

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI  
RUMAH MAKAN SINJAY KECAMATAN BURNEH KABUPATEN  
BANGKALAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada  
Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

Ridlo Nuraulya Sujarwo

NIM. H75218038

Dosen Pembimbing:

Arqowi Pribadi, M.Eng

Sulistiya Nengse, S.T, M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
2023**

## LEMBAR KEASLIAN TULISAN

### PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Ridlo Nuraulya Sujarwo  
NIM : H75218038  
FAK/PRODI : FST / Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2018

Dengan ini menyatakan bahwa tidak melakukan plagiasi dalam penulisan Tugas Akhir saya yang berjudul "PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI RUMAH MAKAN SINJAY KECAMATAN BURNEH KABUPATEN BANGKALAN" Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia diberikan sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Surabaya, 09 Januari 2023

Yang menyatakan,



(Ridlo Nuraulya Sujarwo)  
H75218038

## LEMBAR PERSETUJUAN

### LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dokumen Tugas Akhir oleh:

NAMA : RIDLO NURAULYA SUJARWO  
NIM : H75218038  
JUDUL : PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH (IPAL) DI RUMAH MAKAN SINJAY  
KECAMATAN BURNEH KABUPATEN  
BANGKALAN

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan,

Surabaya, 09 Januari 2023

Dosen Pembimbing I



Arqowi Prbadi, M.Eng  
NIP. 198701032014031001

Dosen Pembimbing II



Sulistya Nengse, MT  
NIP. 199010092020122019

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Nama : Ridlo Nuraulya Sujarwo  
NIM : H75218038  
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Makan  
Sinjay Kecamatan Burneh kabupaten Bangkalan

Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi  
Di Surabaya, 09 Januari 2023

Mengesahkan,  
Dewan Penguji,

Dosen Penguji I



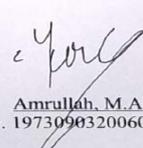
Arqowi Pribadi, M.Eng  
NIP. 198701032014031001

Dosen Penguji II



Sulistiya Nengse, M.T  
NIP. 199010092020122019

Dosen Penguji III



Amrullah, M.Ag  
NIP. 197309032006041001

Dosen Penguji IV



Teguh Taruna Utama, M.T  
NUP : 201603319

Mengetahui,  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Jember  
Surabaya



Sacnul Hamdani, M.Pd.  
NIP. 196507312000031002

## LEMBAR PUBLIKASI



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : RIDLO NURAULYA SUJARWO  
NIM : H75218038  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : ridlons19@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)  
yang berjudul :

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI RUMAH  
MAKAN SINJAY**

**KECAMATAN BURNEH**

**KABUPATEN BANGKALAN**

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 09 Januari 2023

Penulis

(RIDLO NURAULYA SUJARWO)

## **ABSTRAK**

### **PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DI RUMAH MAKAN SINJAY KECAMATAN BURNEH KABUPATEN BANGKALAN**

Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia maka banyak orang yang mempersingkat waktunya dengan memesan makanan cepat saji. Banyak pengusaha yang melirik usaha restoran/rumah makan (misalnya restoran, pujasera, kafe/depot makanan). Dengan bertambah pesatnya usaha restoran/rumah makan ini, maka dapat dipastikan air limbah yang dihasilkan akan menjadi suatu permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian. Rumah makan bebek Sinjay berdiri sejak tahun 2003, pada awalnya Bebek Sinjay hanyalah warung makan pinggir jalan yang dimiliki oleh Hj. Muslihah. Dalam sehari warung ini bisa menjual 700-800 ekor bebek. Sumber utama air limbah rumah makan Sinjay berasal dari pencucian peralatan, air buangan dan sisa makanan yang tidak habis disantap pengunjung seperti lemak, nasi dan lain-lain. Jumlah pengunjung di rumah makan Sinjay sebanyak 3000 pada hari kerja, dan 10.000 pengunjung pada hari libur. Ramainya pengunjung dapat mempengaruhi timbulan air limbah yang dihasilkan. salah satu rumah makan di Bangkalan yang belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah rumah makan SINJAY. Air limbah dari rumah makan tersebut dibuang langsung menuju badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, maka dilakukanlah perencanaan berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Anaerob-Aerob, dengan perhitungan air limbah yang masuk adalah sebesar 48,00 m<sup>3</sup>/hari. Pengolahan air limbah dengan Biofilter Anaerob-Aerob mampu menurunkan BOD hingga 95% dan juga kadar COD hingga 90%.

Kata kunci: Air Limbah Domestik, Biofilter Anaerob-Aerob, Rumah makan

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **ABSTRACT**

### **WASTE WATER TREATMENT INSTALLATION PLANNING (WWTP) AT SINJAY RESTAURANT BURNEH DISTRICT, BANGKALAN REGENCY**

Along with the increase in human activity, many people shorten their time by ordering fast food. Many entrepreneurs are eyeing the restaurant/restaurant business (eg restaurants, food courts, cafes/food depots). With the rapid growth of this restaurant/restaurant business, it is certain that the resulting wastewater will become a problem that needs attention. The Sinjay duck restaurant was established in 2003. Initially, Bebek Sinjay was just a roadside food stall owned by Hj. Muslihah. In a day this stall can sell 700-800 ducks. The main source of waste water for the Sinjay restaurant comes from washing equipment, waste water and leftover food that is not eaten by visitors such as fat, rice and others. The number of visitors at the Sinjay restaurant is 3,000 on weekdays, and 10,000 visitors on holidays. The large number of visitors has the potential to affect the generation of domestic wastewater produced. one of the restaurants in Bangkalan that does not yet have a Wastewater Treatment Plant (WWTP) is the SINJAY restaurant. Wastewater from the restaurant is discharged directly into a body of water without any prior treatment, so a plan is made in the form of an Anaerobic-Aerob Biofilter Wastewater Treatment Plant (IPAL), with the calculation of incoming wastewater amounting to 48.00 m<sup>3</sup>/day. Waste water treatment with Anaerob-Aerob Biofilter can reduce BOD up to 95% and also COD levels up to 90%.

Keywords: Domestic Wastewater, Anaerobic-Aerobic Biofilter, Restaurant

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR .....	3
BAB I PENDAHULUAN.....	4
1.1 Latar Belakang .....	4
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Air Limbah .....	8
2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	8
2.2.1 Karakteristik Fisika .....	8
2.2.2 Karakteristik Kimia.....	10
2.2.3 Karakteristik Biologi.....	11
2.3 Kuantitas Air Limbah Domestik .....	12
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	12
2.5 Pertimbangan Perencanaan IPAL Domestik .....	13
2.6 Metode Pengolahan Air Limbah Domestik.....	13
2.7 Unit Pengolahan Air Limbah.....	15
2.7.1 Pengolahan Primer .....	15
2.7.2 Pengolahan Sekunder .....	15
2.7.3 Pengolahan Lanjutan.....	16
2.8 Integrasi Keislaman .....	16
2.9 Penelitian Pendahuluan .....	17
BAB III METODE PENELITIAN .....	21
3.1 Umum.....	21
3.2 Kerangka Pikir Perencanaan .....	21

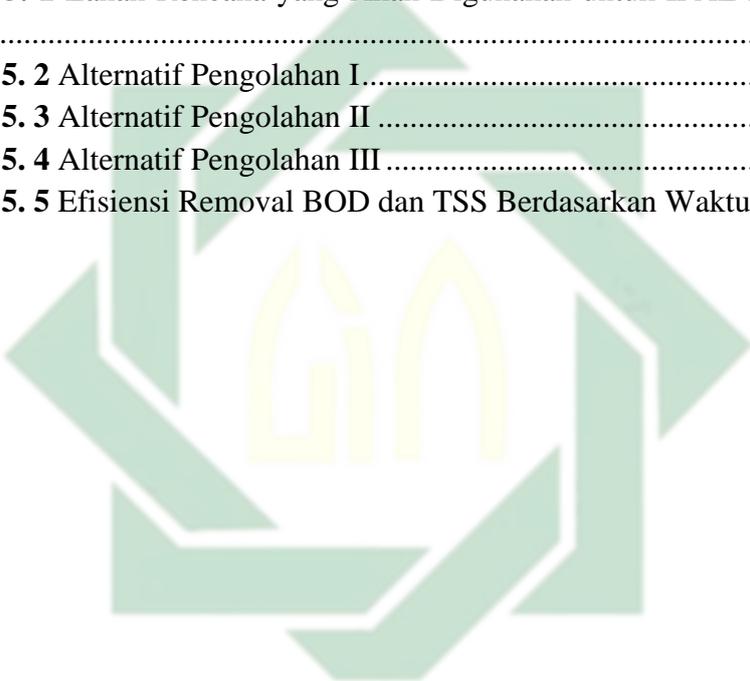
3.3	Lokasi Perencanaan .....	21
3.4	Waktu Perencanaan .....	23
3.5	Tahap Persiapan .....	23
3.6	Tahap Pelaksanaan .....	23
3.7	Metode Analisis dan Pengolahan Data.....	28
<b>BAB IV</b>	<b>GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN .....</b>	<b>31</b>
4.1	Sejarah Singkat Rumah Makan Bebek Sinjay.....	31
4.2	Kondisi Eksisting Rumah Makan Sinjay.....	32
4.3	Aktivitas di Rumah Makan Sinjay .....	34
4.4	Sumber Air Limbah di Rumah Makan Sinjay .....	34
4.5	Kondisi Eksisting Pengolahan Air Limbah di Rumah Makan Sinjay ....	34
<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
5.1	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik .....	37
5.2	Kuantitas Air Limbah Domestik .....	38
5.3	Kualitas Air Limbah Domestik .....	39
5.4	Pemilihan Alternatif Pengolahan.....	41
5.5	Perhitungan Efisiensi Removal .....	86
5.6	Perhitungan Profil Hidrolisis.....	103
5.7	Perhitungan BOQ dan RAB .....	115
5.8	Standart Operating Procedure .....	119
5.8.1	Pengoperasian IPAL .....	119
5.8.2	Pemeliharaan IPAL.....	121
5.8.3	Pemberhentian Operasional IPAL .....	123
<b>BAB VI</b>	<b>Kesimpulan Dan Saran .....</b>	<b>124</b>
6.1	Kesimpulan.....	124
6.2	Saran.....	124

