \\
 &= 0,18
 \end{aligned}$$

23. Px biomassa

$$\begin{aligned}
 Px \text{ biomassa} &= \frac{Q \times Y \times (S_0 - S_e)}{1+kd \times \theta C} \\
 &= 45,18 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

24. Proses Nitrifikasi

$$Ar \text{ N} = 14$$

$$Mr \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N} = 118$$

viii. Kadar Nitrogen (%)

$$\begin{aligned}
 \%N &= \frac{Ar \text{ N}}{Mr \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N}} \times 100\% \\
 &= \frac{14}{118} \times 100\% \\
 &= 12\%
 \end{aligned}$$

ix. Nitrogen input

$$\begin{aligned}
 N \text{ in} &= [TKN]_{in} \times Q \\
 &= 382,45 \frac{mg}{L} \times 935,21 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 358 \text{ kgN/hari}
 \end{aligned}$$

x. Nitrogen sintesa

$$\begin{aligned}
 N \text{ sin} &= \%N \times Px \\
 &= 12\% \times 45,18 \text{ kg/hari} \\
 &= 5,4 \text{ kgN/hari}
 \end{aligned}$$

xi. Kebutuhan Nitrogen

$$\begin{aligned}
 N &= Nitrogen \text{ in} - Nitrogen \text{ sin} \\
 &= 358 \text{ kgN/hari} - 5,4 \text{ kgN/hari} \\
 &= 352,31 \text{ kgN/hari}
 \end{aligned}$$

xii. NOx

$$\begin{aligned}
 &= 352,31 - 5,4 \\
 &= 305,96 \text{ kgN/hari}
 \end{aligned}$$

xiii. Px N

$$\begin{aligned}
 Px \text{ N} &= \frac{Q \times NOx \times Y_n}{1+kd_n \times \theta C} \\
 &= 6,48 \text{ kgN/hari}
 \end{aligned}$$

xiv. Px VSS

$$\begin{aligned}
 Px \text{ VSS} &= Px \text{ biomassa} + Px \text{ N} \\
 &= 45,18 + 6,01 \\
 &= 51,66 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Dilakukan iterasi untuk perhitungan pada poin (v) dan (vi) sebanyak 2 iterasi. Sehingga, didapat hasil sebagai berikut:

- **NOx** = 0,261 kgN/hari
- **Px N** = 6,31 kgN/hari

Dari perhitungan iterasi di atas, diketahui nilai NOx dan Px N. Sehingga diketahui:

$$\begin{aligned} Px \text{ VSS} &= Px \text{ biomassa} + Px \text{ N} \\ &= 45,18 + 5,85 \text{ kg} \\ &= 51,5 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Px \text{ TSS} &= \frac{Px}{\text{Rasio MLVSS/MLSS}} \\ &= \frac{51,04 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{0,75} \\ &= 68,67 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Lumpur} &= \frac{Px \text{ TSS}}{\rho \text{ sludge}} \\ &= \frac{68,67 \text{ kg/hari}}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 0,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

25. Rasio F/M

$$\begin{aligned} \text{Rasio F/M} &= \frac{Q \times (S_o - S_e)}{\text{Volume} \times \text{MLSS}} \\ &= \frac{935,21 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{(573,78 - 300) \text{mg}}{\text{L}}}{903,7 \text{ m}^3 \times 2,667 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ &= 0,2 \text{ (Melebihi } 0,05) \end{aligned}$$

26. Organic Loading Rate (OLR)

$$\begin{aligned} \text{OLR} &= \frac{Q \times S_o}{\text{Volume}} \\ &= \frac{935,21 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 573,78 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{903,7 \text{ m}^3} \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai rasio F/M dan OLR memenuhi kriteria. Sehingga akan dilanjutkan dengan perhitungan debit resirkulasi.

27. Kebutuhan Oksigen (O₂)

$$\begin{aligned} &= Q \times (S_o - S_e) - (1,42 Px \text{ bio}) + \\ &\quad (4,57 \times Q \times NOx) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \\
&935,21 \frac{m^3}{hari} \times \left(\frac{(573,78 - 300)mg}{l} \right) \\
&/1000) - \left(1,42 \times 45,18 \frac{kg}{hari} \right) \\
&+ (4,57 \times 935,21 \frac{m^3}{hari} \times 0,242 \frac{kg}{hari}) \\
&= 1298,8 \text{ kg O}_2/\text{hari}
\end{aligned}$$

Direncanakan:

Menggunakan Fine Bubble Diffuser HLBQ-260

- Diameter = 10 in
= 254 mm = 25,4 cm
- Transfer O₂ = 0,30 kg.jam (0,13 - 0,4)
- Aliran udara = 5 m³/jam (2 - 5)
= 0,083 m³/menit
- Kedalaman = 4-8 meter
- Kebutuhan O₂ = 1298,8 kg/hari
- Kedalaman = 5 m

28. Penentuan Kejenuhan Kelarutan Gas

- T air limbah = 28 'C
- P rata-rata = 750 mmHg
- Pada tekanan 760 mmHg,
 - Cs 28°C = 8,4 mg/L ;
 - pu = 31,8 mmHg

$$\begin{aligned}
\text{Cs } 28^{\circ}\text{C} &= 8,4 \text{ mg/L} \times \frac{750 \text{ mmHg} - 31,8 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg} - 31,8 \text{ mmHg}} \\
&= 8,2846 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

29. Penentuan Konsentrasi Gas Jenuh Pada Kedalaman Tertentu

$$Cm = Cs \times \frac{Pr}{203} + \frac{Oe}{42}$$

Dimana,

- Cm** =Konsentrasi gas jenuh pada kedalaman bak, (mg/L)
- Pr** =Tekanan absolut pada kedalaman pelepasan udara, (kPa)
- Oe** = % gas dalam aliran udara yang dikeluarkan

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 10,34 \text{ m air} \\
 &= 101,37 \text{ kPa} \\
 &= 760 \text{ mm Hg}
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

- Kehilangan energi akibat gesekan udara dengan pipa distribusi = 10 kPa

$$Pr = 1 \text{ atm} + \left(\frac{5 \text{ meter}}{10,34 \text{ meter}} \times 101,37 \text{ kPa} \right) + 10 \text{ kPa}$$

$$Pr = 160,38 \text{ kPa}$$

30. % Gas pada Aliran Udara (Oe)

Diketahui dan direncanakan:

- Kandungan O₂ di udara = 21%
- Asumsi O₂ dalam gelembung udara larut di air adalah 8 %

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 Oe &= 21\% \times (1 - \% \text{Penyerapan } O_2) \\
 &= 21\% \times (1 - 8\%) = 19\%
 \end{aligned}$$

Cm

$$\begin{aligned}
 C_m &= C_s \times \left(\frac{Pr}{203} + \frac{Oe}{42} \right) \\
 &= 8,4 \text{ mg/L} \times \left(\frac{160,38 \text{ kPa}}{203} + \frac{19}{42} \right) \\
 &= 6,55 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

31. Penentuan Massa Oksigen yang Dikeluarkan Diffuser

$$N = CG^{1/a-n} D^{0,67} (C_M - C_L) \times (1,02^{(T-20)})$$

C = konstanta (0,04233)

n = konstanta (0,1)

D = Kedalaman difuser, m

C_m = Konsentrasi gas jenuh pada kedalaman bak, mg/L

C_L = Konsentrasi DO pada kedalaman air, mg/L

α = Koefisien transfer (air limbah/air bersih)

G_a = Debit udara m³/menit (sesuai kriteria Diffuser)

Direncanakan:

- DO = 2 mg/L
- α = 0,75

Perhitungan:

$$N = 0,04233 \times (0,083 \frac{m^3}{menit})^{1-0,1} \times (2,3^{0,67}) \times (6,55 \text{mg/L} - 2 \text{mg/L}) \times 1,02^{(28-20) \times 0,75} = 0,121 \text{ kg O}_2/\text{jam}$$

32. Penentuan jumlah dan letak Diffuser

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah difuser} &= \frac{\text{Keb.O}_2 \text{ sehari}}{24 \times N} \\ &= \frac{1298,8 \text{kg/hari}}{24 \times 0,121} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah difuser} = 447 \text{ buah}$$

$$\text{Panjang} = 13,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 13,5 \text{ m}$$

33. Daya Kompresor/Blower

$$P = \frac{F \times R \times T_i}{C \times n \times E} \times \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Dimana,

P = Daya kompresor/blower, hp (kW)

F = Massa aliran udara, (kg/s)

R = Konstanta (Dalam SI 0,288)

C = Konstanta (Dalam SI 1,0)

n = Konstanta untuk udara (0,283)

E = Efisiensi kompresor/blower (70-80%)

Pi = Tekanan pada tempat perencanaan (inlet), psi (kPa)

Pr = Tekanan pada outlet, psi (kPa)

Perhitungan:

$$P = \frac{F \times R \times T_i}{C \times n \times E} \times \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$= 43\text{kW}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa daya kompresor adalah 43 kW, sehingga kompresor/blower yang digunakan adalah Trilobe Roots Blower sebanyak 1 buah:

Zona Outlet

Direncanakan:

- Kecepatan air di pipa (v) = 0,6 m/s
- Q = 935,15 m³/hari
= 0,0108 m³/s
- L pipa = 2 meter
- C = 120

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{34. Luas Penampang} &= \frac{Q}{v} \\ &= \frac{935,15 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{0,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 0,015 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,015}{3,14}} \\ &= 0,138 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa diameter pipa influen dan efluen adalah 0,138 meter atau 138 mm. Sehingga, digunakan diameter pipa pasaran sebesar 140 mm atau 0,14 meter.

35. Perhitungan Headloss

Headloss saluran pembawa

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{Q}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{10,85}{(0,00155 \times 120 \times 0,14^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,001 \text{ meter} \\ H_v &= \frac{v^2}{2g} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,018 \text{ meter}$$

Headloss total = Hf + Hv
= 0,001+0,018
= 0,0192 m

5.5.5 Tangki Aerasi II

Pada perencanaan kali ini digunakan 2 buah tangki aerasi yang disusun secara seri, agar proses penguraian bahan organik lebih efektif. Tangki aerasi kedua merupakan tipe *extended aeration*.

Kriteria Desain:

- OLR = 0,1 – 0,3 m³/m².hari
- SRT (θC) = 20 - 40 hari
- MLSS = 2000 – 4000 mg/L
- MLVSS/MLSS = 0,65 – 0,75
- Kd = 0,06 – 0,1

Direncanakan:

- Q = 935,21 m³/hari
- θC = 40 hari
- OLR = 0,354 kg BOD/m³.hari
- [BOD₅] in = 300 mg/L
- [BOD₅] out rencana = 85 mg/L
- [TKN] in = 114,735 mg/L
- [TKN] out = 9 mg/L
- Y = 0,6 kg VSS/kg BOD
- Kd = 0,06 /hari
- MLVSS (X) = 2300 mg/L
- MLSS = 3066,67 mg/L
- MLVSS/MLSS = 0,75
- Yn = 0,15 kg VSS/kg N
- Kd' = 0,0852
- Kdn = 0,12
- Rasio p:l = 2:1
- H = 5 meter
- Xr = 10000 mg/L

Diketahui:

- [BOD₅] in = 300 mg/L

- [TKN] in = 114,735 mg/L

Perhitungan:

36. Waktu detensi (td = θH)

$$\begin{aligned} Td &= \frac{\theta C}{X} \times \frac{Y x (Si - Se)}{1 + kd \times \theta C} \\ &= 0,6598 \text{ hari} \\ &= 16 \text{ jam (Memenuhi)} \end{aligned}$$

37. Dimensi Tangki Aerasi II

$$\begin{aligned} \text{Vol TA II} &= Q \times td \\ &= 617,10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan (As)} &= \frac{\text{Volume}}{H} \\ &= 123,4 \text{ m}^2 \\ \text{Panjang} &= 13,5 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= \frac{\text{Luas}}{\text{Lebar}} \\ &= 9,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga, dari perhitungan di atas dapat diketahui dimensi unit tangki aerasi I yang direncanakan sebagai berikut:

- **Panjang** = 13,5 meter
- **Lebar** = 9,1 meter
- **H total** = 5,3 meter
 - *Freeboard* = 0,3 meter
 - H air = 5 meter

Pengolahan Biologis

38. Y'

$$\begin{aligned} &= \frac{Y}{1 + kd \times \theta C} \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

39. Px biomassa

$$\begin{aligned} Px \text{ bio} &= \frac{Q \times Y \times (So - Se)}{1 + kd \times \theta C} \\ &= 35,48 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

40. Proses Nitrifikasi

$$\text{Ar N} = 14$$

$$\text{Mr C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N} = 118$$

i. Kadar Nitrogen (%)

$$\% \text{ N} = \frac{\text{Ar N}}{\text{Mr C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N}} \times 100\%$$

$$= \frac{14}{118} \times 100\%$$

$$= 12\%$$

ii. Nitrogen input
 $N_{in} = [TKN]_{in} \times Q$
 $= 107 \text{ kgN/hari}$

iii. Nitrogen sintesa
 $N_{sin} = \% N \times Px$
 $= 4,2 \text{ kgN/hari}$

iv. Kebutuhan Nitrogen
 $Keb. N = Nitrogen_{in} - Nitrogen_{sin}$
 $= 103,09 \text{ kgN/hari}$

v. NOx
 $= [TKN]_{in} - Ne$
 $= 105,735 \text{ mg/L}$

vi. Px N
 $Px N = \frac{Q \times NOx \times Yn}{1 + kdn \times \theta C}$
 $= 2,56 \text{ kgN/hari}$

vii. Px VSS
 $Px VSS = Px_{biomassa} + Px N$
 $= 38,04 \text{ kg/hari}$

Dilakukan iterasi untuk perhitungan pada poin (v) dan (vi) sebanyak 2 iterasi. Sehingga, didapat hasil sebagai berikut:

- **NOx** = 0,10 kgN/hari
- **Px N** = 4,16 kgN/hari

Dari perhitungan iterasi di atas, diketahui nilai NOx dan Px N. Sehingga diketahui:

$$Px VSS = Px_{biomassa} + Px N$$

$$= 39,64 \text{ kg/hari}$$

$$Px TSS = \frac{Px}{\text{Rasio } MLVSS/MLSS}$$

$$= 52,86 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Vol Lumpur} = \frac{Px TSS}{\text{Berat Jenis Lumpur}}$$

$$= \frac{52,86 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 0,05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

41. Rasio F/M

$$\text{Rasio F/M} = \frac{Q \times (S_0 - S_e)}{\text{Volume} \times MLSS}$$

$$= 0,06 \text{ (Memenuhi)}$$

42. Organic Loading Rate (OLR)

$$\text{OLR} = \frac{Q \times S_o}{\text{Volume}}$$

$$= 0,455 \text{ (Memenuhi).}$$

43. Kebutuhan Oksigen (O₂)

$$\text{Kebutuhan O}_2 \text{ Teoritis (RO=Oc)}$$

$$= Q \times (S_o - S_e) - (1,42 P_x \text{ bio}) + (4,57 \times Q \times NO_x)$$

$$= 935,21 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \left(\frac{(300-85)\text{mg}}{\text{l}} / 1000 \right) -$$

$$\left(1,42 \times 39,64 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right) +$$

$$\left(4,57 \times 935,21 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,1 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right)$$

$$= 575,82 \text{ kg O}_2/\text{hari}$$

Direncanakan:

Menggunakan Fine Bubble Diffuser HLBQ-260

- Diameter = 10 in
= 254 mm = 25,4 cm
- Transfer O₂ = 0,30 kg.jam (0,13 - 0,4)
- Aliran udara = 5 m³/jam (2 - 5)
= 0,083 m³/menit
- Kedalaman = 4-8 meter
- Kebutuhan O₂ = 575,81 kg/hari
- Kedalaman AT1 = 5 m

44. Penentuan Kejenuhan Kelarutan Gas

- T air limbah = 28 °C
- P rata-rata = 750 mmHg
- Pada tekanan 760 mmHg,
 - Cs 28°C = 8,4 mg/L ;
 - Pu = 31,8 mmHg

$$\text{Cs } 25^\circ\text{C} = 8,4 \text{ mg/L} \times \frac{750 \text{ mmHg} - 31,8 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg} - 31,8 \text{ mmHg}}$$

$$= 8,2846 \text{ mg/L}$$

45. Penentuan Konsentrasi Gas Jenuh Pada Kedalaman Tertentu

$$C_m = C_s \times \frac{P_r}{203} + \frac{O_e}{42}$$

Dimana,

- Cm** =Konsentrasi gas jenuh pada kedalaman bak, (mg/L)
- Pr** =Tekanan absolut pada kedalaman pelepasan udara, (kPa)
- Oe** = % gas dalam aliran udara yang dikeluarkan
- Tekanan** = 1 atm
= 10,34 m air
= 101,37 kPa
= 760 mm Hg

Direncanakan:

- Kehilangan energi akibat gesekan udara dengan pipa distribusi = 10 kPa

$$Pr = 1 \text{ atm} + \left(\frac{5 \text{ meter}}{10,84 \text{ meter}} \times 101,37 \text{ kPa} \right) + 10 \text{ kPa}$$

$$Pr = 160,38 \text{ kPa}$$

46. % Gas pada Aliran Udara (Oe)

Diketahui dan direncanakan:

- Kandungan O₂ di udara = 21%
- Asumsi O₂ dalam gelembung udara larut di air adalah 8 %

Perhitungan:

$$Oe = 21\% \times (1 - \% \text{Penyerapan O}_2) \\ = 21\% \times (1 - 8\%) = 19\%$$

Cm

$$Cm = Cs \times \left(\frac{Pr}{203} + \frac{Oe}{42} \right) \\ = 8,28 \text{ mg/L} \times \left(\frac{160,38 \text{ kPa}}{203} + \frac{19}{42} \right) \\ = 7 \text{ mg/L}$$

47. Penentuan Massa Oksigen yang Dikeluarkan Diffuser

$$N = CG^{1/a-n} D^{0,67} (CM - CL) \times (1,02)^{(T-20)}$$

$$C = \text{konstanta (0,04233)}$$

$$n = \text{konstanta (0,1)}$$

$$D = \text{Kedalaman difuser, m}$$

Cm = Konsentrasi gas jenuh pada kedalaman bak, mg/L

CL = Konsentrasi DO pada kedalaman air, mg/L

α = Koefisien transfer (air limbah/air bersih)

Ga = Debit udara m³/menit (sesuai kriteria Diffuser)

Direncanakan:

- DO = 2 mg/L
- α = 0,75

Perhitungan:

N =

$$0,04233 \times (0,083 \frac{m^3}{menit})^{1-0,1} \times (2,3^{0,67}) \times (10,34mg/L - 2mg/L) \times 1,02^{(28-20) \times 0,75}$$

= 0,13 kg O₂/jam

48. Penentuan jumlah dan letak Diffuser

Perhitungan:

