

**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
INDUSTRI ALKOHOL SKALA RUMAH TANGGA  
DI DESA BEKONANG KABUPATEN SUKOHARJO**

**PANDU WIJAYA**

**NRP 03211840000116**

**Dosen Pembimbing**

**Alfan Purnomo, S.T., M.T.**

**NIP 19830304 200604 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2022**



**TUGAS AKHIR - RE 184804**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
INDUSTRI ALKOHOL SKALA RUMAH TANGGA  
DI DESA BEKONANG KABUPATEN SUKOHARJO**

**PANDU WIJAYA**

NRP 03211840000116

Dosen Pembimbing

**Alfan Purnomo, S.T., M.T.**

NIP 19830304 200604 1 002

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



**FINAL PROJECT - RE 184804**

**DESIGN WASTEWATER TREATMENT PLANT  
OF HOUSEHOLD SCALE ALCOHOL INDUSTRY  
IN BEKONANG VILLAGE SUKOHARJO CITY**

**PANDU WIJAYA**

NRP 03211840000116

Advisor

**Alfan Purnomo, S.T., M.T.**

NIP 19830304 200604 1 002

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI ALKOHOL SKALA RUMAH TANGGA DI DESA BEKONANG KABUPATEN SUKOHARJO

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **PANDU WIJAYA**

NRP. 03211840000116

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Alfian Purnomo, S.T., M.T.

(Pembimbing)

2. Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.

(Penguji)

3. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD.

(Penguji)

4. Ir. Atiek Moesriati, M. Kes.

(Penguji)



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Pandu Wijaya / 03211840000116

Departemen : Teknik Lingkungan

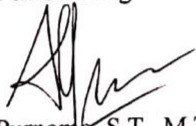
Dosen Pembimbing / NIP: Alfani Purnomo, S.T., M.T. / 19830304 200604 1 002

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol Skala Rumah Tangga di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



(Alfani Purnomo, S.T., M.T.)

NIP. 19830304 200604 1 002

Surabaya, 21 Juli 2022

Mahasiswa,



(Panduwijaya)

NRP. 03211840000116

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
INDUSTRI ALKOHOL SKALA RUMAH TANGGA DI DESA BEKONANG  
KABUPATEN SUKOHARJO**

**Nama Mahasiswa / NRP : Pandu Wijaya / 0321184000116**  
**Departemen : Teknik Lingkungan FTSPK - ITS**  
**Dosen Pembimbing : Alfian Purnomo, S.T., M.T.**

**Abstrak**

Industri alkohol skala rumah tangga yang berada di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo merupakan industri alkohol yang sudah lama ada dan sudah turun temurun dari generasi ke generasi. Proses produksi alkohol di Desa Bekonang dilakukan dengan cara distilasi dengan bahan baku utama tetes tebu. Air limbah hasil distilasi ini memiliki warna coklat pekat dan berbau sedikit menyengat. Air limbah ini juga memiliki nilai COD, BOD, TSS dan nutrisi yang tinggi sehingga perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu akan direncanakan instalasi pengolahan air limbah untuk mengolah air limbah hasil produksi alkohol di Desa Bekonang.

Perencanaan ini dilakukan dengan melakukan pengambilan data primer melalui survey dan uji laboratorium serta data sekunder dengan melakukan tinjauan pustaka. Dari tinjauan pustaka didapat kriteria desain yang kemudian digunakan untuk perhitungan unit pengolahan. Dari hasil perhitungan kemudian dilakukan penggambaran sesuai kaidah gambar teknik.

Berdasarkan hasil dari perencanaan, didapat debit air limbah rata-rata sebesar 5,88 m<sup>3</sup>/hari dan debit air limbah maksimum sebesar 9,408 m<sup>3</sup>/hari. Air limbah dari masing-masing industri diangkut menuju IPAL dengan menggunakan mobil bak. Teknologi pengolahan yang digunakan adalah saringan, bak ekualisasi, anaerobik baffled reaktor, moving bed bioreactor, dan clarifier. Kualitas air limbah hasil pengolahan didapat sebesar TSS 74 mg/L, COD 193 mg/L, BOD 84 mg/L. Luas lahan yang diperlukan untuk pembangunan IPAL sebesar 246 m<sup>2</sup> dengan total biaya investasi sebesar Rp208.103.096,43.

**Kata kunci:** *Air Limbah Industri, Industri Alkohol Bekonang, Pengolahan Air Limbah*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



# DESIGN WASTEWATER TREATMENT PLANT OF HOUSEHOLD SCALE ALCOHOL INDUSTRY IN BEKONANG VILLAGE SUKOHARJO CITY

**Student Name / NRP** : Pandu Wijaya / 03211840000116  
**Departement** : Environmental Engineering FTSPK - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Alfian Purnomo, S.T., M.T.

## Abstract

The household-scale alcohol industry in Bekonang Village, Sukoharjo Regency is an alcohol industry that has existed for a long time and has been passed down from generation to generation. The alcohol production process in Bekonang Village is carried out by distillation with molasses as the main raw material. This distilled wastewater has a dark brown color and has a slightly pungent smell. This wastewater also has high COD, BOD, TSS and nutrient values so it needs to be treated first before being discharged into the environment. Therefore, a wastewater treatment plant will be planned to treat wastewater produced by alcohol in Bekonang Village.

Planning is done by collecting primary data through surveys and laboratory tests. Secondary data by conducting a literature review. From the literature review, the design criteria were obtained which were then used for the calculation of the processing reactor. From the results of the calculation, then a drawing is carried out according to the rules of engineering drawings in environmental engineering.

Based on the results of the planning, the average wastewater discharge is 5.88 m<sup>3</sup>/day and the maximum wastewater discharge is 9.408 m<sup>3</sup>/day. Wastewater from each industry is transported to the WWTP using the existing pickup trucks. The treatment technology used is a filter, equalization tank, settling tank 1, anaerobic baffled reactor, moving bed bioreactor, and settling tank 2. The quality of the wastewater from the treatment is TSS 74 mg/L, COD 193 mg/L, BOD 84 mg/L. The area of land required for the construction of the WWTP is 246 m<sup>2</sup> with a total investment cost of Rp208.103.096,43.

**Keywords:** *Industrial Wastewater, Bekonang Alcohol Industry, Wastewater Treatment*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya, Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol Skala Rumah Tangga di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo” dapat diselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad saw.

Tugas Akhir ini disusun untuk mendalami dan menerapkan keilmuan Teknik Lingkungan di bidang Teknologi Pengolahan Air. Sehingga dapat menjadi langkah awal bagi penulis untuk menjadi pribadi yang bermanfaat. Pada kesempatan yang baik ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat, bimbingan dan nasihat dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir terutama kepada:

1. Bapak Alfian Purnomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., M.Sc., Ph.D., dan Ibu Ir. Atiek Moesriati, M. Kes. selaku dosen pengarah dan dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam pembuatan proposal, seminar kemajuan, dan ujian lisan.
3. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali yang selalu memberikan semangat dalam menjalani perkuliahan.
4. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MPEM., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS, atas dukungan dan motivasi selama menjalankan perkuliahan.
5. Orang tua, kakak-kakak, dan keluarga besar yang telah mendoakan, memotivasi, dan memberikan dukungan.
6. Teman-teman angkatan 2018 yang selalu memberi bantuan, doa dan mengingatkan satu sama lain.
7. Seluruh pihak lain yang telah ikut mendukung dan membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Laporan ini tentunya masih jauh dari kata sempurna. Banyak yang harus dibenahi dalam teknis dan isi dari penulisan. Kami berharap adanya saran dan kritik yang bersifat membangun, agar laporan ini dapat bermanfaat baik bagi penulis, serta pembaca.

Surabaya, 21 Juli 2022  
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan .....	1
1.4 Ruang Lingkup .....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Gambaran Umum Industri Alkohol.....	3
2.3 Baku Mutu Air Limbah Industri Alkohol.....	4
2.4 Pengolahan Air Limbah.....	5
2.5 Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol.....	6
BAB III GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN.....	9
3.1 Gambaran Umum Perencanaan .....	9
3.2 Gambaran Umum Produksi Industri Alkohol.....	9
3.3 Gambaran Umum Daerah Perencanaan.....	9
BAB IV METODE PERENCANAAN.....	11
4.1 Kerangka Perencanaan .....	11
4.2 Rangkaian Kegiatan Perencanaan .....	12
4.3 Kesimpulan dan Saran .....	14
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....	15
5.1 Gambaran Umum Industri Alkohol.....	15
5.2 Debit dan Kualitas Air Limbah Industri Alkohol.....	15
5.3 Rencana Desain Pengangkutan Air Limbah.....	17
5.4 Rencana Desain IPAL .....	18
5.5 Desain Unit IPAL .....	23
5.6 Penyusunan Nilai BOQ dan RAB IPAL.....	41
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	55
6.1 Kesimpulan.....	55
6.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN.....	59
BIOGRAFI PENULIS .....	92

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Alkohol.....	4
Tabel 2.2 Pengolahan Fisik Kimia yang Digunakan Dalam Mengolah Air Limbah Distilasi ...	6
Tabel 2.3 Pengolahan Anaerobik yang Digunakan Dalam Mengolah Air Limbah Distilasi .....	7
Tabel 2.4 Pengolahan Aerobik yang Digunakan Dalam Mengolah Air Limbah Distilasi .....	7
Tabel 5.1 Perhitungan Debit Air Limbah Berdasarkan Produksi.....	16
Tabel 5.2 Perhitungan Debit Air Limbah Berdasarkan Produksi.....	17
Tabel 5.3 Hasil Uji.....	17
Tabel 5.4 Siklus Pengambilan Air Limbah .....	18
Tabel 5.5 Efisiensi Pengolahan Alternatif 1 .....	19
Tabel 5.6 Efisiensi Pengolahan Alternatif 2 .....	19
Tabel 5.7 Luas Lahan IPAL Alternatif 1 .....	22
Tabel 5.8 Luas Lahan IPAL Alternatif 2 .....	22
Tabel 5.9 Perbandingan MBBR dan Tangki Aerasi .....	22
Tabel 5.10 Ringkasan Perhitungan Bak Penampung .....	25
Tabel 5.11 Ringkasan Perhitungan ABR .....	32
Tabel 5.12 Ringkasan Perhitungan MBBR.....	36
Tabel 5.13 Ringkasan Perhitungan Bak Pengendap 2 .....	39
Tabel 5.14 Profil Hidrolis .....	41
Tabel 5.15 Volume Pekerjaan Bak Ekualisasi.....	42
Tabel 5.16 Volume Pekerjaam ABR .....	42
Tabel 5.17 Volume Pekerjaam MBBR.....	43
Tabel 5.18 Volume Pekerjaan Bak Pengendap 2 .....	43
Tabel 5.19 Volume Pekerjaan Bak Penampung Lumpur .....	44
Tabel 5.20 Volume Total Pekerjaan .....	44
Tabel 5.21 Koefisien Kebutuhan Bahan dan Pekerja .....	45
Tabel 5.22 BOQ Bak Ekualisasi.....	47
Tabel 5.23 BOQ ABR .....	48
Tabel 5.24 BOQ MBBR .....	49
Tabel 5.25 BOQ Bak Pengendap 2.....	50
Tabel 5.26 BOQ Bak Pengumpul Lumpur .....	51
Tabel 5.27 RAB IPAL .....	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Produksi Alkohol .....	3
Gambar 3.1 Proses Produksi Alkohol di Desa Bekonang .....	9
Gambar 3.2 Lokasi IKM Alkohol dan IPAL .....	9
Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan.....	12
Gambar 5.1 Tempat Produksi Alkohol.....	15
Gambar 5.2 Diagram Alir IPAL Alternatif 1 .....	18
Gambar 5.3 Diagram Alir IPAL Alternatif 2 .....	19
Gambar 5.4. Sketsa Desain Screen .....	23
Gambar 5.5. Sketsa Desain Bak Penampung .....	26
Gambar 5.6 Grafik Faktor OLR (kiri) dan Grafik Faktor [COD] (kanan) .....	27
Gambar 5.7 Grafik Faktor Temperatur (kiri) dan Grafik Faktor HRT (kanan).....	27
Gambar 5.8 Grafik Removal Efisiensi COD .....	28
Gambar 5.9 Neraca Massa ABR.....	31
Gambar 5.10 Sketsa Desain ABR.....	32
Gambar 5.11 Neraca Massa MBBR .....	36
Gambar 5.12 Sketsa Desain MBBR .....	37
Gambar 5.13 Sketsa Desain Bak Pengendap 2.....	40
Gambar 5.14 Sketsa Desain Bak Penampung Lumpur.....	40

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sentra industri alkohol yang berada di Desa Bekonang merupakan industri alkohol yang cukup terkenal di Jawa Tengah. Industri alkohol yang berada di Desa Bekonang ini adalah industri yang ada sejak dulu. Industri ini sudah turun-temurun dari generasi ke generasi. Pembuatan alkohol ini menggunakan bahan dasar utama tetes tebu yang merupakan produk samping dari industri gula. Tetes tebu ini di fermentasi selama kurang lebih 10 hari dan kemudian didistilasi dan disuling untuk menghasilkan alkohol. Salah satu masalah yang muncul dari industri alkohol ini adalah adanya air limbah dari proses distilasinya. Limbah cair industri alkohol ini memiliki kadar bahan organik yang sangat tinggi karena memiliki bahan dasar dari tetes tebu. Widyanto (dalam Nurcahyani & Utami, 2015) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa rata-rata produksi alkohol yang dihasilkan di desa bekonang sebanyak 1000-1500 liter/hari dengan air limbah sebanyak 7000-10.000 liter/hari. Volume tersebut tergolong volume limbah cair yang cukup besar untuk proses produksi alkohol. Hasil penelitian Henny Purwanti menjelaskan bahwa air limbah industri alkohol di Desa Bekonang ini memiliki kadar BOD sebesar 13.529 mg/l dan kadar COD sebesar 112.710 mg/l yang keduanya telah melewati batas nilai baku mutu efluen untuk limbah cair industri alkohol yang telah ditetapkan pemerintah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dibuat teknologi pengolahan air limbah yang dapat menjadi solusi penanganan air limbah di industri alkohol Desa Bekonang. Dalam proses pemilihan pengolahan perlu dipertimbangkan beberapa faktor baik dari faktor efisiensi proses dalam penyisihan beban polutan, faktor finansial, maupun faktor operasi dan perawatannya.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Apa alternatif teknologi pengolahan air limbah yang tepat untuk industri alkohol rumahan di Desa Bekonang?
2. Bagaimana desain instalasi pengolahan air limbah industri alkohol rumahan di Desa Bekonang?
3. Berapa nilai investasi dari instalasi pengolahan air limbah industri alkohol rumahan di Desa Bekonang?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Menentukan alternatif teknologi pengolahan air limbah yang tepat untuk industri alkohol rumahan di Desa Bekonang.
2. Mendesain instalasi pengolahan air limbah untuk industri alkohol rumahan di Desa Bekonang.
3. Menghitung nilai investasi dari instalasi pengolahan air limbah industri alkohol rumahan di Desa Bekonang.

## 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam perencanaan ini adalah:

- Sampel air limbah di ambil dari Industri Alkohol di Dukuh Sentul Desa Bekonang
- Hasil perencanaan akan digunakan sebagai bahan rekomendasi untuk DLH Kabupaten Sukoharjo.
- Perencanaan ini mencakup perencanaan sistem pengangkutan air limbah dari lokasi industri menuju IPAL.
- Perencanaan hanya memperhatikan kaidah-kaidah Teknik Lingkungan.
- Desain IPAL di buat untuk satu dukuh yaitu Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo.
- Perencanaan dilakukan dari bulan Januari tahun 2022 sampai dengan Juli tahun 2022.
- Baku mutu efluen IPAL yang direncanakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.
- Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada HSPK Kota Semarang tahun 2022.
- Gambar desain meliputi:
  - a. Denah unit pengolahan
  - b. Potongan memanjang dan melintang unit pengolahan
  - c. Profil hidrolis

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah tentang desain pengolahan air limbah yang sesuai dengan karakteristik air limbah industri alcohol rumahan di desa bekonang.
2. Membantu memecahkan masalah lingkungan di industri alkohol.
3. Memberikan saran berkaitan dengan teknologi pengolahan air limbah yang tepat di industri alkohol.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

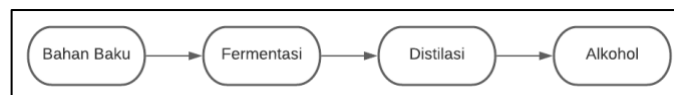
### 2.1 Gambaran Umum Industri Alkoho

Menurut UU Nomor 5 Tahun 1984 tentang perindustrian, industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah menjadi barang yang memiliki nilai lebih tinggi untuk penggunaannya. Kegiatan usaha industri di Indonesia dibagi menjadi industri kecil, industri menengah, dan industri besar. Pembagian jenis kegiatan usaha industri ini berdasarkan nilai investasi dan jumlah tenaga kerja. Industri alkohol merupakan salah satu industri yang ada di Indonesia. Alkohol atau biasa disebut etanol atau etil alkohol adalah cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, dan tidak berwarna. Alkohol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai jenis bahan kimia yang digunakan untuk konsumsi maupun keperluan manusia lainnya. Proses pembuatan alkohol dapat dilakukan dengan cara hidrasi langsung menggunakan etilena atau senyawa alkana lain dari proses cracking dari minyak bumi yang didistilasi dan dengan cara fermentasi bahan baku. Bahan baku untuk memproduksi alkohol dengan cara fermentasi dapat menggunakan bahan-bahan yang mengandung gula, pati, atau selulosa seperti molase, sereal, anggur, sari buah, dll.