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	12
<b>Tabel 2. 2</b> Jenis Kontaminan dan Teknologi Pengolahan Air Limbah .....	14
<b>Tabel 2. 3</b> Penelitian Terdahulu.....	17
<b>Tabel 3. 1</b> Data Primer.....	27
<b>Tabel 3. 2</b> Data Sekunder .....	28
<b>Tabel 5. 1</b> Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Limbah Domestik Rumah Makan Sinjay .....	40
<b>Tabel 5. 2</b> Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan I.....	42
<b>Tabel 5. 3</b> Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif I.....	46
<b>Tabel 5. 4</b> Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan II .....	48
<b>Tabel 5. 5</b> Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif II .....	51
<b>Tabel 5. 6</b> Kelebihan dan Kekurangan alternatif pengolahan III .....	53
<b>Tabel 5. 7</b> Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif III.....	57
<b>Tabel 5. 8</b> Hasil Removal Alternatif I, II dan III.....	58
<b>Tabel 5. 9</b> Kelebihan dan Kekurangan Alternatif I, II dan III.....	58
<b>Tabel 5. 10</b> Data Perencanaan Unit Grease Trap .....	60
<b>Tabel 5. 11</b> Rekap Desain Unit Grease Trap.....	64
<b>Tabel 5. 12</b> Rekap Desain Unit Bak Ekualisasi.....	66
<b>Tabel 5. 13</b> Data Perencanaan Unit Bak Pengendap Awal .....	67
<b>Tabel 5. 14</b> Rekap Dimensi Unit Bak Pengendap Awal .....	70
<b>Tabel 5. 15</b> Data Perencanaan Unit Biofilter Anaerob.....	71
<b>Tabel 5. 16</b> Rekap Dimensi Unit Biofilter Anaerob.....	75
<b>Tabel 5. 17</b> Data Perencanaan Unit Biofilter Aerob.....	76
<b>Tabel 5. 18</b> Rekap Dimensi Unit Biofilter Aerob.....	81
<b>Tabel 5. 19</b> Data Perencanaan Unit Bak Pengendap Akhir.....	83
<b>Tabel 5. 20</b> Rekap Dimensi Unit Bak Pengendap Akhir.....	86
<b>Tabel 5. 21</b> Data Effluent Unit Grease Trap.....	88
<b>Tabel 5. 22</b> Data Effluent Unit Bak Pengendap Awal.....	92
<b>Tabel 5. 23</b> Data Effluent Unit Biofilter Anaerob .....	94
<b>Tabel 5. 24</b> Data Effluent Unit Biofilter Aerob.....	98
<b>Tabel 5. 25</b> Data Effluent Bak Pengendap Akhir .....	101
<b>Tabel 5. 26</b> Data Effluent Bak Desinfeksi .....	102
<b>Tabel 5. 27</b> Data Rencana Profil Hidrolisis Grease Trap .....	105
<b>Tabel 5. 28</b> Data Rencana Profil Hidrolisis Bak Ekualisasi .....	107
<b>Tabel 5. 29</b> Data Rencana Profil Hidrolisis Pengendap Awal.....	108
<b>Tabel 5. 30</b> Data Rencana Profil Hidrolisis Biofilter Anaerob.....	110
<b>Tabel 5. 31</b> Data Rencana Profil Hidrolisis Biofilter Aerob .....	112
<b>Tabel 5. 32</b> Data Rencana Profil Hidrolisis Bak Pengendap Akhir.....	114

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Perencanaan.....	22
<b>Gambar 3. 2</b> Denah Lokasi Rumah Makan Sinjay .....	26
<b>Gambar 4. 1</b> Menu Rumah Makan Sinjay .....	31
<b>Gambar 4. 2</b> Rumah Makan Bebek Sinjay: (a) Parkiran, (b) Pengunjung .....	32
<b>Gambar 4. 3</b> Toilet Pengunjung.....	32
<b>Gambar 4. 4</b> Bak Penampung <i>grey water</i> .....	33
<b>Gambar 4. 5</b> <i>Septic Tank</i> .....	33
<b>Gambar 5. 1</b> Lahan Rencana yang Akan Digunakan untuk IPAL Rumah Makan .....	37
<b>Gambar 5. 2</b> Alternatif Pengolahan I.....	41
<b>Gambar 5. 3</b> Alternatif Pengolahan II .....	47
<b>Gambar 5. 4</b> Alternatif Pengolahan III .....	53
<b>Gambar 5. 5</b> Efisiensi Removal BOD dan TSS Berdasarkan Waktu Tinggal.....	89



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia maka banyak orang yang mempersingkat waktunya dengan memesan makanan cepat saji. Banyak pengusaha yang melirik usaha restoran/rumah makan (misalnya restoran, pujasera, kafe/depot makanan). Usaha tersebut meningkat pesat karena memberikan keuntungan yang berlipat dibandingkan usaha lainnya.

Dengan bertambah pesatnya usaha restoran/rumah makan ini, maka dapat dipastikan air limbah yang dihasilkan akan menjadi suatu permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian (Laksmi, 2013). Sumber air limbah restoran/rumah makan umumnya dihasilkan dari kegiatan pencucian peralatan makanan, sisa makanan dan pencucian pengolahan makanan serta dari buangan lain yang bersumber dari kamar mandi dan kakus (Suhardjo, 2008). Aktivitas inilah merupakan bagian yang berkontribusi dalam menimbulkan pencemaran lingkungan.

Dari hasil survey yang didapatkan, salah satu rumah makan di Bangkalan yang belum memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah rumah makan SINJAY. Air limbah dari rumah makan tersebut dibuang langsung menuju badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, sehingga berpotensi melebihi baku mutu yang ditetapkan. Dampak bagi perairan yang menerima buangan air limbah adalah terjadinya penurunan kualitas (terjadi pencemaran). Selain itu, polutan dapat berperan sebagai media pembawa penyakit (*water borne diseases*), bakteri, virus dan bau busuk yang mengganggu kesehatan dan estetika lingkungan.

Manusia wajib menjaga kelestarian lingkungan dengan cara tidak merusaknya, sebagaimana dijelaskan Allah SWT dalam QS. Al-A'raf ayat 56, Allah *Subhanallahu wa Ta'ala* berfirman:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah Allah memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima), dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”.

Tafsir menurut Kementerian Agama RI larangan membuat kerusakan yang dimaksud dalam Surat Al-A'raf ayat 56 meliputi segala bidang yang termasuk lingkungan hidup dan sumber penghidupan (perdagangan, pertanian, dan sebagainya). Larangan ini ditujukan agar lingkungan dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya untuk kesejahteraan mereka.

Maka dari itu diperlukan upaya pengendalian dan pengelolaan air limbah restoran/rumah makan dengan pengolahan sederhana dan tepat guna. Dalam membantu upaya tersebut perlu adanya perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di restoran/rumah makan SINJAY Kecamatan Burneh Kabupaten Bangkalan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas didapatkan rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik air limbah di rumah makan SINJAY?
2. Bagaimana perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di rumah makan SINJAY?
3. Berapa *Bill of Quantity* (BOQ) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) perencanaan IPAL di rumah makan SINJAY?
4. Bagaimana operasional dan pemeliharaan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang digunakan pada IPAL rumah makan SINJAY?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas didapatkan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik air limbah di rumah makan SINJAY

2. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di rumah makan SINJAY
3. Menghitung Bill of Quantity (BOQ) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) IPAL di rumah makan SINJAY.
4. Menyusun Standar Operasional Prosedur (SOP) Operasional dan Pemeliharaan pada IPAL rumah makan SINJAY.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini ada sebagai berikut :

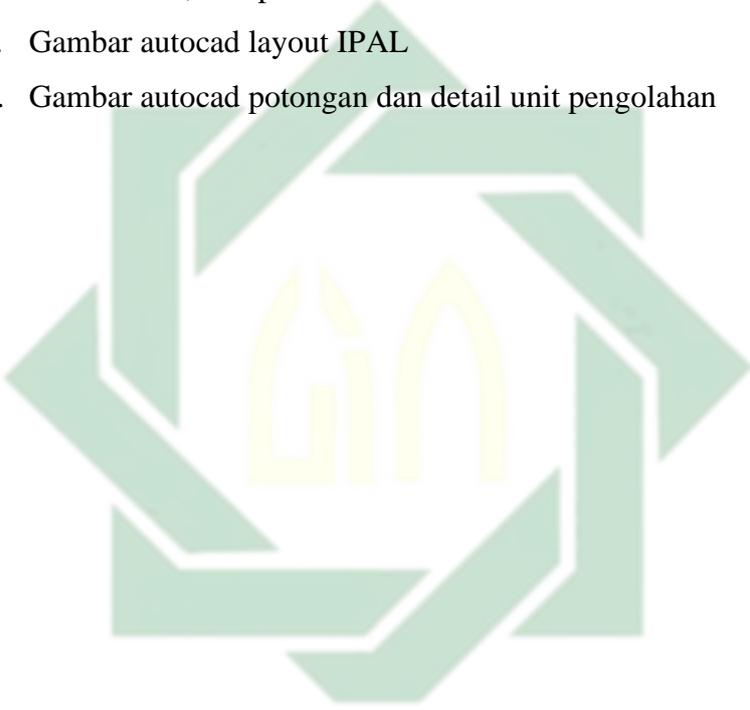
1. Bagi mahasiswa
  - a. Memberikan suatu wawasan yang barus sebagai bentuk dari pendalaman materi dan pengaplikasian keilmuan di bidang teknik lingkungan.
  - b. Merupakan suatu kesempatan bagi mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan dan keahlian yang telah dipelajari.
2. Bagi Rumah Makan Sinjay  
Sebagai evaluasi yang dapat dijadikan contoh berupa masukan perancangan unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik air limbah di rumah makan SINJAY Kecamatan Burneh Kabupaten Bangkalan.
3. Bagi Masyarakat  
Mengurangi beban pencemar yang masuk ke lingkungan masyarakat, serta sebagai edukasi bagi masyarakat akan pentingnya IPAL.