Jumlah difuser = $\frac{Keb.O_2 \text{ sehari}}{24 \times N}$
= $\frac{575,82 \text{ kg/hari}}{24 \times 0,13}$

Jumlah difuser = 180 buah

Panjang tangki = 13,5 m

Lebar = 9,1 m

Penentuan Jenis Kompresor/Blower

Diketahui:

$$\frac{P_s \cdot V_s}{T_s} = \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}, V_i = \frac{P_s \cdot T_i}{P_i \cdot T_s} \times V_s$$

Dimana,

P_s = Tekanan pada keadaan standar

P_i = Tekanan pada keadaan rencana

T_s = Suhu pada keadaan standar (K)

T_i = Suhu pada keadaan rencana (K)

V_s = Volume gas yang dikeluarkan pada keadaan standar

V_i = Volume gas yang masuk dari inlet

Perhitungan:

$$\begin{aligned} V_s &= \text{Jml difusser} \times \text{Laju aliran udara per difusser} \\ &= 180 \text{ buah} \times 5 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \\ &= 15 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,25 \text{ m}^3/\text{s} \\ V_i &= \frac{P_s \cdot T_i}{P_i \cdot T_s} \times V_s \\ &= \frac{101,37 \text{ kPa} \times 301 \text{ K}}{99,992 \text{ kPa} \times 293 \text{ K}} \times 0,25 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \\ &= 0,26 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

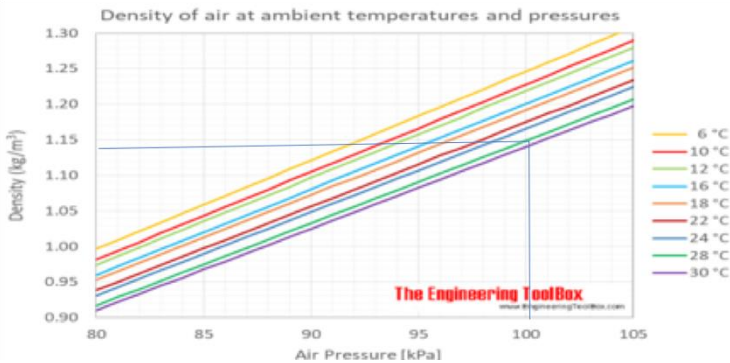
49. Massa Aliran Udara (F)

Diketahui:

$$F = G_a \times \rho \text{ udara}$$

Dimana,

- F = Massa aliran udara (Kg/s)
- G_a (V_i) = Laju aliran udara total (Kg/m³)
- ρ udara = Massa jenis udara (Kg/m³)



Gambar 5. 6 Grafik Hubungan Tekanan dan Massa Jenis Udara

Dari grafik di atas didapatkan bahwa ρ udara adalah 1,14 kg/m³.

$$\begin{aligned} F &= G_a \times \rho \text{ udara} \\ &= 0,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

$$= 0,296 \text{ kg/s}$$

50. Daya Kompresor/Blower

$$P = \frac{F \times R \times T_i}{C \times n \times E} \times \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

Dimana,

P = Daya kompresor/blower, hp (kW)

F = Massa aliran udara, (kg/s)

R = Konstanta (Dalam SI 0,288)

C = Konstanta (Dalam SI 1,0)

n = Konstanta untuk udara (0,283)

E = Efisiensi kompresor/blower (70-80%)

P_i = Tekanan pada tempat perencanaan (inlet), psi (kPa)

P_r = Tekanan pada outlet, psi (kPa)

Perhitungan:

$$P = \frac{F \times R \times T_i}{C \times n \times E} \times \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$= 17,35 \text{ kW}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa daya kompresor adalah 43 kW, sehingga kompresor/blower yang digunakan adalah Trilobe Roots Blower sebanyak 1 buah:

Zona Outlet

51. Pipa Saluran Outlet

Direncanakan:

- Kecepatan air di pipa (v) = 0,6 m/s
- Q = 935,15 m³/hari
= 0,0108 m³/s
- L pipa = 2 meter
- C = 120

Perhitungan:

Luas Penampang

$$= \frac{Q}{v}$$

$$= \frac{935,15 \frac{m^3}{hari}}{0,7 \frac{m}{s}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,015 \text{ m}^2 \\
 \text{Diameter pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,015}{3,14}} \\
 &= 0,138 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa diameter pipa influen dan efluen adalah 0,138 meter atau 138 mm. Sehingga, digunakan diameter pipa pasaran sebesar 140 mm atau 0,14 meter.

52. Perhitungan Headloss

Headloss pipa outlet

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left(\frac{Q}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{10,85}{(0,00155 \times 120 \times 0,165^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,85} \times 8 \text{ m} \\
 &= 0,0094 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,018 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,018 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss total} &= H_f + H_v + H_{E90} \\
 &= 0,0012 + 0,018 + 0,018 \\
 &= 0,0372 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5.5.6 Bak Pengendap Akhir (Clarifier)

Bak Pengendap Akhir (Clarifier) berguna untuk mengendapkan bioflok dan lumpur aktif yang berasal dari pengolahan biologis (tangki aerasi) dan untuk sirkulasi lumpur aktif ke pengolahan biologis agar rasio F/M pada pengolahan biologis tetap memenuhi.

Direncanakan:

- $Q_{in} (Q_o + Q_r) = 935,21 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $X_{MLSS} \text{ di TA} = 3066,67 \text{ mg/L}$
- $Q_{resirkulasi} = 187 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $\text{Volume AT2} = 617,1 \text{ m}^3$
- $X_{resirkulasi} = 10.000 \text{ mg/L}$
-

Perhitungan:

Zona Inlet

Dimensi Bak Pengendap Akhir

1. Luas dan Diameter Bangunan

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{Q_{in}}{X_{MLSS}} \times SF \\ &= \frac{935,21}{\left(\frac{3066,67}{1000}\right)} \times 3 \\ &= 39,83 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{\text{Luas} \times 4}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{39,83 \times 4}{3,14}} \\ &= 7,12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Cek OFR} &= \frac{Q_{in}}{\text{Luas}} \\ &= \frac{935,21}{39,83} \\ &= 23,48 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\ &\text{(Memenuhi kriteria } 15\text{-}40 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari)} \end{aligned}$$

3. Kontrol Solid Loading (SL)

$$\begin{aligned} \text{SL} &= \frac{Q_{in} \times X_{MLSS}}{\text{Luas}} \\ &= \frac{38,97 \times \left(\frac{3066,67}{1000}\right)}{39,83} \\ &= 3 \text{ kg}/\text{m}^2.\text{jam} \\ &\text{(Memenuhi kriteria } 3\text{-}6 \text{ kg}/\text{m}^2) \end{aligned}$$

4. Zona *Thickening*

Total massa solid AT (TMAT)

$$\begin{aligned} \text{TMAT} &= X_{MLVSS} \times \text{Volume AT} \\ &= 2300 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 617,1 \text{ m}^3 \\ &= 378,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

Total massa solid Secondary Clarifier (TMSC)

$$\begin{aligned} \text{TMSC} &= (1 - \text{rasio resirkulasi}) \times \text{TMAT} \\ &= (1 - 0,25) \times 378,48 \text{ kg} \\ &= 283,86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kedalaman Zona *Thickening* (H_{zp})

$$\begin{aligned} H_{zp} &= \frac{\text{TMSC}}{X_r} \times \text{Luas} \\ &= \frac{283,86 \text{ kg}}{\frac{10.000}{1000}} \times 39,83 \text{ m}^2 \\ &= 0,7 \text{ meter} \end{aligned}$$

5. Zona Ruang Lumpur

$$\begin{aligned} P_x \text{ bio (TVS)} &= \frac{Q \times Y \times (S_0 - S_e)}{1 + k_d \times \theta_C} \\ &= \frac{935,19 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,6 \times \frac{(573,78 - 85) \text{ mg}}{\text{L}}}{1 + 0,06 \times 10} \\ &= 274,86 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_x \text{ (TSS)} &= \frac{\text{TVS}}{\text{rasio } \frac{\text{TVS}}{\text{TSS}}} \\ &= \frac{274,86}{0,75} \\ &= 366,5 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Lumpur} &= P_x \text{ TVS} + P_x \text{ TSS} \\ &= 274,86 + 366,5 \\ &= 650,35 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Direncanakan:

- Kadar solid = 5%
- Berat jenis lumpur = 1033,87 kg/m³
- Berat jenis air = 996,26 kg/m³

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Massa air} &= \frac{\text{Kadar air}}{\text{Kadar solid}} \times \text{Tot. Lumpur} \\ &= \frac{95\%}{5\%} \times 650,35 \text{ kg/hari} \\ &= 12356,76 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Volume Ruang Lumpur (V_{RL})

$$\begin{aligned}V_{RL} &= \frac{\text{Massa (Air+Tot.Lumpur)}}{\text{Berat jenis lumpur}} \times \text{Jml Unit} \\ &= \frac{12356,76+650,35}{1033,87} \times 1 \\ &= 12,58 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter atas RL} &= \text{Diameter SC} \\ &= 7,12 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas atas RL} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (7,12^2) \\ &= 39,83 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter bawah RL} &= 30\% \times D \text{ atas RL} \\ &= 30\% \times 7,12 \text{ m} \\ &= 2,13 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas bawah RL} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (2,13^2) \\ &= 3,584 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Kedalaman Zona Ruang Lumpur (H_{RL})

$$\begin{aligned}H_{RL} &= \frac{3 \times \text{Volume RL}}{L \text{ Atas} + L \text{ Bawah} + \sqrt{L \text{ atas} \times L \text{ bawah}}} \\ &= \frac{3 \times 12,58 \text{ m}^3}{3,14 \times 39,83 + 3,584 + \sqrt{39,83 \times 3,584}} \\ &= 0,37 \text{ meter}\end{aligned}$$

Kedalaman Total (H_{Total})

$$\begin{aligned}H_{\text{Total}} &= H_{\text{CleanWater}} + H_{zp} + H_{RL} + \text{freeboard} \\ &= 2 + 0,71 + 0,37 + 0,4 \\ &= 3,5 \text{ meter}\end{aligned}$$

6. Cek Waktu Detensi (td)

$$\begin{aligned}\text{Volume SC} &= A_s \times H \text{ tanpa freeboard} \\ &= 39,83 \text{ m}^2 \times 3,1 \text{ m} \\ &= 122,64 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= \frac{\text{Volume}}{Q} \\
 &= \frac{122,64 \text{ m}^3}{38,97 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\
 &= 3,15 \text{ jam} \\
 &\text{(Memenuhi kriteria 2-6 jam)}
 \end{aligned}$$

7. Pompa dan Pipa Resirkulasi Lumpur

Direncanakan:

- $Q_{\text{resirkulasi}} = 187 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Velocity = $0,6 \text{ m}^2/\text{s}$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas pipa} &= Qr \times \text{Velocity} \\
 &= 187 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 0,8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \\
 &= 0,00173 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa} &= \sqrt{\frac{\text{Luas} \times 4}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,00173 \times 4}{3,14}} \\
 &= 0,047 \text{ m} \\
 &= 4,7 \text{ cm} \quad = 47 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diameter pipa untuk resirkulasi lumpur, didapatkan diameter pipa adalah 47 mm. Sehingga, diameter pipa pasar yang digunakan adalah 48 mm.

$$\begin{aligned}
 \text{Head statis} &= 3,5 \text{ meter} \\
 \text{L suction} &= 3,5 \text{ meter} \\
 \text{L discharge} &= 3,5 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

8. Headloss

$$\text{Headloss statis} = 3,5 \text{ meter}$$

Hf discharge

$$H_f = \left(\frac{Q}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \right)^{1,83} \times L$$

$$= \left(\frac{2,16 \frac{l}{s}}{0,00155 \times 120 \times 0,48^{2,63}} \right)^{1,83} \times 3,5 \text{ meter}$$

$$= 0,0036 \text{ meter}$$

Hf minor Tee (k=0,9)

$$= k \times \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,9 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0165 \text{ m}$$

Hf minor Bend 90° (k=0,5)

$$= k \times \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,5 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,00917 \text{ m}$$

Hf minor check valve (k=0,25)

$$= k \times \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,25 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0046 \text{ m}$$

Hf minor gate valve (k=0,19)

$$= k \times \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,19 \times \frac{0,6^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,00349 \text{ m}$$

Head pompa

$$= H_{\text{statis}} + H_{\text{f mayor}} + H_{\text{f minor}}$$

$$= 3,5 + 0,0036 + 0,0165 + 0,00917 + 0,0046 + 0,00349 \text{ meter}$$

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

$$9. \text{ Daya Pompa} = \frac{g \times \rho_{\text{air}} \times Q_r \times \text{Total head}}{\eta}$$

$$= \frac{9,81 \times 996,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 187 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3,54 \text{ m}}{75\%}$$

$$= 100 \text{ watt}$$

Pompa yang digunakan untuk resirkulasi adalah pompa dengan merek Grundfos tipe SRP pumps.

Zona Outlet

Direncanakan:

- $Q_{\text{Tanpa Resirkulasi}} = 748,05 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Panjang Weir = Keliling Lingkaran
- Lebar *weir* = 0,4 meter
- Tebal dinding *weir* = 0,1 meter
- WLR = 150 $\text{m}^3/\text{m.hari}$

Perhitungan:

10. Weir

Panjang Weir Total

$$\begin{aligned} 150 &= \frac{Q}{\text{Panjang Weir}} \\ 150 &= \frac{748,05 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{\text{Panjang Weir}} \\ &= 5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Ketinggian limpasan di atas gutter

$$\begin{aligned} y \text{ kritis } (y_c) &= \left(\frac{Q}{\frac{\text{lebar gut rencana}}{g}} \right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{0,0087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{9,81} \right)^{1/2} \\ &= 0,007 \text{ meter} \\ y \text{ upstream } (y_u) &= 1,73 \times y_c \\ &= 1,73 \times 0,007 \\ &= 0,012 \text{ meter} \\ h \text{ air} = y_u &= 0,012 \text{ meter} \end{aligned}$$

5.5.7 Bak Kontrol Akhir

Direncanakan:

- $T_d = 5 \text{ menit}$
- $Q = 935,19 \text{ m}^3/\text{hari}$

Perhitungan:

1. Dimensi

Volume

$$\begin{aligned} &= Q \times t_d \\ &= 935,21 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5 \text{ menit} \\ &= 3,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Luas Permukaan

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{H \text{ air}} \\ &= \frac{3,25}{1,5} = 2,165 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

S

$$\begin{aligned} &= \sqrt{2,165} \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa efluen

Direncanakan:

- Kec. di pipa (v) = 0,6 m/s
- Q = 748,05 m³/hari

Perencanaan:

2. Luas Penampang

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Q}{v} \\ &= \frac{748,05 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 0,0144 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Diameter pipa

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0144}{3,14}} \\ &= 0,135 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa diameter pipa influen dan efluen adalah 0,135 meter atau 135 mm. Sehingga, digunakan diameter pipa pasaran sebesar 140 mm atau 0,140 meter.

4. Cek Kecepatan (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,0087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,140^2} = 0,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Bak Kontrol Akhir merupakan unit pengolahan terakhir dari IPAL, sehingga air efluen akan langsung dialirkan ke badan air terdekat (saluran drainase) yang memiliki jarak 300 meter.

Direncanakan:

- Kec. air di pipa (v) = 0,6 m/s
- Q = 748,05 m³/hari
= 0,0087 m³/s
- C = 120

Perhitungan:

5. Headloss

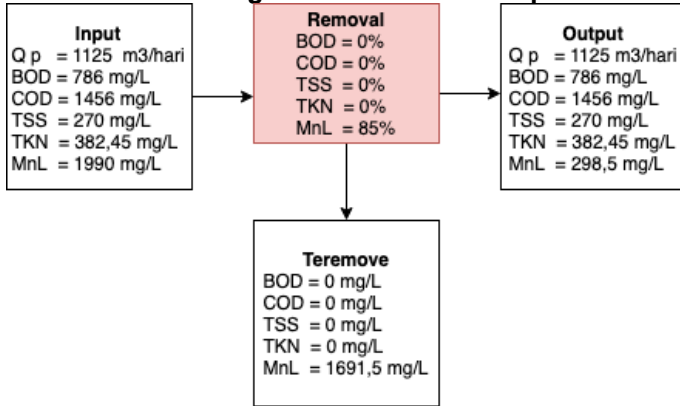
Beda elevasi awal bangunan dengan badan air adalah 1 meter.

$$\begin{aligned} H_v &= \\ &= \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,018 \text{ m} \end{aligned}$$

5.6 Perhitungan Kesetimbangan Massa (*Mass Balance*)

Pada perencanaan perhitungan Detail Engineering Design (DED), harus diperhitungkan tentang proses yang terjadi pada pengolahan tersebut. Sehingga, dibutuhkan perhitungan kesetimbangan massa untuk memperkirakan apakah dengan pengolahan yang dipilih sudah efektif dalam mengolah limbah cair dengan kualitas tertentu. Perhitungan kesetimbangan massa dapat dilihat pada rincian berikut

5.7.1 Kestimbangan Massa Grease Trap



Gambar 5. 7 Kestimbangan Massa Grease Trap

Bagan di atas merupakan diagram kestimbangan massa yang dimiliki oleh unit Grease Trap. Perhitungan lengkap:

Tabel 5. 8 Beban Pencemar Input Grease Trap

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	786	884.25
COD	1456	1638.00
TSS	270	303.75
TKN	382.45	430.26
Minyak & Lemak	1990	2238.75

Nilai beban dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Beban} = \text{Konsentrasi} \times Q$$

Sehingga, contoh perhitungan beban BOD:

$$\begin{aligned} \text{Beban BOD} &= \text{Konsentrasi} \times Q \\ &= 786 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1125 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \\ &= 884,25 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Tabel 5. 9 Beban Pencemar Teremove Grease Trap

Parameter	Removal	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	0%	0.0	0.0
COD	0%	0.0	0.0
TSS	0%	0.0	0.0

TKN	0%	0.0	0.0
Minyak & Lemak	85%	1691.5	1902.9

Nilai konsentrasi teremove dapat dihitung dengan rumus:

$$Konsentrasi\ teremove = Konsentrasi \times \%Removal$$

Sehingga, contoh perhitungan konsentrasi MnL:

$$\begin{aligned} [MnL]_{teremove} &= Konsentrasi \times \%R \\ &= 1990 \frac{mg}{L} \times 85\% \frac{m^3}{hari} \\ &= 1691,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Tabel 5. 10 Beban Pencemar Output Grease Trap

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	786	884.25
COD	1456	1638
TSS	270	303.75
TKN	382.45	430.26
Minyak & Lemak	298.50	335.81

Nilai konsentrasi yang akan masuk ke pengolahan selanjutnya dapat dihitung dengan rumus:

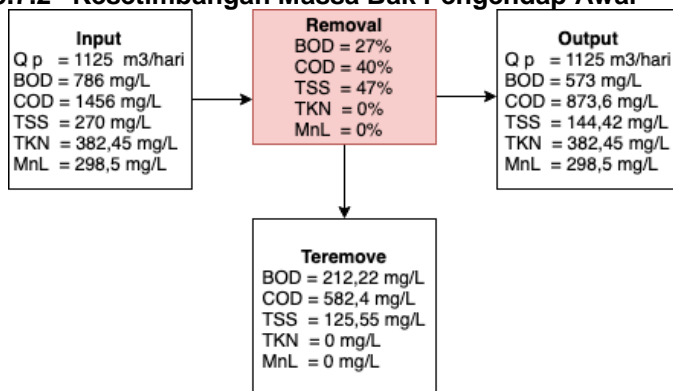
$$Konsentrasi\ output = (100\% - \%R)x [x]$$

$$Konsentrasi\ output = [x]input - [x]teremove$$

Sehingga, contoh perhitungan konsentrasi MnL:

$$\begin{aligned} [MnL]_{teremove} &= (100\% - 85\%)x 1990 \\ &= 298,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

5.7.2 Kestimbangan Massa Bak Pengendap Awal



Gambar 5. 8 Kestimbangan Massa Bak Pengendap Awal

Bagan di atas merupakan diagram kestimbangan massa yang dimiliki oleh unit Bak Pengendap Awal. Perhitungan lengkap:

Tabel 5. 11 Beban Pencemar Input Bak Pengendap Awal

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	786.00	884.3
COD	1456.00	1638.0
TSS	270.00	303.8
TKN	382.45	430.3
Minyak & Lemak	298.50	335.8

Tabel 5. 12 Beban Pencemar Teremove Bak Pengendap Awal

Parameter	Removal	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	27%	212.22	238.75
COD	40%	582.4	655.20
TSS	47%	125.55	141.24
TKN	0%	0.00	0.00
Minyak & Lemak	0%	0.00	0.00

Tabel 5. 13 Beban Pencemar Output Bak Pengendap Awal

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	573.78	645.50
COD	873.6	982.80
TSS	144.419	162.47
TKN	382.45	430.26
Minyak & Lemak	298.5	335.81

Pada bak pengendap awal dihasilkan lumpur yang dapat mempengaruhi debit limbah cair yang akan masuk ke unit pengolahan selanjutnya. Berikut adalah perhitungan produksi lumpur yang dihasilkan oleh bak pengendap awal:

Direncanakan:

- Konsentrasi TSS pada lumpur = 5%
- Berat jenis lumpur = 1,03 gr/cm³
- Berat jenis air = 0,99626 gr/cm³

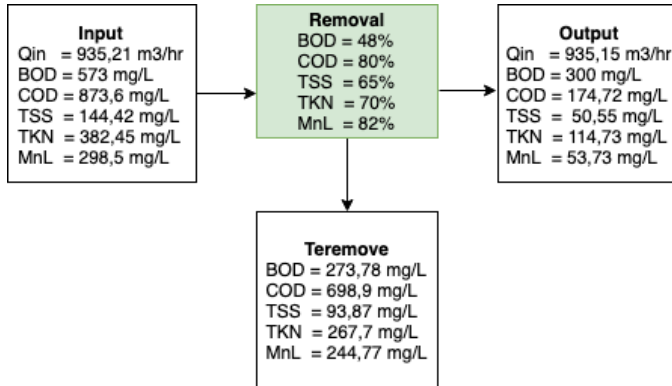
Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi lumpur} &= \frac{\text{Beban TSS teremove}}{\text{Konsentrasi TSS pada lumpur}} \\
 &= \frac{141,24}{5\%} \\
 &= 2824,8 \text{ kg/hari} \\
 \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{Produksi lumpur}}{\rho_{\text{lumpur}} \times \rho_{\text{air}} \times 1000} \\
 &= \frac{2824,8 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{1,03 \times 0,99626 \times 1000} \\
 &= 2,74 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga, perhitungan Q output:

$$\begin{aligned}
 \text{Q output} &= 1125 - 2,74 \\
 &= 1122,26 \text{ m}^3/\text{hari}.
 \end{aligned}$$

5.7.3 Kestimbangan Massa Tangki Aerasi I



Gambar 5. 9 Kestimbangan Massa Tangki Aerasi I

Bagan di atas merupakan diagram kestimbangan massa yang dimiliki oleh unit Tangki Aerasi I. Perhitungan lengkap:

Tabel 5. 14 Beban Pencemar Input Tangki Aerasi I

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	573,78	536,6
COD	873,6	817,0
TSS	144,42	135,1
TKN	382,45	357,7
Minyak & Lemak	298,5	279,2

Tabel 5. 15 Beban Pencemar Teremove Tangki Aerasi I

Parameter	Removal	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	48%	273,78	256,04
COD	80%	416,88	389,83
TSS	65%	93,9	87,79
TKN	70%	305,96	286,14
Minyak & Lemak	82%	244,77	228,91

Tabel 5. 16 Beban Pencemar Output Tangki Aerasi I

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	300	280,56
COD	456,76	427,17
TSS	50,546	47,27
TKN	76,5.735	107,30
Minyak & Lemak	53,73	50,25

Pada tangki aerasi I dihasilkan lumpur yang dapat mempengaruhi debit limbah cair yang akan masuk ke unit pengolahan selanjutnya. Lumpur tersebut berasal dari bahan pencemar organik (bioflok) yang bercampur dengan lumpur aktif Berikut adalah perhitungan produksi lumpur yang dihasilkan oleh tangki aerasi I:

Direncanakan:

Parameter	Nilai	Satuan
y'	0.75	
y	0.6	kg VSS / kg BOD
kd	0.06	per hari
θc	40	hari
OLR	0.3	kg/m ³
Xr	10000	mg/L MLSS
So (BOD Influen)	573.78	mg/L
S (BOD effluen)	300.00	mg/L
MLSS	2666.7	mg/L
X (MLVSS)	2000	mg/L
MLVSS/MLSS	0.75	
Qr/Q	0.25	
Q dari unit sebelumnya	748.17	m ³ /hari
Q resirkulasi	187	m ³ /hari
Q total (Qo+Qr)	935.21	m ³ /hari

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 P_x \text{ Biologis} &= \frac{Q \times Y \times x (S_o - S_e)}{1 + k_d \times \theta_c} \\
 &= 45,2 \text{ kg/hari} \\
 P_x \text{ N} &= \frac{Q \times N O_x \times Y_n}{1 + k_d n \times \theta_c} \\
 P_x \text{ TVS} &= P_x \text{ bio} + P_x \text{ N} \\
 &= 51,5 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$Px \text{ TSS} = \frac{Px \text{ TVS}}{\text{Rasio} \frac{\text{TVS}}{\text{TSS}}}$$

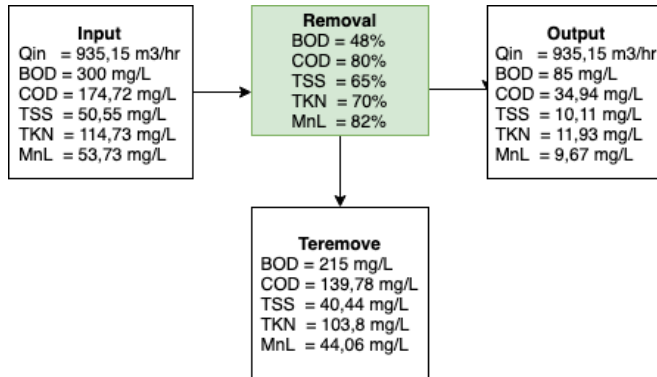
$$= 68,67 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume lumpur} = \frac{Px \text{ TSS}}{\rho_{\text{lumpur}} \times \rho_{\text{air}} \times 1000}$$

$$= 0,07 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sehingga, perhitungan Q output $935,21 - 0,07 = 935,15 \text{ m}^3/\text{hari}$.

5.7.4 Kesetimbangan Massa Tangki Aerasi II & Bak Pengendap Akhir



Gambar 5. 10 Kesetimbangan Massa Tangki Aerasi II dan Bak Pengendap Akhir

Bagan di atas merupakan diagram kesetimbangan massa yang dimiliki oleh unit Tangki Aerasi II. Perhitungan lengkap:

Tabel 5. 17 Beban Pencemar Input Tangki Aerasi II

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	300,00	280,5
COD	456,76	427,1
TSS	50,55	47,3
TKN	76,49	71,3
Minyak & Lemak	53,73	50,2

Tabel 5. 18 Beban Pencemar Teremove Tangki Aerasi II

Parameter	Removal	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)
BOD5	72%	215,00	201,06
COD	72%	365,41	341,71
TSS	80%	40,44	37,81
TKN	90%	71,59	66,95
Minyak & Lemak	82%	44,06	41,20

Tabel 5. 19 Beban Pencemar Teremove Tangki Aerasi II

Parameter	Nilai (mg/L)	Nilai (kg/hari)	Baku Mutu
BOD5	85,00	79,49	100
COD	91,35	85,43	150
TSS	10,11	9,45	30
TKN	4,90	4,58	5
Minyak & Lemak	9,67	9,04	10

Dari tabel output di atas, dapat disimpulkan bahwa efluen limbah cair setelah melalui pengolahan telah memenuhi baku mutu.

Pada tangki aerasi II dihasilkan lumpur yang akan diendapkan dan diresirkulasi pada bak pengendap akhir. Lumpur tersebut berasal dari bahan pencemar organik (bioflok) yang bercampur dengan lumpur aktif Berikut adalah perhitungan produksi lumpur yang dihasilkan oleh tangki aerasi II:

Direncanakan:

Parameter	Nilai	Satuan
y'	0.75	
y	0.6	kg VSS / kg BOD
k_d	0.06	per hari
θ_c	40	hari
OLR	0.3	kg/m ³

Parameter	Nilai	Satuan
Xr	10000	mg/L MLSS
So (BOD Influen)	573.78	mg/L
S (BOD effluen)	300.00	mg/L
MLSS	2666.7	
X (MLVSS)	2000	mg/L
MLVSS/MLSS	0.75	
Qr/Q	0.25	
Q dari unit sebelumnya	748.17	m ³ /hari
Q resirkulasi	187	m ³ /hari
Q total (Qo+Qr)	935.21	m ³ /hari

Perhitungan:

$$P_x \text{ Biologis} = \frac{Q \times Y \times (S_o - S_e)}{1 + k_d \times \theta C}$$

$$= 35,5 \text{ kg/hari}$$

$$P_x N = \frac{Q \times NO_x \times Y_n}{1 + k_d n \times \theta C}$$

$$= 4,16 \text{ kg/hari}$$

$$P_x \text{ TVS} = P_x \text{ bio} + P_x N$$

$$= 39,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$P_x \text{ TSS} = \frac{P_x \text{ TVS}}{\text{Rasio } \frac{\text{TVS}}{\text{TSS}}}$$

$$= 52,86 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume lumpur} = \frac{P_x \text{ TSS}}{\rho_{\text{lumpur}} \times \rho_{\text{air}} \times 1000}$$

$$= 0,05 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{resirkulasi}} = Q \times \text{Rasio Resirkulasi}$$

$$= 935,21 \times 0,21$$

$$= 187 \text{ m}^3/\text{hari}$$

5.7 Petunjuk Operasional IPAL (SOP)

Pengoperasian IPAL direncanakan untuk dapat berjalan secara kontinu selama 24 jam. Rencana ini bertujuan agar limbah cair yang akan dibuang ke badan air sekitar sesuai dengan baku mutu dan tidak mencemari lingkungan sekitar.

a) Proses *Start-Up* IPAL

Proses start up dilakukan pada saat IPAL baru selesai dibangun atau pada saat terjadi masalah besar sehingga perlu dilakukan pengurusan. Untuk melakukan proses *start up*:

- Pengecekan sistem IPAL secara keseluruhan, meliputi: pengecekan kebocoran bak, sistem perpipaan dalam IPAL, sistem kelistrikan, dan pompa (sistem suplai udara ke pengolahan biologis)
- Sambung saluran air limbah ke sistem IPAL (*Grease Trap*, bak pengendapan awal, bak ekualisasi, pengolahan biologis), air limbah dibiarkan hingga ketinggian maksimal. Tujuannya untuk mengetahui apakah terdapat kebocoran pada dinding bangunan
- Pengecekan *blower* pada pengolahan biologis dengan cara dihidupkan dan dicek apakah udara keluar melalui diffuser secara merata atau tidak (jika tidak merata, maka perlu dilakukan perbaikan)
- Menambahkan bibit (*seed*) mikroba atau bakteri untuk dikembangkan pada unit pengolahan biologis, lalu dilakukan pemantauan secara kontinyu
- Pemantauan debit limbah cair yang masuk dan keluar dari sistem IPAL pada *logbook* yang telah disediakan

b) Pengurusan IPAL

Pengurusan IPAL adalah pembersihan IPAL dari lumpur hasil penguraian bakteri yang telah mati dan dalam volume berlebih. Pengurusan dilakukan dalam periode waktu tertentu. Bertujuan untuk mengendalikan volume lumpur dalam sistem pengolahan, meningkatkan efektivitas kerja IPAL,

mengurangi konsentrasi limbah cair, dan mencegah terjadinya *clogging* dengan cara:

- Tutup aliran air yang menuju unit yang akan dikuras
 - Buang dan bersihkan air dan lumpur dalam unit dengan menggunakan pompa (jika terdapat media, maka media dikeluarkan terlebih dahulu dan dibersihkan)
 - Melakukan pengurasan pada unit IPAL dan pembilasan dengan air pada dinding-dinding unit IPAL
 - Menyisakan lumpur pada unit IPAL sekitar 20-25%
 - Setelah selesai, buka kembali aliran yang ditutup
 - Pengurasan lumpur pada bak pengendapan awal adalah setiap 4 hari sekali
 - Periksa dan bersihkan pipa saluran air limbah dari lumpur yang mengendap satu minggu sekali
 - Pembersihan *bar screen* secara manual dilakukan satu kali sehari untuk menghindari tersumbatnya aliran
 - Perawatan dan pengecekan rutin untuk peralatan mekanis (*aerator* dan pompa)
 - Pemantauan aliran air limbah yang masuk dan keluar untuk memastikan apakah ada ketidaknormalan yang dapat mempengaruhi biomassa aktif
- c) Perawatan Setiap Unit Pengolahan
- a. Bak Kontrol Awal
 - Pembersihan *bar screen* secara manual dilakukan satu kali sehari untuk menghindari tersumbatnya aliran

- Pemeriksaan dan pembersihan pipa saluran air limbah dari limbah padat yang tersangkut
- b. *Grease Trap*
- Pemeriksaan setiap hari apabila terdapat limbah padat untuk menghindari penyumbatan
 - Pengurasan/pembersihan minyak dan lemak setiap hari
- c. Bak Pengendap Awal
- Pembuangan lumpur dilakukan sesuai dengan periode waktu 4 hari sekali
 - Pemeriksaan saluran dan *weir* agar aliran air tetap lancar
 - Pemeriksaan dan perawatan rutin untuk peralatan mekanis (pompa)
 - Pemeriksaan dan pembersihan pipa saluran air untuk menghindari penyumbatan
 - Pemeriksaan tekanan isap dan keluar dari pompa untuk mengetahui apakah pompa bekerja dengan normal
 - Penyediaan tegangan listrik yang sesuai dengan kebutuhan peralatan mekanis untuk mencegah terjadinya kerusakan
- d. Tangki Aerasi
- Pemantauan aliran air limbah yang masuk dan keluar untuk memastikan apakah ada ketidaknormalan yang dapat mempengaruhi biomassa aktif
 - Pemeriksaan dan perawatan rutin untuk peralatan mekanis (*diffuser* dan *blower*)

- Pemantauan karakteristik fisik dan kualitas air limbah dengan uji laboratorium
 - Pemeriksaan pipa resirkulasi dari bak pengendap akhir (*secondary clarifier*)
 - Penyediaan tegangan listrik yang sesuai dengan kebutuhan peralatan mekanis untuk mencegah terjadinya kerusakan
- e. Bak Pengendap Akhir (*Secondary Clarifier*)
- Pemeriksaan pipa resirkulasi menuju tangki aerasi
 - Pemeriksaan dan pembersihan komponen bantu pengendapan, katup pengurasan lumpur, dan pipa outlet
 - Pembersihan kotoran serta busa yang mengapung di atas permukaan air
- f. Bak Kontrol Akhir
- Pemantauan karakteristik fisik dan kualitas air limbah dengan uji laboratorium satu kali seminggu
 - Pemantauan indikator hidup (ikan)
 - Pengurasan satu kali dalam 2 minggu

5.8 Penyusunan Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dalam perencanaan ini meliputi kegiatan konstruksi dan asesoris bangunan yang dibutuhkan.

1. BOQ Penggalian Tanah untuk Konstruksi
Pada pekerjaan penggalian tanah, dilakukan berdasarkan ukuran volume bangunan IPAL.

Perhitungan ukuran penggalian tanah adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume Penggalian (VP)} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times (\text{Kedalaman yang digali} + \text{freeboard} + \text{tebal lantai kerja} + \text{tebal tutup}^*)$$

Direncanakan:

- Tebal dinding (kanan-kiri) = 0,2 m
- Tebal dinding (bawah) = 0,3 m
- Freeboard = 0,5 m

a. Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned} \text{VP} &= (1,3 + (2 \times 0,2)) \times (1,3 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (1,5 + 0,5 + 0,3) \\ &= 6,647 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Grease Trap

$$\begin{aligned} \text{VP} &= ((2 \times 4) + (3 \times 0,2)) \times (1,3 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (1,5 + 0,5) \\ &= 29,24 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned} \text{VP} &= ((7 + (2 \times 0,2)) \times (3,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (3 + 0,5 + 0,3) \\ &= 109,668 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

d. Tangki Aerasi 1

$$\begin{aligned} \text{VP} &= ((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (13,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (5 + 0,5 + 0,3) \\ &= 1217,223 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Tangki Aerasi 2

$$\begin{aligned} \text{VP} &= ((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (9,1 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (5 + 0,5 + 0,3) \\ &= 831,915 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

f. Bak Pengendap Akhir

$$\begin{aligned} \text{VP} &= ((3,56 + (2 \times 0,2)) \times (3,56 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (5 + 0,5 + 0,3) \\ &= 79,576 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

g. Bak Kontrol Akhir

$$\begin{aligned} \text{VP} &= ((1,5 + (2 \times 0,2)) \times (1,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) \times (1,5 + 0,5 + 0,3) \end{aligned}$$

$$= 10,108 \text{ m}^3$$

Sehingga, pada pekerjaan penggalian tanah banyak volume tanah yang harus digali adalah sebesar 2297,625 m³.

Unit	Volume Penggalian Tanah (m ³)
Bak Kontrol Awal	6,647
Grease Trap	29,24
Bak Pengendap Awal	109,668
Tangki Aerasi 1	1217,223
Tangki Aerasi 2	831,915
Bak Pengendap Akhir	79,576
Bak Kontrol Akhir	10,108

2. BOQ Pengurugan Pasir dan Pematatan untuk Konstruksi

Pada pekerjaan pengurugan pasir dan pematatan, dilakukan berdasarkan ukuran luas bangunan IPÁL.