Industri alkohol merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah paling besar dimana 88% dari bahan bakunya akan menjadi limbah. Dalam industri alkohol 15 liter limbah dihasilkan untuk setiap 1 liter produksi alkohol (Ravikumar et al, 2007). Air limbah distilasi berwarna coklat gelap, bersifat asam, dan memiliki kandungan COD dan BOD yang sangat tinggi. Air limbah distilasi juga mengandung 2% melanoidin, yaitu pigmen yang menyebabkan air limbah berwarna coklat gelap. Melanoidin terbentuk karena reaksi Maillard antara asam amino dan gula (Kobyaa, 2012). Apabila air limbah distilasi ini dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu maka dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

#### 2.1.1 Proses Produksi Alkohol

Proses pembuatan alkohol terdiri dari 3 tahap utama, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap fermentasi, dan tahap distilasi. Pada tahap persiapan bahan baku utama, molase dicampur dengan air sehingga mencapai kadar gula yang diinginkan. Pada tahap fermentasi, bahan baku dipindahkan ke tangki fermentasi dan ditambahkan dengan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) kemudian difermentasi sekitar 7 – 10 hari. Pada tahap distilasi hasil fermentasi dimasak dan uapnya didistilasi. Skema proses produksi alkohol dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Skema Produksi Alkohol**

#### 2.1.2 Karakteristik Limbah Industri Alkohol

Karakteristik air limbah distilasi sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh bahan baku dan proses yang berlangsung. Pada umumnya air limbah distilasi bersifat asam dan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Air limbah distilasi memiliki karakteristik seperti berwarna coklat kehitaman, pH Asam, BOD dan COD yang tinggi, TSS, dan kandungan

nitrogen, potasium, fosfat, kalsium, dan sulfat. Kandungan COD dan BOD yang tinggi ini disebabkan oleh adanya bahan organik seperti protein, gula, polisakarida, lignin, dan melanoidin. (Chowdhary et al., 2017).

a. Karakteristik fisik

Karakteristik fisik meliputi suhu, warna, padatan, dan bau. Suhu menunjukkan tingkat panas air limbah yang dinyatakan dalam skala Celsius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Warna disebabkan karena adanya partikel tersuspensi/terlarut atau senyawa-senyawa koloid. Bau menunjukkan adanya senyawa-senyawa tertentu di dalam air limbah yang bereaksi satu dengan yang lainnya. Padatan dalam air limbah terdiri dari padatan tersuspensi dan padatan terlarut yang membuat air menjadi keruh.

b. Karakteristik kimia

Karakteristik kimia meliputi pH, COD, dan DO. pH adalah derajat keasaman yang menunjukkan jumlah hidrogen bebas dan ion hidroksi dalam air limbah. Jika air memiliki lebih banyak hidrogen bebas maka akan bersifat asam dan jika memiliki lebih banyak ion hidroksi maka bersifat basa. COD (Chemical Oxygen Demand) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi COD maka semakin buruk kualitas air tersebut. DO (Dissolved Oxygen) adalah banyaknya oksigen yang terlarut di dalam air. Oksigen terlarut ini merupakan komponen yang penting bagi makhluk hidup yang ada di air.

c. Karakteristik biologi

Karakteristik biologi meliputi mikroorganisme yang ada di air limbah tersebut. Adanya mikroorganisme atau organisme tertentu di dalam air limbah dapat mengindikasikan kualitas air limbah tersebut dan keberadaan bakteri di dalam air limbah merupakan kunci dari pengolahan air limbah secara biologis.

**2.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Alkohol**

Berdasarkan PP Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yang dimaksud dengan air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah industri alkohol rumahan ini dikategorikan sebagai air limbah industri karena dihasilkan dari proses industri tersebut. Karena air limbah ini termasuk air limbah industri maka baku mutu yang digunakan adalah baku mutu air limbah industri. Dalam hal ini maka digunakan baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah industri alkohol dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Alkohol**

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)
BOD5	100	1,5
COD	300	4,5
TSS	100	1,5
Sulfida (Sebagai S)	0,5	0,0075
pH	6,0-9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	15 m3 per ton produk	

Sumber: Permen LH Republik Indonesia No 5 Tahun 2014

## **2.3 Pengolahan Air Limbah**

Pengolahan air limbah bertujuan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan di dalam air limbah agar dapat di buang ke lingkungan secara aman. Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara fisik, kimia, maupun biologis. Proses fisik dapat berupa filtrasi menggunakan membran, adsorpsi, atau elektrodialisis. Proses kimia dapat berupa koagulasi flokulasi, presipitasi, atau oksidasi. Sedangkan proses biologis dapat berupa pengolahan aerobik, anaerobik, atau lumpur aktif. Proses pengolahan air limbah ini dapat dilakukan secara gabungan beberapa proses atau dilakukan secara terpisah. Dalam menentukan pengolahan air limbah yang tepat ditentukan oleh beberapa faktor yaitu efektivitas, biaya, geografi, cuaca, peraturan, dan pandangan masyarakat (Piyush & Suhas, 2018).

### **2.3.1 Pengolahan Fisik**

Pengolahan secara fisik dilakukan untuk mengurangi jumlah padatan tersuspensi yang biasanya dihilangkan dengan sedimentasi untuk memisahkan padatan tersuspensi, minyak dan lemak dari air limbah (Jayanti & Narayanan, 2004). Pengolahan secara fisik ini dilakukan di awal pengolahan. Pengolahan air limbah secara fisik ini dapat dilakukan dengan cara filtrasi, sedimentasi, adsorpsi, maupun flotasi. Adsorpsi merupakan salah satu pengolahan yang paling banyak digunakan untuk mengolah polutan terlarut yang ada di dalam air (Ferdinand, 2002). Media yang biasanya digunakan sebagai adsorben yaitu karbon aktif, zeolit, biopolimer, dll. Media karbon aktif merupakan media yang paling umum digunakan untuk menghilangkan warna dan polutan organik luas permukaan yang tinggi, struktur pori-pori, kaparsitas adsorpsi yang tinggi, dan reaktifitas permukaan yang tinggi (Satyawali and Balakrishnan, 2007). Dengan menggunakan arang aktif dengan luas permukaan 1400 m<sup>2</sup>/g dapat menghilangkan warna >99% dan menghilangkan COD dan BOD 90% (Chandra dan Pandey, 2000). Latov et al. meneliti mengenai pengolahan air limbah distilasi menggunakan chitosan sebagai anion exchanger. Pada dosis optimum 10 g/L dan waktu kontak 30 menit didapat pengurangan warna sebesar 98% dan COD sebesar 99%. Filtrasi merupakan pengolahan air limbah dengan cara memisahkan padatan dan cairan menggunakan media filter/saringan. Sedimentasi adalah pengolahan air limbah dengan cara memisahkan padatan dan cairan menggunakan gravitasi sehingga padatan dapat mengendap.

### **2.3.2 Pengolahan Kimia**

Pengolahan secara kimia dilakukan dengan cara menambahkan bahan kimia kedalam air limbah sehingga terjadi reaksi antara bahan kimia dengan air limbah tersebut. Proses kimia yang terjadi dalam pengolahan misalnya netralisasi, koagulasi, ozonisasi, dll. Koagulasi adalah proses mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan gaya-gaya yang membuatnya terpisah. Ada dua cara dalam melakukan koagulasi, yaitu koagulasi secara kimia dan elektrik. Koagulasi secara kimia memanfaatkan bahan kimia sehingga terjadi reaksi antara bahan kimia dan air limbah dan membentuk flok. Koagulasi secara elektrik menggunakan bantuan elektroda dan arus listrik agar terjadi reaksi antara elektroda dan air limbah sehingga terbentuk flok.

### **2.3.3 Pengolahan Biologi**

Pengolahan secara biologi merupakan pengolahan air limbah yang memanfaatkan aktivitas biologis dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Pengolahan secara biologis dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain secara aerobik dan secara anaerobik. Proses anaerobik adalah proses pengolahan yang tidak melibatkan oksigen dalam menguraikan bahan organiknya. Proses anaerobik merupakan proses yang lebih dapat baik untuk mengolah air limbah dengan kandungan organik yang tinggi karena

proses anaerobik menghasilkan lumpur yang lebih sedikit, membutuhkan energi yang lebih sedikit, dan dapat mengolah air limbah dengan beban organik yang tinggi. Proses aerobik merupakan pengolahan yang menggunakan oksigen bebas untuk mengolah bahan organik pada air limbah. Pengolahan aerobik biasanya digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik yang tidak terlalu besar.

#### 2.4 Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol

Pada saat ini, pengolahan yang biasanya digunakan untuk mengolah air limbah distilasi meliputi pengolahan fisik, kimia, fisik-kimia, dan biologi. Pemilihan pengolahan ditentukan oleh beberapa faktor antara lain efektivitas pengolahan, biaya pengolahan, keadaan geografis, cuaca, ketersediaan lahan, peraturan yang berlaku, dan pandangan masyarakat (Piyush & Suhas, 2018). Teknologi pengolahan yang biasanya digunakan dalam mengolah air limbah distilasi adalah biometanasi dilanjutkan dengan pengolahan biologis. Beberapa alternatif teknologi lain juga sudah diteliti, seperti pengolahan fisik-kimia, pengomposan, dan pengolahan biologis. Pengolahan menggunakan fisik-kimia memiliki kelemahan tersendiri karena penggunaan bahan kimia yang sangat banyak, permasalahan pembuangan lumpur, dan biaya operasi yang tinggi. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa proses anaerobik dengan pengumpulan biogas merupakan salah satu teknologi yang paling baik untuk mengolah air limbah distilasi (Piyush & Suhas, 2018). Akan tetapi, menggunakan satu jenis proses tetap tidak dapat mengolah air limbah distilasi secara sempurna.

**Tabel 2.2 Pengolahan Fisik Kimia yang Digunakan Dalam Mengolah Air Limbah Distilasi**

Pengolahan	% Removal COD	% Removal Warna	Referensi
<b>Adsorpsi</b>			
Chitosan	99	98	Sekar & Murthy, 1998
DEAE Bagasse	40	51	Dahiya et al, 2001
<b>Oksidasi</b>			
Fenton	88	99	Gladchenko et al, 2004
Ozonation	25	80	Kalyuzhny et al, 2005
<b>Koagulasi</b>			
Alum	64	95	Kumar et al, 1997a
Ferric Chloride	55	83	Migo et al, 1993



**Tabel 2.3 Pengolahan Anaerobik yang Digunakan Dalam Mengolah Air Limbah Distilasi**

Reaktor	OLR (Kg COD/m <sup>3</sup> .d)	Removal COD (%)	Removal BOD (%)	HRT	Referensi
UASB	20	65-70	90-92	-	Jalgatonkar, 1995
UASB	28	39-67	80	-	Harada et al, 1996
Anaerobic Fluidized Bed Reactor - GAC	1.7	93	-	-	Fernandez et al, 2001
Granular Bed Anaerobic Baffled Reactor	2.4	90-96	80-92	4	Banerjee & Biswas, 2004
Upflow Anaerobic Filter	20	76	-	-	Wiegant et al, 1985
Hybrid Anaerobic Baffled Reactor	20	70	-	-	Boopathy and Tilche, 1991

**Tabel 2.4 Pengolahan Aerobik yang Digunakan Dalam Mengolah Air Limbah Distilasi**

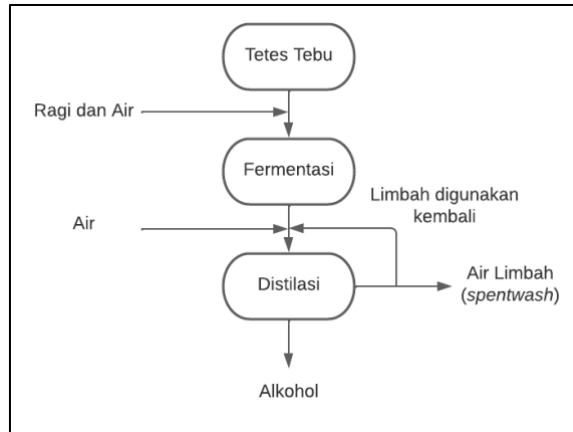
Reaktor	OLR (Kg COD/m <sup>3</sup> .d)	Removal COD (%)	Removal BOD (%)	HRT	Referensi
Sequencing Batch Reactor (SBR)	1	93	97,5	-	Fumi et al, 1995
Activated Sludge Process	-	-	89	6,6	Kanetkar, 1990
Activated Sludge Process	-	87,6	98	6	Pathade, 2001
FBBR	4	91	-		Andreottola et al, 2005

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB III GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN

### 3.1 Gambaran Umum Perencanaan

Pada tugas akhir ini direncanakan IPAL untuk industri alkohol rumahan di daerah Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kabupaten Sukoharjo. IPAL industri alkohol digunakan untuk mengolah air limbah yang berasal dari proses distilasi. Dapat dilihat pada Gambar 3.1 yaitu proses yang terjadi pada industri alkohol di Desa Bekonang.



**Gambar 3.1 Proses Produksi Alkohol di Desa Bekonang**

### 3.2 Gambaran Umum Produksi Industri Alkohol

Industri alkohol rumahan di Dukuh Sentul ini melakukan proses produksi dengan menggunakan bahan baku utama berupa tetes tebu yang kemudian di fermentasi dan di distilasi dengan bahan baku tambahan untuk dijadikan produk alkohol. Produksi alkohol rata-rata di setiap industri adalah 200 L/hari dengan total produksi rata-rata di dukuh sentul sebanyak 2520 L/hari. Proses produksi berlangsung setiap hari senin hingga sabtu mulai dari pukul 07.30 hingga 16.00 WIB.

### 3.3 Gambaran Umum Daerah Perencanaan

Perencanaan IPAL dilakukan di Dukuh Sentul, Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Berdasarkan hasil survei lapangan, dapat diketahui denah lokasi industri alkohol dan lokasi IPAL seperti pada Gambar 3.2.



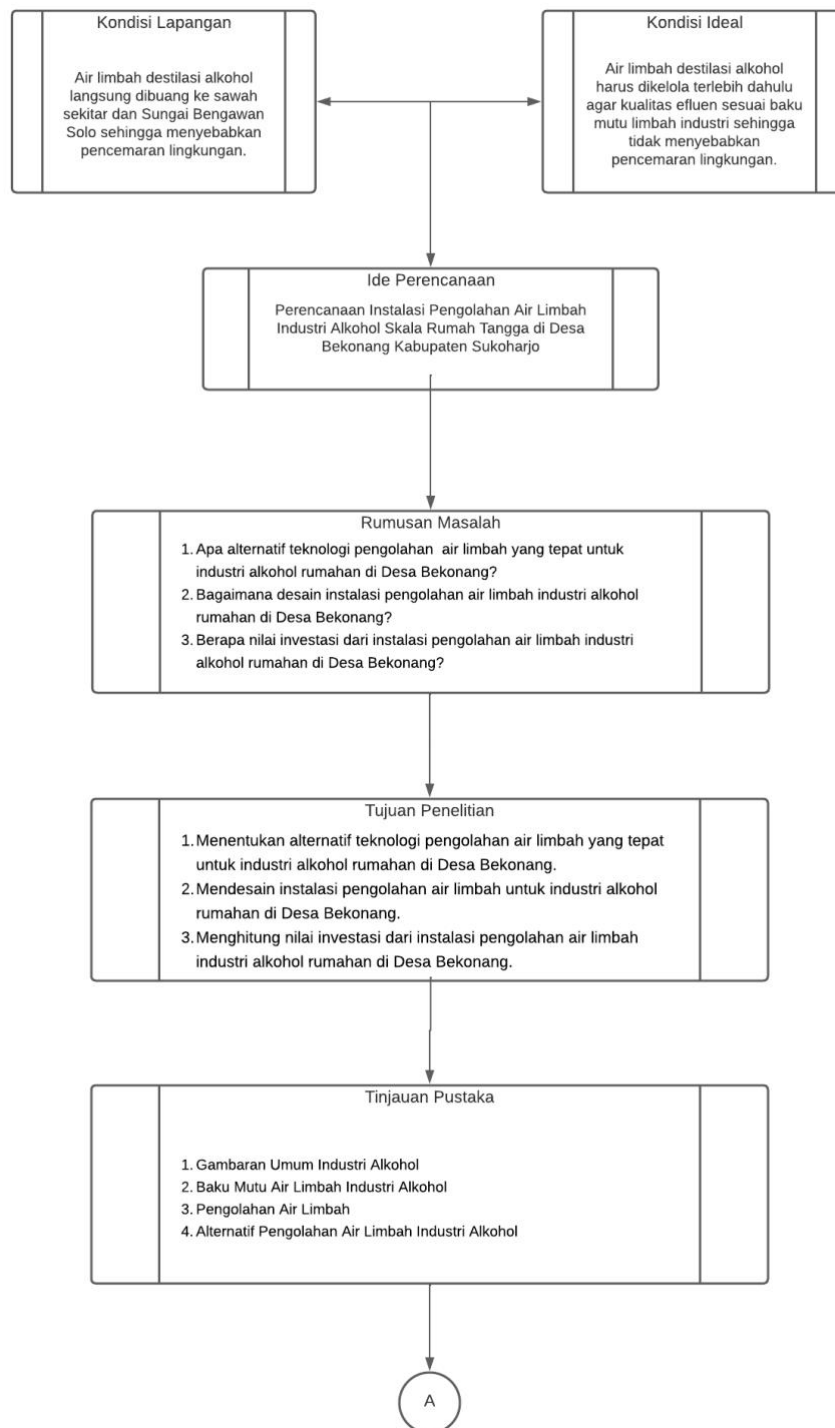
**Gambar 3.2 Lokasi IKM Alkohol dan IPAL**

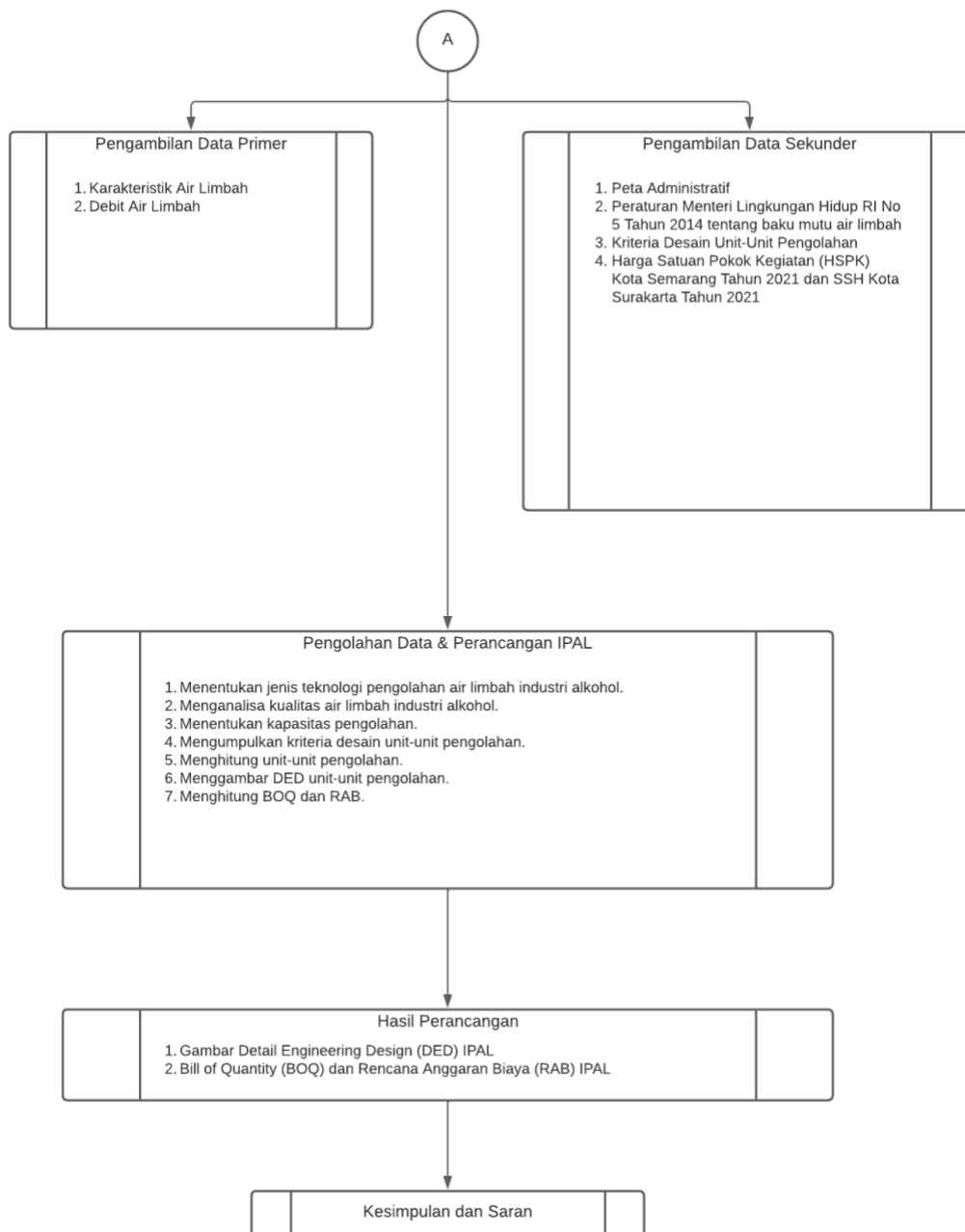
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV METODE PERENCANAAN

### 4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perancangan merupakan rancangan alur pelaksanaan perancangan, yang disusun secara urut berdasarkan tahapan pelaksanaan perancangan untuk mempermudah pelaksanaan dan sebagai acuan dalam proses perancangan. Kerangka perancangan ini dapat dilihat pada gambar 4.1.





**Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan**

## 4.2 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

### 4.2.1 Ide Perencanaan

Ide perencanaan penanganan air limbah industri alkohol skala rumah tangga ini berawal pada kondisi yang ada di sekitar industri. Kondisi yang terjadi adalah tidak adanya pengolahan air limbah pada industri alkohol ini. Efluen yang berasal dari distilasi alkohol hanya dibuang begitu saja ke badan air sungai. Akibatnya timbul pencemaran yang diindikasikan dari nilai BOD, COD, TSS yang melebihi baku mutu dan timbulnya bau serta kekeruhan.

## **4.2.2 Rumusan Masalah dan Tujuan**

Permasalahan yang timbul yaitu ketidaksesuaian antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal yang seharusnya. Kondisi eksisting yang terjadi yaitu terjadi pencemaran air di badan air di sekitar lokasi yang belum memenuhi standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan destilasi alkohol ini menyebabkan terganggunya ekosistem sungai. Sehingga, untuk mencapai kondisi ideal dimana air sungai tersebut dapat memenuhi standar diperlukan teknologi pengolahan air limbah. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan air limbah agar dapat dibuang sesuai baku mutu yang berlaku, dengan menentukan dan menganalisa kualitas air limbah distilasi alkohol, mendesain teknologi pengolahan air limbah, dan menentukan anggaran biaya yang diperlukan untuk perancangan IPAL.

## **4.2.3 Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka digunakan sebagai referensi yang akan menunjang proses pengolahan data dan pembahasan pada perencanaan ini. Tinjauan pustaka yang dipelajari dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Gambaran Umum Industri Alkohol
2. Baku Mutu Air Limbah Industri Alkohol
3. Pengolahan Air Limbah
4. Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol

Manfaat yang diharapkan dari proses peninjauan pustaka ini adalah agar proses pengolahan data serta pengumpulan dan perancangan IPAL telah didasarkan pada metode yang baik dan benar. Sehingga hasil dari penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi peneliti, tetapi juga bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya dan bagi instansi pemerintah terkait.

## **4.2.4 Pengumpulan Data**

Berkaitan dengan perencanaan yang dilakukan, diperlukan data-data untuk mendukung perencanaan baik data primer maupun data sekunder. Data primer yang perlu diketahui yaitu kualitas dari air limbah, meliputi COD, BOD, TSS, pH, Suhu dan Sulfat yang didapat dari pengambilan sampel secara langsung di lokasi dan kemudian dilakukan analisis di Laboratorium serta data kuantitas air limbah yang dihasilkan. Data sekunder yang diperlukan antara lain kriteria desain, pengolahan terdahulu, dll.

## **4.2.5 Pengolahan Data dan Perencanaan IPAL**

Setelah dilakukan pengumpulan data-data primer dan sekunder, selanjutnya mengolah data dan merancang IPAL. Langkah-langkahnya antara lain:

1. Menentukan jenis teknologi pengolahan air limbah industri alkohol.

Jenis teknologi pengolahan air limbah industri alkohol rumahan ini akan di pilih berdasarkan kualitas air limbah industri, kapasitas pengolahan, operasi dan perawatan dan ketersediaan lahan.

2. Menganalisa kualitas air limbah industri alkohol.

Analisa kualitas air limbah industri alkohol ini dilakukan dengan cara mengambil sampel menggunakan metode komposit yaitu dengan cara mengambil sampel air limbah di beberapa lokasi pembuatan alkohol, kemudian di campur merata menjadi satu dan di bawa ke laboratorium untuk diteliti kualitasnya.

3. Menentukan kapasitas pengolahan.

Kapasitas pengolahan air limbah ditentukan berdasarkan banyaknya tempat yang menghasilkan air limbah, jumlah produksi limbahnya, dan proses penyaluran dari lokasi air limbah menuju IPAL.

4. Mengumpulkan data kriteria desain unit-unit IPAL.

Data kriteria desain unit-unit IPAL didapat dari buku bacaan dan jurnal.

5. Menghitung Detail Engineering Design (DED) IPAL.

Perhitungan DED menggunakan rumus-rumus dan ketentuan sesuai dengan kriteria desain dan data-data primer maupun sekunder.

6. Menggambar Detail Engineering Design (DED) IPAL berdasarkan perhitungan.

Gambar DED dibuat menggunakan Autocad dengan memperhatikan kaidah-kaidah gambar teknik dan perencanaan di bidang teknik lingkungan.

7. Menghitung Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan HSPK Kota Semarang tahun 2022.

#### **4.3 Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan pengolahan data dan perancangan IPAL, dihasilkan kesimpulan yang menjawab tujuan perencanaan yang meliputi pilihan teknologi pengolahan, Detail Engineering Design (DED), BOQ dan RAB. Saran diberikan sebagai rekomendasi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.



## **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **5.1 Gambaran Umum Industri Alkohol**

Perencanaan ini dilakukan pada kawasan industri alkohol rumahan di Dukuh Sentul Desa Bekonang.



**Gambar 5.1 Tempat Produksi Alkohol**

Dalam proses produksinya industri alkohol di Dukuh Sentul menggunakan bahan utama berupa tetes tebu yang diperoleh dari produk samping industri gula. Bahan baku ini kemudian akan mengalami beberapa proses seperti fermentasi, pencampuran dengan bahan lain, dan distilasi. Setiap industri alkohol di Dukuh Sentul sudah memiliki penampungan air limbah akan tetapi belum dapat untuk mengolahnya. Air limbah yang tidak diolah tersebut berpotensi mencemari lingkungan.

### **5.2 Debit dan Kualitas Air Limbah Industri Alkohol**

#### **5.2.1 Perhitungan Debit Air Limbah**

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada proses produksi dan jumlah produksi alkohol. Berdasarkan wawancara proses produksi yang dilakukan, pada saat distilasi dilakukan pencampuran 50 L tetes tebu hasil fermentasi, 50 L air, dan 50 L badek/air limbah sisa produksi sebelumnya. Dari campuran 150 L tersebut didapat 30 L alkohol, 50 L sebagai bahan tambahan untuk campuran selanjutnya, dan 70 L air limbah. Perhitungan debit air limbah dapat dilihat pada tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Perhitungan Debit Air Limbah Berdasarkan Produksi**

No	Nama Pemilik	Produksi (L)	Limbah (L)	Tungku	Hari Libur
1	Pak Sugiyanto	240	560	4	-
2	Pak Sutarno	80	187	2	Minggu
3	Pak Mujiman	150	350	3	Minggu
4	Pak Sahid	600	1400	5	Minggu
5	Pak Yongki	200	467	4	Minggu
6	Pak Tarsum	250	583	6	Minggu
7	Pak Agung	150	350	3	Minggu
8	Pak Slamet	50	117	3	Minggu
9	Mas Hanung	120	280	4	-
10	Pak Darman	90	210	2	-
11	Pak Wiji	90	210	2	-
12	Pak Andi	200	467	4	-
13	Pak Tri	300	700	4	Minggu
Total		2520	5880	46	

Dari perhitungan debit air limbah didapat debit air limbah rata-rata sebanyak 5880 L/hari atau 5,88 m<sup>3</sup>/hari.

### 5.2.2 Hasil Uji Laboratorium

Instalasi pengolahan air limbah yang akan digunakan dipilih berdasarkan kualitas air limbah. Pengujian kualitas air limbah dilakukan di Balai Laboratorium Lingkungan DLHK Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel dilakukan secara grab sampel, yaitu dengan mengambil sampel langsung dari lokasi. Pengambilan sampel dilakukan di 3 tempat dengan produksi air limbah terbesar, yaitu industri pak Sahid, pak Tarsum, dan pak Tri. Dalam perencanaan pengambilan sampel ini jumlah sampel total yang diambil adalah 2 L. Berikut merupakan perhitungan jumlah air limbah sampel yang diambil dari masing-masing industri.

- Pak Sahid =  $1400/2683 \times 2 = 1,04$  L
- Pak Tarsum =  $583/2683 \times 2 = 0,43$  L
- Pak Tri =  $700/2683 \times 2 = 0,52$  L

Pengujian sampel dilakukan sebanyak 2 kali untuk mengetahui bahwa kualitas air limbah yang di uji sesuai dengan kondisi aslinya. Pengujian sampel dilakukan pada tanggal 26 dan 27 Januari. Wadah sampel yang digunakan adalah jerigen 2,5 L dan dimasukkan ke dalam *cooler box* untuk menjaga suhu air limbah. Sampel dibawa ke laboratorium tanpa proses pengawetan karena selang waktu antara pengambilan dan penyeteroran hanya 1,5 jam.

Dalam pengambilan sampel penulis juga melakukan pengujian nilai pH dan suhu air limbah tersebut. Hasil pengukuran pH dan suhu dapat dilihat pada tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Perhitungan Debit Air Limbah Berdasarkan Produksi**

	Hari Pertama			
	Pak Sahid	Pak Tarsum	Pak Tri	Campuran
Suhu (°C)	40,8	39	32,9	33,3
pH	3,76	3,89	3,75	3,75
	Hari kedua			
	Pak Sahid	Pak Tarsum	Pak Tri	Campuran
Suhu (°C)	40,3	36,7	30,3	31,8
pH	3,85	3,85	3,79	3,79
	Hari Ketiga			
	Pak Sahid	Pak Tarsum	Pak Tri	Campuran
Suhu (°C)	44,8	36,8	29,3	34,8
pH	3,95	3,92	3,87	3,97

Berdasarkan pengujian didapat pH rata-rata sebesar 3,84 dan suhu rata-rata sebesar 36,7 C.

### 5.2.3 Kualitas Dan Baku Mutu Air Limbah

Parameter yang diuji adalah COD, BOD, pH, TSS, dan Sulfida. Baku mutu yang digunakan adalah Permen LH Republik Indonesia No 5 Tahun 2014. Hasil uji kualitas air limbah dapat dilihat pada tabel 5.3.

**Tabel 5.3 Hasil Uji**

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Baku Mutu
1	TSS	mg/L	3630	SNI 6989.3:2019	100
2	BOD	mg/L	197496	SNI 6989.72:2009	100
3	COD	mg/L	304000	SNI 6989.2:2019	300
4	Sulfida	mg/L	0,119	IKP 7.2.4	0,5
5	pH	-	4,1	SNI 6989.11:2019	6-9

Berdasarkan hasil uji parameter yang sudah memenuhi baku mutu adalah parameter sulfida sedangkan parameter TSS, BOD, COD, dan pH tidak memenuhi baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

### 5.3 Rencana Desain Pengangkutan Air Limbah

Pengangkutan air limbah industri alkohol di Dukuh Sentul ini akan menggunakan mobil bak bertangki dengan kapasitas tangki 1000 L. Mobil ini merupakan mobil yang sudah ada, sehingga tidak perlu dilakukan pengadaan mobil angkut. Selanjutnya direncanakan jadwal pengambilan air limbah di masing-masing industri. Direncanakan pengambilan dimulai pada pukul 06.00 WIB. Siklus pengambilan air limbah dapat dilihat pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Siklus Pengambilan Air Limbah**

Jam	Industri
06:00 - 06:15	Pak Sugiyanto, Pak Sutarno, Pak Slamet
06:15 - 06:30	Pak Mujiman, Pak Yongki
06:30 - 06:45	Pak Sahid
06:45 - 07:00	Pak Sahid, Pak Agung
07:00 - 07:15	Pak Tarsum, Pak Slamet
07:15 - 07:30	Pak Darman, Pak Wiji, Pak Andi
07:30 - 07:45	Pak Tri

Estimasi pengangkutan air limbah selesai pada pukul 07:45 WIB dan IPAL akan mulai dioperasikan pada pukul 08.00 WIB. Pengambilan air limbah dilakukan setiap hari kerja yaitu pada hari senin – sabtu sebelum proses produksi alkohol dilakukan. Pengambilan air limbah dari bak penampung menuju tangki akan menggunakan pompa. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal HF5AM dengan head 18,5 m dan debit maksimum 600 L/menit.

### 5.4 Rencana Desain IPAL

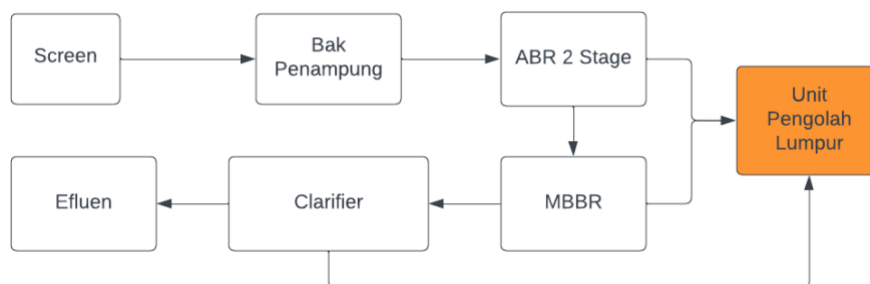
Desain IPAL direncanakan agar dapat menghasilkan nilai efluen yang sesuai dengan baku mutu air limbah yang diolah. Baku mutu yang akan digunakan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Dalam perencanaan ini, parameter yang menjadi fokus pengolahan adalah TSS, BOD, COD, pH, dan Sulfida karena merupakan parameter yang tertera pada baku mutu. Pengolahan terhadap parameter-parameter tersebut dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

- a. Pengolahan TSS dengan pengendapan
- b. Pengolahan BOD dan COD secara biologis

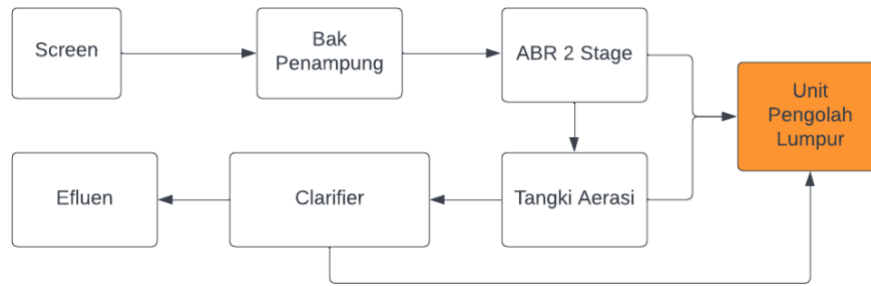
Berdasarkan pengujian kualitas air limbah, kadar sulfida dalam air limbah telah memenuhi baku mutu sehingga tidak perlu dilakukan pengolahan.

#### 5.4.1 Alternatif Pengolahan

Alternatif pengolahan merupakan pilihan pengolahan yang digunakan untuk mereduksi parameter pencemaran pada air limbah agar sesuai dengan baku mutu. Untuk menurunkan parameter pencemar pada air limbah bisa digunakan alternatif seperti pada gambar di bawah ini:



**Gambar 5.2 Diagram Alir IPAL Alternatif 1**



**Gambar 5.3 Diagram Alir IPAL Alternatif 2**

Dari alternatif 1 dan alternatif 2 kemudian dibuat efisiensi pengolahan masing-masing alternatif. Efisiensi pengolahan masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel 5.5 dan tabel 5.6.

**Tabel 5.5 Efisiensi Pengolahan Alternatif 1**

No	Unit Pengolahan	TSS			BOD			COD		
		%R	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)
1	Bak Ekualisasi	0	3630	3630	0	197496	197496	0	304000	304000
2	ABR 1	68	3630	1162	90	197496	19750	92	304000	24320
3	ABR 2	68	1162	372	90	19750	1975	92	24320	1946
4	MBBR	80	372	74	95	1975	99	90	1946	195
5	Bak Pengendap 2	0	74	<b>74</b>	0	99	<b>99</b>	0	195	<b>195</b>

**Tabel 5.6 Efisiensi Pengolahan Alternatif 2**

No	Unit Pengolahan	TSS			BOD			COD		
		%R	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)
1	Bak Ekualisasi	0	3630	3630	0	197496	197496	0	304000	304000
2	ABR 1	68	3630	1162	90	197496	19750	92	304000	24320
3	ABR 2	68	1162	372	90	19750	1975	92	24320	1946
4	Tangki Aerasi	80	372	74	95	1975	99	85	1946	292
5	Bak Pengendap 2	0	74	<b>74</b>	0	99	<b>99</b>	0	292	<b>292</b>

#### 5.4.2 Preliminary Sizing

Preliminary sizing sebagai salah satu perencanaan awal diperlukan untuk mempertimbangkan kelayakan bangunan terhadap besarnya lahan yang tersedia, menentukan pemisahan aliran atautkah penyeimbangan beban organik. Termasuk dalam tahap ini adalah menetapkan jumlah unit dengan mempertimbangkan kondisi operasional apabila salah satu unit rusak atau dibersihkan.