#### **1.5 Batasan Masalah Penelitian**

Batasan masalah pada penelitian ini dilakukan supaya dapat lebih tertuju dalam konsep dan pembahasan sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai dengan baik. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan dilakukan di rumah makan SINJAY Kecamatan Burneh Kabupaten Bangkalan.

2. Menguji karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh rumah makan SINJAY
3. Analisis teknis yang dilakukan meliputi perencanaan IPAL, perhitungan BOQ, dan RAB berdasarkan HSPK Kabupaten Bangkalan 2022
4. Baku mutu air limbah yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
5. Gambar autocad, meliputi:
  - a. Gambar autocad layout IPAL
  - b. Gambar autocad potongan dan detail unit pengolahan



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah**

Air buangan atau yang biasa disebut air limbah, yaitu merupakan air yang berasal dari sisa kotoran makhluk hidup maupun sisa proses industri. Terdapat empat golongan air limbah yaitu air bekas, air kotor, air hujan dan air buangan (Noerbambang & Morimura, 2000). Kehadiran air limbah dapat berdampak negatif bagi lingkungan terutama kesehatan pada manusia sehingga perlu dilakukan penanganan air limbah (Bhernama, 2020).

Limbah cair setiap kali dibuang langsung ke lingkungan akan menyebabkan pengurangan oksigen terlarut dalam sumber air (Gede Ratna Juliasih dan Fadlya Amha, 2019). Limbah cair adalah air buangan yang berasal dari proses produksi baik industri atau domestik yang dibuang ke lingkungan yang mengandung padatan tersuspensi. Untuk mengurangi kandungan zat berbahaya dalam air limbah, yaitu dengan mengolah air limbah terlebih dahulu untuk mengubah kualitas dan komposisi yang terkandung dalam air limbah (Pasetia *et al.*, 2020).

#### **2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik**

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik yang kehadirannya tidak dikehendaki lingkungan dan tidak memiliki nilai ekonomis.

Karakteristik air limbah rumah makan secara garis besar digolongkan sebagai berikut:

##### **2.2.1 Karakteristik Fisika**

Karakteristik fisik yaitu perubahan fisik pada air limbah yang disebabkan oleh kandungan polutan yang ada dalam air limbah. Perubahan fisik pada air limbah cair dapat dilihat dan dirasakan secara langsung oleh pancaindra. Karakteristik fisik limbah cair sebagai berikut :

a) Padatan

Dalam limbah terdapat zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan yaitu padatan terlarut dan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun inorganik tergantung darimana sumber limbah (Kencanawati, 2016).

b) Warna

Pada dasarnya warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman, air dan buangan industri. Warna juga dapat disebabkan oleh zat-zat terlarut dan zat tersuspensi (Kencanawati, 2016).

c) Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena adanya partikel koloid yang terdiri dari kuartz, tanah liat, sisa bahan-bahan, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah. Kekeruhan merupakan sifat optis larutan dan sifat keruh dapat menghilangkan nilai estetikanya (Kencanawati, 2016).

d) Temperatur

Limbah yang mempunyai temperature panas dapat mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan oleh limbah harus merupakan temperature alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan dapat berkurang dan mengurangi sedimentasi (Kencanawati, 2016).

e) Bau

Sifat bau pada limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah yang akhirnya mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung oleh limbah. Timbulnya bau yang dihasilkan limbah dapat menjadi indikator bahwa terjadi proses ilmiah (Kencanawati, 2016).

#### f) Minyak dan Lemak

Kandungan minyak dan lemak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi atau proses perebusan. Minyak dan lemak merupakan bahan yang dapat tahan lama dan sulit terurai oleh mikroorganisme di kolam pengolahan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput yang menyebabkan oksigen dan cahaya yang akan masuk ke dalam air terhalang oleh adanya minyak dan lemak, sehingga fotosintesis tidak dapat terjadi (Gintings, 1992).

#### g) *Total Suspended Solid* (TSS)

*Total Suspended Solid* merupakan pengendapan padatan tersuspensi lengkap yang diperoleh dari adanya gaya gravitasi, dimana hasil yang diperoleh dapat berupa partikel koloid mulai dari sistem pengayakan (Safitri, 2009).

### 2.2.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia pada limbah cair disebabkan oleh kandungan bahan kimia (*chemical*). Kandungan kimia umumnya dapat terlarut dalam bentuk ion-ion dan tersuspensi dalam bentuk senyawa. Limbah cair memiliki karakteristik kimia berupa zat *organic* dan zat *anorganik* (Sari, 2018).

#### a) Kandungan Organic

Menurut Metcalf dan Eddy (1991), limbah cair mengandung bahan organik yang terdiri dari karbohidrat, protein, dan minyak atau lemak. Parameter yang digunakan untuk mengukur zat organik dalam limbah cair adalah:

##### 1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air, dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasikan semua zat-zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri-bakteri menguraikan

bahan organik bersamaan dengan habisnya konsumsi oksigen (Kencanawati, 2016).

## 2) *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisa BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD tidak realistis. Untuk itu cara mengatasinya dengan Analisa COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik (Kencanawati, 2016).

### b) Kandungan *Anorganik*

Parameter *anorganik* yang terkandung dalam limbah cair adalah sebagai berikut:

#### 1) pH

pH normal pada air antar 6-8, sedangkan pH dalam air limbah bervariasi tergantung dari jenis air limbahnya. Tinggi rendahnya nilai pH disebabkan oleh siklus respirasi dan siklus fotosintesis di lingkungan (Wetzel, 1983).

#### 2) Amoniak ( $\text{NH}_3$ )

Kerusakan bahan organik yang disebabkan oleh adanya mikroba dapat menghantarkan gas ammonia ( $\text{NH}_3$ ). Jika pH air tinggi, maka kandungan amonia juga akan lebih besar (Wardoyo, 1975). Kandungan amonia bisa tinggi karena adanya limbah mulai dari limbah industri, dan limbah rumah tangga karena pencemaran dari bahan organik (Effendi, 2003).

### 2.2.3 Karakteristik Biologi

Dalam air limbah biasanya terdapat mikroorganisme penting yang berperan dalam proses pengolahan air limbah secara biologi. Tanda-tanda biologis biasanya dapat digunakan untuk mengukur jumlah mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah. Menurut Ginting (2007), secara biologis terdapat berbagai jenis

mikroorganisme yang ditemukan dalam air limbah. Mikroorganisme yang terkandung biasanya memiliki konsentrasi 105 hingga 108 organisme/mL.

### 2.3 Kuantitas Air Limbah Domestik

Dalam tahap perencanaan perancangan IPAL ditentukan pada kuantitas air limbah yang dihasilkan. Pemakaian air bersih menjadi salah satu faktor banyaknya timbulan limbah cair. Penetapan air bersih yang digunakan untuk bangunan tempat tinggal adalah 120 liter/individu/hari. Timbulan air limbah dapat diketahui dengan perkalian koefisien 80% dengan ukuran air bersih yang digunakan (Nurbambang & Morimura, 2003). Kuantitas limbah cair dapat mengetahui beban pencemar pada limbah cair dari data tersebut pada umumnya menjadi acuan dalam perencanaan IPAL (Pratiwi, 2019).

### 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu limbah cair rumah makan Sinjay mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, seperti yang ditampilkan pada **Tabel 2.1** berikut ini:

**Tabel 2. 1** Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Kadar Maksimal	Satuan
pH	6 - 9	-
BOD	30	Mg/L
COD	100	Mg/L
TSS	30	Mg/L
Amoniak	5	Mg/L
Minyak dan Lemak	10	Mg/L
Total Coliform	3000	Jumlah/100 mL
Debit	100	L/orang/hari

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No.68 Tahun 2016

## **2.5 Pertimbangan Perencanaan IPAL Domestik**

Keputusan memilih instalasi pengolahan air tergantung pada karakteristik instalasi pengolahan air, baku mutu limbah cair sesuai peraturan yang berlaku dan efisiensi instalasi pengolahan. Selain itu, ada beberapa pilihan perspektif dalam pemilihan instalasi pengolahan limbah, seperti kapasitas pengolahan, aspek khusus, aspek alam dan aspek ekonomi (Pinanggih, 2020). Saat memilih instalasi pengolahan air, harus diperhatikan antara lain efisiensi pembersihan, aspek teknis, dan aspek ekonomis.

Aspek teknis yang perlu diperhatikan saat memilih bagian bangunan untuk instalasi pengolahan limbah adalah kemiringan tapak yang baik sehingga limbah dapat mengalir ke instalasi pengolahan limbah dengan bantuan gravitasi, badan air yang menerima pembuangan limbah. . klasifikasi di kelas I-IV, semakin tinggi kategori badan air, tempat yang bebas banjir (Sholichin, 2015).

## **2.6 Metode Pengolahan Air Limbah Domestik**

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.102 Tahun 2018 menyebutkan bahwa IPAL merupakan suatu bangunan pengolahan air limbah dengan tujuan untuk mengurangi kandungan limbah sesuai dengan baku mutu. Pengolahan air limbah wajib dilakukan dikarenakan dampak yang ditimbulkan akan merusak lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Rizky, 2013).