Perhitungan ukuran pengurugan pasir dan pematatan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Pengurugan (VP)} &= \\ & \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times (\text{Kedalaman yang digali} + \\ & \text{freeboard} + \text{tebal pasir}) \end{aligned}$$

Direncanakan:

- Tebal dinding (kanan-kiri) = 0,2 m
- Tebal dinding (bawah) = 0,3 m
- Freeboard = 0,5 m
- Tebal Pasir = 0,1 m

a. Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned} \text{VP} &= (1,3 \times (2 \times 0,2)) \times (1,3 + \\ & (2 \times 0,2)) \times (0,1) \\ &= 0,289 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- b. Grease Trap

$$VP = ((2 \times 4) \times (3 \times 0,2)) \times (2 + (2 \times 0,2)) \times (0,1)$$

$$= 2,064 \text{ m}^3$$
- c. Bak Pengendap Awal

$$VP = ((7 + (2 \times 0,2)) \times (3,5 + (2 \times 0,2)) \times (0,1)$$

$$= 1,776 \text{ m}^3$$
- d. Tangki Aerasi 1

$$VP = ((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (13,5 + (2 \times 0,2)) \times (0,1)$$

$$= 19,321 \text{ m}^3$$
- e. Tangki Aerasi 2

$$VP = ((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (9,1 + (2 \times 0,2)) \times (0,1)$$

$$= 13,205 \text{ m}^3$$
- f. Bak Pengendap Akhir

$$VP = ((3,56 + (2 \times 0,2)) \times (3,56 + (2 \times 0,2)) \times (0,1)$$

$$= 1,568 \text{ m}^3$$
- g. Bak Kontrol

$$VP = ((1,5 + (2 \times 0,2)) \times (1,5 + (2 \times 0,2)) \times (0,1)$$

$$= 0,361 \text{ m}^3$$

Sehingga, volume pada pekerjaan pengurangan pasir dan pemadatan adalah sebesar 39,16 m³.

Unit	Volume Pengurangan Pasir (m ³)
Bak Kontrol Awal	0,289
Grease Trap	2,064
Bak Pengendap Awal	1,776
Tangki Aerasi 1	19,205
Tangki Aerasi 2	13,205
Bak Pengendap Akhir	1,568
Bak Kontrol Akhir	0,361

3. BOQ Pekerjaan Beton K-225
Pada pekerjaan pembangunan beton untuk konstruksi bangunan IPAL, dilakukan berdasarkan ukuran volume bangunan IPAL.

Perhitungan ukuran pekerjaan beton:

Direncanakan:

- Tebal dinding (kanan-kiri) = 0,2 m
- Tebal dinding (bawah) = 0,3 m
- Tebal Lantai Kerja = 0,05 m

Beton Dinding Bawah Bangunan

Perhitungan ukuran pekerjaan beton adalah sebagai berikut:

Beton Dinding Bawah (BDB) =

(Panjang Seluruh x Lebar Seluruh)x Tebal Dinding

- a. Bak Kontrol Awal
 $BDB = (1,5 \times 1,5) \times 0,2$
 $= 0,45 \text{ m}^3$
- b. Grease Trap
 $BDB = (8,6 \times 2,4) \times 0,2$
 $= 4,128 \text{ m}^3$
- c. Bak Pengendap Awal
 $BDB = (7,4 \times 3,9) \times 0,2$
 $= 5,772 \text{ m}^3$
- d. Tangki Aerasi 1
 $BDB = (13,9 \times 13,9) \times 0,2$
 $= 38,642 \text{ m}^3$
- e. Tangki Aerasi 2
 $BDB = (13,9 \times 9,5) \times 0,2$
 $= 26,41 \text{ m}^3$
- f. Bak Pengendap Akhir
 $BDB = (7,52 \times 7,52) \times 0,2$
 $= 11,31 \text{ m}^3$
- g. Bak Kontrol Akhir
 $BDB = (1,7 \times 1,7) \times 0,2$
 $= 0,578 \text{ m}^3$

Sehingga, volume pada pekerjaan beton K-225 untuk dinding bawah (lantai) digunakan adalah sebesar 88,26 m³.

Unit	Volume Pekerjaan Beton Lantai (m ³)
Bak Kontrol Awal	0,45
Grease Trap	4,128
Bak Pengendap Awal	5,772
Tangki Aerasi 1	38,642
Tangki Aerasi 2	26,41
Bak Pengendap Akhir	11,31
Bak Kontrol Akhir	0,578

Beton Dinding Samping Bangunan

Perhitungan ukuran pekerjaan beton adalah sebagai berikut:

$$\text{Beton Dinding Samping (BDS)} = (\text{Luas Seluruh} - \text{Luas Tanpa Dinding}) \times 2$$

- a. Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned} \text{BDS} &= ((1,5 \times 1,5) - (1,3 \times 1,3)) \times 2 \\ &= 0,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- b. Grease Trap

$$\begin{aligned} \text{BDS} &= ((8,6 \times 2,4) - (8 \times 2)) \times 2 \\ &= 9,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- c. Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned} \text{BDS} &= ((7,4 \times 3,9) - (7 \times 3,5)) \times 2 \\ &= 8,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- d. Tangki Aerasi 1

$$\begin{aligned} \text{BDS} &= ((13,9 \times 13,9) - (13,5 \times 13,5)) \times 2 \\ &= 21,92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- e. Tangki Aerasi 2

$$\begin{aligned} \text{BDS} &= ((13,9 \times 9,5) - (13,5 \times 9,1)) \times 2 \\ &= 18,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- f. Bak Pengendap Akhir

$$\text{BDS} = ((7,52 \times 7,52) - (7,12 \times 7,12)) \times 2$$

$$= 11,71 \text{ m}^3$$
- g. Bak Kontrol

$$\text{BDS} = ((1,7 \times 1,7) - (1,5 \times 1,5)) \times 2$$

$$= 1,28 \text{ m}^3$$

Sehingga, total nilai pada pekerjaan beton K-225 untuk dinding samping) adalah sebesar 73,49 m³.

Unit	Volume Beton Dinding Samping (m ³)
Bak Kontrol Awal	0,5
Grease Trap	9,28
Bak Pengendap Awal	8,72
Tangki Aerasi 1	21,92
Tangki Aerasi 2	18,4
Bak Pengendap Akhir	11,71
Bak Kontrol Akhir	1,28

Beton Tutup Bangunan

Perhitungan ukuran pekerjaan beton adalah sebagai berikut:

$$\text{Tutup Beton (TB)}$$

$$= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tebal tutup}$$

- a. Grease Trap

$$\text{TB} = (4) \times (2) \times (0,1)$$

$$= 0,8 \text{ m}^3 / \text{kompertemen}$$

Sehingga, total pada pekerjaan tutup bangunan beton adalah sebesar 1,6 m³.

Unit	Volume Pekerjaan Tutup Beton (m ³)
Grease Trap	1,6

4. BOQ Pekerjaan Pembesian
 Pada pekerjaan pembesian untuk konstruksi bangunan IPAL, dilakukan dengan menggunakan double wiremesh.

Double Wiremesh Lantai

Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

$$DWL = Panjang\ Seluruh \times Lebar\ Seluruh \times 2$$

- a. Bak Kontrol Awal
 $DWL = (1,5 \times 1,5) \times 2$
 $= 4,5 \text{ m}^2$
- b. Grease Trap
 $DWL = (8,6 \times 2,4) \times 2$
 $= 41,28 \text{ m}^2$
- c. Bak Pengendap Awal
 $DWL = (7,4 \times 3,9) \times 2$
 $= 57,72 \text{ m}^2$
- d. Tangki Aerasi 1
 $DWL = (13,9 \times 13,9) \times 2$
 $= 386,42 \text{ m}^2$
- e. Tangki Aerasi 2
 $DWL = (13,9 \times 9,5) \times 2$
 $= 264,1 \text{ m}^2$
- f. Bak Pengendap Akhir
 $DWL = ((7,52 \times 7,52)) \times 2$
 $= 113,1 \text{ m}^2$
- g. Bak Kontrol
 $DWL = ((1,7 \times 1,7)) \times 2$
 $= 5,78 \text{ m}^2$

Sehingga, luas *wiremesh* lantai total pekerjaan pembesian adalah sebesar 841,3 m².

Unit	Luas Lembaran <i>Wiremesh</i> Lantai (m ²)
Bak Kontrol Awal	4,5
Grease Trap	41,28
Bak Pengendap Awal	57,72
Tangki Aerasi 1	386,42
Tangki Aerasi 2	264,1
Bak Pengendap Akhir	113,1
Bak Kontrol Akhir	5,78

Double Wiremesh Dinding

Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

$$DWD = (\text{Luas Bangunan Keseluruhan} - \text{Luas Bangunan Dalam}) \times \text{Tinggi}$$

- a. Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned} DWD &= [(1,3 + (2 \times 0,2)) \times (1,3 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (1,3 \times 1,3)] \times (1,5 + 0,5) \\ &= 2,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Grease Trap

$$\begin{aligned} DWD &= [(2 \times 4) + (3 \times 0,2)) \times (2 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (2 \times (4 \times 2))] \times (1,5 + 0,5) \\ &= 9,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- c. Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned} DWD &= [(7 + (2 \times 0,2)) \times (3,5 + (2 \times 0,2)) - \\ &\quad (7 \times 3,5)] \times (3 + 0,5) \\ &= 10,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- d. Tangki Aerasi 1

$$\begin{aligned} DWD &= (((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (13,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (13,5 \times 13,5)) \times (5 + 0,5) \\ &= 60,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- e. Tangki Aerasi 2

$$\begin{aligned} \text{DWD} &= (((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (9,1 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (13,5 \times 9,1)) \times (5 + 0,5) \\ &= 50,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

f. Bak Pengendap Akhir

$$\begin{aligned} \text{DWD} &= (((3,56 + (2 \times 0,2)) \times (3,56 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (3,56 \times 3,56)) \times (4,5 + 0,5) \\ &= 15,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

g. Bak Kontrol

$$\begin{aligned} \text{DWD} &= (((1,5 + (2 \times 0,2)) \times (1,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (1,5 \times 1,5)) \times (1,5 + 0,5) \\ &= 2,72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga, luas *wiremesh* dinding total pekerjaan pembesian adalah sebesar 154,55 m².

Unit	Luas <i>Wiremesh</i> Dinding (m ³)
Bak Kontrol Awal	2,4
Grease Trap	9,28
Bak Pengendap Awal	10,35
Tangki Aerasi 1	60,28
Tangki Aerasi 2	50,6
Bak Pengendap Akhir	15,4
Bak Kontrol Akhir	2,72

5. BOQ Bekisting

Pada pekerjaan bekisting untuk konstruksi bangunan IPAL, dilakukan berdasarkan ukuran luas bangunan IPAL.

Bekisting Lantai Bangunan

Perhitungan ukuran pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut:

$$\text{Bekisting Lantai (BL)} = (\text{Panjang Total} + \text{Lebar Total}) \times 2 \times \text{Tebal Dinding}$$

- a. Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((1,3 + 0,4) + (1,3 + 0,4)) \times 2 \times 0,2 \\ &= 1,36 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Grease Trap

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((4 + (3 \times 0,2)) + (2 + \\ &\quad (2 \times 0,2))) \times 2 \times 0,2 \\ &= 2,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- c. Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((7 + (2 \times 0,2)) + (3,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2))) \times 2 \times 0,2 \\ &= 4,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- d. Tangki Aerasi 1

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((13,5 + (2 \times 0,2)) + (13,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2))) \times 2 \times 0,2 \\ &= 11,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- e. Tangki Aerasi 2

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((13,5 + (2 \times 0,2)) + (9,1 + \\ &\quad (2 \times 0,2))) \times 2 \times 0,2 \\ &= 8,57 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- f. Bak Pengendap Akhir

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((7,12 + (2 \times 0,2)) + (7,12 + \\ &\quad (2 \times 0,2))) \times 2 \times 0,2 \\ &= 6,016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- g. Bak Kontrol Akhir

$$\begin{aligned} \text{BL} &= ((1,5 + (2 \times 0,2)) + (1,5 + \\ &\quad (2 \times 0,2))) \times 2 \times 0,2 \end{aligned}$$

$$= 1,52 \text{ m}^3$$

Sehingga, pada pekerjaan bekisting lantai bangunan adalah sebesar 37,826 m³.

Unit	Luas Pekerjaan Bekisting Lantai (m ³)
Bak Kontrol Awal	1,36
Grease Trap	2,8
Bak Pengendap Awal	4,52
Tangki Aerasi 1	11,12
Tangki Aerasi 2	8,57
Bak Pengendap Akhir	6,016
Bak Kontrol Akhir	1,52

Bekisting Dinding Bangunan

Perhitungan ukuran pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut:

Bekisting Dinding (BD)

= (Luas Bangunan Keseluruhan

– Luas Bangunan Dalam) x Tinggi

h. Bak Kontrol Awal

$$\begin{aligned} \text{BD} &= [(1,3 + (2 \times 0,2)) \times (1,3 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (1,3 \times 1,3)] \times (1,5 + 0,5) \\ &= 2,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

a. Grease Trap

$$\begin{aligned} \text{BD} &= [(2 \times 4) + (3 \times 0,2)) \times (2 + \\ &\quad (2 \times 0,2)) - (2 \times (4 \times 2))] \times (1,5 + 0,5) \\ &= 9,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b. Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned} \text{BD} &= [(7 + (2 \times 0,2)) \times (3,5 + (2 \times 0,2)) - \\ &\quad (7 \times 3,5)] \times (3 + 0,5) \\ &= 10,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Tangki Aerasi 1

$$\begin{aligned} \text{VP} &= (((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (13,5 + \\ &(2 \times 0,2)) - (13,5 \times 13,5)) \times (5 + 0,5)) \\ &= 60,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Tangki Aerasi 2

$$\begin{aligned} \text{VP} &= (((13,5 + (2 \times 0,2)) \times (9,1 + \\ &(2 \times 0,2)) - (13,5 \times 9,1)) \times (5 + 0,5)) \\ &= 50,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

e. Bak Pengendap Akhir

$$\begin{aligned} \text{VP} &= (((3,56 + (2 \times 0,2)) \times (3,56 + \\ &(2 \times 0,2)) - (3,56 \times 3,56)) \times (4,5 + 0,5)) \\ &= 15,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

f. Bak Kontrol

$$\begin{aligned} \text{VP} &= (((1,5 + (2 \times 0,2)) \times (1,5 + \\ &(2 \times 0,2)) - (1,5 \times 1,5)) \times (1,5 + 0,5)) \\ &= 2,72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga, pada pekerjaan bekisting dinding bangunan adalah sebesar 154,55 m².

Unit	Luas Pekerjaan Bekisting Dinding (m ²)
Bak Kontrol Awal	2,4
Grease Trap	9,28
Bak Pengendap Awal	10,35
Tangki Aerasi 1	60,28
Tangki Aerasi 2	50,6
Bak Pengendap Akhir	15,4
Bak Kontrol Akhir	2,72

5.9.1 BOQ *Bak Kontrol Awal*

Tabel 5. 20 BOQ Bak Kontrol Awal

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	6,647
2	Pengurugan Pasir	m ³	0,289
LANTAI			

No.	Material	Satuan	Volume
1	Double Wiremesh	m2	4,5
2	Beton	m3	0,45
3	Bekisting	m2	2,89
DINDING			
1	Double Wiremesh	m2	2,4
2	Beton	m3	0,5
3	Bekisting	m2	2,4
Lain-lain			
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	
2	Plat Besi Penutup	m ²	1,7

5.9.2 BOQ Grease Trap

Tabel 5. 21 BOQ Grease Trap

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	29,24
2	Pengurangan Pasir	m ³	2,064
LANTAI			
1	Double Wiremesh	m2	41,28
2	Beton	m3	7,224
3	Bekisting	m2	20,64
DINDING			
1	Double Wiremesh	m2	9,28
2	Beton	m3	41,28
3	Bekisting	m2	9,28
ATAP			
1	Beton	m3	4,8
Lain-lain			
1	Pipa PVC D 165 mm (9")	m	1
2	Tee PVC	buah	2

5.10 BOQ Bak Pengendap Awal

Tabel 5. 22 BOQ Bak Pengendap Awal

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	109,668
2	Pengurangan Pasir	m ³	2,064

No.	Material	Satuan	Volume
LANTAI			
1	Double Wiremesh	m2	57,72
2	Beton	m3	10,101
3	Bekisting	m2	4,52
DINDING			
1	Double Wiremesh	m2	10,35
2	Beton	m3	57,72
3	Bekisting	m2	10,35
4	Plat Besi 3mm	m2	6.6
Lain-lain			
1	Pipa PVC D 165 mm (9")	m	4,5

5.10 Tangki Aerasi I

Tabel 5. 23 BOQ Tangki Aerasi I

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	1217,223
2	Pengurugan Pasir	m ³	19,205
LANTAI			
1	Double Wiremesh	m2	386,42
2	Beton	m3	67,62
3	Bekisting	m2	11,12
DINDING			
1	Double Wiremesh	m2	60,28
2	Beton	m3	21,92
3	Bekisting	m2	60,28
LAIN-LAIN			
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	1
2	Fine Bubble Difusser	Buah	447
3	Blower	Buah	1

5.11 BOQ Tangki Aerasi II

Tabel 5. 24 BOQ Tangki Aerasi II

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	831,95
2	Pengurugan Pasir	m ³	13,205
LANTAI			
1	Double Wiremesh	m2	264,1

No.	Material	Satuan	Volume
2	Beton	m3	38,64
3	Bekisting	m2	132,05
DINDING			
1	Double Wiremesh	m2	60,28
2	Beton	m3	21,92
3	Bekisting	m2	60,28
LAIN-LAIN			
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	8
2	Fine Bubble Difusser	Buah	180
3	Blower	Buah	1

5.12 Bak Pengendap Akhir

Tabel 5. 25 BOQ Bak Pengendap Akhir

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	79,576
2	Pengurangan Pasir	m ³	1,568
LANTAI			
1	Double Wiremesh	m2	113,1
2	Beton	m3	11,31
3	Bekisting	m2	6,016
DINDING			
1	Double Wiremesh	m2	15,4
2	Beton	m3	11,71
3	Bekisting	m2	15,4
LAIN-LAIN			
1	Pipa Galvanis	m	1
2	Pompa Lumpur	Buah	180
3	Pipa Penguras Lumpur	m	1
4	Gate Valve	Buah	1
5	Elbow 90	buah	2
6	Jembatan Kontrol & Scrapper	Buah	2

5.13 Bak Kontrol Akhir

Tabel 5. 26 BOQ Bak Kontrol Akhir

No.	Material	Satuan	Volume
1	Penggalian Tanah	m ³	10,108

No.	Material	Satuan	Volume
2	Pengurugan Pasir	m ³	0,361
LANTAI			
1	Double Wiremesh	m ²	5,78
2	Beton	m ³	1,263
3	Bekisting	m ²	1,52
DINDING			
1	Double Wiremesh	m ²	2,72
2	Beton	m ³	7,22
3	Bekisting	m ²	2,72
LAIN-LAIN			
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	300
2	Gate Valve	Buah	1
3	Water Flow Meter	Buah	1

5.10 Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah hasil perhitungan antara volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan menurut HSPK Kabupaten Tuban 2018.