• Bak Ekualisasi			
Jumlah	=	1	bak
Debit rencana (Q peak)	=	9,41	m <sup>3</sup> /hari
Volume	=	9,41	m <sup>3</sup>
V (20% faktor safety)	=	11,29	m <sup>3</sup>
Kedalaman rencana	=	3	m
Rasio P:L	=	1	
L	=	2,0	m
	=	2,0	m
P	=	2,00	m
Kebutuhan Lahan per bak	=	4,00	m <sup>2</sup>
Kebutuhan Lahan total	=	<b>4,00</b>	m <sup>2</sup>
• Anaerobic Baffled Reactor			
Jumlah	=	2	bak
Debit rencana (Q peak)	=	9,41	L/detik
td zona pengendap	=	3	jam
Volume zona pengendap	=	28,22	m <sup>3</sup>
Kedalaman zona pengendap	=	3,00	m
Panjang zona pengendap	=	6,30	m
Lebar zona pengendap	=	1,50	m
Kecepatan aliran	=	0,60	m/s
Luas zona kompartemen	=	15,56	m <sup>2</sup>
Kedalaman zona kompartemen	=	3,00	m
Panjang zona kompartemen	=	9,00	m
Lebar zona kompartemen	=	1,5	m
Luas Lahan per bak	=	22,95	m <sup>2</sup>
Luas Lahan total	=	<b>45,90</b>	m <sup>2</sup>
• Moving Bed Bioreactor			
Jumlah bak	=	1	bak
Debit rencana (Qpeak)	=	9,41	L/detik
BOD removal flux	=	15	g/m <sup>2</sup> .hari
BOD Flux	=	11,1	jam
Removal BOD	=	95	%
Luas permukaan media	=	500	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
BOD in	=	1599,72	mg/L
Area Media	=	953,18	m <sup>2</sup>
Volume Media	=	1,91	m <sup>3</sup>
Volume Bak (60% media)	=	3,18	m <sup>3</sup>
Kedalaman	=	2,00	m
Luas Area Bak	=	1,59	m <sup>2</sup>
P	=	1,3	m
L	=	1,3	m
Kebutuhan lahan per bak	=	1,59	m <sup>2</sup>
Kebutuhan lahan total	=	<b>1,59</b>	m <sup>2</sup>

• Tangki Aerasi			
Jumlah bak	=	1	bak
Debit rencana (Qpeak)	=	9,41	m <sup>3</sup> /hari
td	=	12	jam
Volumetric loading	=	0,3	kgBOD/m <sup>3</sup> .hari
BOD in	=	1599,72	mg/L
Volume Reaktor	=	501,67	m <sup>3</sup>
Kedalaman	=	4,00	m
P:L	=	1:1	
Luas Permukaan	=	125,4	m
Panjang	=	11,2	m
Lebar	=	11,2	m
Kebutuhan lahan per bak	=	125,42	m <sup>2</sup>
Kebutuhan lahan total	=	<b>125,42</b>	m <sup>2</sup>
• Bak Pengendap 2			
Jumlah bak	=	1	bak
Debit rencana	=	9,41	m <sup>3</sup> /hari
MLSS	=	3500	mg/L
SLR	=	50	kg/m <sup>2</sup> .hari
Volume	=	0,65856	m <sup>3</sup>
Kedalaman	=	1,5	m
Luas permukaan	=	0,44	m <sup>2</sup>
P:L	=	2,00	
Panjang	=	0,47	m
lebar	=	0,94	m
Luas lahan per bak	=	0,44	m <sup>2</sup>
Luas lahan total	=	<b>0,44</b>	m <sup>2</sup>
• Bak Penampung Lumpur			
Jumlah	=	1	bak
Lumpur BP 2	=	0,19	m <sup>3</sup> /hari
Total Lumpur	=	0,19	m <sup>3</sup> /hari
Lama Penyimpanan	=	26	hari
Volume lumpur total	=	5,0	m
Kedalaman	=	2,0	m
Luas Permukaan	=	2,5	m
Panjang	=	1,6	m
Lebar	=	1,6	m
Kebutuhan Lahan per bak	=	2,49	m <sup>2</sup>
Kebutuhan Lahan total	=	<b>2,49</b>	m <sup>2</sup>

Selanjutnya dilakukan perhitungan mengenai luas lahan IPAL dari alternatif 1 dan alternatif 2. Luas wilayah masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel 5.7 dan tabel 5.8.

**Tabel 5.7 Luas Lahan IPAL Alternatif 1**

<b>Luas Lahan</b>		
Bak Ekualisasi	4,00	m <sup>2</sup>
ABR	45,90	m <sup>2</sup>
MBBR	1,59	m <sup>2</sup>
Bak Pengendap 2	0,44	m <sup>2</sup>
Penampung Lumpur	2,49	m <sup>2</sup>
Luas Lahan Pengolahan	54,41	m <sup>2</sup>
Luas Lahan Non-Pengolahan (50%)	27,21	m <sup>2</sup>
<b>Luas Lahan IPAL</b>	<b>122,43</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
	<b>0,0122</b>	<b>ha</b>

**Tabel 5.8 Luas Lahan IPAL Alternatif 2**

<b>Luas Lahan</b>		
Bak Ekualisasi	4,00	m <sup>2</sup>
ABR	45,90	m <sup>2</sup>
Tangki Aerasi	125,42	m <sup>2</sup>
Bak Pengendap 2	0,44	m <sup>2</sup>
Penampung Lumpur	0,44	m <sup>2</sup>
Luas Lahan Pengolahan	176,20	m <sup>2</sup>
Luas Lahan Non-Pengolahan	88,10	m <sup>2</sup>
<b>Luas Lahan IPAL</b>	<b>396,44</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
	<b>0,0396</b>	<b>ha</b>

#### 5.4.3 Perbandingan Operasi dan Perawatan

Selanjutnya dilakukan perbandingan antara kelebihan dan kekurangan dari pengolahan biologis dengan MBBR dan Tangki Aerasi. Pemilihan akan disesuaikan dengan kondisi lapangan yang ada baik teknis maupun finansial. Perbandingan antara MBBR dan Tangki Aerasi dapat dilihat pada tabel 5.9.

**Tabel 5.9 Perbandingan MBBR dan Tangki Aerasi**

<b>MBBR</b>	<b>Tangki Aerasi</b>
Produksi Lumpur Lebih Sedikit	Produksi Lumpur Lebih Banyak
Biomassa Diam Terhadap Efluen	Biomassa Bergerak Mengikuti Efluen
Tidak Memerlukan Sirkulasi Lumpur	Memerlukan Sirkulasi Lumpur

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas maka akan dipilih alternatif 1.



## 5.5 Desain Unit IPAL

Desain unit IPAL dilakukan dengan menggunakan kriteria desain pada setiap unit pengolahan sehingga pengolahan dapat berjalan dengan baik. Desain setiap unit sebagai berikut.

### 5.5.1 Screen

Air limbah dari mobil pengangkut akan dialirkan menuju bak penampung menggunakan pipa secara gravitasi. Sebelum air limbah masuk ke bak penampung, air limbah perlu disaring terlebih dahulu untuk memisahkan partikel-partikel seperti pasir, batu, ranting yang mungkin terbawa saat pengangkutan. Terdapat beberapa jenis saringan yang dapat digunakan, antara lain saringan dalam bentuk bar dan saringan dalam bentuk mesh. Dalam pengolahan air limbah distilasi ini bak penampung di setiap industri terletak didalam ruangan dan terhindar dari adanya sampah, kayu atau partikel yang besar. Maka dari itu saringan yang cocok untuk digunakan adalah saringan jenis mesh. Dalam perencanaan ini akan digunakan saringan mesh berbentuk silinder dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Nama Saringan : Wedge Wire Screen
- Ukuran Bukaan : 0,1 mm
- Bahan : Stainless Steel
- Diameter : 20 cm
- Tinggi : 80 cm
- Bentuk : Silinder
- Merek : Lehrer, China



**Gambar 5.4. Sketsa Desain Screen**

Sumber: [steelmeshfilter.com](http://steelmeshfilter.com)

### 5.5.2 Bak Penampung

Pada perencanaan ini bak penampung akan digunakan sebagai penyimpanan sementara air limbah sebelum IPAL beroperasi. Semua air limbah yang ada dibak penampung akan diolah pada hari itu juga, jadi air limbah yang datang adalah air limbah yang akan diolah. Debit pengolahan akan disesuaikan untuk menentukan desain pengolahan selanjutnya. Perencanaan bak penampung sebagai berikut.

- Produksi air limbah rerata per hari : 5880 L
- Faktor *peak* : 1,6
- Faktor *safety* : 20%
- P:L : 1:1
- Kedalaman : 3 m

Perhitungan:

- Produksi air limbah maksimum : Faktor peak x Produksi air limbah rerata  
: 1,6 x 5880 L  
: 9408 L  
: 9,408 m<sup>3</sup>
- Volume bak : Produksi air limbah + Faktor safety  
: 9,408 + (9,408 x 0,2)  
: 11,3 m<sup>3</sup>
- Luas Permukaan : Volume bak / Kedalaman  
: 11,3 / 3  
: 3,76 m<sup>2</sup>
- Panjang : Luas Permukaan<sup>0,5</sup>  
: 3,76<sup>0,5</sup>  
: 2 m
- Lebar : 2
- Cek Volume : Panjang x Lebar x kedalaman  
: 2 x 2 x 3  
: 12 m<sup>3</sup>

Pada perencanaan ini akan direncanakan debit sebesar 0,000436 m<sup>3</sup>/detik sehingga air limbah dalam bak penampung akan habis dalam waktu 6 jam. Pompa yang akan digunakan adalah pompa celup dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : HCP
- Tipe : F-21P
- Daya Listrik : 750 Watt
- Daya Dorong Maks : 15 meter
- Debit maksimum : 24 m<sup>3</sup>/jam
- Diameter Outlet : 2 inci

Zona Outlet

Pipa Outlet

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,44 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 0,3 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,44 / 0,6  
: 0,001 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,030 m  
: 0,050 m / 2 inci (dipakai)
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,001 m<sup>2</sup>

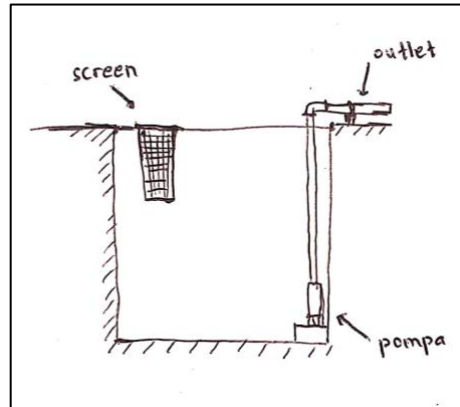
#### Headloss Pipa Outlet

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,44 / 0,001  
: 0,62 m/s
- R :  $3,14 \times D$   
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,005 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,019 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,005 + 0,019  
: 0,025 m

Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.10. dan sketsa desain dapat dilihat pada gambar 5.5.

**Tabel 5.10 Ringkasan Perhitungan Bak Penampung**

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Produksi limbah rata-rata	5880	L
2	Produksi limbah maks	9408	L
2	Faktor peak	1,6	
3	Faktor safety	20	%
4	Volume Bak Ekualiasasi	11,3	m <sup>3</sup>
5	Panjang	2	m
6	Lebar	2	m
7	Kedalaman	3	m
8	Pompa	HCP	
9	Daya dorong pompa maks	15	m



**Gambar 5.5. Sketsa Desain Bak Penampung**

### 5.5.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Anaerobic Baffle Reactor (ABR) merupakan salah satu jenis pengolahan *suspended growth* yang memanfaatkan sekat (*baffle*) dalam pengadukan yang bertujuan memungkinkan terjadinya kontak antara air limbah dan mikroorganisme. Pengolahan ini adalah pengolahan yang relatif murah dari aspek operasional, sebab tidak diperlukan penggunaan energi listrik dan memiliki efisiensi penyisihan organik yang cukup baik. ABR terdiri dari zona inlet, zona pengendapan, zona kompartemen, dan zona outlet. Perencanaan ABR sebagai berikut:

Kriteria desain:

Zona Tangki Pengendap

- Periode pengurasan : 2 – 3 tahun
- Td tangki pengendap : 2 – 6 jam
- SS/COD : 0,35 – 0,45

Zona Kompartemen

- Organic Loading Rate (OLR) : < 3 kg COD/m<sup>3</sup>.hari
- Hydraulic Retention Time (HRT) : 8 – 20 jam
- Kecepatan Aliran : < 0,6 m/jam
- Panjang Kompartemen : 50 – 60% kedalaman

Mengacu pada kriteria desain di atas, dimensi dan efisiensi removal unit ABR dapat dihitung sesuai dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Perhitungan Zona Tangki Pengendap

- Persentase removal BOD diketahui dengan menggunakan perhitungan efisiensi bak pengendap terhadap waktu detensi.

- Waktu Detensi : 3 jam
- Removal BOD :  $3 / (0,018 + 3 \times 0,02)$
- Removal BOD : 39%

- Persentase removal COD diketahui dengan membagi Removal BOD dengan rasio BOD/COD

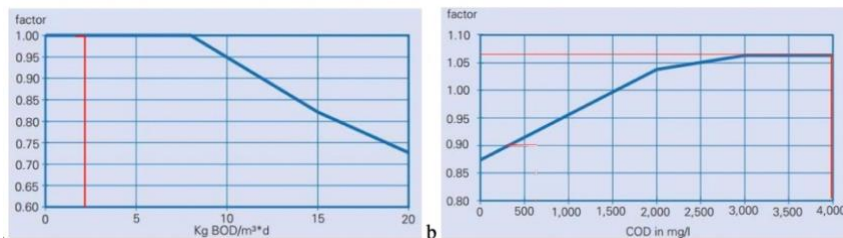
- Removal BOD : 39%
- Rasio BOD/COD : 0,64
- Removal COD : 39% / 0,64 : 60%

- Perhitungan dimensi tangki pengendap

- Debit Rencana : 0,000436 m<sup>3</sup>/detik
- Waktu Detensi : 3 jam
- Kedalaman : 3 m
- Luas Permukaan : 9,4 m<sup>2</sup>
- Lebar : 1,5 m
- Panjang : 6,3 m
- Removal BOD : 39%
- Removal COD : 60%
- Removal TSS : 60%

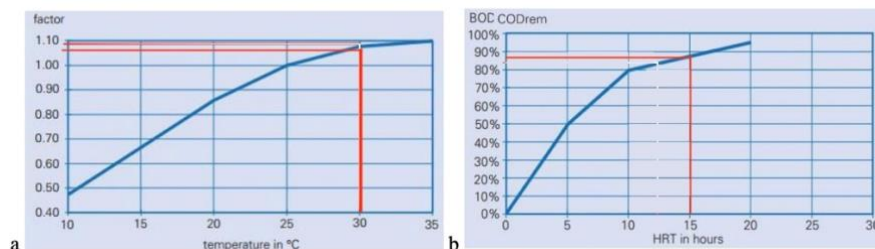
Perhitungan Zona Kompartemen

- Jumlah kompartemen direncanakan sebanyak 7 buah.
- Perhitungan persentase removal COD dipengaruhi oleh faktor OLR, faktor COD strength, faktor temperatur, dan faktor HRT.
- Laju beban organik yang masuk ke ABR ditetapkan sebesar 0,3 kg/m<sup>3</sup>.hari, sehingga didapat nilai faktor OLR adalah 1.
- Konsentrasi COD yang masuk ke ABR sebesar 304.000 mg/L, sehingga didapat nilai faktor COD strength adalah 1,06.



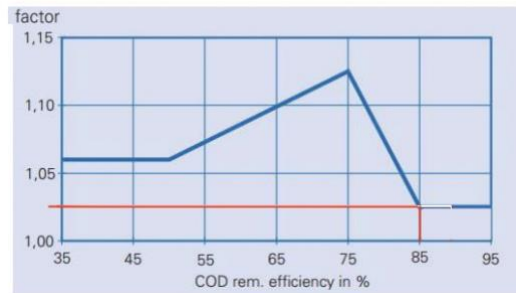
**Gambar 5.6 Grafik Faktor OLR (kiri) dan Grafik Faktor [COD] (kanan)**

- Temperatur didalam unit ABR ditetapkan sebesar 30 C, sehingga didapat nilai faktor temperatur adalah 1,1
- Lamanya waktu tinggal air limbah didalam reaktor adalah 15 jam, sehingga didapat nilai faktor sebesar 0,85.



**Gambar 5.7 Grafik Faktor Temperatur (kiri) dan Grafik Faktor HRT (kanan)**

- Perhitungan persentase removal BOD dengan menggunakan grafik faktor BOD terhadap removal COD di kompartemen.



**Gambar 5.8 Grafik Removal Efisiensi COD**

- Perhitungan dimensi kompartemen.
  - Debit Rencana : 0,000436 m<sup>3</sup>/detik
  - Kecepatan aliran : 0,6 m/jam
  - Luas Permukaan : 15,68 m<sup>2</sup>
  - Kedalaman : 3 m
  - Lebar : 10,5 m
  - Panjang : 1,5 m (per kompartemen)
  - HRT : 30 jam
  - Removal BOD : 85%
  - Removal COD : 80%
  - Removal TSS : 20%

#### Zona Inlet

##### Pipa Inlet ABR 1

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,44 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 0,3 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,44 / 0,6  
: 0,0007 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0007 m<sup>2</sup>

#### Headloss Pipa Inlet ABR 1

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,44 / 0,0007  
: 0,62 m/s
- R :  $3,14 \times D$   
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,005 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,019 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,005 + 0,019  
: 0,025 m

#### Pipa Inlet ABR 2

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,40 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 1,1 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,4 / 0,6  
: 0,0007 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,030 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0007 m<sup>2</sup>

#### Headloss Pipa Inlet ABR 2

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,4 / 0,0007  
: 0,62 m/s
- R :  $3,14 \times D$   
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,016 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,016 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,016 + 0,016  
: 0,033 m

Zona Outlet

Pipa Outlet ABR 1

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,40 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 1,1 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,4 / 0,6  
: 0,0007 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0007 m<sup>2</sup>

Headloss Pipa Outlet ABR 1

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,4 / 0,0007  
: 0,62 m/s
- R :  $3,14 \times D$   
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,016 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,016 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,016 + 0,016  
: 0,033 m

Pipa Outlet ABR 2

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,36 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 1,3 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,36 / 0,6  
: 0,0006 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m



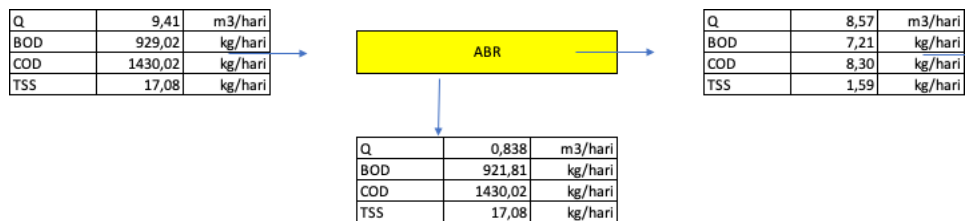
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0006 m<sup>2</sup>

Headloss Pipa Outlet ABR 2

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,36 / 0,0006  
: 0,62 m/s
- R : 3,14 x D  
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,016 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,013 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,016 + 0,013  
: 0,029 m

ABR direncanakan terdapat 2 buah yang disusun secara seri dengan dimensi yang sama untuk memenuhi persentase removal yang diinginkan.

Neraca massa ABR dapat dilihat pada gambar 5.9.

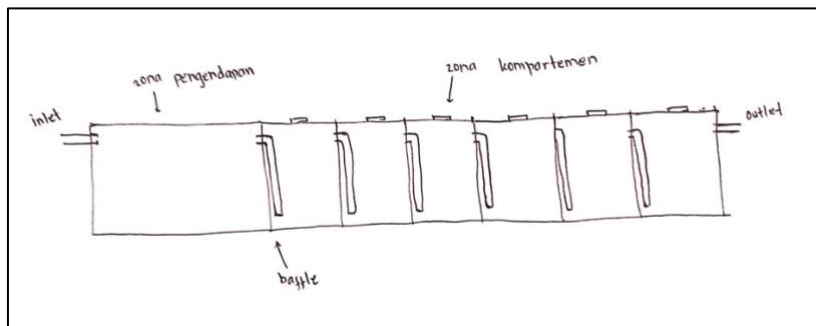


**Gambar 5.9 Neraca Massa ABR**

Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.11 dan sketsa desain dapat dilihat pada gambar 5.10.