Pengolahan air limbah dibagi menjadi beberapa metode pengolahan, yaitu metode pengolahan fisik, kimia dan biologi. Metode pengolahan fisik berfokus pada pemisahan lumpur atau partikel dari air limbah cair. Metode pengolahan kimia lebih fokus pada pemberian dosis dan penambahan polimer kimia ke dalam air limbah untuk mengurai mikroba patogen dalam air limbah domestik. Metode pengolahan secara biologis adalah penggunaan mikroorganisme untuk menguraikan sampah dalam kondisi aerob dan anaerob (PUPR, 2018). Teknologi pengolahannya dibagi menjadi dua bagian, tradisional dan lanjutan (modern),

tergantung kebutuhan. **Tabel 2.2** menunjukkan polutan berikut dan teknik pengolahan yang digunakan:

**Tabel 2. 2** Jenis Kontaminan dan Teknologi Pengolahan Air Limbah

NO	PENCEMAR	UNIT PENGOLAHAN	KLASIFIKASI
1	Padatan Tersuspensi	Screening dan comminution	F
		Sedimentasi	F
		Flotasi	F
		Filtrasi	F
		Koagulasi/sedimentasi	K/F
		Land treatment	F
2	Biodegradable Organics	Lumpur aktif	B
		Trickling filter	B
		Rotating biological contactors	B
		Aerated lagoons (kolam aerasi)	B
		Saringan pasir	F/B
		Land treatment	B/K/F
3	Pathogens	Khlorinasi	K
		Ozonisasi	K
		Land treatment	F
4	Nitrogen	Suspended-growth nitrification and denitrification	B
		Fixed-film nitrification and denitrification	B
		Ammonia stripping	K/F
		Ion Exchange	K
		Break point klorinasi	K
		Land treatment	B/K/F
5	Phospor	Koagulasi garam logam/sedimentasi	K/F
		Koagulasi kapur/sedimentasi	K/F
		Biological/Chemical phosphorus removal	B/K
		Land treatment	K/F
6	Refractory Organics	Adsorpsi karbon	F
		Tertiary ozonation	K
		Sistem land treatment	F
7	Logam Berat	Pengendapan kimia	K
		Ion Exchange	K
		Land treatment	F
8	Padatan Inorganik Terlarut	Ion Exchange	K
		Reverse Osmosis	F
		Elektrodialisis	K

Sumber : (Said, 2006) (Keterangan : B: biologi, K: kimia, F: fisika)

## 2.7 Unit Pengolahan Air Limbah

Pemilihan teknologi pengolahan air sangat tergantung pada jenis air limbah yang akan diolah. Pengolahan air limbah bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan konsentrasi bahan organik, mikroorganisme patogen, dan bahan kimia didalamnya (Said, 2018). Pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi tiga jenis pengolahan yaitu Unit Pengolahan Primer, Sekunder, dan Tambahan (Sholichin, 2015).

### 2.7.1 Pengolahan Primer

Unit perawatan pertama atau *Pretreatment* adalah pengolahan yang dimaksudkan untuk pemisahan fisik padatan dari air limbah. Pengolahan primer berfokus pada pengurangan konsentrasi partikel TSS atau lumpur dalam konsentrasi efluen. Pemisahan partikel terlarut dan pengendapan lumpur biasanya dilakukan dengan mengalirkan air ke kolam pengendapan (Said, 2018).

Proses penyaringan pada pengolahan primer yaitu menyaring padatan dalam air berupa lumpur, kotoran, pasir, minyak dan lemak. Pengolahan primer dilakukan dengan dua metode yaitu secara fisika dan kimia. Berikut unit pengolahan primer yang digunakan yakni:

1. Bak Penyaring
2. Bak Pemisah Lemak (*Grease Trap*)
3. Bak Ekualisasi

### 2.7.2 Pengolahan Sekunder

Unit perawatan kedua atau *secondary treatment* berfungsi untuk menghilangkan koloid dan kandungan zat organik dalam limbah. Mikroorganisme yang dipakai dalam mendegradasi zat organik atau polutan yang ada dalam limbah cair. Penambahan udara atau aerasi diperlukan pada unit pengolahan sekunder, untuk menyuplai oksigen agar membantu mikroorganisme untuk berkembang biak secara cepat. Berikut unit yang biasa digunakan pada pengolahan sekunder yaitu:

1. *Oxidation Ditch*
2. RBC

### 3. UASB

#### 2.7.3 Pengolahan Lanjutan

Unit pengolahan lanjutan biasanya beroperasi untuk menghilangkan konsentrasi nitrat dan fosfat dalam air limbah. Tujuan dari pengolahan lanjutan juga untuk menghilangkan mikroorganisme patogen dari air limbah dengan menambahkan klorin (Kencanawati, 2016). Fungsi utama dari *pretreatment* adalah untuk menguraikan bahan organik atau mikroorganisme patogen yang masih ada dalam air limbah setelah melalui pengolahan sekunder.

Perawatan lanjutan juga dapat menghilangkan senyawa anorganik, yaitu kalsium, sulfat, nitrat atau fosfor. Unit pengolahan lanjutan memiliki beberapa proses seperti proses kimia, fisik dan biologis termasuk filtrasi, distilasi, adsorpsi karbon aktif untuk nitrifikasi alga (Sholichin, 2015).

#### 2.8 Integrasi Keislaman

Sisa-sisa makanan dan kotoran ikan dari perikanan juga dapat menimbulkan masalah di dalam perairan khususnya dapat menyebabkan eutrofikasi. Kerusakan alam akibat perilaku manusia seperti eksploitasi alam, pembuangan limbah secara sembarangan, percobaan senjata biologis, dan sebagainya telah dijelaskan dalam QS. Ar-Rum Ayat 41, Allah berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Ibnu Katsir manafsirkan Surat Ar-Rum; 41 yaitu perusakan bisa berupa pencemaran alam, di daratan misalnya hancurnya flora dan fauna, dan di laut seperti rusaknya biota laut. Perusakan itu terjadi akibat perilaku manusia yang mengakibatkan berkurangnya hasil tanam-tanaman dan buah-buahan karena banyak perbuatan maksiat yang dikerjakan oleh para penghuninya. Perilaku itu tidak mungkin dilakukan oleh orang yang beriman dengan keimanan yang sesungguhnya karena tahu bahwa semua perbuatannya akan dipertanggung jawabkan nanti didepan Allah SWT. Islam sangat memperhatikan kebersihan karena sesungguhnya Allah SWT menyukai kebersihan sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Al-Baqarah (2): 222:

إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ التَّوَّابِينَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِينَ

“Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertaubat dan menyukai orang-orang yang mensucikan diri.” Allah tidak menyukai kerusakan di bumi sebagaimana firman-Nya dalam Q.S Al-Baqarah/2: 205:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

“Dan apabila dia berpaling (dari engkau), ia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi, serta merusak tanam-tanaman dan ternak, sedang Allah tidak menyukai kerusakan.” Allah melarang umatNya untuk berbuat kerusakan yang besar, dijelaskan dalam firman Allah Q.S Al-Baqarah ayat 11:

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ

“Dan apabila dikatakan kepada mereka, janganlah berbuat kerusakan di bumi. Mereka menjawab, Sesungguhnya kami justru orang-orang yang melakukan perbaikan.”

## 2.9 Penelitian Pendahuluan

Merencanakan IPAL di rumah makan Sinjay didasarkan pada penelitian terdahulu yang dikembangkan untuk mengetahui IPAL yang tepat untuk di rencanakan di rumah makan Sinjay. Adapun penelitian terdahulu sebagai acuan disajikan pada **Tabel 2.3** dibawah ini:

**Tabel 2. 3** Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1	Hedry Arya Pratama (2022)	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Yayasan Pondok Pesantren AL-Jaly Kabupaten Bangkalan	Unit detail IPAL yang digunakan untuk mengolah air limbah di Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupaten Bangkalan menggunakan biofilter aerob dengan total RAB sebesar Rp. 243.046.000
2	Wilda Fajar Gusti Ayu, F. S (2021)	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik	Dalam design perencanaan instalasi pengolahan air limbah

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
		dengan metode Constructed Wetland Ii Perumahan Bumi Ciruas Permai 1 Kabupaten Serang	system lumpur aktif sebaiknya perlu dilakukan penambahan atau pengolahan lanjutan agar airdari hasil pengolahan bisa dimanfaatkan kembali dan tidak terbuang dengan percuma, seperti dilakukan filtrasi agar bisa dimanfaatkan seperti untuk kebutuhan mencuci kendaraan, menyiram tanaman dan lain sebagainya
3	Ahimsa Rama Pagayang Sumule. (2021).	Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Rest Area Kedungmlati Jalan Tol Jombang-Mojokerto Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur	Berdasarkan hasil perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) padapembangunan IPAL Rest Area Kedungmlati Jalan TolJombang-Mojokerto memerlukan biaya sebesar Rp. 759.670.000,00 (Tujuh ratus lima puluh sembilan juta enam ratus tujuh puluh ribu rupiah). Dengan nilai biaya tersebut diperkirakan seluruh parameter effluent pada IPAL sudah memenuhibaku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah.
4	Rohana. (2020).	Desain Perencanaan Instalasi Pengolahan AirLimbah (IPAL) Menggunakan Proses Biofilter “Up flow” di Rumah Sakit Pendidikan Unismuh Makassar	Perencanaan Pengolahan Limbah Cair rumah sakit Pendidikan Unismuh Makassar (Instalasi Pengolahan Air Limbah), didesain berdasarkan karakteristik limbah cair yang masuk dari beberapa sumber pengeluaran limbah. Air limbah dari berbagai unit disalurkan secara gravitasi menuju bak control(bak screening) yang selanjutnya dipompa untuk