Nilai satuan perhitungan RAB per kegiatan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 27 Perhitungan RAB per Kegiatan

No	Analisis	Sat.	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan
Penggalian Tanah					
1	Mandor	O.H	0.03	103,000	3,090
2	Pembantu Tukang	O.H	0.75	92,000	69,000
	Total per 1 m ²			Nilai HSPK	72,090
Pengurugan Pasir dengan Pemasatan					
	Upah Tenaga Kerja				
1	Mandor	O.H	0.01	103,000	1,030
2	Pembantu Tukang	O.H	0.3	92,000	27,600

No	Analisis	Sat.	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan
1	Pasir Urug	m3	1.2	120,000	144,000
	Total per 1 m3			Nilai HSPK	172,630
Pekerjaan Beton K-225					
	Upah Tenaga Kerja				
1	Mandor	O.H	0.083	103,000	8,549
2	Pembantu Tukang	O.H	1.65	92,000	151,800
	Material				
3	Semen Indonesia (40 kg)	sack	9	1,450	13,449
4	Pasir Cor	m3	0.436	262,000	114,232
5	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	m3	0.551	321,000	176,871
6	Air Kerja	Liter	215	6,000	1,290,000
	Total per 1 m3			Nilai HSPK	1,754,901
Pekerjaan Pembesian					
	Upah Tenaga Kerja				
1	Mandor	O.H	0.0004	103,000	41
2	Kepala Tukang	O.H	0.0007	97,000	68
3	Tukang	O.H	0.007	92,000	644
	Material				
4	Wiremesh	m2	0.015	244,800	3,672
	Total per 1 m2			Nilai HSPK	4,425
Pekerjaan Bekisting Lantai					
	Material				
1	Paku usuk	kg	0.4	14,300	5,720
2	Plywood	Lbr	0.35		-

No	Analisis	Sat.	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan
3	Kayu Meranti bekisting (2/20 = 4m)	m3	0.04	3,657,400	146,296
4	Kayu meranti balok (4m)	m3	0.02	5,123,300	102,466
5	Minyak bekisting	Liter	0.2	28,500	5,700
	Upah Tenaga Kerja				-
6	Mandor	O.H	0.033	103,000	3,399
7	Kepala Tukang	O.H	0.033	92,000	3,036
8	Tukang	O.H	0.33	92,000	30,360
9	Pembantu Tukang	O.H	0.66	85,000	56,100
	Total per 1 m2			Nilai HSPK	353,077
Pekerjaan Bekisting Dinding					
	Material				
1	Paku usuk	kg	0.4	14,300	5,720
2	Plywood 122x244x9	Lembar	0.35		
3	Kayu Meranti bekisting	m3	0.04	3,657,400	146,296
4	Kayu meranti balok	m3	0.02	5,123,300	102,466
5	minyak bekisting	Liter	0.2	28,500	5,700
	Upah Tenaga Kerja				
6	Mandor	O.H	0.033	103,000	3,399
7	Kepala Tukang	O.H	0.033	92,000	3,036
8	Tukang	O.H	0.33	92,000	30,360

No	Analisis	Sat.	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan
9	Pembantu Tukang	O.H	0.66	85,000	56,100
	Total per 1 m ²			Nilai HSPK	353,077
Pekerjaan Pemasangan pipa air kotor					
	Material				
1	Pipa PVC Diameter 165 mm	Batang	0.3	66,200	19,860
2	Pipa PVC Diameter 140 mm	Batang	0.3	66,200	19,860
	Upah Tenaga Kerja				
3	Mandor		0.0041	103,000	422
4	Kepala Tukang Pipa		0.0135	97,000	1,310
5	Tukang Pipa		0.081	92,000	7,452
	Total per 1 m ²			Nilai HSPK	48,904

Setelah itu dilakukan perhitungan secara menyeluruh untuk pembangunan unit IPAL. Hasil perhitungan RAB setiap unit IPAL dapat dilihat pada tabel 5.28 hingga tabel 5.34 berikut:

Tabel 5. 28 RAB Unit Bak Kontrol Awal

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	7	72,090	479,182
2	Pengurugan Pasir	m ³	0.289	172,630	49,890
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m ²	4.5	4,425	19,913
2	Beton	m ³	0.45	1,754,901	789,705
3	Bekisting	m ²	2.89	353,077	1,020,393
DINDING					
1	Double Wiremesh	m ²	2.4	4,425	10,620
2	Beton	m ³	0.5	1,754,901	877,450
3	Bekisting	m ²	2.4	353,077	847,385

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
Lain-lain					
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	1	233,000	233,000
2	Plat Besi Penutup	m ²	1.7	191,000	324,700
Total Biaya					4,652,239

Tabel 5. 29 RAB Unit Grease Trap

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	29.24	72,090	2,107,912
2	Pengurugan Pasir	m ³	2	172,630	356,308
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m ²	41.28	4,425	182,668
2	Beton	m ³	7	1,754,901	12,677,403
3	Bekisting	m ²	20.64	353,077	7,287,509
DINDING					
1	Double Wiremesh	m ²	9.28	4,425	41,065
2	Beton	m ³	41.28	1,754,901	72,442,303
3	Bekisting	m ²	9.28	353,077	3,276,555
ATAP					
1	Beton	m ³	4.8	1,754,901	8,423,524
Lain-lain					
1	Pipa PVC D 165 mm (9")	m	1	417,900	417,900
2	Tee PVC	buah	2	25,000	50,000
Total Biaya					107,263,146

Tabel 5. 30 RAB Unit Bak Pengendap Awal

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	110	72,090	7,905,966
2	Pengurugan Pasir	m ³	2	172,630	356,308
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m ²	57.72	4,425	255,417
2	Beton	m ³	10	1,754,901	17,726,252
3	Bekisting	m ²	4.52	353,077	1,595,908
DINDING					
1	Double Wiremesh	m ²	10.35	4,425	45,800
2	Beton	m ³	57.72	1,754,901	101,292,871
3	Bekisting	m ²	10.35	353,077	3,654,347

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
Lain-lain					
1	Pipa PVC D 165 mm (9")	m	4.5	48,904	220,067
2	Pompa	buah	2	40,000,000	80,000,000
Total Biaya					213,052,937

Tabel 5. 31 RAB Unit Tangki Aerasi 1

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	1,217	72,090	87,749,606
2	Pengurugan Pasir	m ³	19	172,630	3,315,359
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m ²	386	4,425	1,709,947
2	Beton	m ³	68	1,754,901	118,666,389
3	Bekisting	m ²	11	353,077	3,926,216
DINDING					
1	Double Wiremesh	m ²	60	4,425	266,745
2	Beton	m ³	22	1,754,901	38,467,424
3	Bekisting	m ²	60	353,077	21,283,482
LAIN-LAIN					
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	1	48,904	48,904
2	Fine Bubble Difusser	buah	447	142,000	63,474,000
No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
3	Blower	buah	1	25,000,000	25,000,000
Total Biaya					363,908,072

Tabel 5. 32 RAB Unit Tangki Aerasi 2

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	831.95	72,090	59,975,276
2	Pengurugan Pasir	m ³	13	172,630	2,279,579
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m ²	264.1	4,425	1,168,669
2	Beton	m ³	38.64	1,754,901	67,809,365
3	Bekisting	m ²	132.05	353,077	46,623,818
DINDING					
1	Double Wiremesh	m ²	60.28	4,425	266,745
2	Beton	m ³	21.92	1,754,901	38,467,424

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
3	Bekisting	m ²	60.28	353,077	21,283,482
LAIN-LAIN					
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	8	48,904	391,230
2	Fine Bubble Difusser	buah	180	142,000	25,560,000
3	Blower	buah	1	25,000,000	25,000,000
Total Biaya					288,825,588

Tabel 5. 33 RAB Unit Bak Pengendap Akhir

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	80	72,090	5,736,634
2	Pengurangan Pasir	m ³	2	172,630	270,684
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m ²	113.1	4,425	500,479
2	Beton	m ³	11.31	1,754,901	19,847,927
3	Bekisting	m ²	6	353,077	2,124,111
DINDING					
1	Double Wiremesh	m ²	15.4	4,425	68,147
2	Beton	m ³	11.71	1,754,901	20,549,888
3	Bekisting	m ²	15.4	353,077	5,437,386
LAIN-LAIN					
1	Pipa Galvanis	m	1	48,904	48,904
2	Pompa Lumpur	buah	180	142,000	25,560,000
3	Pipa Penguras Lumpur	m	1	25,000,000	25,000,000
4	Gate Valve	buah	1	100,000	100,000
5	Elbow 90	buah	2	25,000	50,000
Total Biaya					105,294,159

Tabel 5. 34 RAB Unit Bak Kontrol Akhir

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Penggalian Tanah	m ³	10	72,090	728,685.72
2	Pengurangan Pasir	m ³	0.361	172,630	62,319.43
LANTAI					
1	Double Wiremesh	m2	5.78	4,425	25,577
2	Beton	m3	1	1,754,901	2,216,439.65
3	Bekisting	m2	1.52	353,077	536,677
DINDING					
1	Double Wiremesh	m2	2.72	4,425	12,036
2	Beton	m3	7.22	1,754,901	12,670,383

No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
3	Bekisting	m2	2.72	353,077	960,369
	LAIN-LAIN				
No.	Material	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Pipa PVC D 140 mm (5")	m	300	48,904	14,671,140
2	Gate Valve	Buah	1	50,000	50,000
3	Water Flow Meter	Buah	1	1,000,000	1,000,000
Total Biaya					32,933,628

Berdasarkan perhitungan rekapitulasi anggaran biaya, didapatkan total biaya perencanaan IPAL di Tuban adalah sebesar Rp 1.115.376.677,-

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Hasil uji laboratorium sampel air yaitu pH 7; TSS 270 mg/L; Sulfida (H₂S) 2,38; TKN 382,35 mg/L; Klor bebas 0,00; BOD₅ 786 mg/L; COD 1456 mg/L; minyak dan lemak 1990 mg/L.
2. Berdasarkan perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) dengan kapasitas debit air limbah rata-rata sebesar 750 m³/hari diperoleh hasil berupa dimensi *Bak Kontrol Awal* (1,3 m x 1,3 m x 1,5 m), *grease trap* (8 m x 2 m x 1,5 m), bak pengendap awal (7 m x 3,5 m x 3 m), tangki aerasi 1 (13,5 m x 13,5 m x 5 m), tangki aerasi 2 (13,5 m x 9,1 m x 5 m), bak pengendap akhir (diameter= 7,12 meter, kedalaman = 3,1 m), dan bak kontrol akhir (1,5 m x 1,5 m x 1,5 m).
3. SOP mencakup aspek perawatan rutin, pengurusan IPAL, proses *start up* IPAL, dan perawatan sistem per unit bangunan.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) IPAL sebesar Rp 1.115.376.677,-

6.2 Saran

1. Perlu pengkajian lebih lanjut terkait teknologi pengolahan yang tepat untuk diaplikasikan pada industri pengolahan hasil perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkader, Amr M. 2009. *Comparison Study Between Sequencing Batch Reactor And Conventional Activated Sludge By Using Simulation Mathematical Model*. Egypt: Sanitary Eng. Dept., Faculty of Eng., Alexandria University.
- Afif, M. Wirhayanto O., dan Sri S. 2011. Evaluasi Dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Perikanan, Kota Pekalongan. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Ali, Farida. Annisa R., dan Rifky H. 2017. Pemanfaatan Limbah Karet Alam Dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben Crude Oil Spills. Universitas Sriwijaya: Teknik Kimia, Fakultas Teknik.
- Aryadi, Sendi. 2017. Bak Pemisah Lemak (*Grease Trap*). http://docshare.tips/grease-trap_587ba0f1b6d87f65ab8b525b.html. (14 Mei 2019).
- BPS Kabupaten Tuban. 2018. Kabupaten Tuban dalam Angka 2018. Tuban : Badan Pusat Statistik (BPS).
- Cristovao, R. O. dkk. 2012. *Chemical and Biological Treatment of Fish Canning Wastewaters, International Journal of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*. Jurnal Volume: 2. No.4.
- Dinda, S. S. 2018. Perencanaan Ipal Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan FTSLK-ITS, Surabaya.
- Hall, G. M. 2011. *Fish Processing – Sustainability and New Opportunities*. United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Handayani, Rahayu. 2012. Evaluasi Kinerja dan Optimasi Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC) Gedung Perkantoran PT Pacific Paint Dalam Penurunan Amonia. Tugas Akhir. UI: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik.
- Irman, Joy. 2015. Modul Perencanaan Teknis Unit Pengolahan Air Limbah Sistem Pengelolaan Limbah Terpusat. <https://www.slideshare.net/metrosanita/sistem-pengolahan-air-limbah-secara-biologis>. (14 Mei 2019).

- Ir. Setiyono, M.Si. 2014. Pengelolaan Air Limbah Perkantoran (Studi Kasus IPAL Gedung BPPT). Jakarta: BPPT Press.
- Masduqi, A., dan Assomadi, A. F. Operasi dan Proses Pengolahan Air. 2012. Surabaya: ITS Press
- MetCalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*, 4th ed. New York: McGraw Hill Book Co.
- Mirza, Yustia W. Agung R., dan Jenny C. 2010. *Msg Waste Biomass Concentration On Membrane Bioreactor Submerged*. ITATS: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri.
- Oktavia, D. A. Djumali M., dan Singgih W. 2012. Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik dan Lipolitik. *Junal Volume: 6. No. 2. Bogor: Teknologi Industri Pertanian FATETA-IPB.*
- Purwanti, Ipung F. Bieby Voijant T., dan Setyo Budi K. 2018. *Design And Application Of Wastewater Treatment Plant For "Pempek" Food Industry, Surabaya, Indonesia*. *Journal Volume: 9, Issue: 13. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET).*
- River, L. dkk. 1998. evaluation of clean technology process in the marine product processing industry. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 73, 217-226.
- Republik Indonesia. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Lembaga Daerah Provinsi Jawa Timur.
- Republik Indonesia. 2007. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2012. Sekretariat Negara.
- Rosidi, M. 2017. Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan FTSLK-ITS, Surabaya.
- Sasse, L. 1998. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association.
- Setiyono dan Satmoko Y. 2010. Prototipe Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Ikan di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal*

Teknik Lingkungan Volume: 1. No. 1. Jakarta:
Pusat Teknologi Lingkungan, BPP Teknologi.



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

KLARISSA PRADIANTI
 03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Bak Kontrol Awal
 Denah Tampak Atas
 Potongan A-A
 Potongan B-B
 Potongan C-C

SKALA

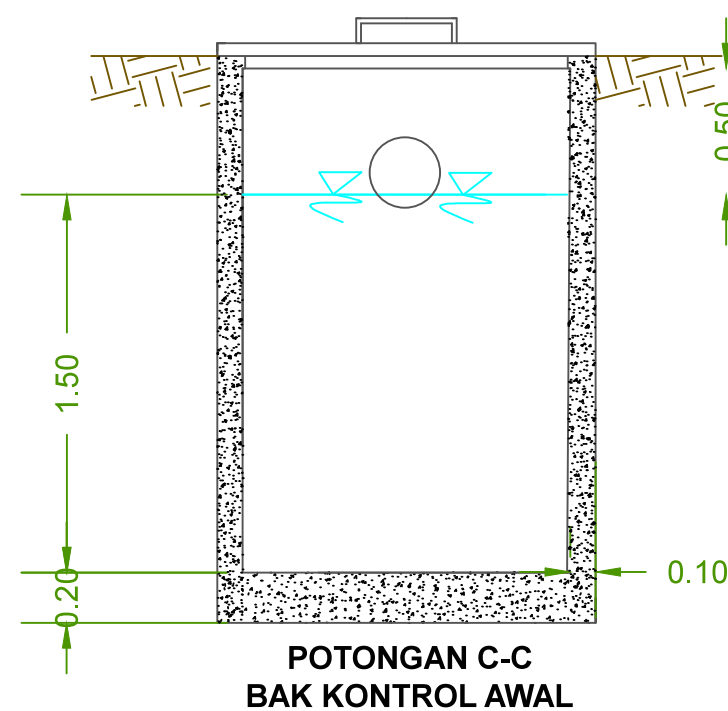
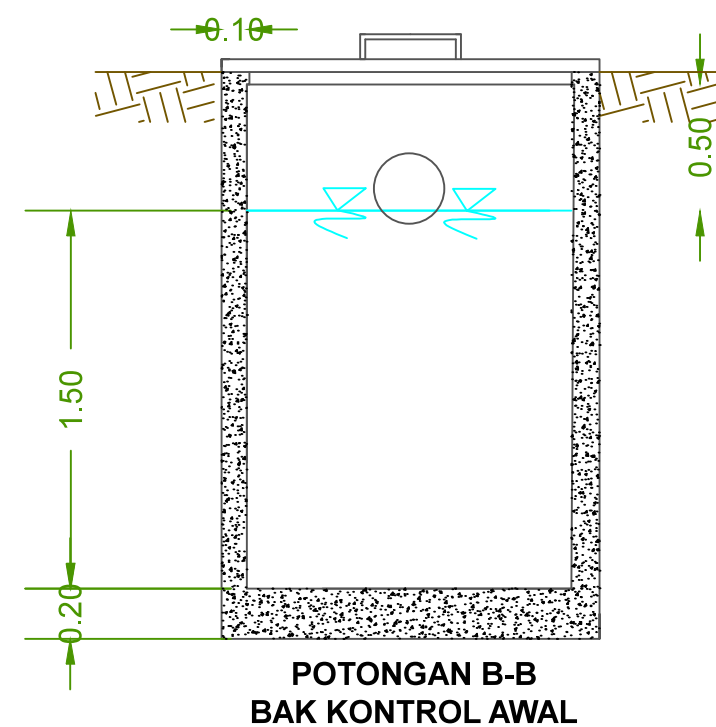
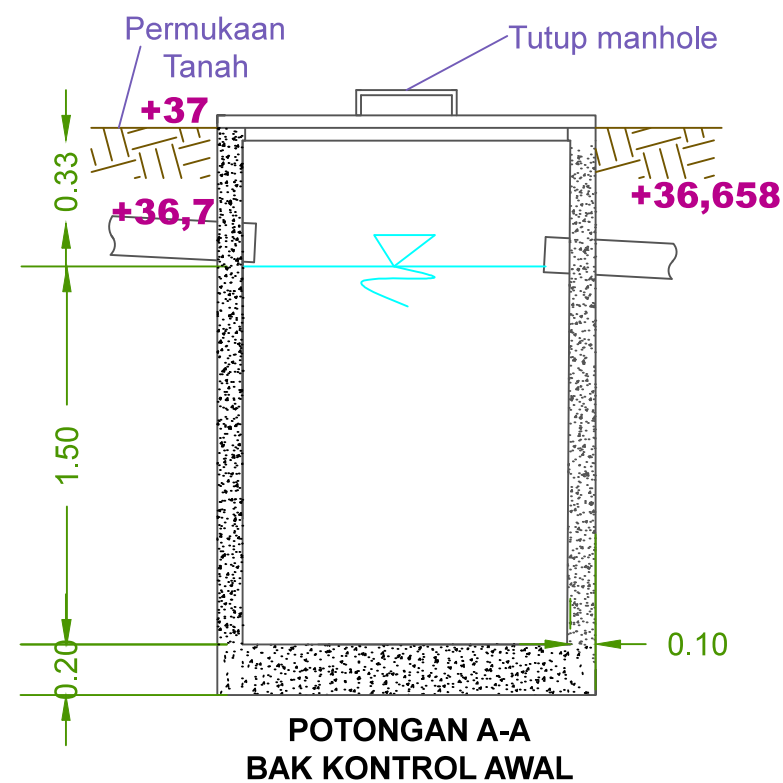
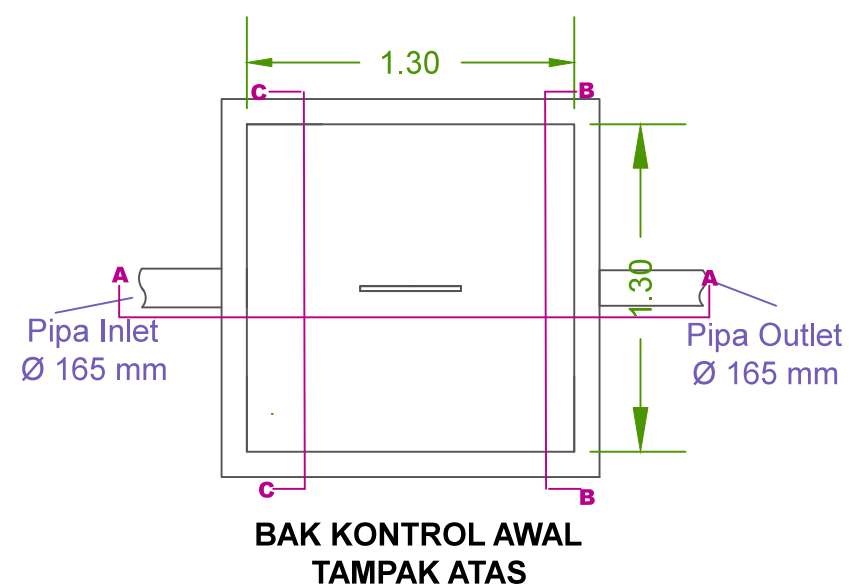
1:30