**Tabel 5.11 Ringkasan Perhitungan ABR**

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Jumlah	2	unit
2	Debit	0,00044	m <sup>3</sup> /detik
3	Td	3	jam
4	Beban organik	3	kg BOD/m <sup>3</sup> .hari
5	Removal BOD bak pengendap	38	%
6	Removal COD bak pengendap	60	%
7	Removal TSS bak pengendap	60	%
8	Kedalaman bak pengendap	3	m
9	Panjang bak pengendap	6,30	m
10	lebar bak pengendap	1,50	m
11	Removal BOD kompartemen	85	%
12	Removal COD kompartemen	80	%
13	Removal TSS kompartemen	20	%
14	Kedalaman kompartemen	3	m
15	Panjang 1 kompartemen	1,5	m
16	lebar 1 kompartemen	1,5	m
17	Jumlah Kompartemen	7	buah
18	HRT	30	jam
19	Panjang bak total	15	m



**Gambar 5.10 Sketsa Desain ABR**

#### 5.5.4 Moving Bed Bioreactor

Moving Bed Bioreactor (MBBR) merupakan proses pengolahan yang sederhana yang menggunakan kombinasi antara sistem terlekat dan tersuspensi. Teknologi MBBR menggunakan media biofilm sebagai media tumbuh mikroorganisme dalam reaktor dengan aerasi. Proses MBBR mempertahankan biofilm dalam proses pengolahan air limbah biologis. Akibatnya, proses degradasi kontaminan biodegradable berlangsung dalam ukuran tangki yang sama tanpa perlu melakukan sirkulasi lumpur. MBBR direncanakan sebagai pengolahan kedua pada pengolahan air limbah distilasi ini. Perencanaan MBBR sebagai berikut.

Diketahui:

- BOD in : 1682 mg/L
- Q rencana : 0,000361 m<sup>3</sup>/detik
- SRT : 6 hari
- bCOD/BOD : 0,6
- Yh : 0,45 g VSS/g bCOD
- kd : 0,1
- T : 28 C
- Luas biofilm : 500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

Direncanakan:

- Jumlah bak : 1 unit
- Removal Flux : 15 g./m<sup>2</sup>.hari (90%removal)
- P:L : 1:1
- MLSS : 3500 mg/L
- MLVSS/MLSS : 0,8

Media biofilm yang akan digunakan adalah Kaldness K3 dengan luas permukaan biofilm sebesar 500 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

Zona Inlet

Pipa Inlet

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,36 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 0,4 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,36 / 0,6  
: 0,0006 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0006 m<sup>2</sup>

Headloss Pipa Inlet

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,36 / 0,0006  
: 0,62 m/s
- R : 3,14 x D  
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,005 m

- $H_v$  :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,013 m
- Total Headloss :  $H_f + H_v$   
: 0,005 + 0,013  
: 0,019 m

#### Perhitungan Bak

- BOD Flux : BOD removal flux / (%removal/100)  
: 15,7 g BOD/m<sup>2</sup>.hari
- Area Media : BOD flux x BOD in / Q  
: 15,7 x 1682 / 0,000361 x 60 x 60 x 6  
: 833 m<sup>2</sup>
- Volume media : Area media / Luas biofilm  
: 833 / 500  
: 1,66 m<sup>3</sup>
- Volume bak : Volume media / 60%  
: 1,66 / 0,6  
: 2,7 m<sup>3</sup>
- H rencana : 2 m
- As bak : 1,38 m<sup>2</sup>
- P bak : 1,2 m
- L bak : 1,2 m
- HRT : 8,8 jam

#### Kebutuhan O<sub>2</sub>

- $P_x$  bio :  $yQ(S_o - S_e) / 1 + (k_d \times \text{srt})$   
: 0,72 x 7,8 x (1,682 - 0,1682) / 1 + (0,1 x 6)  
: 5,6 kg/hari
- Kebutuhan O<sub>2</sub> :  $Q(S_o - S_e) - R_e(P_x \text{bio})$   
: (7,8 (1,682 - 0,1682)) - 1,42(5,6)  
: 4,5 kg/hari  
: 0,7 kg/jam (6 jam operasi)

#### Diffuser Udara

- Faktor Keamanan : 1,5
- Kandungan O<sub>2</sub> dalam udara : 20%
- Densitas udara : 1,157 kg/m<sup>3</sup>
- Efisiensi diffuser : 27%
- Jenis Diffuser : Coarse bubble
- SOTR : 0,21 kg O<sub>2</sub>/jam
- Jumlah diffuser : 4 difuser
- SAE : 7,5 kg O<sub>2</sub>/kwh
- Kebutuhan energi : 4,5 / 7,5  
: 0,6 kwh

### Produksi Lumpur

- P<sub>x</sub> TSS : P<sub>x</sub>bio / (MLVSS/MLSS)  
: 5,6 / 0,8  
: 7 kg/hari

### Zona Outlet

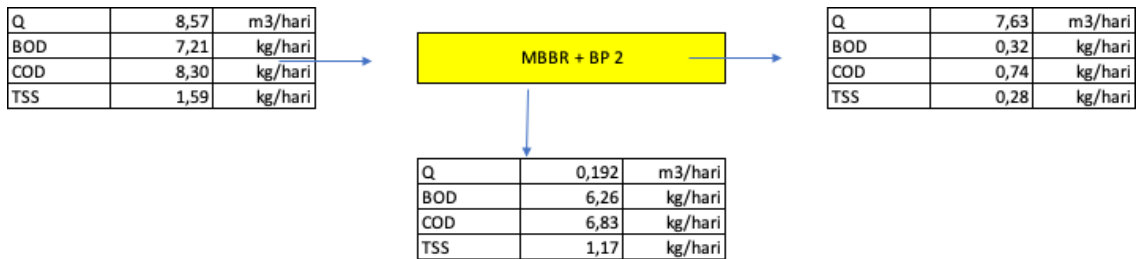
#### Pipa Outlet

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,36 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 0,2 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,36 / 0,6  
: 0,0006 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0006 m<sup>2</sup>

#### Headloss Pipa Outlet

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,36 / 0,0006  
: 0,62 m/s
- R :  $3,14 \times D$   
: 0,094
- H<sub>f</sub> :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,002 m
- H<sub>v</sub> :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,013 m
- Total Headloss : H<sub>f</sub> + H<sub>v</sub>  
: 0,002 + 0,013  
: 0,015 m

Neraca massa MBBR dapat dilihat pada gambar 5.11.

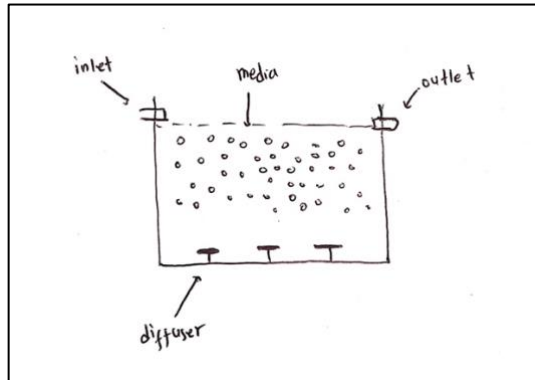


**Gambar 5.11 Neraca Massa MBBR**

Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.12. dan sketsa desain dapat dilihat pada gambar 5.12.

**Tabel 5.12 Ringkasan Perhitungan MBBR**

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Jumlah	1	unit
2	Debit	0,00036	m3/detik
3	BOD removal flux	15	g/m2.hari
4	Luas permukaan biofilm	500	m2/m3
5	BOD in	1683	mg/L
6	COD in	1936	mg/L
7	Removal BOD	95	%
8	MLVSS/MLSS	0,8	
9	BOD Flux	15,8	g BOD/m2.hari
10	Kedalaman bak	2,0	m
11	Panjang bak	1,2	m
12	Lebar bak	1,2	m
13	HRT	8,84	jam
14	Px bio	5,62	kg/hari
15	kebutuhan O2	0,75	kg/jam
16	Px TSS	7,03	kg/hari
17	Jumlah difuser	4,0	buah
18	Kebutuhan energi difuser	0,602	kwh
19	BOD out	84	mg/L
20	COD out	193	mg/L
21	TSS out	74	mg/L



**Gambar 5.12 Sketsa Desain MBBR**

### 5.5.5 Bak Pengendap 2

Bak pengendap 2 digunakan untuk mengendapkan lumpur hasil dari pengolahan pada unit MBBR. Perencanaan Bak Pengendap 2 sebagai berikut.

Direncanakan:

- X MLSS : 3500 mg/L
- Q : 0,000361 m<sup>3</sup>/detik
- X<sub>r</sub> : 9000 mg/L
- Jumlah bak : 1
- Freeboard : 0,3
- SLR : 50 kg/m<sup>2</sup>.hari

Perhitungan:

- Volume : SLR x MLSS / Q  
: 50 x 3500 / 0,000361 x 60 x 60 x 6  
: 0,54 m<sup>3</sup>
- Kedalaman : 1,5 m
- As : 0,36 m<sup>2</sup>
- Total M solid MBBR : MLSS x Volume media  
: 3500 x 1,66  
: 5,8 kg
- Lebar : 0,45
- Panjang : 0,85
- OFR : As / Q  
: 0,38 / 7,8  
: 20,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Waktu Detensi : V / Q  
: 1,68 jam

- Densitas lumpur : 1015 kg/m<sup>3</sup>
- %solid : 3%
- Volume lumpur: : 0,191 m<sup>3</sup>/hari

Zona Inlet  
Pipa Inlet

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,36 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 0,2 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,36 / 0,6  
: 0,0006 m<sup>2</sup>
- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0006 m<sup>2</sup>

Headloss Pipa Inlet

- Cek v :  $Q / (A \text{ pipa cek})$   
: 0,36 / 0,0006  
: 0,51 m/s
- R :  $3,14 \times D$   
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,002 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,013 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,002 + 0,013  
: 0,015 m

Zona Outlet  
Pipa Outlet

- Jumlah : 1
- Debit Rencana : 0,35 L/detik
- V rencana : 0,6 m/detik
- Panjang (P) : 1,3 m
- C : 140
- A Pipa :  $Q / v$   
: 0,35 / 0,6  
: 0,0007 m<sup>2</sup>



- Diameter Pipa :  $\sqrt{\frac{4A}{3,14}}$   
: 0,03 m  
: 0,03 m
- A Pipa Cek :  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$   
: 0,0007 m<sup>2</sup>

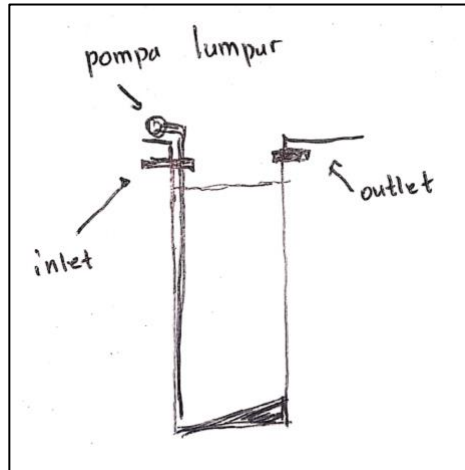
#### Headloss Pipa Outlet

- Cek v : Q / (A pipa cek)  
: 0,35 / 0,0007  
: 0,50 m/s
- R : 3,14 x D  
: 0,094
- Hf :  $\left[ \frac{Q}{0,000155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$   
: 0,015 m
- Hv :  $\frac{v^2}{2g}$   
: 0,013 m
- Total Headloss : Hf + Hv  
: 0,015 + 0,013  
: 0,028 m

Ringkasan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.13. dan sketsa desain dapat dilihat pada gambar 5.13.

**Tabel 5.13 Ringkasan Perhitungan Bak Pengendap 2**

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Jumlah	1	unit
2	Debit	0,00036	m <sup>3</sup> /detik
3	SLR	50	kg/m <sup>2</sup> .hari
4	OFR	20,4	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
5	Volume	0,55	m <sup>3</sup>
6	Luas Permukaan	0,36	m <sup>2</sup>
7	Kedalaman	1,50	m
8	Panjang	0,85	m
9	Lebar	0,45	m
10	Fb	0,30	m
11	Volume lumpur	0,19	m <sup>3</sup>
12	Waktu detensi	1,68	jam



**Gambar 5.13 Sketsa Desain Bak Pengendap 2**

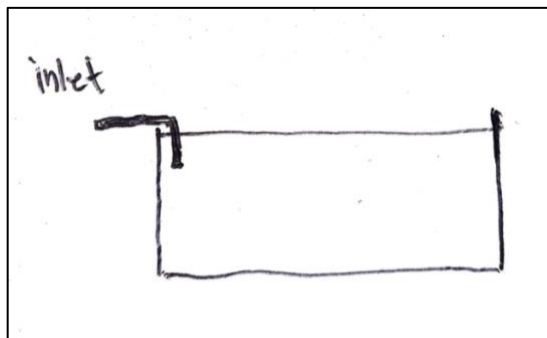
### 5.5.6 Bak Penampung Lumpur

Penampung lumpur digunakan sebagai tempat penyimpanan lumpur IPAL sementara. Berdasarkan Lampiran 9 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup lumpur IPAL dari fasilitas IPAL terpadu di kawasan industri tergolong sebagai limbah B3 kategori 2 dengan kode limbah B108d. Akan tetapi ada kemungkinan bahwa lumpur ini dapat dimanfaatkan kembali. Pemanfaatan lumpur IPAL ini perlu dikaji lebih lanjut. Perencanaan bak penampung lumpur sebagai berikut.

Direncanakan:

- Waktu penyimpanan : 26 hari kerja (1 bulan)
- Lumpur BP2 : 0,19 m<sup>3</sup>/hari
- Total lumpur : 0,19 m<sup>3</sup>/hari
- Volume lumpur : 4,9 m<sup>3</sup>/bulan
- Kedalaman : 2 m
- P:L : 1
- Panjang : 1,6 m
- Lebar : 1,6 m

Sketsa desain dapat dilihat pada gambar 5.14.



**Gambar 5.14 Sketsa Desain Bak Penampung Lumpur**

### 5.5.7 Profil Hidrolis

Profil hidrolis unit-unit IPAL dapat dilihat pada tabel 5.14.

**Tabel 5.14 Profil Hidrolis**

<b>Unit</b>	<b>Elevasi (mdpl)</b>
Bak ekualisasi	103,000
Outlet bak ekualisasi	103,080
Inlet ABR 1	103,055
ABR 1	102,755
Outlet ABR 1	102,723
Inlet ABR 2	102,690
ABR 2	102,390
Outlet ABR 2	102,361
Inlet MBBR	102,342
MBBR	102,318
Outlet MBBR	102,303
Inlet BP 2	102,287
BP 2	102,270
Outlet BP 2	102,242

## 5.6 Penyusunan Nilai BOQ dan RAB IPAL

### 5.6.1 Bill of Quantity (BOQ)

Pada perencanaan ini, perhitungan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didasarkan atas kebutuhan bangunan yang ada pada IPAL. Yang perlu diperhatikan dalam BOQ dan RAB ini antara lain kebutuhan untuk pembersihan dan pemerataan tanah, penggalian tanah, pengeluaran tanah sisa, pengurugan tanah, pemasangan dinding beton dan pelengkap bangunan.

Sebelum dapat dihitung BOQ dari tiap unit, perlu dihitung volume pekerjaan yang dilakukan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui volume dari struktur yang direncanakan serta volume tanah yang dibersihkan, diratakan, digali maupun diangkut dari lokasi proyek. Selain itu juga dihitung pekerjaan pengurugan tanah dan pembuatan dinding beton. Pekerjaan yang dilakukan pada tiap unit bangunan dapat dilihat dibawah ini:

1. Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan
2. Penggalian Tanah + Pembuangan Tanah
3. Pengurugan Tanah dengan Pemasangan (H Tanah Urug = 0,3 m)
4. Pekerjaan Beton Bertulang

Selanjutnya dapat diperhitungkan volume pekerjaan dari tiap unit. Volume pekerjaan dapat dilihat pada tabel 5.15 sampai 5.19.

**Tabel 5.15 Volume Pekerjaan Bak Ekualisasi**

<b>Bak Ekualisasi</b>				
1	Panjang	=	2	m
2	Lebar	=	2	m
3	Kedalaman	=	3	m
4	Tebal Dinding	=	0,25	m
5	Luas Permukaan	=	6,25	m <sup>2</sup>
6	Volume Struktur	=	20,31	m <sup>3</sup>
7	Volume Bagian Dalam	=	12	m <sup>3</sup>
8	Volume Beton	=	8,31	m <sup>3</sup>
9	Jumlah Unit	=	1	buah
10	Luas Permukaan Total	=	6,25	m <sup>2</sup>
11	Volume Total Struktur	=	20,31	m <sup>3</sup>
12	Volume Total Beton	=	8,31	m <sup>3</sup>

**Tabel 5.16 Volume Pekerjaan ABR**

<b>Anaerobic Baffled Reactor</b>				
1	Panjang	=	15,3	m
2	Lebar	=	1,5	m
3	Kedalaman	=	3	m
4	Tebal Dinding	=	0,1	m
5	Luas Permukaan	=	26,35	m <sup>2</sup>
6	Volume Struktur	=	84,32	m <sup>3</sup>
7	Volume Bagian Dalam	=	68,85	m <sup>3</sup>
8	Volume Beton	=	15,47	m <sup>3</sup>
9	Volume Beton sekat	=	0,45	m <sup>3</sup>
10	Jumlah Sekat	=	7	sekat
11	Jumlah Unit	=	2	buah
12	Luas Permukaan Total	=	52,7	m <sup>2</sup>
13	Volume Total Struktur	=	168,64	m <sup>3</sup>
14	Volume Total Beton	=	21,77	m <sup>3</sup>

**Tabel 5.17 Volume Pekerjaan MBBR**

<b>MBBR</b>				
1	Panjang	=	1,2	m
2	Lebar	=	1,2	m
3	Kedalaman	=	2	m
4	Tebal Dinding	=	0,1	m
5	Luas Permukaan	=	1,96	m <sup>2</sup>
6	Volume Struktur	=	4,312	m <sup>3</sup>
7	Volume Bagian Dalam	=	2,88	m <sup>3</sup>
8	Volume Beton	=	1,432	m <sup>3</sup>
9	Jumlah Unit	=	1	buah
10	Luas Permukaan Total	=	1,96	m <sup>2</sup>
11	Volume Total Struktur	=	4,312	m <sup>3</sup>
12	Volume Total Beton	=	1,432	m <sup>3</sup>

**Tabel 5.18 Volume Pekerjaan Bak Pengendap 2**

<b>Bak Pengendap 2</b>				
1	Panjang	=	0,85	m
2	Lebar	=	0,45	m
3	Kedalaman	=	1,5	m
4	Tebal Dinding	=	0,1	m
5	Luas Permukaan	=	0,38	m <sup>2</sup>
6	Volume Struktur	=	1,09	m <sup>3</sup>
7	Volume Bagian Dalam	=	0,57	m <sup>3</sup>
8	Volume Beton	=	0,52	m <sup>3</sup>
9	Jumlah Unit	=	1	buah
10	Luas Permukaan Total	=	0,38	m <sup>2</sup>
11	Volume Total Struktur	=	1,09	m <sup>3</sup>
12	Volume Total Beton	=	0,52	m <sup>3</sup>

**Tabel 5.19 Volume Pekerjaan Bak Penampung Lumpur**

<b>Bak Penampung Lumpur</b>				
1	Panjang	=	1,6	m
2	Lebar	=	1,6	m
3	Kedalaman	=	2	m
4	Tebal Dinding	=	0,1	m
5	Luas Permukaan	=	2,56	m <sup>2</sup>
6	Volume Struktur	=	6,80	m <sup>3</sup>
7	Volume Bagian Dalam	=	5,12	m <sup>3</sup>
8	Volume Beton	=	1,68	m <sup>3</sup>
9	Jumlah Unit	=	1	buah
10	Luas Permukaan Total	=	2,56	m <sup>2</sup>
11	Volume Total Struktur	=	6,80	m <sup>3</sup>
12	Volume Total Beton	=	1,68	m <sup>3</sup>

Dari volume pekerjaan diatas dapat diketahui total volume untuk tiap pekerjaan. Untuk pengurangan tanah berdasarkan luas permukaan dikali kedalaman pengurangan tanah yang direncanakan sedalam 0,3 m. Volume total pada tiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 5.20.