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
			diolah dengan menggunakan biofilter aerob dan anaerob melalui sistem diffuser.
5	Jia Yuan Lu, Xue Meng Wang, Hou Qi Liu, Hang Qing Yu, dan Wen Wei Li, (2019)	Optimizing Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants in China: The Remaining Barriers and Future Implication	Hasil penelitian menyebutkan adanya hambatan dalam peningkatan efisiensi pengolahan IPAL di Cina yang meliputi, kapasitas pengolahan limbah yang melebihi, kurangnya penanganan pembuangan lumpur, dan konsumsi energi yang tinggi.
6	Purnawan dkk. (2019).	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik (Grey Water) di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan, Kota Yogyakarta, DIY	Sistem pengolahan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) domestik (grey water) Di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan terdiri dari bak grease trap, bak flotasi, bak ekualisasi, 136Purnawan, Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik (Grey Water) di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan, Kota Yogyakarta, DIY bak biofilter aerob, bak sedimentasi, bak, drying bed, dan bak disinfeksi
7	Dewi, D. d. (2018).	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik System Lumpur Aktif di Gedung Trans Mart	Dalam design perencanaan instalasi pengolahan air limbah system lumpur aktif sebaiknya perlu dilakukan penambahan atau pengolahan lanjutan agar air dari hasil pengolahan bisa dimanfaatkan kembali dan tidak terbuang dengan percuma, seperti dilakukan

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
			filtrasi agar bisa dimanfaatkan seperti untuk kebutuhan mencuci kendaraan, menyiram tanaman dan lain sebagainya.
8	Arifudin dkk. (2020).	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Industri Pengolahan Makanan	Perencanaan bangunan IPAL ini terdiri dari bak pengumpul, bak pengendap awal, reactor biofilter anaerobic, reactor biofilter aerobic, bak penendap akhir, bak biocontrol dan tabung disinfektan.
9	Dinda Syifa Sakinah (2018)	Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga	Hasil penelitian menyebutkan untuk pembangunan IPAL membutuhkan Rencana anggaran biaya sebesar Rp 75.300.000., sedangkan untuk pengoperasian IPAL sebesar Rp 7.400.000
10	Riza Mardhatillah (2018)	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Organik Menggunakan Tanaman Bintang Air ( <i>Cyperus Alternifolius</i> ,L) Dengan Sistem (Ssf-Wetlands) Di Pasar Peunayong Kota Banda Aceh	Hasil penelitian menyebutkan waktu detensi optimal yang dibutuhkan IPAL SSF-Wetlands menggunakan tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> yaitu selama 18 jam. Berdasarkan waktu tersebut maka diketahui kebutuhan Instalasi dua kolam dengan dimensi masing masing panjang 11 m, lebar 6 m dan kedalaman 0,55 m sampai dengan 1 meter.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Metodologi yang akan digunakan dalam metode perencanaan ini bertujuan untuk mencapai perencanaan atau penelitian yang dilakukan secara bertahap. Adapun tahapan-tahapan pelaksanaan tugas akhir ini berupa perencanaan, pelaksanaan, dan penyusunan laporan. Ada dua metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif.

Metode kuantitatif merupakan metode dengan mengumpulkan, menganalisis dan menampilkan data dalam bentuk numerik (angka) daripada naratif. Metode ini dilakukan dengan perhitungan (Norjanah, 2004). Metode kualitatif merupakan metode dengan memberikan penjelasan mengenai fenomena dan nantinya akan mengontruksikan suatu teori yang berkaitan dengan fenomena penelitian.

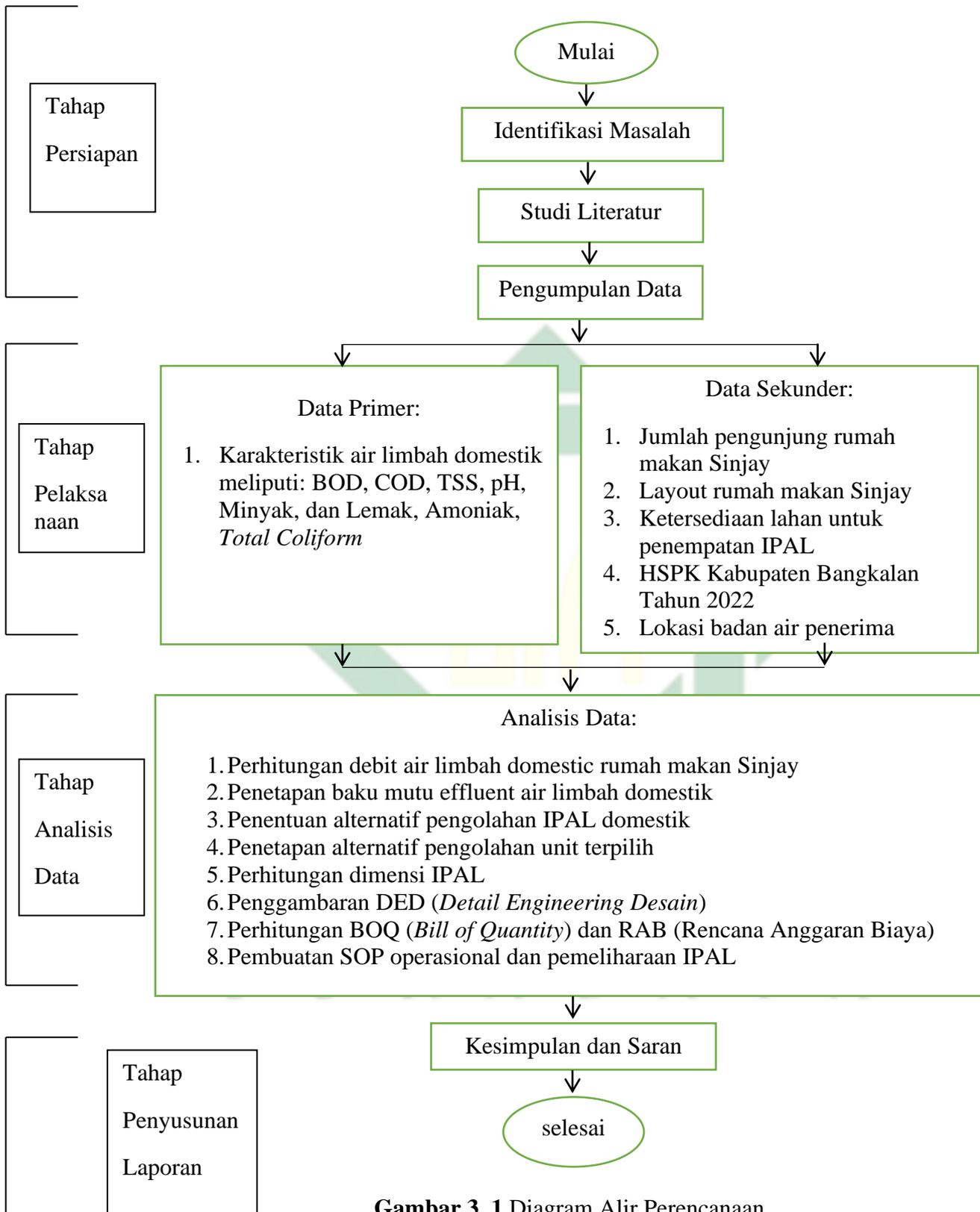
#### **3.2 Kerangka Pikir Perencanaan**

Kerangka pikir perencanaan adalah hal yang penting dalam menyelesaikan tugas akhir. Tujuannya berupa hasil yang maksimal sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup tugas akhir. Tahapan kerangka pikir tugas akhir ini disajikan pada **Gambar 3.1**:

#### **3.3 Lokasi Perencanaan**

Perencanaan IPAL domestik di rencanakan pada rumah makan nasi bebek Sinjay, Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan yang beralamatkan di Jl. Raya Ketengan No.KM.21, Ketengan, Tunjung, Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur. Secara geografis terletak pada 8°28'34.7" Lintang Selatan dan 111°71'62.1" Bujur Timur (Hasil Analisa, 2022). Lokasi rumah makan Sinjay dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Adapun batas letak geografis Kecamatan Burneh sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Jalan Raya Ketengan
2. Sebelah Selatan : Sawah
3. Sebelah Barat : Pemukiman
4. Sebelah Timur : Pemukiman



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Perencanaan

### 3.4 Waktu Perencanaan

Tahapan dalam perencanaan yaitu meliputi tahap persiapan, tahap pelaksanaan, tahap analisis data, dan tahap penyusunan laporan. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Juli hingga bulan September 2022.

### 3.5 Tahap Persiapan

Laporan sebelumnya tentang perancangan instalasi pengolahan air merupakan salah satu isi dari tahap awal instalasi pengolahan air rumah tangga (IPAL) (Pratama, 2022). Studi sebelumnya tentang desain instalasi pengolahan limbah telah diperoleh dari beberapa jurnal, buku dan publikasi lainnya. Informasi dari literatur mendukung pelaksanaan perencanaan pengolahan air limbah sebagai berikut:

1. Definisi air limbah domestic
2. Karakteristik air limbah domestic
3. Kuantitas air limbah domestic
4. Baku mutu air limbah domestic
5. Teknologi pengolahan air limbah domestic

### 3.6 Tahap Pelaksanaan

Dalam tahap pelaksanaan pada perencanaan ini berupa kegiatan mencari dan melakukan pengumpulan data, data yang dibutuhkan adalah primer dan sekunder.