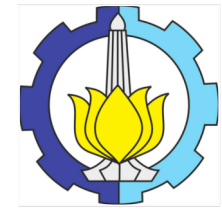
APPROVED

HALAMAN

1

MARK





JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

KLARISSA PRADIANTI
 03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Grease Trap
 Denah Tampak Atas
 Potongan A-A
 Potongan B-B
 Potongan C-C

SKALA

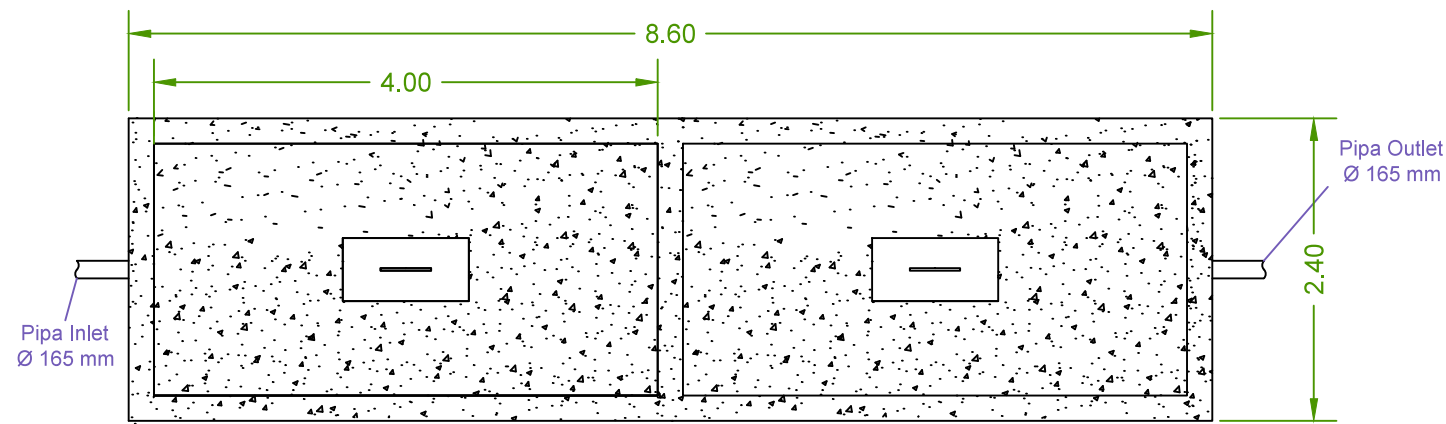
1:60

APPROVED

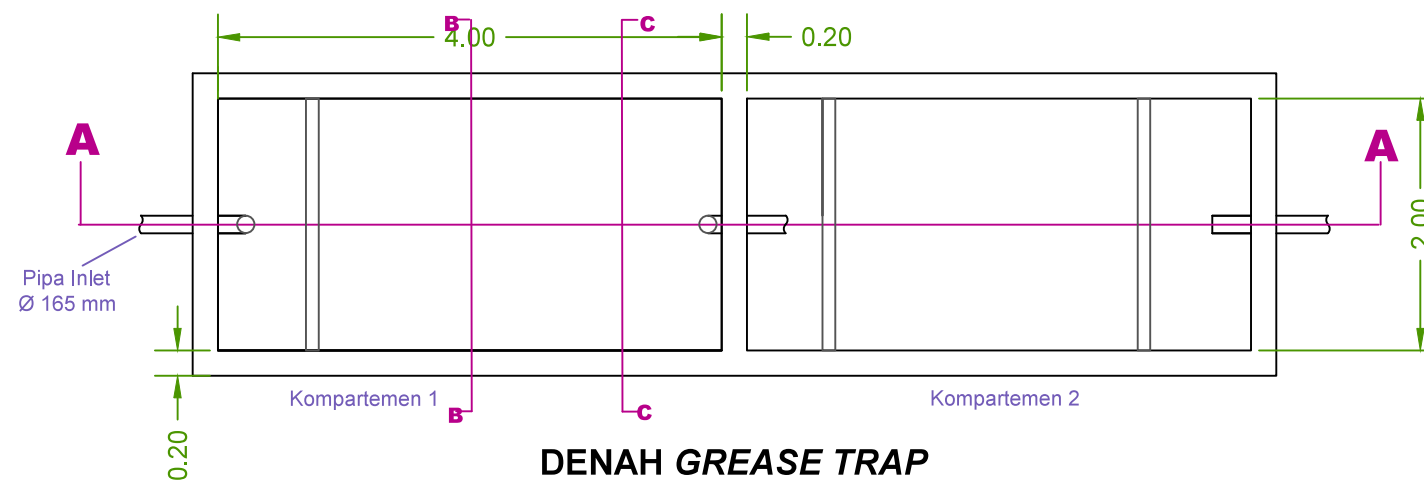
HALAMAN

3

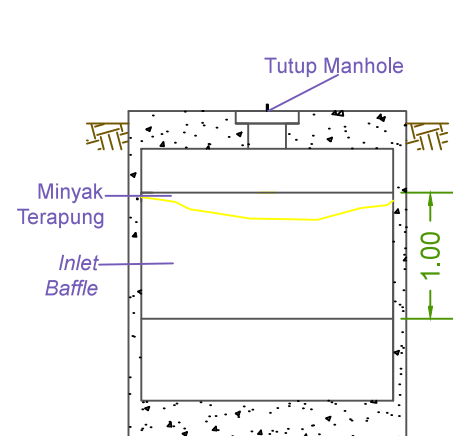
MARK



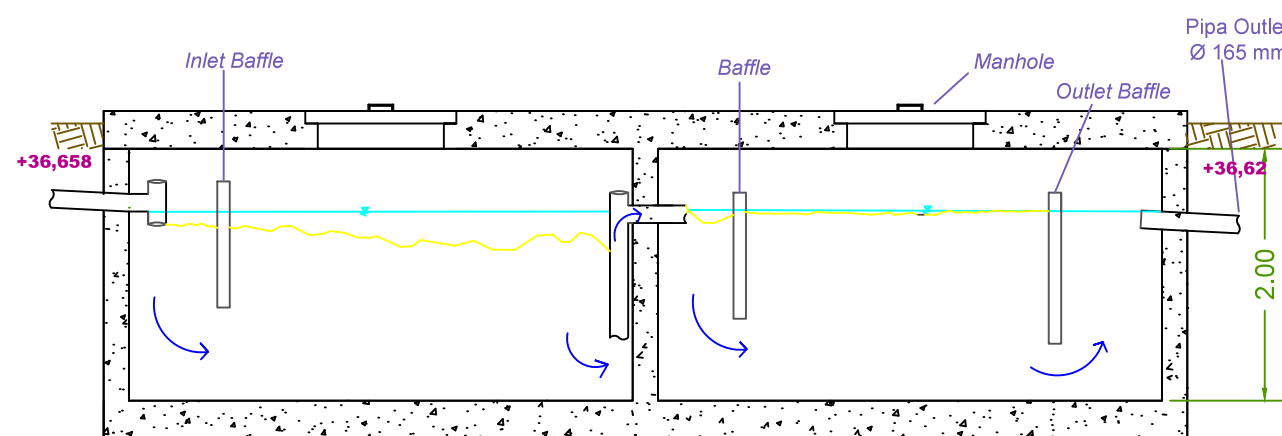
GREASE TRAP TAMPAK ATAS



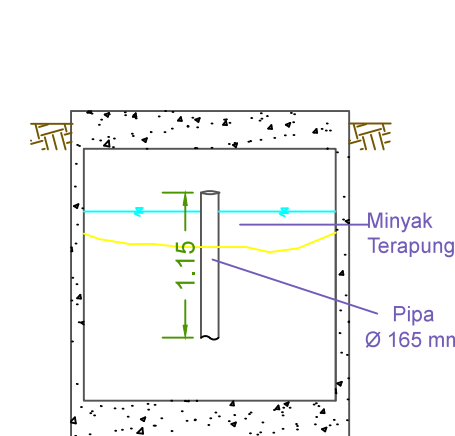
DENAH GREASE TRAP



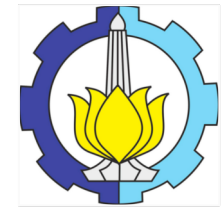
**POTONGAN B-B
GREASE TRAP**



POTONGAN A-A GREASE TRAP



**POTONGAN C-C
GREASE TRAP**



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

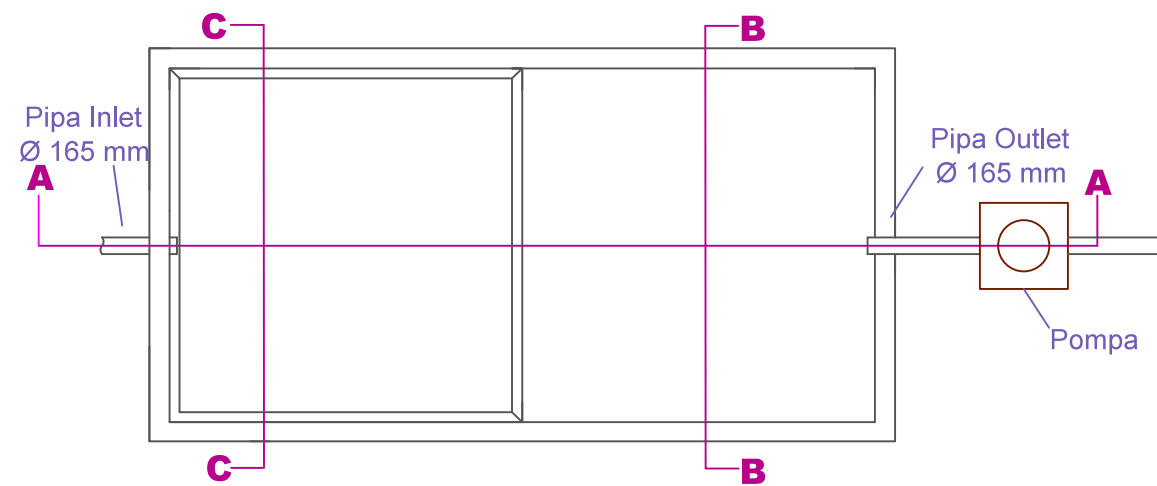
KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

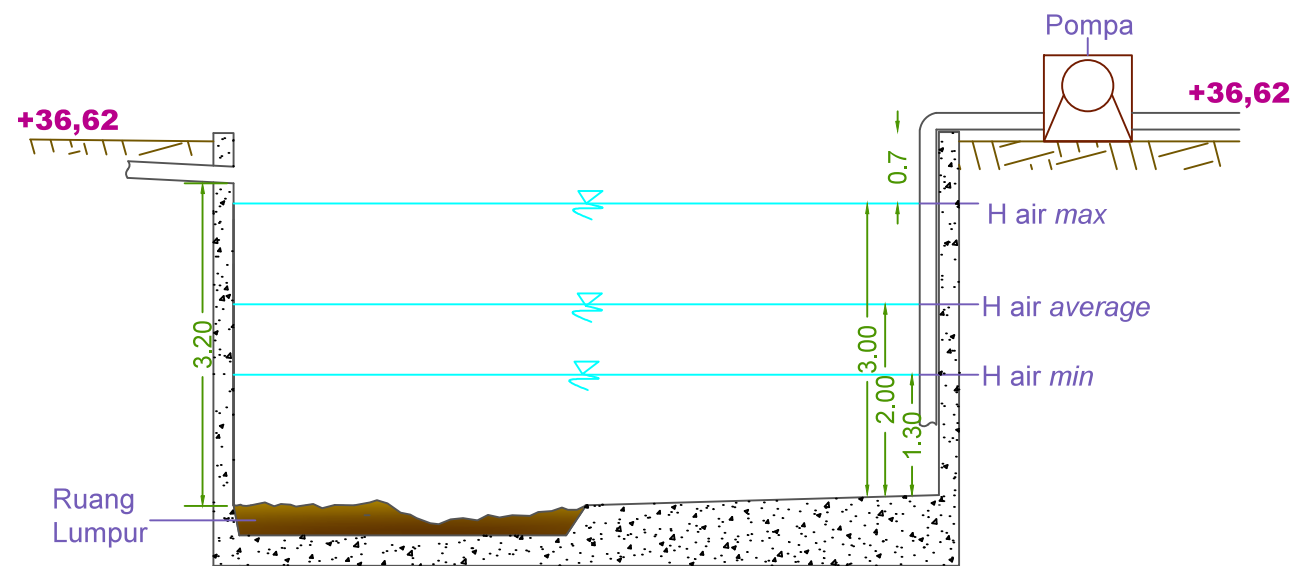
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

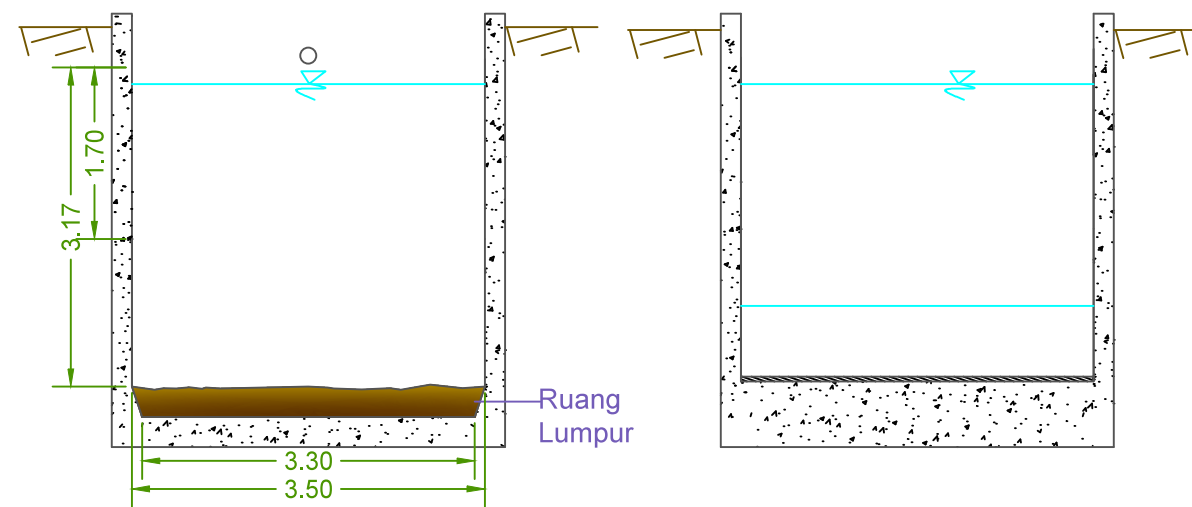
Bak Pengendap Awal
Tampak Atas
Potongan A-A
Potongan B-B
Potongan C-C



TAMPAK ATAS BAK PENGENDAPAN AWAL



POTONGAN A-A BAK PENGENDAPAN AWAL



**POTONGAN C-C
BAK PENGENDAP AWAL**

**POTONGAN B-B
BAK PENGENDAP AWAL**

SKALA

1:75

APPROVED

HALAMAN

3

MARK



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Tangki Aerasi 1
Tampak Atas
Potongan A-A
Potongan B-B