**Tabel 5.20 Volume Total Pekerjaan**

<b>Total Pekerjaan</b>				
<b>Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
1	Bak Equalisasi	=	6,3	m <sup>2</sup>
2	ABR	=	52,7	m <sup>2</sup>
3	MBBR	=	2,0	m <sup>2</sup>
4	BP2	=	0,4	m <sup>2</sup>
5	Bak Penampung Lumpur	=	2,6	m <sup>2</sup>
<b>Penggalian Tanah + Pembuangan Tanah</b>				
1	Bak Equalisasi	=	20,3	m <sup>3</sup>
3	ABR	=	168,6	m <sup>3</sup>
4	MBBR	=	4,3	m <sup>3</sup>
5	BP2	=	1,1	m <sup>3</sup>
5	Bak Penampung Lumpur	=	6,8	m <sup>3</sup>
<b>Pengurangan Tanah dengan Pematatan (H Tanah Urug = 0,3 m)</b>				
1	Bak Equalisasi	=	1,9	m <sup>3</sup>
2	ABR	=	15,8	m <sup>3</sup>
3	MBBR	=	0,6	m <sup>3</sup>
4	BP2	=	0,1	m <sup>3</sup>
5	Bak Penampung Lumpur	=	2,0	m <sup>3</sup>

<b>Pekerjaan Beton Bertulang</b>				
1	Bak Equalisasi	=	8,3	m <sup>3</sup>
2	ABR	=	21,8	m <sup>3</sup>
3	MBBR	=	1,4	m <sup>3</sup>
4	BP2	=	0,5	m <sup>3</sup>
5	Bak Penampung Lumpur	=	1,7	m <sup>3</sup>

Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) didasarkan atas koefisien yang digunakan pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Semarang 2022. Adapun koefisien dari bahan dan pekerja dari tiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 5.21.

**Tabel 5.21 Koefisien Kebutuhan Bahan dan Pekerja**

<b>HSPK Kota Semarang 2022</b>			
<b>No</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Satuan</b>
<b>Koefisien Kebutuhan Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>			
1	Pekerja	0,1	orang.hari
2	Mandor	0,05	orang.hari
<b>Koefisien Kebutuhan Pekerja Penggalian Tanah</b>			
1	Pekerja	0,75	orang.hari
2	Mandor	0,025	orang.hari
<b>Koefisien Kebutuhan Pekerja Pembuangan Tanah Sisa</b>			
1	Pekerja	0,33	orang.hari
2	Mandor	0,01	jam
<b>Koefisien Kebutuhan Pengurugan Tanah dengan Pemasangan</b>			
1	Pasir Urug	1,2	m <sup>3</sup>
2	Pekerja	0,3	orang.hari
3	Mandor	0,01	orang.hari
<b>Koefisien Kebutuhan Bahan &amp; Pekerja Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + bekisting)</b>			
1	Semen PC	413	kg
2	Pasir Beton	0,401	m <sup>3</sup>
3	Batu Pecah	1021	kg
4	Baja Tulangan Ulir U32	10,5	kg
5	Kawat Beton	0,15	kg
6	Kayu Meranti Balok	0,002	m <sup>3</sup>
7	Kayu Kamper Balok	0,019	m <sup>3</sup>
8	Polywood Tebal 9 mm	0,35	lembar
9	Paku Usuk	0,3	kg

<b>Koefisien Kebutuhan Bahan &amp; Pekerja Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + bekisting)</b>			
10	Minyak Bekisitng	0,1	liter
11	Mandor	0,083	orang.hari
12	Kepala Tukang Besi	0,262	orang.hari
13	Tukang Besi	0,07	orang.hari
14	Tukang Batu	0,275	orang.hari
15	Tukang Kayu	0,26	orang.hari
16	Pekerja	1,65	orang.hari

Dari nilai koefisien yang ada di HSPK yang digunakan lalu dapat dihitung kebutuhan bahan atau pekerja yang diperlukan dalam perencanaan. Setiap jenis pekerjaan memiliki volume yang berbeda-beda. Koefisien tiap bahan & pekerja dikali dengan volume pekerjaan yang sudah didapatkan sebelumnya sesuai unit pengolahan. Hasil perhitungan BOQ dapat dilihat dibawah ini yaitu pada tabel 5.22 sampai 5.26.

Contoh perhitungan:

1. Koefisien Semen PC 1 kg = 413
2. Volume Pekerjaan = 8,31 m<sup>3</sup>  
= Koefisien x Volume Pekerjaan  
= 413 x 8,31 m<sup>3</sup>  
= 3433,06 kg



Tabel 5.22 BOQ Bak Ekualisasi

<b>Bak Ekualisasi</b>				
<b>Volume Pekerjaan</b>	<b>Bahan &amp; Pekerja</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>
<b>Kebutuhan Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
6,25	Pekerja	0,1	0,63	orang.hari
	Mandor	0,05	0,31	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Penggalian Tanah</b>				
20,31	Pekerja	0,75	15,23	orang.hari
	Mandor	0,025	0,51	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Pembuangan Tanah Sisa</b>				
20,31	Pekerja	0,25	5,08	orang.hari
	Sewa Truk 15 ton	0,25	5,08	jam
<b>Kebutuhan Pengurugan Tanah dengan Pematatan</b>				
1,88	Tanah Urug	1,2	2,25	m <sup>3</sup>
	Pekerja	0,3	0,56	orang.hari
	Mandor	0,01	0,02	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + bekisting)</b>				
8,31	Semen PC	413	3433,06	kg
	Pasir Beton	0,401	3,33	m <sup>3</sup>
	Batu Pecah	1021	8487,06	kg
	Baja Tulangan Ulir U32	10,5	87,28	kg
	Kawat Beton	0,15	1,25	kg
	Kayu Meranti Balok	0,002	0,02	m <sup>3</sup>
	Kayu Kamper Balok	0,019	0,16	m <sup>3</sup>
	Polywood Teball 9 mm	0,35	2,91	lembar
	Paku Usuk	0,3	2,49	kg
	Minyak Bekisitng	0,1	0,83	liter
	Mandor	0,083	0,69	orang.hari
	Kepala Tukang Besi	0,262	2,18	orang.hari
	Tukang Besi	0,07	0,58	orang.hari
	Tukang Batu	0,275	2,29	orang.hari
	Tukang Kayu	0,26	2,16	orang.hari
Pekerja	1,65	13,72	orang.hari	

Tabel 5.23 BOQ ABR

<b>ABR</b>				
<b>Volume Pekerjaan</b>	<b>Bahan &amp; Pekerja</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>
<b>Kebutuhan Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
52,70	Pekerja	0,1	5,27	orang.hari
	Mandor	0,05	2,64	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Penggalan Tanah</b>				
168,64	Pekerja	0,75	126,48	orang.hari
	Mandor	0,025	4,22	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Pembuangan Tanah Sisa</b>				
168,64	Pekerja	0,25	42,16	orang.hari
	Sewa Truk 15 ton	0,25	42,16	jam
<b>Kebutuhan Pengurugan Tanah dengan Pematatan</b>				
15,81	Tanah Urug	1,2	18,97	m <sup>3</sup>
	Pekerja	0,3	4,74	orang.hari
	Mandor	0,01	0,16	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerjaan Dinding Beton Bertulang</b>				
21,77	Semen PC	413	8991,01	kg
	Pasir Beton	0,401	8,73	m <sup>3</sup>
	Batu Pecah	1021	22227,17	kg
	Baja Tulangan Ulir U32	10,5	228,59	kg
	Kawat Beton	0,15	3,27	kg
	Kayu Meranti Balok	0,002	0,04	m <sup>3</sup>
	Kayu Kamper Balok	0,019	0,41	m <sup>3</sup>
	Polywood Teball 9 mm	0,35	7,62	lembar
	Paku Usuk	0,3	6,53	kg
	Minyak Bekisitng	0,1	2,18	liter
	Mandor	0,083	1,81	orang.hari
	Kepala Tukang Besi	0,262	5,70	orang.hari
	Tukang Besi	0,07	1,52	orang.hari
	Tukang Batu	0,275	5,99	orang.hari
	Tukang Kayu	0,26	5,66	orang.hari
Pekerja	1,65	35,92	orang.hari	

Tabel 5.24 BOQ MBBR

<b>MBBR</b>				
<b>Volume Pekerjaan</b>	<b>Bahan &amp; Pekerja</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>
<b>Kebutuhan Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
1,96	Pekerja	0,1	0,20	orang.hari
	Mandor	0,05	0,10	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Penggalian Tanah</b>				
4,31	Pekerja	0,75	3,23	orang.hari
	Mandor	0,025	0,11	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Pembuangan Tanah Sisa</b>				
4,31	Pekerja	0,25	1,08	orang.hari
	Sewa Truk 15 ton	0,25	1,08	jam
<b>Kebutuhan Pengurugan Tanah dengan Pematatan</b>				
0,59	Tanah Urug	1,2	0,71	m <sup>3</sup>
	Pekerja	0,3	0,18	orang.hari
	Mandor	0,01	0,006	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerjaan Dinding Beton Bertulang</b>				
1,43	Semen PC	413	591,42	kg
	Pasir Beton	0,401	0,57	m <sup>3</sup>
	Batu Pecah	1021	1462,07	kg
	Baja Tulangan Ulir U32	10,5	15,04	kg
	Kawat Beton	0,15	0,21	kg
	Kayu Meranti Balok	0,002	0,003	m <sup>3</sup>
	Kayu Kamper Balok	0,019	0,03	m <sup>3</sup>
	Polywood Teball 9 mm	0,35	0,50	lembar
	Paku Usuk	0,3	0,43	kg
	Minyak Bekisitng	0,1	0,14	liter
	Mandor	0,083	0,12	orang.hari
	Kepala Tukang Besi	0,262	0,38	orang.hari
	Tukang Besi	0,07	0,10	orang.hari
	Tukang Batu	0,275	0,39	orang.hari
	Tukang Kayu	0,26	0,37	orang.hari
Pekerja	1,65	2,36	orang.hari	

Tabel 5.25 BOQ Bak Pengendap 2

<b>BP2</b>				
<b>Volume Pekerjaan</b>	<b>Bahan &amp; Pekerja</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>
<b>Kebutuhan Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
0,38	Pekerja	0,1	0,04	orang.hari
	Mandor	0,05	0,02	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Penggalan Tanah</b>				
1,09	Pekerja	0,75	0,82	orang.hari
	Mandor	0,025	0,03	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Pembuangan Tanah Sisa</b>				
1,09	Pekerja	0,25	0,27	orang.hari
	Sewa Truk 15 ton	0,25	0,27	jam
<b>Kebutuhan Pengurugan Tanah dengan Pematatan</b>				
0,11	Tanah Urug	1,2	0,14	m <sup>3</sup>
	Pekerja	0,3	0,03	orang.hari
	Mandor	0,01	0,001	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + bekisting)</b>				
0,52	Semen PC	413	214,04	kg
	Pasir Beton	0,401	0,21	m <sup>3</sup>
	Batu Pecah	1021	529,13	kg
	Baja Tulangan Ulir U32	10,5	5,44	kg
	Kawat Beton	0,15	0,08	kg
	Kayu Meranti Balok	0,002	0,001	m <sup>3</sup>
	Kayu Kamper Balok	0,019	0,01	m <sup>3</sup>
	Polywood Teball 9 mm	0,35	0,18	lembar
	Paku Usuk	0,3	0,16	kg
	Minyak Bekisitng	0,1	0,05	liter
	Mandor	0,083	0,04	orang.hari
	Kepala Tukang Besi	0,262	0,14	orang.hari
	Tukang Besi	0,07	0,04	orang.hari
	Tukang Batu	0,275	0,14	orang.hari
	Tukang Kayu	0,26	0,13	orang.hari
Pekerja	1,65	0,86	orang.hari	

**Tabel 5.26 BOQ Bak Penampung Lumpur**

<b>Bak Penampung Lumpur</b>				
<b>Volume Pekerjaan</b>	<b>Bahan &amp; Pekerja</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>
<b>Kebutuhan Pembesihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>				
2,56	Pekerja	0,1	0,26	orang.hari
	Mandor	0,05	0,13	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Penggalian Tanah</b>				
6,80	Pekerja	0,75	5,10	orang.hari
	Mandor	0,025	0,17	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerja Pembuangan Tanah Sisa</b>				
6,80	Pekerja	0,25	1,70	orang.hari
	Sewa Truk 15 ton	0,25	1,70	jam
<b>Kebutuhan Pengurugan Tanah dengan Pematatan</b>				
2,04	Tanah Urug	1,2	2,45	m <sup>3</sup>
	Pekerja	0,3	0,61	orang.hari
	Mandor	0,01	0,020	orang.hari
<b>Kebutuhan Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + bekisting)</b>				
1,68	Semen PC	413	214,04	kg
	Pasir Beton	0,401	0,21	m <sup>3</sup>
	Batu Pecah	1021	529,13	kg
	Baja Tulangan Ulir U32	10,5	5,44	kg
	Kawat Beton	0,15	0,08	kg
	Kayu Meranti Balok	0,002	0,001	m <sup>3</sup>
	Kayu Kamper Balok	0,019	0,01	m <sup>3</sup>
	Polywood Teball 9 mm	0,35	0,18	lembar
	Paku Usuk	0,3	0,16	kg
	Minyak Bekisitng	0,1	0,05	liter
	Mandor	0,083	0,04	orang.hari
	Kepala Tukang Besi	0,262	0,14	orang.hari
	Tukang Besi	0,07	0,04	orang.hari
	Tukang Batu	0,275	0,14	orang.hari
	Tukang Kayu	0,26	0,13	orang.hari
Pekerja	1,65	0,86	orang.hari	

### 5.6.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari unit pengolahan didasarkan atas HSPK Kota Semarang Tahun 2022, Standar Satuan Harga Kota Surakarta tahun 2021 serta survei harga produk pasaran untuk alat pelengkap seperti diffuser, pompa, pipa dll. RAB IPAL dapat dilihat pada tabel 5.27.

Contoh Perhitungan: (RAB Mandor)

1. Kebutuhan Mandor = 12 orang.hari
2. Harga Satuan = Rp97.900,00
3. Total Harga = Kebutuhan x Harga Satuan  
= 12 orang x Rp97.900,00  
= Rp1.174.800,00

**Tabel 5.27 RAB IPAL**

<b>RAB</b>					
<b>No.</b>	<b>Bahan &amp; Pekerja</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Total Harga</b>
1	Mandor	12	orang.hari	Rp 97.900,00	Rp 1.174.800,00
2	Kepala Tukang Besi	9	orang.hari	Rp 93.500,00	Rp 841.500,00
3	Tukang Besi	3	orang.hari	Rp 88.000,00	Rp 264.000,00
4	Tukang Batu	9	orang.hari	Rp 88.000,00	Rp 792.000,00
5	Tukang Kayu	9	orang.hari	Rp 88.000,00	Rp 792.000,00
6	Pekerja	268	orang.hari	Rp 74.800,00	Rp 20.046.400,00
7	Pasir Urug	25	m <sup>3</sup>	Rp 180.000,00	Rp 4.500.000,00
8	Sewa Truk 20 ton	51	jam	Rp 630.338,00	Rp 32.147.238,00
9	Semen PC	13444	kg	Rp 1.440,00	Rp 19.359.360,00
10	Pasir Beton	14	m <sup>3</sup>	Rp 300.000,00	Rp 4.200.000,00
11	Batu Pecah	33235	kg	Rp 210,00	Rp 6.979.350,00
12	Besi Beton Polos Dia 6 mm	342	kg	Rp 15.331,00	Rp 5.243.202,00
13	Kawat Beton	5	kg	Rp 23.997,00	Rp 119.985,00
14	Kayu Meranti Bekisting	1,0	m <sup>3</sup>	Rp 6.908.400,00	Rp 6.908.400,00
15	Kayu Kamper Balok 3/4	1	m <sup>3</sup>	Rp 11.029.200,00	Rp 11.029.200,00
16	Plywood Tebal 9 mm	12	lembar	Rp 151.500,00	Rp 1.818.000,00
17	Paku Usuk	10	kg	Rp 17.372,00	Rp 173.720,00
18	Minyak Bekisitng	4	liter	Rp 10.800,00	Rp 43.200,00
19	Pompa Submersible	2	buah	Rp 6.940.000,00	Rp 13.880.000,00
20	Pipa PVC 3 mm	3	batang	Rp 90.825,00	Rp 272.475,00
21	Wedge Wire Screen	2	buah	Rp 1.000.000,00	Rp 2.000.000,00
22	Diffuser	4	buah	Rp 300.000,00	Rp 1.200.000,00
23	Pompa Lumpur	2	buah	Rp 3.400.000,00	Rp 6.800.000,00
24	Flow Meter	6	buah	Rp 990.000,00	Rp 5.940.000,00
25	Flow control valve	1	buah	Rp 1.000.000,00	Rp 1.000.000,00
26	Kaldness K3 biofilm	1666	L	Rp 25.000,00	Rp 41.659.803,12

<b>RAB</b>	
<b>Biaya</b>	Rp 189.184.633,12
<b>PPN (10%)</b>	Rp 18.918.463,31
<b>Biaya Total</b>	<b>Rp 208.103.096,43</b>



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

1. Hasil Laboratorium menunjukkan kualitas air limbah yaitu pH 3,84, Suhu 36,7 C, BOD 197.496 mg/L , COD 304.000 mg/L, TSS 3.630 mg/L, Sulfida 0,119 mg/L. Teknologi yang digunakan untuk pengolahan air limbah adalah Bak Ekualisasi, , Anaerobic Baffled Reactor, Moving Bed Bioreactor, dan Bak Pengendap 2.
2. Berdasarkan DED diperoleh dimensi bangunan IPAL antara lain: Bak Ekualisasi (2 x 2 x 3 m), ABR (15,3 x 1,5 x 3 m), MBBR (1,2 x 1,2 x 2 m), BP 2 (0,85 x 0,45 x 1,5). Hasil pengolahan air limbah menghasilkan nilai COD 193 mg/L, BOD 84 mg/L, dan TSS 74 mg/L.
3. Luas lahan yang diperlukan untuk pembangunan IPAL adalah sebesar 246 m<sup>2</sup> dan biaya investasi sebesar Rp208.103.096,00.