#### A. Data Primer

Data yang diperoleh secara langsung dengan melakukan observasi lapangan, wawancara, pengamatan dan pengukuran terhadap lahan. Data yang digunakan untuk disajikan pada **Tabel 3.1** dibawah ini:



**Denah Lokasi Rumah Makan Sinjay**

Tanpa Skala



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA

Tugas Akhir

Perencanaan IPAL Domestik  
Rumah Makan Sinjay

Lokasi Perencanaan

Desa : Ketengan  
Kecamatan : Bumeh  
Kabupaten : Bangkalan  
Provinsi : Jawa Timur

Direncanakan Oleh :

Ridlo Nuraulya Sujarwo  
(H75218038)

Mengetahui :  
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Arqowi Pribadi, M.Eng

Pembimbing II

Sulistiyana Nenase, M.T

Mengetahui :  
Dosen Penguji

Penguji I

Amrullah, M.Ag

Penguji II

Tejoh Taruna Utama, M.T

Nama Gambar

Skala

1. Denah Lokasi Rumah Makan  
Sinjay

Dibuat Tanggal

05 Januari 2023

No Gambar

01

TEKNIK LINGKUNGAN URISA

**Gambar 3. 2** Denah Lokasi Rumah Makan Sinjay

**Tabel 3. 1** Data Primer

<b>No</b>	<b>Parameter</b>	<b>Metode Analisis</b>	<b>SNI</b>
1	pH	pH-meter	SNI 6989.11:2019
2	BOD	Titrimetri	SNI 6989.72:2009
3	COD	Closed Reflux	SNI 6989.73:2009
4	TSS	Gravimetri	SNI 06.6989.3:2004
5	Minyak dan Lemak	Oil Content Meter	SNI 06.6989.10.2011
6	Amoniac (NH <sub>3</sub> )	Spektrofotometri	SNI 06.6989.30.2005
7	Total Coliform	Filter Membrane	SNI ISO 9308.1.2000

Data primer yang digunakan pada perencanaan IPAL domestik ini berupa (BOD, COD, TSS, Amonia, pH, *Total Coliform*, Minyak dan Lemak) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59:2008 Metode Teknik Pengambilan Sampel Air Limbah. Pengambilan sampel yang dipilih dengan metode *grab sampling*. Pengambilan sampel air limbah domestik *black water* dilakukan di *septic tank* cubluk sebanyak 5 liter menggunakan jerigen plastik kapasitas 5 liter. Pengambilan air limbah domestik *grey water* di saluran drainase sebelum masuk ke badan air sebanyak 5 liter menggunakan wadah jerigen plastik kapasitas 5 liter. Kemudian melakukan uji laboratorium. Uji sampel dilakukan di Laboratorium PT Mitralab Buana, Surabaya. Parameter yang diuji adalah pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Amonia, *Total Coliform*, Minyak dan Lemak. Pengukuran parameter tersebut didasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

## B. Data Sekunder

Data yang tidak diperoleh dari observasi secara langsung di lapangan berupa data sekunder. Adapun data sekunder yang dibutuhkan telah disajikan pada **Tabel 3.2** dibawah ini.

**Tabel 3. 2** Data Sekunder

Data	Sumber Data
Jumlah pengunjung rumah makan	SINJAY, 2022
Layout rumah makan Sinjay	<i>Google Earth</i> , Sinjay, 2022
Ketersediaan lahan untuk penempatan IPAL	Sinjay, 2022
HSPK Kabupaten Bangkalan Tahun 2022	Pergub Jatim, 2022

Sumber: Hasil Analisis (2020)

### 3.7 Metode Analisis dan Pengolahan Data

Tahap analisis dan pengolahan data berdasarkan data yang telah didapatkan, baik data primer maupun sekunder. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada penjelasan berikut:

#### 1. Perhitungan Debit Air Limbah Domestik

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh para pengunjung dan aktivitas di rumah makan sehari-hari. Perhitungan air limbah domestik di rumah makan Sinjay dapat ditemukan dalam perhitungan rata-rata konsumsi air bersih dan banyaknya pengunjung. Debit air bersih bisa dihitung dengan menggunakan **Rumus 3.1** sebagai berikut:

$$Q_{\text{air bersih}} (m^3/\text{hari}) = \text{jumlah orang} \times \text{kebutuhan air} (l/\text{org}/\text{hari})$$

Sumber: (Nurbambang & Morimura, 2003)

Informasi jumlah debit air bersih dapat digunakan sebagai data untuk menentukan jumlah debit air limbah domestik. Informasi debit air limbah domestik dilakukan dengan asumsi 80% air bersih yang terakumulasi telah digunakan (Nurbambang & Morimura, 2003). Berikut rumus untuk mengetahui debit air limbah seperti pada **Rumus 3.2** sebagai berikut:

$$Q_{air\ limbah} (m^3/hari) = 80\% \times Q_{air\ bersih} (m^3/hari)$$

Sumber: (Nurbambang & Morimura, 2003)

Setelah menghitung emisi air limbah, langkah selanjutnya adalah menghitung emisi air limbah pada waktu puncak lalu lintas. Perhitungan debit puncak dihitung dengan mengalikan debit efluen dengan faktor puncak 1,5 - 2 (Nurbambang & Morimura, 2003). Rumus berikut menghitung emisi limpasan selama periode puncak seperti pada **Rumus 3.3** sebagai berikut:

$$Q_{peak} (m^3/hari) = C_1 \times Q_{air\ limbah} (m^3/hari)$$

Sumber: (Nurbambang & Morimura, 2003)

## **2. Penetapan baku mutu effluent air limbah domestik**

Setelah itu membandingkan parameter efluen dari efluen yang direncanakan sesuai baku mutu efluen sesuai regulasi. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

## **3. Penentuan alternatif pengolahan**

Penentuan alternatif pengolahan ini dimaksudkan untuk mencari jenis teknologi pengolahan yang lebih efektif untuk mengolah suatu air limbah dengan karakteristik tertentu. Pada tahap ini akan digunakan beberapa alternatif dan kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui bagaimana keefektivitasan dari alternatif dalam mengolah air limbah domestik rumah makan Sinjay.

#### **4. Penetapan alternatif pengolahan terpilih**

Kriteria desain unit pengolahan alternatif diperoleh ketika semua alternatif yang direncanakan telah dihitung. Penentuan pilihan pengolahan terpilih berdasarkan kombinasi perlakuan yang menunjukkan efisiensi tertinggi dalam pengolahan air limbah domestik.

#### **5. Perhitungan dimensi IPAL**

Dimensi instalasi pengolahan air diketahui jika volume air limbah yang dihasilkan diketahui. Perhitungan dimensi instalasi pengolahan air meliputi panjang, lebar dan kedalaman instalasi pengolahan air.

#### **6. Penggambaran *Detail Engineering Design (DED)***

Gambaran DED Instalasi Pengolahan Limbah Rumah Tangga (IPAL) disesuaikan dengan perhitungan dimensi instalasi pengolahan limbah yang terealisasi. Gambaran DED IPAL TPI menggunakan AutoCad sedangkan detail dari instalasi pengolahan limbah yang diderek adalah sebagai berikut:

- a. Gambar layout IPAL domestic
- b. Gambar denah IPAL domestic
- c. Gambar potongan melintang dan memanjang IPAL
- d. Gambar profil hidrolisis IPAL

#### **7. Perhitungan BOQ dan RAB**

Analisa perhitungan BOQ berdasarkan hasil analisa DED dan perhitungan dimensi IPAL berdasarkan HSPK Kabupaten Bangkalan Provinsi Jawa Timur Tahun 2022. Dalam perhitungan BOQ dan RAB perlu diperhatikan kembali satuan dan volume pekerjaan serta harga tiap satuan pekerjaan.

#### **8. Pembuatan Standart Operating Procedure (SOP) IPAL domestik**

Pembuatan SOP sebagai pedoman untuk pelaksanaan dan dapat digunakan sebagai prosedur perawatan IPAL.

## BAB IV

### GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

#### 4.1 Sejarah Singkat Rumah Makan Bebek Sinjay

Rumah makan bebek Sinjay berdiri sejak tahun 2003, pada awalnya Bebek Sinjay hanyalah warung makan pinggir jalan yang dimiliki oleh Hj. Muslihah. Seiring berjalannya waktu warung ini begitu terkenal dan memiliki banyak pelanggan, baik dari Madura maupun dari luar Madura. Hingga pada akhirnya warung pinggir jalan ini menjadi sebuah rumah makan yang memiliki cabang dimana-mana. Dalam sehari warung ini bisa menjual 700-800 ekor bebek.

Rumah makan bebek Sinjay merupakan salah satu dari banyak rumah makan nasi bebek yang ada di Pulau Madura khususnya Kabupaten Bangkalan. Tujuan utama dari rumah makan bebek Sinjay adalah memberikan cita rasa bebek yang lezat, serta membuat pembeli ingin membeli lagi. Selain menjual nasi bebek yang terkenal akan lezatnya. Rumah makan Sinjay yang terletak di Jl. Raya Ketengan No.KM.21, Ketengan, Tunjung, Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan menjual aneka seafood dan rujak khas Madura. Berikut menu yang dijual di rumah makan Sinjay pada **Gambar 4.1** dibawah ini:



**Gambar 4. 1** Menu Rumah Makan Sinjay

## 4.2 Kondisi Eksisting Rumah Makan Sinjay

Berdasarkan observasi lapangan yang telah dilakukan, kondisi rumah makan bebek Sinjay seperti **Gambar 4.2** dibawah ini:



(a)

(b)

**Gambar 4. 2** Rumah Makan Bebek Sinjay: (a) Parkiran, (b) Pengunjung

Pada saat observasi lapangan dilakukan, jumlah pengunjung pada saat hari kerja sebanyak 3000 pengunjung, sedangkan pada saat hari libur bisa mencapai 10.000 pengunjung. Jumlah toilet di rumah makan bebek Sinjay sebanyak 16 toilet dengan rincian 12 untuk pengunjung dan 4 untuk karyawan. seperti **Gambar 4.2**.



**Gambar 4. 3** Toilet Pengunjung

*Grey water* dari toilet maupun bekas cucian piring rumah makan Sinjay ditampung dahulu di bak penampung (**Gambar 4.4**), setelah itu dibuang menuju saluran pembuangan selokan. Adapun *black water* yang berasal dari toilet dialirkan dan diolah di *septic tank* (**Gambar 4.5**). Karena rumah makan Sinjay masih tergolong baru, jadi *septic tank* masih belum pernah dikuras.