SKALA

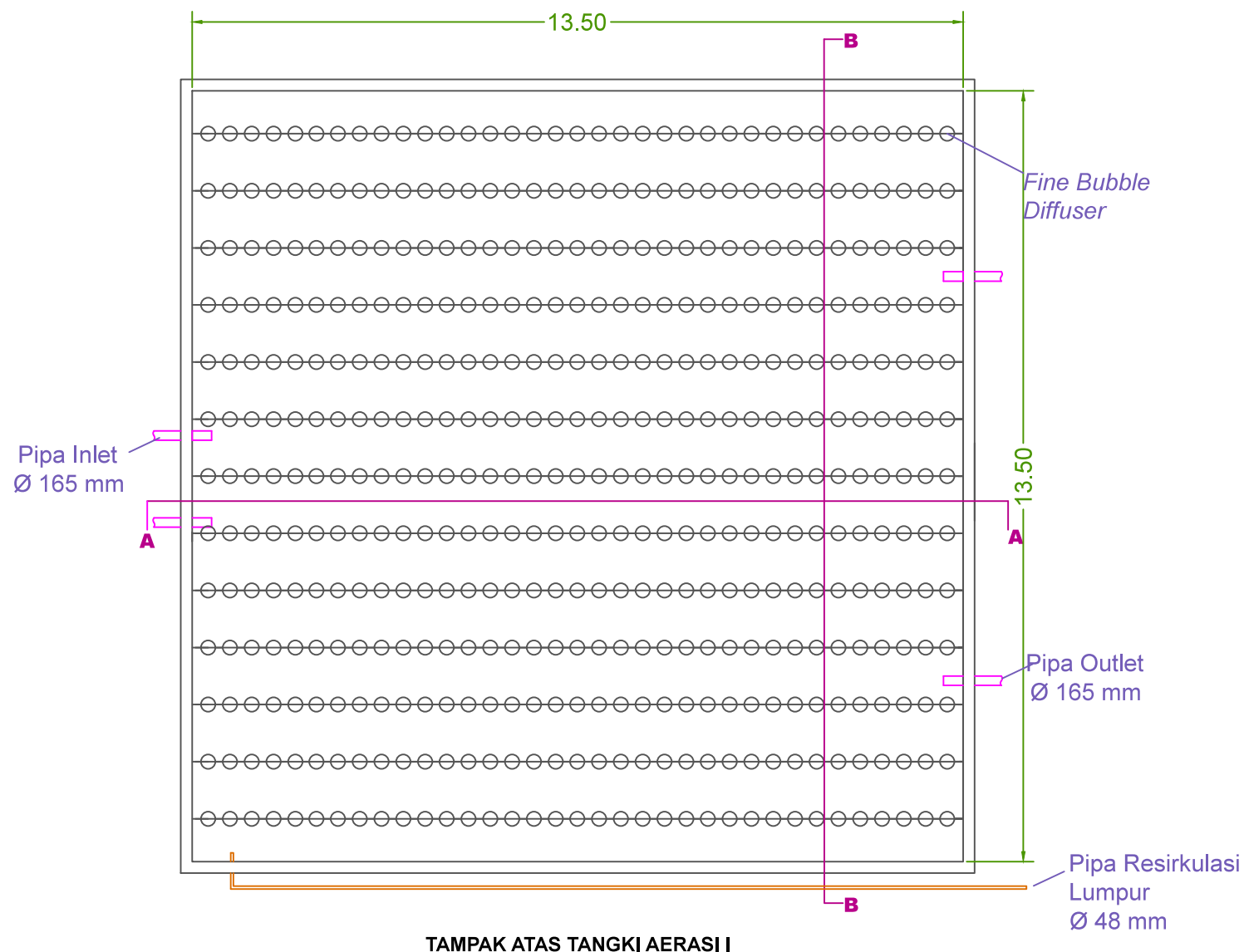
1:110

APPROVED

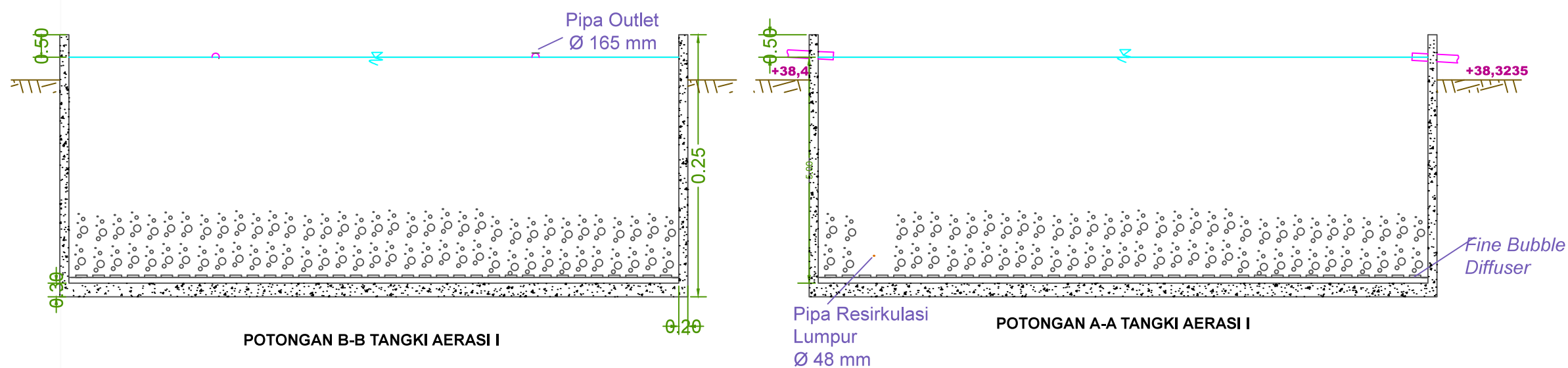
HALAMAN

4

MARK

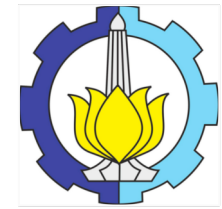


TAMPAK ATAS TANGKI AERASI I



POTONGAN B-B TANGKI AERASI I

POTONGAN A-A TANGKI AERASI I



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

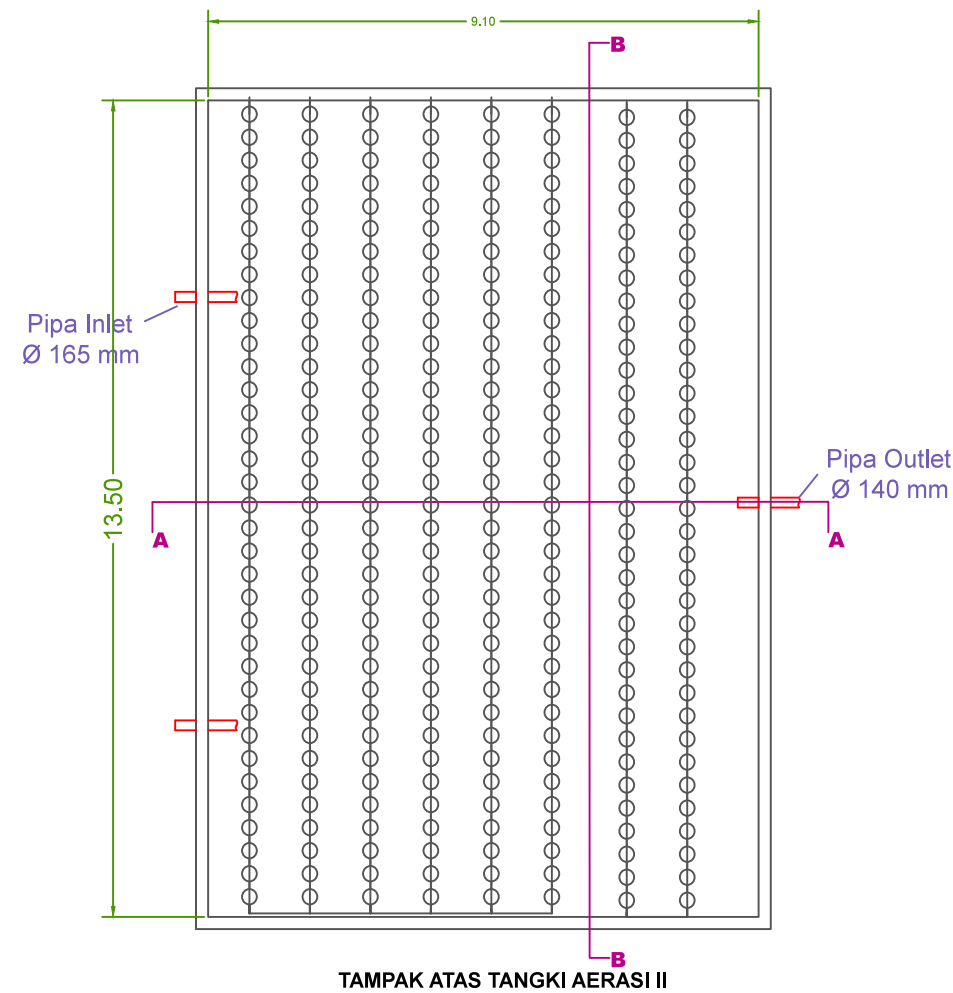
KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

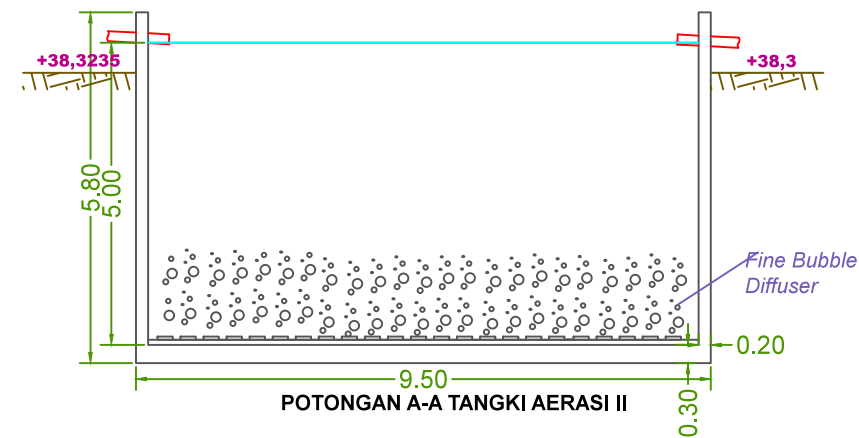
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

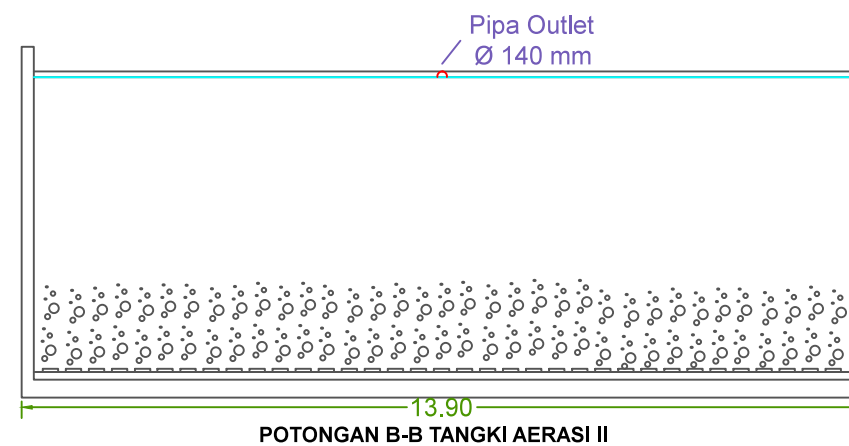
Tangki Aerasi 2
Tampak Atas
Potongan A-A
Potongan B-B



TAMPAK ATAS TANGKI AERASI II



POTONGAN A-A TANGKI AERASI II



POTONGAN B-B TANGKI AERASI II

SKALA

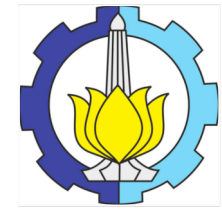
HALAMAN

1:125

5

APPROVED

MARK



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

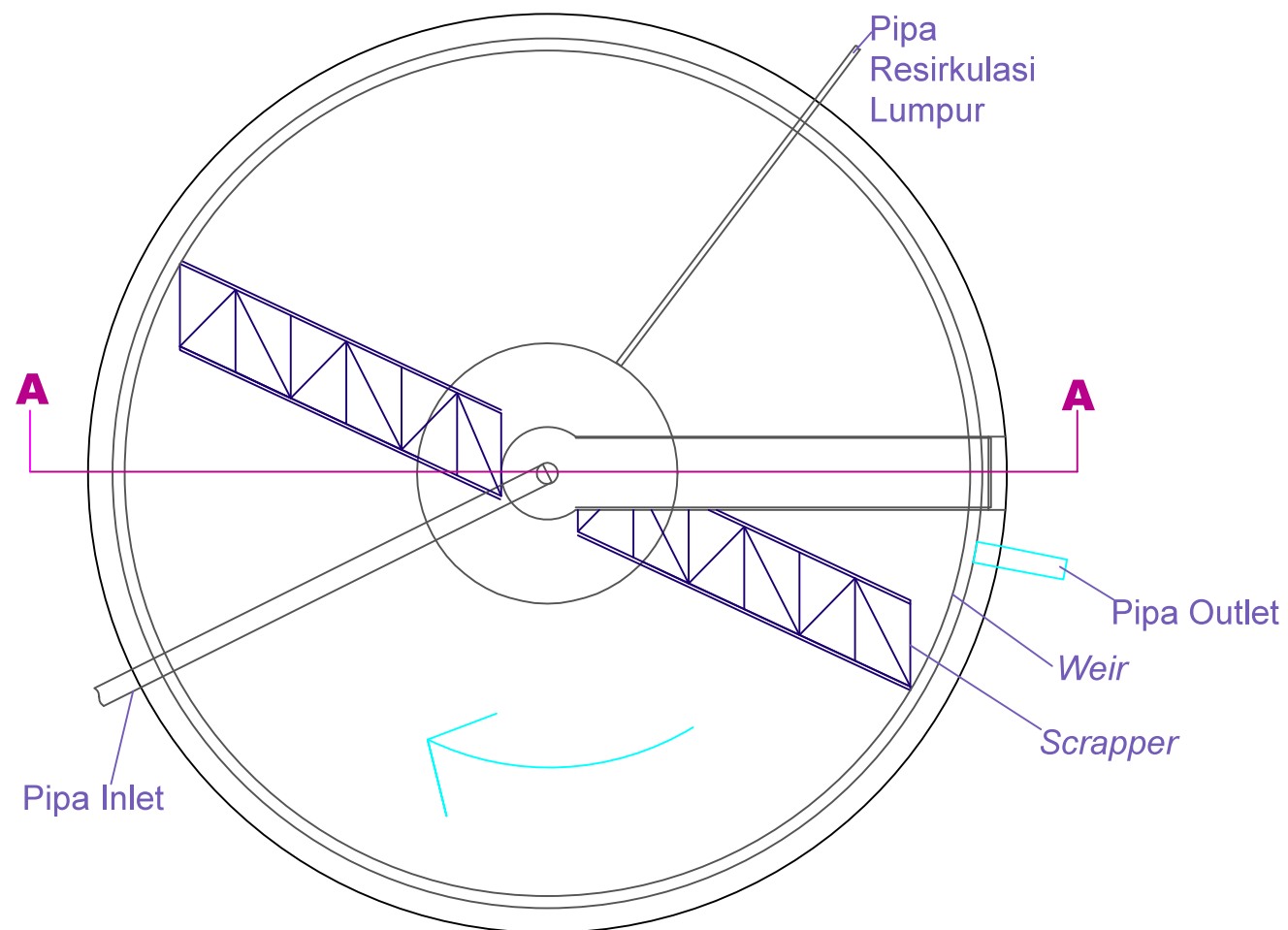
KLARISSA PRADIANTI
 03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

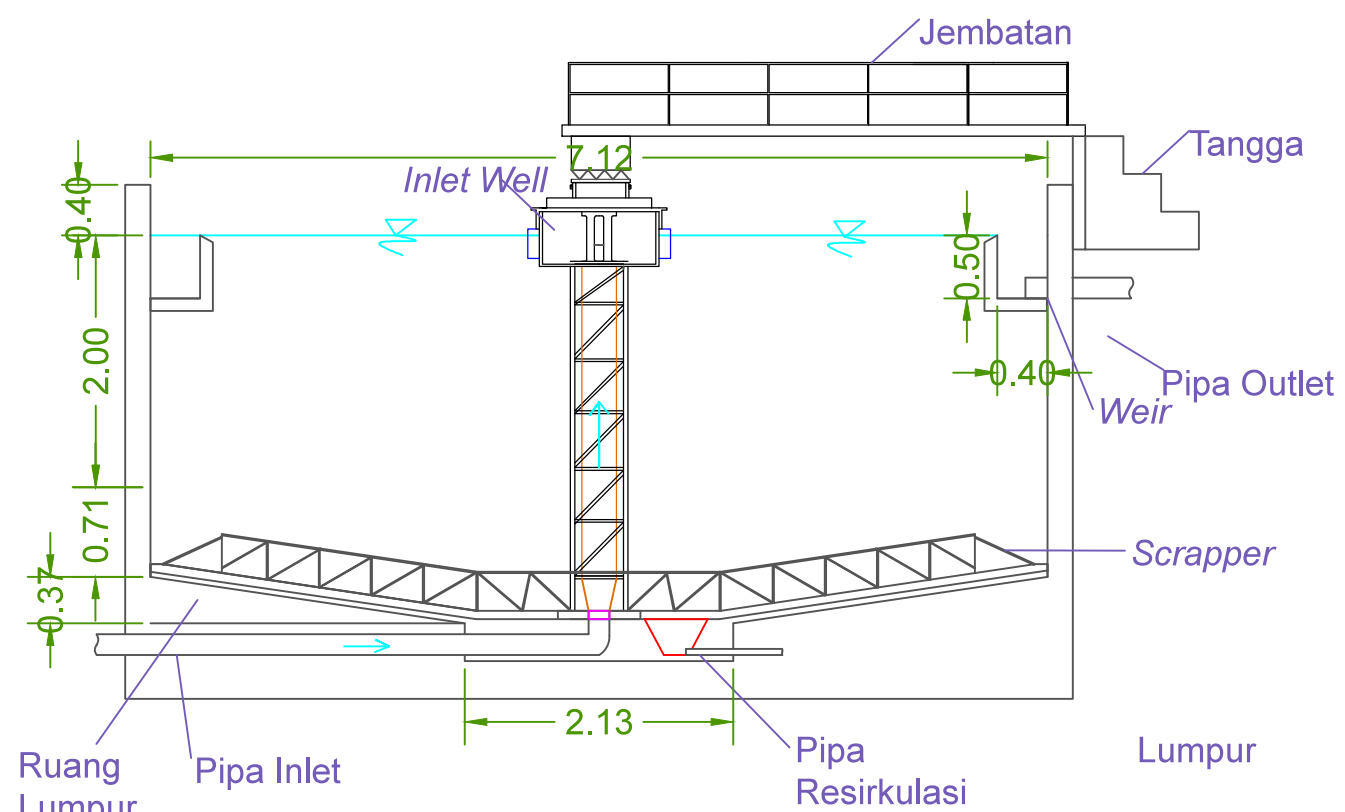
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Bak Pengendap Akhir
 Tampak Atas
 Potongan A-A



TAMPAK ATAS BAK PENGENDAP AKHIR



POTONGAN A-A BAK PENGENDAP AKHIR

SKALA

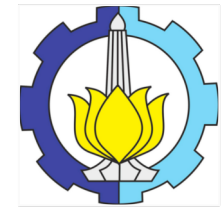
1:60

APPROVED

HALAMAN

6

MARK



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Bak Kontrol Akhir
Tampak Atas
Potongan A-A
Potongan B-B