#### **6.2 Saran**

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik lumpur yang dihasilkan agar diketahui manfaat dari lumpur tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2009). IKP 7.2.4. Uji Sulfida. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2009). SNI 6989.11:2019. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) menggunakan pH Meter. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2009). SNI 6989.2:2019. Analisa COD Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2009). SNI 6989.3:2019. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids/TSS) Secara Gravimetri. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2009). SNI 6989.72:2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD). Jakarta.
- Benerjee S. and Biswas G.K. (2004). *Studies on Biomethanation of Distillery wastes and its mathematical analysis*. Chem. Eng. J., 102, 193-201. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2004.05.006>.
- Boopathy, R. and Tilche, A. (1991). *Anaerobic Digestion of High Strength Molasses Wastewater Using Hybrid Anaerobic Baffled Reactor*. Water Res. 25. 251-790. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(91\)90157-L](https://doi.org/10.1016/0043-1354(91)90157-L).
- Chandra R., and Pandey P.K. (2000). *Decolourization of anaerobically treated distillery effluent by activated charcoal adsorption method*. Indian Journal of Environmental Protection. 21, 134-137.
- Dahiya J., Singh D. and Kawasaki J. (1997). *Decolourization of Molasses Wastewater by Cells of Pseudomonas Fluorescens Immobilized on Porous Cellulose Carrier*. Bioresour. Technol., 78, 111-114. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00163-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00163-2).
- Fernandez Polanco, F., Fernandez Polanco M., Fernandez N., Uruena, M.A., Garcia, P.A. and Villaverde, S. (2001). *New Process for Simultaneous Removal of Nitrogen and Sulphur under anaerobic conditions*. Water Research. Vol. 35, pp. 1261-1266. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00474-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00474-7).
- Gladchenko M., Starostina E., Shcherbakov S., Versprille B. and Kalzyuznyi S. (2004). *Combined Biological and Physico-chemical Treatment of Baker's Yeast Wastewater Including removal of coloured and recalcitrant to Biodegradation Pollutants*. Water Sci. Technol., 50, 67-72.
- Harada H., Uemura S., Chen A.C., and Jayadevan J. (1996). *Anaerobic Treatment of a Recalcitrant distillery wastewater by a thermophilic UASB reactor*. Biore. Technol., 55, 215-221. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00003-X](https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00003-X).
- Jalgaonkar, A.D. (1995). *Power Generation Based on Distillery Spentwash* in Khanna, S. Mohan, K. (Eds): Wealth From Waste, Tata Energy Research Institute, New Delhi, pp.245-252.
- Kalzyuznyi S., Gladchenko M., Starostina E., Shcherbakov S. and Versprille B. (2005). *Integrated Biological (anaerobic aerobic) and physicochemical treatment of Baker Yeast Wastewater*. Water Sci. Technol. 52, 273-280.
- Kobyaa, M & Gengeob, E. (2012). *Decolourization of Melanoidins by a electrocoagulation process using aluminium electrodes*. Environmental Technology. Pp 1-10. <https://doi.org/10.1080/09593330.2012.671371>.
- Kumar V., Wati L., Fitz Gibbon F.J., Nigam S., Pande S., Pathe P.P. and Kaul S.N. (2003). *Bioremediation and Decolourization of Anaerobically Digested Distillery Spentwash*. Biotechnol. Lett., 19, 311-313. DOI: 10.5772/56252.
- Lalov I.G., Guerginov I.I., Krysteva A. and Fartsov K. (2000). *Treatment of wastewater from distilleries with chitosan*. Water Research. 34. 1503 – 1506. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00291-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00291-2).

- Migo V.P., Matsumara M., Rosario E.D.J and Kataoka H. (1993). *Decolourization of molasses wastewater using an inorganic flocculant*. J. Ferment Bioeng. 75, 438-442. [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(93\)90092-M](https://doi.org/10.1016/0922-338X(93)90092-M).
- Pathede, G.R. (2003). *A review of current technologies for distillery wastewater treatment.*, ABD Publisher. India. <https://doi.org/10.1080/00986445.2014.1002560>.
- Piyush, M. Maurya and Patil, Suhas V. (2018). *A Review on treatment of Distillery Wastewater by Physicochemical Approaches*. International Journal of Research Studies in Science. Volume 5. Issue 9, PP 36-44. ISSN : 2349-476X.
- Satyawali, Y. dan Balakrishnan, M. (2007). *Removal of Color from Biomethanation Distillery Spentwash by Treatment with Activated Carbon*. Bioresource Technology, Vol. 98. pp. 2629-2635. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.016>.
- Schth, Ferdi; Sing, Kenneth S. W.; Weitkamp, Jens (2002). *Handbook of Porous Solids // Adsorption in Water and Wastewater Treatments.*, 10.1002/9783527618286(), 2746–2803. doi:10.1002/9783527618286.ch36
- Sekar D and Murthy D.V.S. (1998). *Color Removal of distillery spentwash by adsorption technique*. Indian Chemical Engineer, Section A. 40, 176-181.
- Wiegant W.M., Claassen J.A., and Lettinga G. (1985). *Thermophilic Anaerobic Digestion of High Strength Wastewaters*. Biotechnology and Bioengineering. 27, 1374-1381. <https://doi.org/10.1002/bit.260270915>.

## LAMPIRAN

### A. Form Asistensi FTA-0



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

### KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

**Nama** : Pandu Wijaya  
**NRP** : 03211840000116  
**Judul** : *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol  
Rumah di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo*




No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	9 September 2021	Asistensi mengenai perencanaan SPAL dan IPAL	<i>An</i>
2	20 November 2021	Asistensi mengenai pengambilan data	<i>An</i>
3	29 November 2021	Asistensi mengenai pengujian data di laboratorium dan parameter ujinya	<i>An</i>
4	24 Januari 2022	Asistensi mengenai pengambilan sampel di lapangan	<i>An</i>
5	14 Februari 2022	Asistensi mengenai cara/metode pemilihan Alternatif Pengolahan	<i>An</i>
6	25 Februari 2022	Asistensi mengenai alternatif IPAL terpilih	<i>An</i>
7	08 April 2022	Asistensi mengenai perhitungan DED IPAL	<i>An</i>
8	21 Juni 2022	Asistensi mengenai revisi seminar progress	<i>An</i>

Surabaya, 23 Juni 2022  
Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## B. Form Saran Ujian Lisan

	<b>PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS</b> Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387
<b>UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR</b> Periode: Genap 2021/2022	Kode/SKS : RE184804 (0/6/0) No. Revisi: 01
<b>FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02</b> <b>Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing</b> <b>Ujian Tugas Akhir</b>	
<b>Hari, tanggal</b> : Kamis, 7 Juli 2022	<b>Nilai TOEFL</b> 523
<b>Pukul</b> : 11:45 - 13:00	
<b>Lokasi</b> : TL-101	
<b>Judul</b> : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol Rumahan di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo	
<b>Nama</b> : Pandu Wijaya	<b>Tanda Tangan</b>
<b>NRP.</b> : 03211840000116	
<b>Topik</b> : Perencanaan	
<b>No./Hal.</b>	<b>Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir</b>
1.	Cek nilai BOD & COD dari literatur
2.	Cek desain atau diubah debitnya
3.	Gambar diperbaiki
<i>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</i>	
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	
Alfan Purnomo, S.T., M.T.	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022  
Pukul : 11:45 - 13:00  
Lokasi : TL-101  
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol Rumahan di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo  
Nama : Pandu Wijaya  
NRP. : 03211840000116  
Topik : Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Penulisan: sumbu di daftar isi, tabel all & deskripsi dng huruf: pada penulisan & lain.
2.	Kata "Rumah" dpt diganti dng "home industri". industri skala rumah tangga.
3.	Gambar DRAIN ABR: Baffle diganti dng pipa.
4.	Unit Bass Pengendap & gambar unit pengambilan lumpur & benak
5.	hal 63. bat 804. Posist Blower dan pipa udara Bekonang.
6.	cek karakteristik air limbah logi, unit memastikan konsentrasi BOD & COD.
7.	Perhitungan <sup>desain</sup> logi

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Agus Slamet, MSc.  
Dosen Pembimbing Alfan Purnomo, S.T., M.T.

( )

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2021/2022


Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022  
Pukul : 11:45 - 13:00  
Lokasi : TL-101  
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol Rumahan di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo  
Nama : Pandu Wijaya  
NRP. : 03211840000116  
Topik : Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Check <del>Fit</del> unit pengolahan
2.	Hal 16 & 46, 19. <sup>207/mD.</sup>
3.	Perbaiki layout & belingrapannya
4.	Perbaiki <del>ke</del> profil hidroliki

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD. (  )

Dosen Pembimbing Alfan Purnomo, S.T., M.T. ( )

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022  
Pukul : 11:45 - 13:00  
Lokasi : TL-101  
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol Rumahan di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo  
Nama : Pandu Wijaya  
NRP. : 0321184000116  
Topik : Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Abstrak $\rightarrow$ sesuaikan dgn aturan penulisan ilmiah ! tabel $\rightarrow$ tihantar penulisan
2.	Sehup unit yg sdh di renc. diskt. $\rightarrow$ diperbaiki.
3.	semua gb. unit yg telah direnc. digambar ulang !! Skala diperkecil $\rightarrow$ sly gb lebih besar. angle

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

(  )

Dosen Pembimbing Alfan Purnomo, S.T., M.T.

( )

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



“Halaman ini sengaja dikosongkan”





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Hasil Uji di Lab. Teknik Lingkungan ITS untuk pengecekan rasio BOD COD



**LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886 FAX. (031)5938387**

**DATA ANALISA CUPLIKAN**

Pengirim : Sdr. Pandu Wijaya  
Dikirim Tanggal : 15 Juli 2022  
Sample : Air Limbah Destailasi Alkohol

Kode Sampel	COD (mg/L O <sub>2</sub> )	BOD (mg/L O <sub>2</sub> )
Air Sumur	304.000,00	197.496,00
Metoda Analisis	Refluks	Winkler

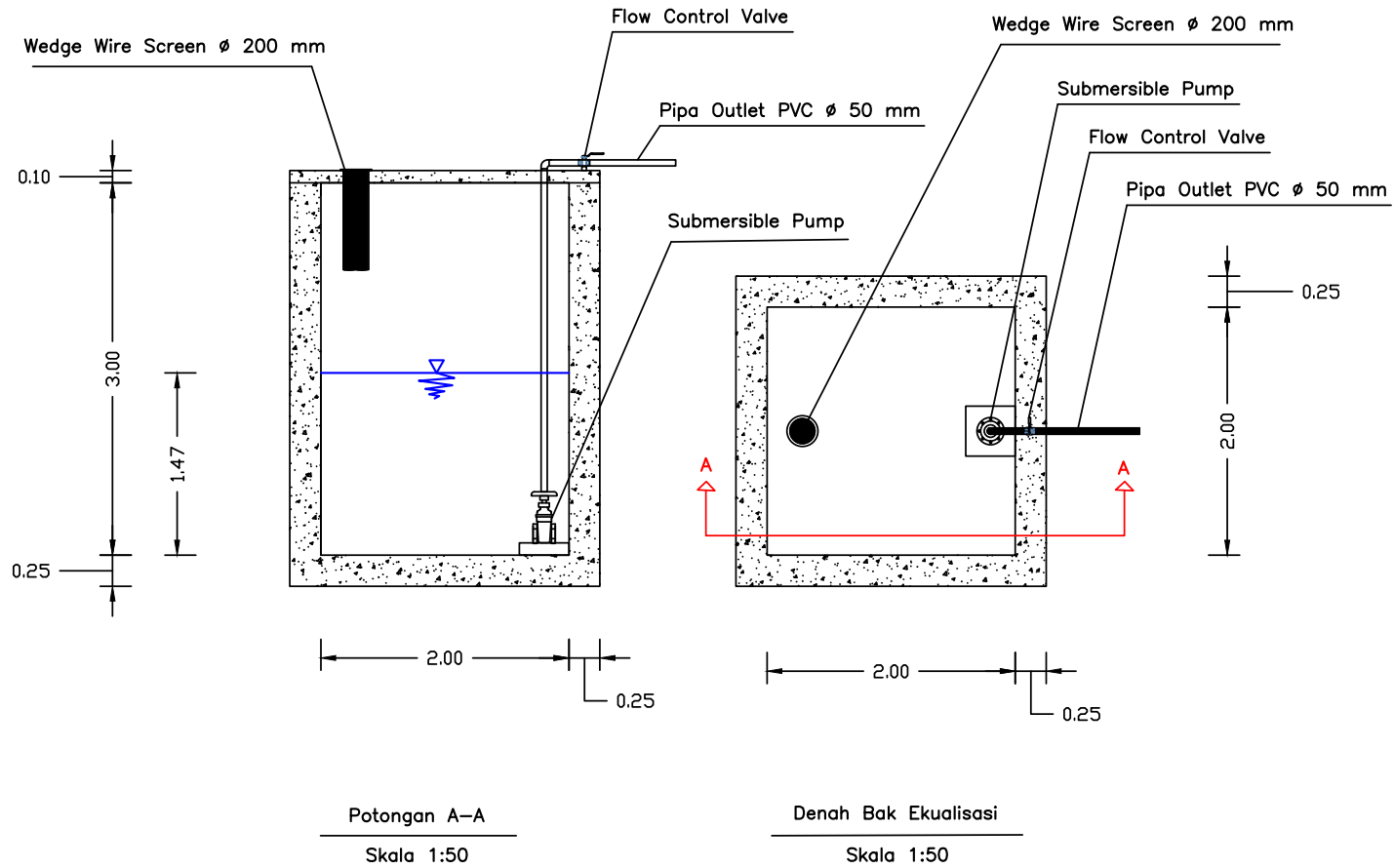
Surabaya, 21 Juli 2022  
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan  
Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS

Catatan :  
Laporan ini dibuat untuk cuplikan yang  
diterima laboratorium kami

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT  
NIP. 196505081993031001

**D. Detail Engineering Design (DED)**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
03211840000116



Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Bak Ekualisasi

Legenda

-  Beton Bertulang
-  Muka Air

No. Gambar	Skala
1	1:50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
0321184000116

Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Anaerobic Baffled Reactor

Legenda

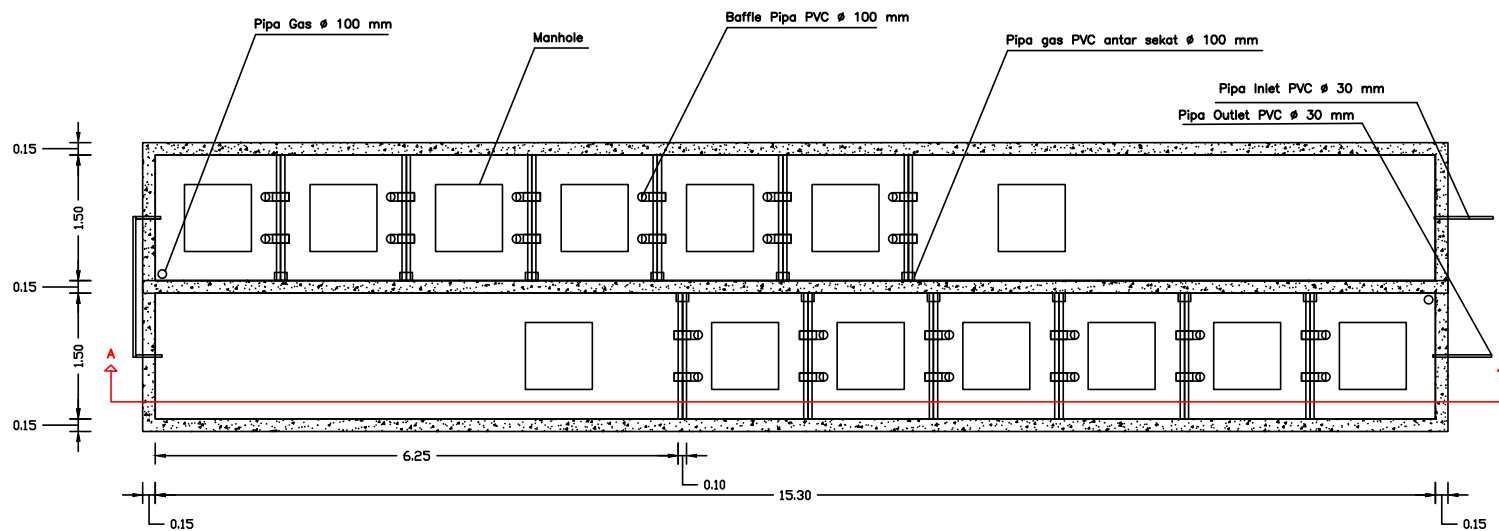
- Beton Bertulang
- Muka Air

No. Gambar

Skala

2

1:70



Denah ABR  
Skala 1:70

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
03211840000116

Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Anaerobic Baffled Reactor

Legenda

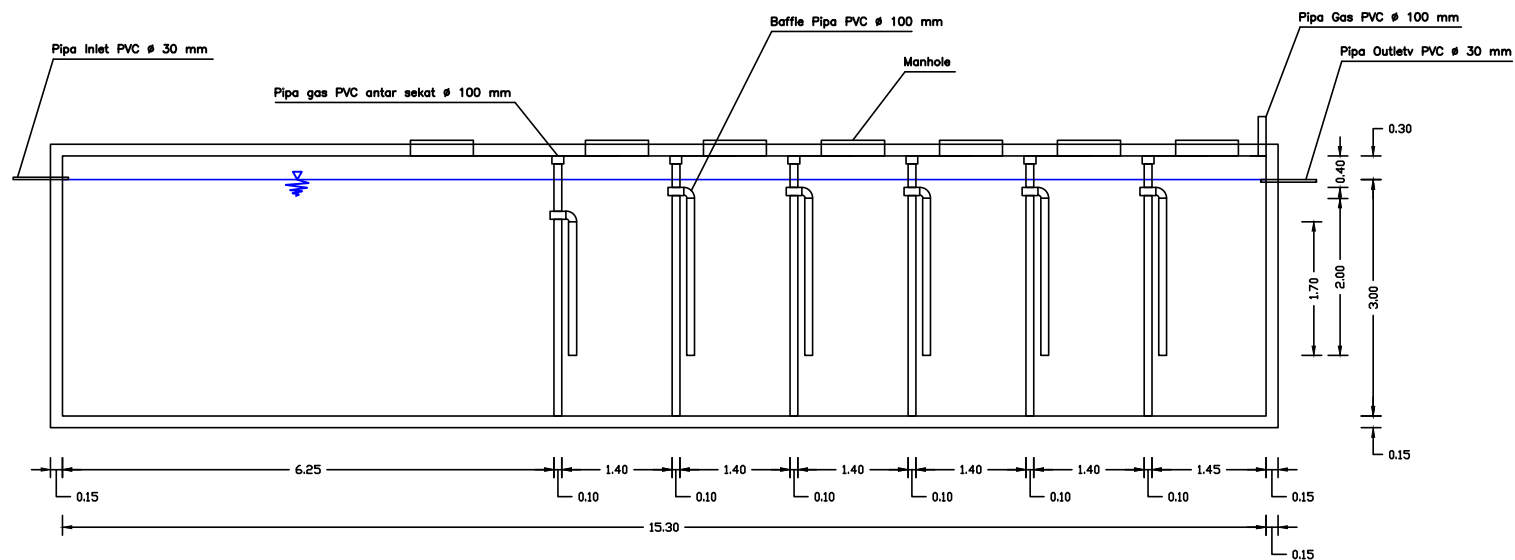
- Beton Bertulang
- Muka Air

No. Gambar

Skala

3

1:80



Potongan A-A  
Skala 1:80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
0321184000116



Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Moving Bed Bioreactor

Legenda

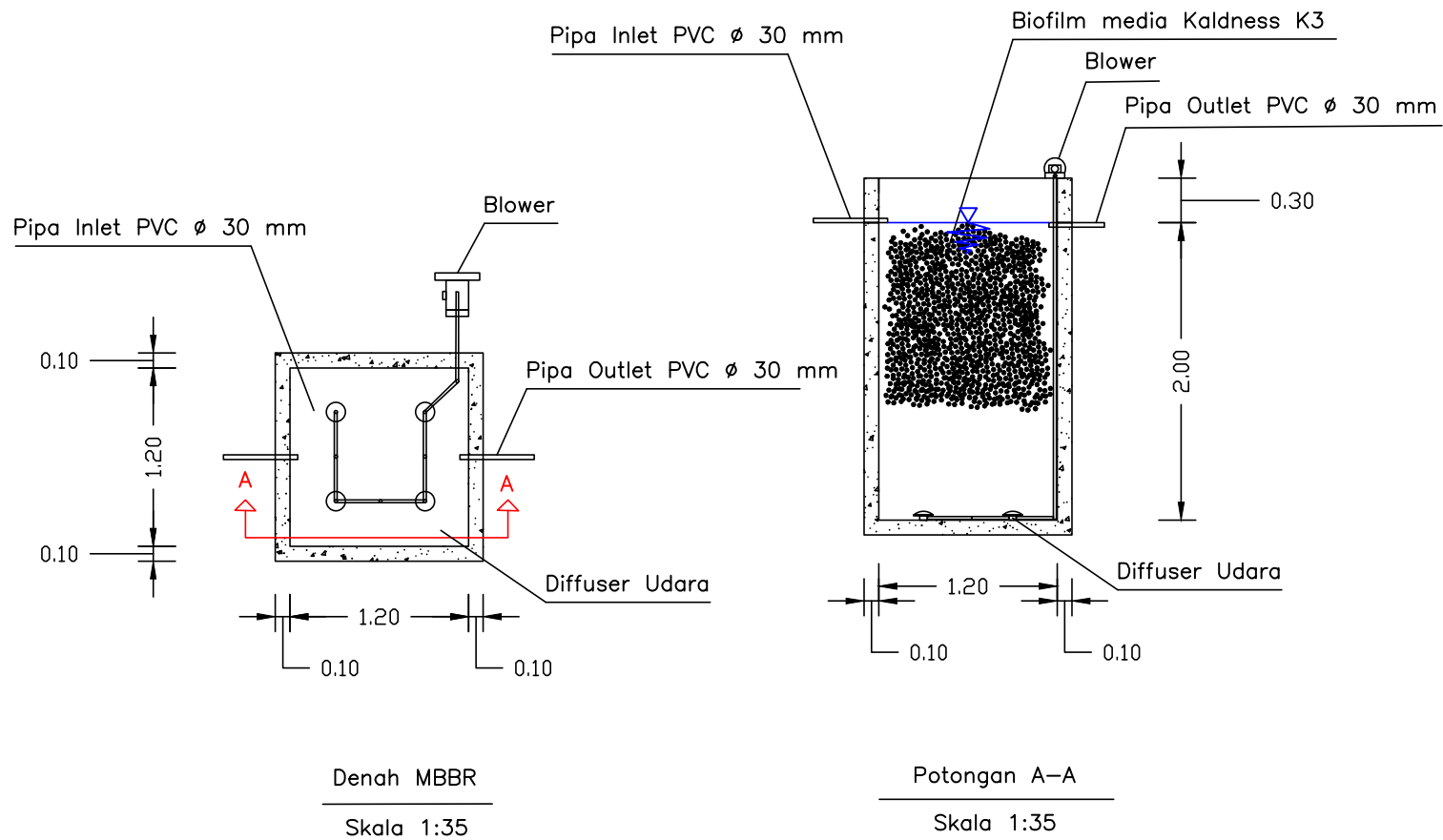
-  Beton Bertulang
-  Tanah
-  Muka Air

No. Gambar

Skala

4

1:35



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
03211840000116



Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

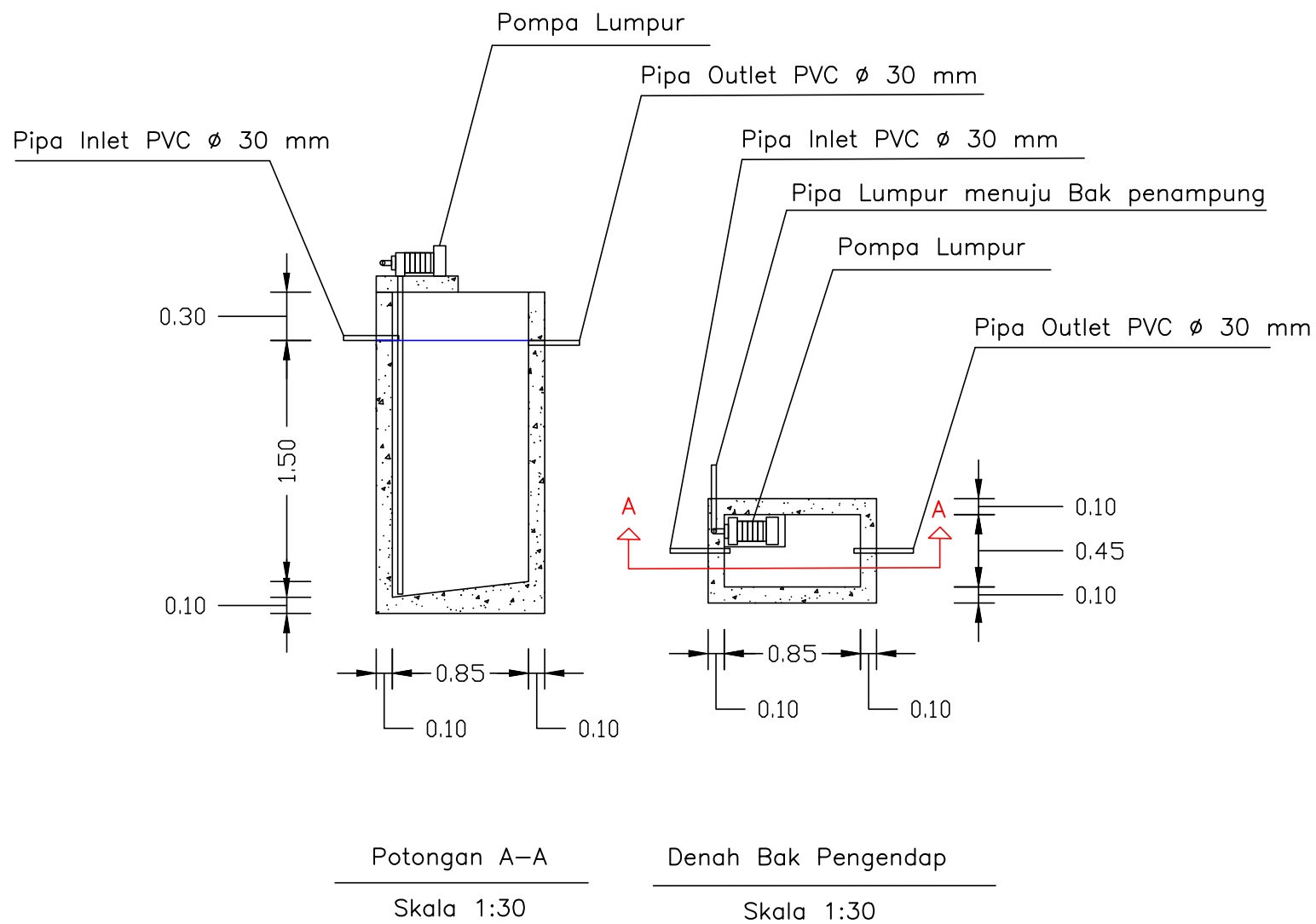
Judul Gambar

Bak Pengendap 2

Legenda

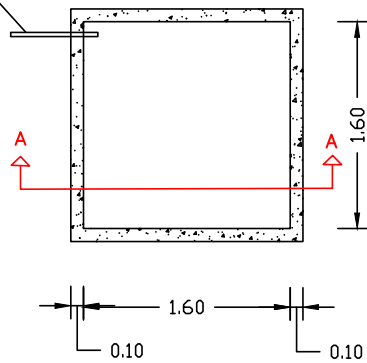
-  Beton Bertulang
-  Muka Air

No. Gambar	Skala
5	1:30



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

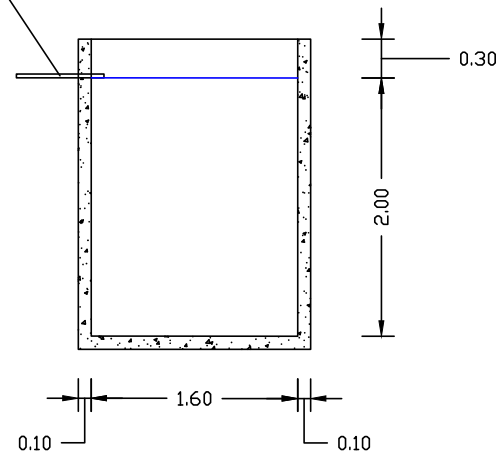
Pipa Inlet PVC  $\varnothing$  30 mm



Denah Bak Penampung Lumpur

Skala 1:45

Pipa Inlet PVC  $\varnothing$  30 mm



Potongan A-A

Skala 1:45



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
03211840000116



Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Bak Penampung Lumpur

Legenda

-  Beton Bertulang
-  Muka Air

No. Gambar

Skala

6

1:45

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
 Fakultas Teknik Sipil  
 Perencanaan dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh  
 Nopember Kota Surabaya  
 Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
 0321184000116




Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
 NIP. 19830304 200604 1 002

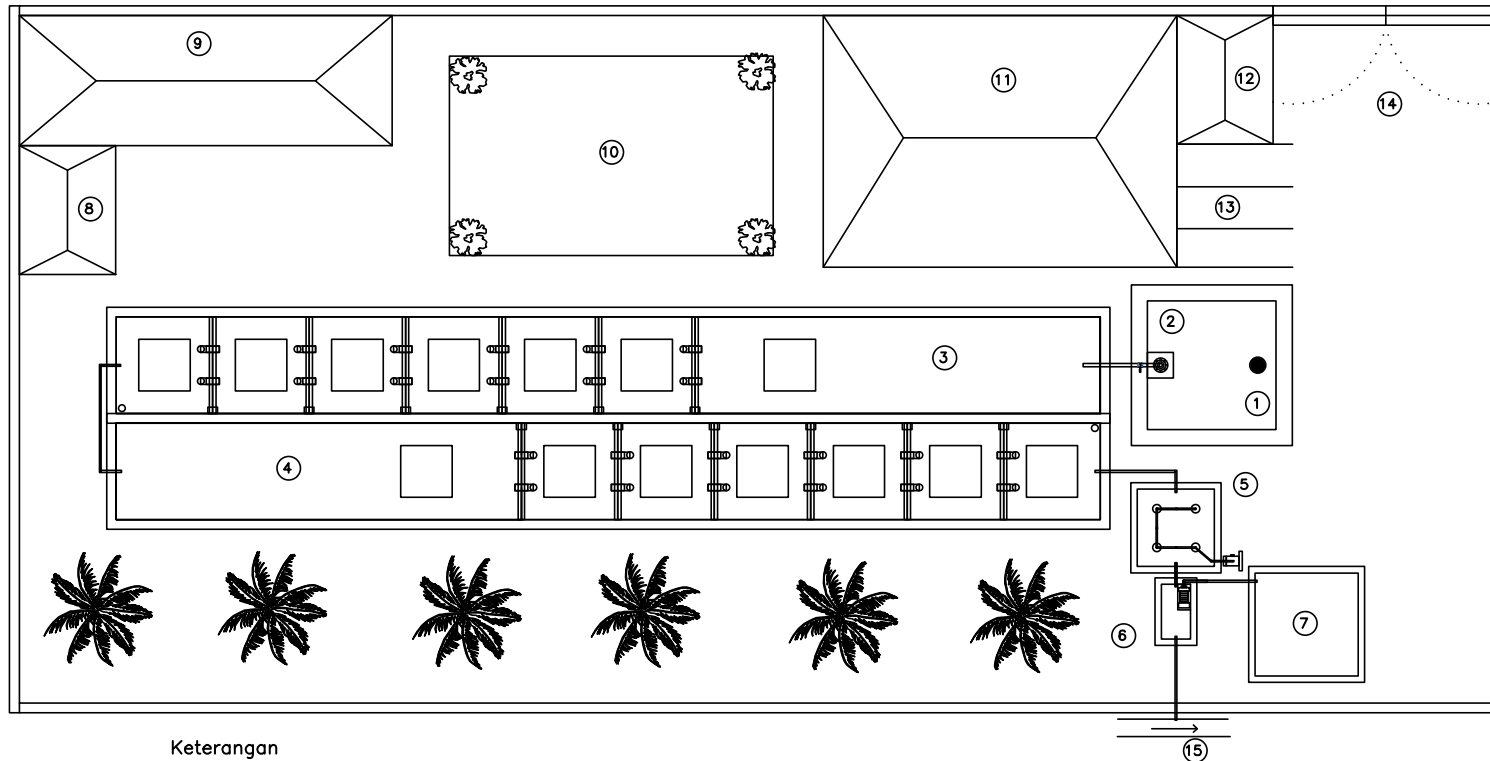
Judul Gambar

Denah IPAL

Legenda

-  Beton Bertulang
-  Tanah
-  Muka Air

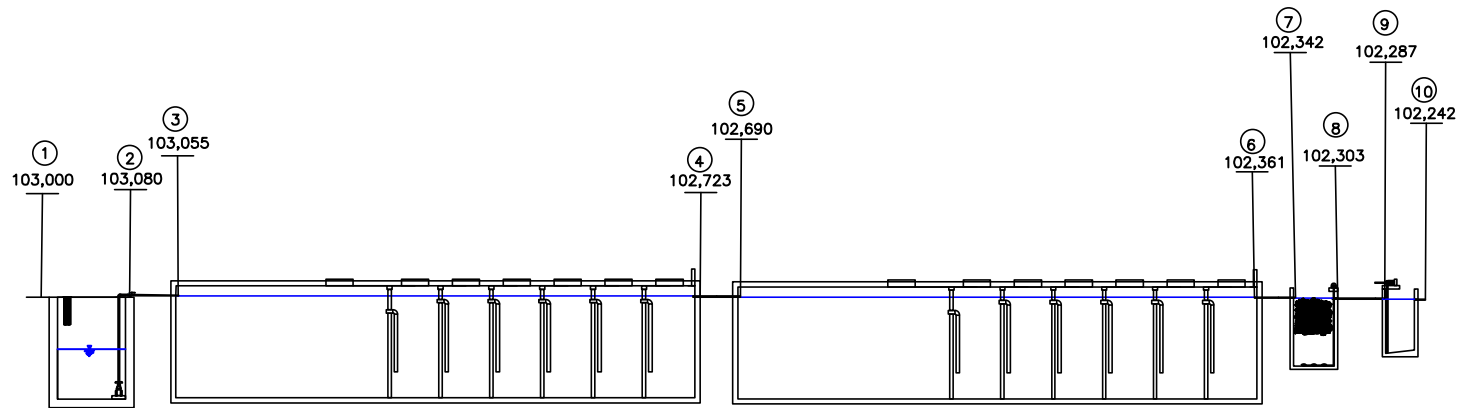
No. Gambar	Skala
7	1:90



Keterangan

1. Screen
2. Bak Ekualisasi
3. Anaerobic Baffled Reactor 1
4. Anaerobic Baffled Reactor 2
5. Moving Bed Bioreactor
6. Bak Pengendap 2
7. Bak Penampung Lumpur
8. Kamar Mandi
9. Gudang
10. Taman
11. Kantor
12. Pos Jaga
13. Tempat Parkir
14. Pintu Masuk dan Keluar
15. Efluen ke Badan Air

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Keterangan Profil Hidrolis

1. Muka Tanah
2. Efluen Bak Ekualisasi
3. Influen ABR 1
4. Efluen ABR 1
5. Influen ABR 2
6. Efluen ABR 2
7. Influen MBBR
8. Efluen MBBR
9. Influen Bak Pengendap 2
10. Efluen Bak Pengendap 2



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil  
Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember Kota Surabaya  
Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
0321184000116


Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Profil Hidrolis

Legenda

-  Beton Bertulang
-  Muka Air

No. Gambar	Skala
8	1:70

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN

Departemen Teknik Lingkungan  
 Fakultas Teknik Sipil  
 Perencanaan dan Kebumihan  
 Institut Teknologi Sepuluh  
 Nopember Kota Surabaya  
 Tahun 2022

Judul Tugas

Tugas Akhir

Mahasiswa

Pandu Wijaya  
 0321184000116

Dosen Pembimbing

Alfan Purnomo, S.T., M.T.  
 NIP. 19830304 200604 1 002

Judul Gambar

Lokasi Industri dan IPAL

Legenda

- Lokasi Industri
- Lokasi IPAL

No. Gambar	Skala
9	1:2500

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Pandu Wijaya. Lahir di Sukoharjo pada tanggal 19 Mei 2000, penulis merupakan anak bungsu dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 2 Weru, SMP Negeri 1 Sukoharjo dan SMA Negeri 1 Sukoharjo. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 03211840000116.

Semasa kuliah penulis aktif di Forum Daerah Ikatan Keluarga Mahasiswa Sukoharjo di Surabaya sebagai Ketua Umum periode 2020-2021, staff Biro Desain di Jamaah Masjid Manarul Ilmi ITS periode 2019-2020. Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan dalam lingkup departemen, fakultas hingga institut. Berbagai pelatihan juga sering diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat menjadi literatur yang baik mengenai pengolahan air limbah industri. Penulis dapat dihubungi melalui email [panduwijaya.18032@mhs.its.ac.id](mailto:panduwijaya.18032@mhs.its.ac.id) atau [panduwijaya1111@gmail.com](mailto:panduwijaya1111@gmail.com).