**Gambar 4. 4** Bak Penampung *grey water*



**Gambar 4. 5** *Septic Tank*

### **4.3 Aktivitas di Rumah Makan Sinjay**

Aktivitas keseharian di rumah makan Sinjay yaitu kegiatan memasak, mencuci dan aktivitas pengunjung. aktivitas berlangsung sejak dibukanya rumah makan yaitu pukul 7 pagi sampai dengan pukul 9 malam berlangsung selama setiap hari. Sumber air bersih yang digunakan di rumah makan Sinjay memakai air sumur. Berdasarkan wawancara dan analisa diketahui bahwa jumlah pengunjung paling banyak pada saat hari libur (*weekend*) yang bisa mencapai 20.000 pengunjung.

Penggunaan air pada jam buka rumah makan Sinjay tersebut digunakan untuk kegiatan memasak, mencuci piring, cuci tangan, buang air kecil, buang air besar dan berwudlu. Konsumsi air yang berlaku pada masa itu menyebabkan peningkatan produksi limbah domestik, baik air dari aktivitas di rumah makan maupun di toilet. Meningkatnya limbah domestik berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan jika tidak ditangani.

### **4.4 Sumber Air Limbah di Rumah Makan Sinjay**

Sumber utama air limbah rumah makan Sinjay berasal dari pencucian peralatan, air buangan dan sisa makanan yang tidak habis disantap pengunjung seperti lemak, nasi dan lain-lain. Jumlah pengunjung di rumah makan Sinjay sebanyak 3000 pada hari kerja, dan 10.000 pengunjung pada hari libur. Jumlah pengunjung yang banyak dapat mempengaruhi timbulan limbah domestik yang dihasilkan. Limbah domestik adalah air *greywater* dan *blackwater*. Air limbah *greywater* adalah air limbah dari operasional restoran, tidak termasuk toilet. Limbah *blackwater* adalah limbah yang berasal dari limbah kamar mandi dan toilet.

### **4.5 Kondisi Eksisting Pengolahan Air Limbah di Rumah Makan Sinjay**

Air limbah domestik yang akan dilakukan pengolahan pada perencanaan IPAL berasal dari aktivitas di rumah makan. Air limbah domestik berasal dari kegiatan memasak, pencucian peralatan, sisa makanan, dan kamar mandi. Limbah cair

domestik berupa *grey water* langsung dibuang ke saluran pembuangan yang ada di depan rumah makan Sinjay tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Sedangkan limbah cair domestik berupa *black water* ditampung menuju penampungan septic tank, karena rumah makan masih tergolong baru maka *septic tank* belum pernah melakukan pengurasan.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik

Dalam merencanakan instalasi pengolahan limbah rumah tangga (IPAL), beberapa aspek harus diperhatikan, seperti: B. jumlah limbah yang dihasilkan, kualitas limbah dan pemilihan alternatif instalasi pengolahan yang dapat diterapkan. Rencana ini menggunakan data volume dan kualitas air limbah untuk menentukan unit pengolahan yang akan digunakan. Unit pemrosesan yang digunakan dalam perencanaan ini terdiri dari tiga pilihan. Unit gigi alternatif yang dipilih harus memenuhi kriteria desain, yaitu: H. Efisiensi jarak, biaya pengembangan, kebutuhan lahan dan pemeliharaan. Dasar ukuran instalasi pengolahan air pada perencanaan ini adalah beberapa kriteria desain dari buku-buku Departemen PUPR dan beberapa jurnal penelitian sebelumnya.

Rencana IPAL terletak di sebelah barat rumah makan, tepatnya di sebelah utara toilet rumah makan dengan mempertimbangkan jarak antara rencana IPAL dengan sumber air limbah, serta lahan tersebut tidak digunakan sebagai parkir kendaraan. Lokasi rencana penempatan IPAL merupakan lahan kosong yang memiliki luas lahan 163 m<sup>2</sup> dan berjarak 2 meter dari badan air. Adapun rencana lahan IPAL terlihat pada **Gambar 5.1**:



**Gambar 5. 1** Lahan Rencana yang Akan Digunakan untuk IPAL Rumah Makan

## 5.2 Kuantitas Air Limbah Domestik

Jumlah limbah adalah jumlah total limbah domestik yang terjadi di suatu kegiatan Kuantitas air limbah domestik rumah makan Sinjay dihasilkan dari kegiatan rumah makan. Ramainya pengunjung menyebabkan timbulan atau kuantitas air limbah domestik. Jumlah pengunjung rumah makan Sinjay pada jam puncak mencapai 3000 orang pengunjung. Jumlah penggunaan air bersih juga menjadi factor timbulan atau kuantitas air limbah domestik yang dihasilkan.

Menurut SNI No. 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing, kebutuhan air dingin dan air panas restoran/rumah makan sebesar 10 L/kursi/hari. Dengan asumsi 80% air bersih yang digunakan tersebut adalah air limbah, maka debit air limbah restoran/rumah makan yang dihasilkan sebesar 10 L/kursi/hari. Berikut merupakan debit kebutuhan air bersih per hari di rumah makan Sinjay menggunakan **Rumus 5.1** sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{air\ bersih} &= \text{Keb.air bersih (liter/orang/hari)} \times \text{jumlah penghuni (orang)} \\ &= 10 \text{ liter /liter/hari} \times 3000 \text{ orang} \\ &= 30000 \text{ liter/hari} \\ &= 30 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas memberikan gambaran bahwa kebutuhan air bersih atau debit air bersih pada rumah makan Sinjay adalah sebesar 30000 liter/hari atau 30 m<sup>3</sup>/hari. Mengetahui informasi kebutuhan air bersih per hari, maka volume limbah domestic dapat dianalisis dengan menggunakan **Rumus 5.2**. Debit timbulan air limbah domestik rumah makan Sinjay diketahui menggunakan perhitungan **Rumus 5.2** sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{air\ limbah} \text{ (m}^3 \text{ /hari)} &= 80\% \times Q_{air\ bersih} \text{ (m}^3 \text{ /hari)} \\ &= 80\% \times 30 \text{ m}^3 \text{ /hari} \\ &= 24,00 \text{ m}^3 \text{ /hari} \end{aligned}$$

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa limbah domestik yang dihasilkan adalah 24 m<sup>3</sup>/hari. Jika jumlah limbah rumah tangga yang dihasilkan diketahui, debit puncak per jam dihitung. Perhitungan drainase jam puncak untuk menentukan emisi limbah domestik dengan penggunaan air secara simultan pada waktu tertentu. Perhitungan debit jam puncak menurut **Rumus 5.3**. Analisis limpasan jam puncak diketahui dengan menghitung **Rumus 5.3** sebagai berikut:

$$\begin{aligned}Q_{peak} (m^3 /hari) &= C_1 \times Q_{air limbah} (m^3 /hari) \\ &= 2 \times 24,00 m^3 /hari \\ &= 48 m^3 /hari\end{aligned}$$

### 5.3 Kualitas Air Limbah Domestik

Kualitas limbah rumah tangga menggambarkan tingkat kontaminasi limbah. Data kualitas air limbah domestik digunakan untuk menentukan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang akan digunakan. Data kualitas air diperoleh dengan pengambilan sampel air limbah domestik, yaitu. H. dengan tabung 5 liter bertopeng hitam, ditentukan dan kemudian dianalisis mengenai parameter pencemaran. Pengukuran konsentrasi limbah domestik rumah makan Sinjay dilakukan dengan PT. Mitralab Buana Surabaya, dan pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 17 Oktober 2022. Parameter yang diuji sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Hasil uji parameter air limbah domestik rumah makan Sinjay dapat dilihat pada

**Tabel 5.1:**

UN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

**Tabel 5. 1** Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Limbah Domestik Rumah Makan Sinjay

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Keterangan
<b>A Parameter Fisik</b>					
1	Temperatur	°C	27,5	-	Memenuhi
2	TSS	Mg/L	2738,0	30	Tidak Memenuhi
<b>B Parameter Kimia</b>					
1	pH	-	5,17	6 - 9	Tidak Memenuhi
2	COD	Mg/L	2419,4	100	Tidak Memenuhi
3	Amoniak	Mg/L	4,00	10	Memenuhi
4	BOD	Mg/L	621	30	Tidak Memenuhi
5	Minyak & Lemak	Mg/L	2,94	5	Memenuhi
<b>C Parameter Biologi</b>					
1	Total coliform	Jumlah/100ml	>11000	3000	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel hasil uji laboratorium di atas memberikan informasi tentang kualitas limbah domestik Sinjay. Pengujian limbah domestik dengan delapan parameter, ditemukan lima parameter yang melebihi persyaratan mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang kualitas limbah domestik. Berdasarkan hasil uji kualitas air limbah, maka beban pencemar yang harus diremoval oleh IPAL yang direncanakan adalah:

TSS = 2708 mg/l

pH = dinaikkan minimal 0,83

COD = 2319,4 mg/l

BOD = 591 mg/l

Total Coliform = 8000 ml

## 5.4 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Penentuan pilihan pengolahan dilakukan untuk mencapai unit yang paling efisien untuk pengolahan air limbah. Penentuan perlakuan juga harus disesuaikan dengan air limbah yang akan diolah agar diperoleh tanaman yang dapat mengolahnya dengan benar dan tepat.