SKALA

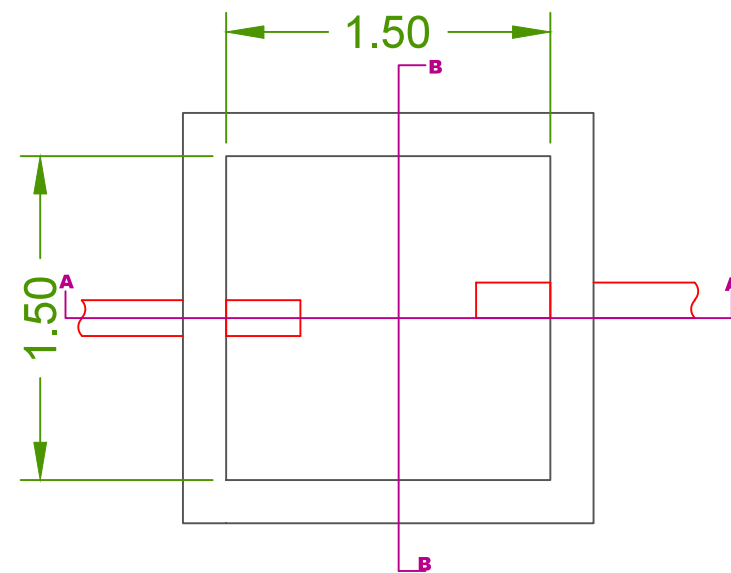
1:35

APPROVED

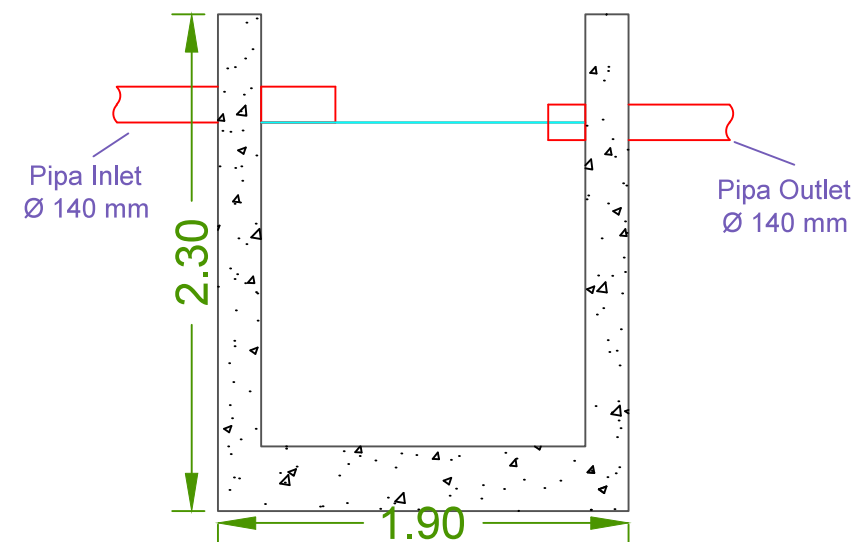
HALAMAN

7

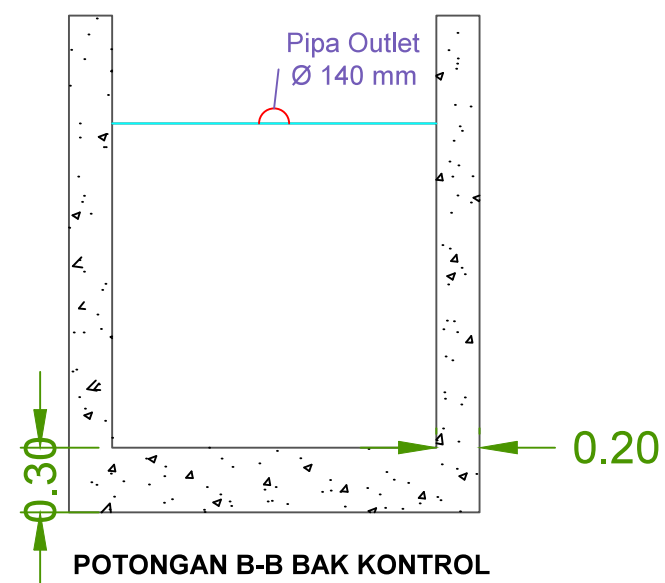
MARK



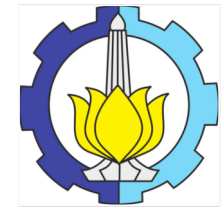
BAK KONTROL TAMPAK ATAS



POTONGAN A-A BAK KONTROL



POTONGAN B-B BAK KONTROL



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Layout IPAL

SKALA

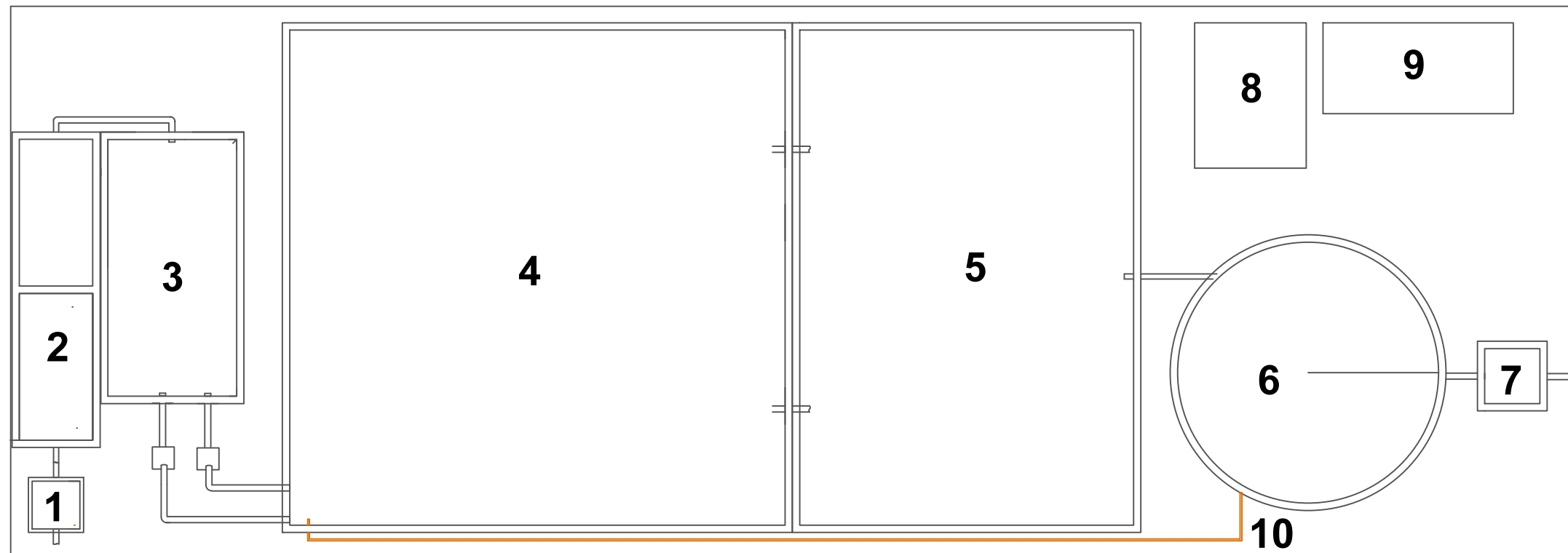
HALAMAN

1:150

8

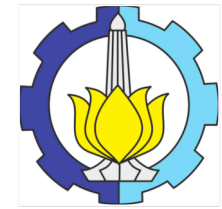
APPROVED

MARK



Keterangan:

1. Manhole
2. Grease Trap
3. Bak Pengendap Awal
4. Tangki Aerasi I
5. Tangki Aerasi II
6. Bak Pengendap Akhir
7. Bak Kontrol
8. Rumah Blower
9. Sludge Press
10. Pipa Resirkulasi Lumpur



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN IPAL INDUSTRI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN DI TUBAN

DEPARTEMEN

TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEGENDA

DRAFTER

KLARISSA PRADIANTI
03211540000113

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis

SKALA

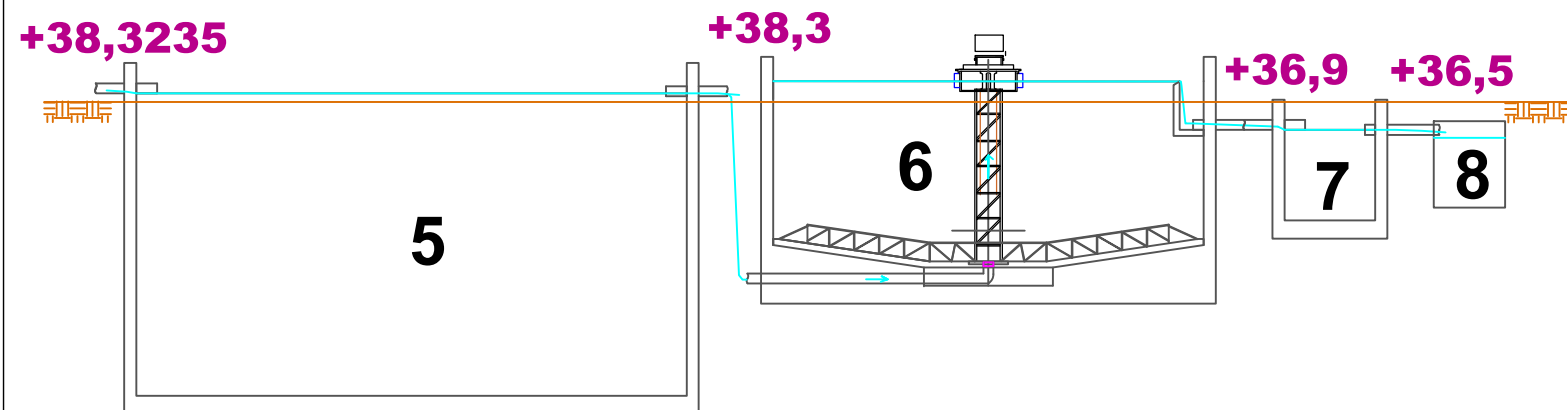
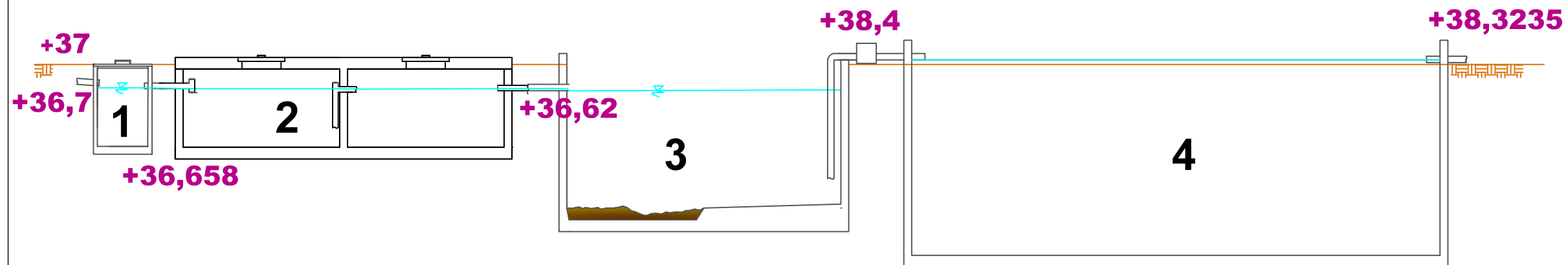
HALAMAN

1:125

9

APPROVED

MARK



Keterangan:

1. Bak Kontrol Awal
2. Grease Trap
3. Bak Pengendap Awal
4. Tangki Aerasi I
5. Tangki Aerasi II
6. Bak Pengendap Akhir
7. Bak Kontrol Akhir
8. Saluran Drainase

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 14 Agustus 1998, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan terakhir di SMA Kristen 7 BPK Penabur Jakarta. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, ITS Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 3315100113/03211540000113.

Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam organisasi luar kampus “AIESEC in Surabaya” dengan jabatan terakhir sebagai *Local Committee Vice President of Marketing 2017/2018*, “AIESEC in Indonesia” dengan jabatan terakhir sebagai *Customer Experience Director 2018/2019*. Penulis juga berpartisipasi di Komunitas EEEEC (*Environmental Engineering English Club*). Penulis juga mendapat kesempatan untuk melakukan kerja praktik di PT Kelola Mina Laut, Gresik untuk melakukan studi proses pengolahan limbah cair. Penulis dapat dihubungi via email klarissasoewadji@gmail.com



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : KLARISSA PRADIANTI
NRP : 03211540000113
Judul : Perencanaan IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	18/02/19 (senin)	<ul style="list-style-type: none">• survey pendahuluan untuk mengetahui kegiatan & jadwal produksi di pabrik Gresik sebelum sampling• Peta lokasi perencanaan di tambah peta kabupaten ruben & keramat (Zoom out → zoom in)• Teknik sampling dijelaskan di proposal, dicantumkan detail sampel ambil dimana, jam berapa, kalo fluktuasi jama ambil random seminggu 2/3 x. survey (sampling) ambil di inlet ikan & kepiting dan dicampur• MLVSS & NLSS → metode yang kayak TSS tapi TSS → air, MLSS & NLSS → lumpur	
2.	25/03/19	<ul style="list-style-type: none">• sampling yang jam g dilihat apakah beda jauh dengan jam 4 apabila jauh, ambil sampel jam sore (ambil tipikal)- studi literatur tentang guna IPAL effluent, anaerobik.- Q yang digunakan. Kapasitas IPAL rencana.	
3.	4/04/19	<ul style="list-style-type: none">- alternatif pengolahan sesuai dengan kajian teori, jangan terpengaruh Perumahan- menambah kajian teori tentang alternatif teknologi- survey lokasi → ketinggian → my elevation- Alternatif pengolahan dibuat (3) sesuai dengan karakteristiknya.→ mikro air tanah isot air dari permukaan tanah ke airnya. Anaerob menghasilkan brp kali debit?	
4.	15/04/19	<ul style="list-style-type: none">• alt. pengolahan yang digunakan tangki aerasi• kapasitas IPAL 750 m³/hari• mengecek kebutuhan oksigen untuk menentukan apa ada proses nitrifikasi• DED + Gambar + BOD + SOP (progress)	

Surabaya,
Dosen Pembimbing



FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama
NRP
Judul

: KLARISSA PRADIANTI
: 0321154000113
: Perencanaan IPAL industri pengolahan Hasil perikanan di Tuban

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
	25/04/19	<p>Pengolahan biologis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan AT - pake extended a/s - lalu check N nya, dicari jurnal Apakah AT bisa mengolah N dengan efektif berapa maksimalnya - P_x → clarifier <p>29/04 → kumpulin draft.</p>	
	17/05/19	<p>Pengolahan FISIK ⇒ cari aerated flotation + BPI sebelum Bak evolusi → dp. clarif.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan terdahulu min 3 contoh. <p>N awal → beban N = N × B L sintesa.</p> <p>N sisa → teroksidasi (NH₄NO₃) ⇒ Bisa pake udara oksidasi ↳ keluar ke effluen (BN) ⇒ kalo ditorgenn effluen bisa dihitung beban N di pengolahan biologis, kalo Harung cukup tanpa Anoxic.</p>	
	14/6/19	<p>komparasi konvensional AT & capered.</p> <p>hitung vol jadi 1 so awal x se baku mutu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelajari ^{numus} C <p>- cari se dari tiap komp dari O₂ bioflok p > scum</p> <ul style="list-style-type: none"> • % udar beda tiap komp 	

Surabaya,
Dosen Pembimbing



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama
NRP
Judul

: _____
: _____
: _____

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
	20/6 /2019	1. Barscreen bisa dibeli dengan menyewaikan hulu 2. Lumpur podg TA → Bx TSS 3. Headloss penggambaran 4. Saluran air boleh diawat pipa 6. Perhitungan weir 7. SPAL hanya sampai drainase.	
	27/6/2019	Penggambaran clarifier & perhitungan, buat jurnal internasional & prosiding, pengumpulan tanggal 28/6/2019	

Surabaya,
Dosen Pembimbing



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
 Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
 Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
 Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal Selasa, 7 Mei 2019
 Pukul 15.00-16.00 WIB
 Lokasi TL 102
 Judul Perencanaan IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan di Tuban
 Nama Klarissa Pradianti
 NRP. 3211540000113
 Topik Perencanaan IPAL

Nilai TOEFL : 477

Tanda Tangan

[Handwritten Signature]

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir															
1.	Format penulisan → spasi 1 g 1.5 ?															
2.	Tabel alternatif pengolahan	<table border="1"> <tr> <td>Lahan</td> <td>alt.1</td> <td>alt.2</td> <td>alt.3</td> </tr> <tr> <td>debit</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>om</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Lahan	alt.1	alt.2	alt.3	debit				om					
Lahan	alt.1	alt.2	alt.3													
debit																
om																
3.	porir muka tanah pd setiap gbr potongan.															
4.	td. Grease trap, tss kecil, →															
5.	Summary dimensi yg dipake															

[Handwritten Signature]
 28/5/19

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
 Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
 Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

[Handwritten Signature]



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jumat, 5 Juli 2019
Pukul : 09.00-11.00
Lokasi : TL-102
Judul : Perencanaan IPAL Industri Pengolahan Hasil Perikanan di Tuban

Nilai TOEFL 477

Nama : Klarissa Pradianti
NRP. : 03211540000113
Topik : Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Gambar disusun mulai dr layout, manhole, grease trap, ds.
2.	Cek format & spasi, hal kosong.
3.	Penulisan di daftar pustaka
4.	Pengolahan minyak lemak stlh grease trap.
5.	Jelaskan menggunakan 2 TA. → Alasannya?
6.	Perenc. Clarifier & kolam pantau blm xda.

25/7/19

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

()



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : KLARISA PRADIANTI
NRP : 03211540000113
Judul Tugas Akhir : Perencanaan IPAL industri pengolahan hasil perikanan di Tuban

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	<p>Dari Pak BOWO :</p> <ul style="list-style-type: none">• Kesimpulan dimensi bangunan diperbaiki• Hlm 98, hf, checkvalve, pompa• hlm 93 perhitungan weir• hlm 90 NRE hasil• Perhitungan dimensi• Diagram alir air-pengolahan, dgn mass balance• Diagram air-pengolahan dipindah ke Pembahasan• Perbaiki gambar	<p>sudah diperbaiki & ditambahkan</p>
2.	<p>Ibu Betty :</p> <ul style="list-style-type: none">• uk. font• Tabel terpotong & diberi kepala tabel• Penggunaan bahasa Indonesia yang sesuai eyd• Gambar diperbaiki• Penambahan alasan & alasan pemilihan unit• Perbaiki % Removal• cari teori minyak & lemak diapakan	
3.	<p>Pak welly</p> <ul style="list-style-type: none">• RAB• font	<p>sudah diperbaiki & ditambahkan</p>
4.	<p>Ibu IPUNG</p> <ul style="list-style-type: none">• Gambar disusun• Penulisan di dappy	

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Ybs.,