### I. Alternatif Unit Pengolahan I

Pilihan 1 menggunakan unit pengolahan biologis ABR (Anaerobic Baffled Reactor) yang terdiri dari 7 unit pengolahan. Berisi pemisah lemak, tangki pemerataan, penjernih primer, ABR, biofilter aerobik, penjernih sekunder, tangki desinfeksi. Berikut tampilan alternatif pengolahan unit ABR pada **Gambar 5.2** berikut ini:



Keterangan:

1. Unit Grease Trap
2. Unit Bak Ekualisasi
3. Unit Bak Pengendap Awal
4. Unit ABR (*Anaerobik Baffled Reactor*)
5. Unit Biofilter Aerob
6. Unit Bak Pengendap Akhir
7. Unit Bak Desinfeksi

**Gambar 5. 2** Alternatif Pengolahan I

Pada alternatif pengolahan I, memiliki kelebihan dan kekurangan dalam pengolahannya. Berikut dibawah ini adalah kelebihan dan kekurangan dari alternatif pengolahan yang pertama:

**Tabel 5. 2** Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan I

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Tidak Membutuhkan energi listrik	Fase awal pengolahan membutuhkan waktu yang lama
Biaya operasional yang dibutuhkan rendah	Kemampuan mereduksi bakteri pathogen relative rendah
Kemampuan menyisihkan BOD tinggi	Dibutuhkan pengolahan awal untuk mencegah penyumbatan

Sumber: (Dirjen Cipta Karya, 2017)

Berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan efisiensi removal TSS pada unit bak pengendap awal:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 2738,00 \text{ mg/l} \times 70\% \\ &= 1916 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap awal mampu menyisihkan 1916 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 70%. Dengan membuang TSS 1916 mg/l, maka konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 821,40 mg/l. Berikut adalah contoh perhitungan efisiensi penyisihan COD pada pengendap awal unit:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 2417,80 \text{ mg/l} \times 40\% \\ &= 967,12 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

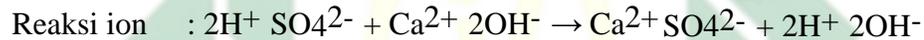
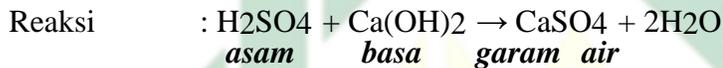
Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap awal mampu menyisihkan 967,12 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 1450,68 mg/l.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\
 &= 619,40 \text{ mg/l} \times 42\% \\
 &= 260,148 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap awal mampu menyisihkan 260,148 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 359,25 mg/l.

➤ Proses Menaikkan pH Air Limbah

Pada bak pengendap awal air limbah ditambahkan bahan kimia yang bersifat basa yaitu larutan kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>) untuk menaikkan derajat keasaman (pH). Proses reaksi penetralan air limbah (asam) dengan menggunakan larutan kapur (basa).



Dari reaksi kesetimbangan tersebut diketahui H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki ion H<sup>+</sup> dan Ca(OH)<sub>2</sub> memiliki ion OH<sup>-</sup>. Reaksi tersebut akan menghasilkan garam dan air limbah rumah makan yang bersifat netral, jika penambahan larutan kapur dengan dosis yang tepat. Menurut Faisal (2014) bahwa setiap penambahan 1 ml larutan kapur 2% pada 1 liter air limbah akan menaikkan pH air limbah sebesar 0,649. Jadi cara menaikkan nilai pH pada air limbah rumah makan dapat dilihat pada **Rumus 5.4** dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai pH} &= \text{Hasil Uji Parameter pH} + 2 \text{ ml Larutan Kapur } 2\% \\
 &= 5,17 + (0,649 \times 2) \\
 &= 5,17 + 1,29 \\
 &= 6,46
 \end{aligned}$$

Perhitungan penambahan larutan kapur sebanyak 2ml diatas menunjukkan bahwa unit bak pengendap awal mampu menambah nilai pH sebesar 1,29. Dengan menambah nilai pH sebesar 1,29 pH, kandungan pH menjadi 6,46.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 821,40 \text{ mg/l} \times 78\% \\ &= 640,692 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa unit ABR mampu menyisihkan 640,692 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 78%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 180,71 mg/l.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 1450,68 \text{ mg/l} \times 80\% \\ &= 1160 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa unit ABR mampu menyisihkan 1160 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 80%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 290,14 mg/l.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 359,25 \text{ mg/l} \times 80\% \\ &= 287,4 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa unit ABR mampu menyisihkan 287,4 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 80%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 71,85 mg/l.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 180,71 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 117,46 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa unit Biofilter Aerob mampu menyisihkan 117,46 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 65%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 63,25 mg/l.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 290,14 \text{ mg/l} \times 85\%\end{aligned}$$

$$= 246,62 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa unit Biofilter Aerob mampu menyisihkan 246,62 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 85%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 43,52 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (BOD) x presentase removal

$$= 71,85 \text{ mg/l} \times 95\%$$

$$= 68,26 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa unit Biofilter Aerob mampu menyisihkan 68,26 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 95%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 3,59 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (TSS) x presentase removal

$$= 63,25 \text{ mg/l} \times 70\%$$

$$= 44,27 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap akhir mampu menyisihkan 44,27 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 70%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 18,97 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (COD) x presentase removal

$$= 43,52 \text{ mg/l} \times 40\%$$

$$= 17,41 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap akhir mampu menyisihkan 17,41 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 26,11 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (BOD) x presentase removal

$$= 3,59 \text{ mg/l} \times 42\%$$

$$= 1,51 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap akhir mampu menyisihkan 1,51 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 42%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 2,08 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (Total Coliform)} \times \text{presentase removal} \\ &= 11.000 \text{ ml} \times 98\% \\ &= 10.780 \text{ ml} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi removal diatas menunjukkan bahwa unit Bak Desinfeksi mampu meremoval Total Coliform sebesar 10.780 ml dengan efisiensi removal 98%. Dengan meremoval 10.780 ml Total Coliform, maka kandungan Total Coliform dalam air limbah yang keluar sebesar 220 ml. Berikut adalah rekapitulasi efisiensi removal unit pada alternatif I, seperti pada **Tabel 5.3** dibawah ini:

**Tabel 5. 3** Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif I

No	Unit	BOD		COD		TSS		Total Coliform	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
1	Grease Trap	621	0%	2419,40	0%	2738	0%	11.000	0%
2	Bak Ekualisasi	619,40	0%	2417,80	0%	2738	0%	11.000	0%
3	Bak Pengendap Awal	619,40	42%*	2417,80	40%*	2738	70%*	11.000	0%
4	ABR	359,25	80%**	1450,68	80%**	821,40	78%**	11.000	0%
5	Biofilter Aerob	71,85	95%**	290,14	85%**	180,71	65%**	11.000	0%
5	Bak Pengendap Akhir	63,25	70%*	43,52	40%*	63,25	70%*	11.000	0%
6	Bak Desinfeksi	2,08	0%	26,11	0%	18,97	0%	11.000	98%***
Outlet		2,08 mg/l		26,11 mg/l		18,97 mg/l		220 ml	

Sumber: Analisis Perhitungan 2022

Keterangan :

\* Qasim, 1986

\*\*Said, 2008

\*\*\* DLH Surabaya, 2019

## 2. Alternatif Unit Pengolahan II

Pilihan lainnya adalah penggunaan unit biofilter anaerobik dan aerobik yang terdiri dari 7 unit pengolahan. Unit perawatan untuk opsi biofilter anaerobik dan aerobik meliputi pemisah lemak, tangki flash, tangki pengendapan primer, biofilter anaerobik, biofilter aerobik, tangki pengendapan akhir, bak desinfeksi. Berikut representasi alternatif pengolahan unit Aerob Biofilter pada **Gambar 5.3** berikut ini:



Keterangan:

1. Unit Grease Trap
2. Unit Bak Ekualisasi
3. Unit Bak Pengendap Awal
4. Unit Biofilter Anaerob
5. Unit Biofilter Aerob
6. Unit Bak Pengendap Akhir
7. Unit Bak Desinfeksi

**Gambar 5.3** Alternatif Pengolahan II

Alternatif pengolahan II memiliki kelebihan dan kekurangan dalam pengolahannya. Kelebihan dan kekurangan dari alternatif pengolahan kedua dapat dilihat pada **Tabel 5.4** dibawah ini:

**Tabel 5. 4** Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan II

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pengelolaannya sangat mudah</li><li>• Biaya operasional rendah</li><li>• Lumpur yang dihasilkan sedikit</li><li>• Dapat digunakan untuk air limbah yang beban BOD tinggi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Waktu tinggalnya lama</li><li>• Waktu start-up lebih lama</li></ul>

Sumber; (Said, 2008)

Efisiensi removal = kadar pencemar (TSS) x presentase removal

$$= 2738,00 \text{ mg/l} \times 70\%$$

$$= 1916 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap awal mampu menyisihkan 1916 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 70%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 821,40 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (COD) x presentase removal

$$= 2417,80 \text{ mg/l} \times 40\%$$

$$= 967,12 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap awal mampu menyisihkan 967,12 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 1450,68 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (BOD) x presentase removal

$$= 619,40 \text{ mg/l} \times 42\%$$

$$= 260,148 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa bak pengendap awal mampu menyisihkan 260,148 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 42%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 359,25 mg/l.

➤ Proses Menaikkan pH Air Limbah

$$\begin{aligned}\text{Nilai pH} &= \text{Hasil Uji Parameter pH} + 2 \text{ ml Larutan Kapur } 2\% \\ &= 5,17 + (0,649 \times 2) \\ &= 5,17 + 1,29 \\ &= 6,46\end{aligned}$$

Perhitungan penambahan larutan kapur sebanyak 2ml diatas menunjukkan bahwa unit bak pengendap awal mampu menambah nilai pH sebesar 1,29. Dengan menambah nilai pH sebesar 1,29 pH, kandungan pH menjadi 6,46.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 821,40 \text{ mg/l} \times 85\% \\ &= 698,19 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Anaerob* mampu menyisihkan 698,19 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 85%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 123,21 mg/l.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 1450,68 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 942,94 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Anaerob* mampu menyisihkan 942,94 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 65%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 507,74 mg/l.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 359,25 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 233,51 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Anaerob* mampu menyisihkan 233,51 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 65%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 125,74 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 123,21 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 80,09 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Aerob* mampu menyisihkan 80,09 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 65%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 43,12 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 507,74 \text{ mg/l} \times 85\% \\ &= 431,58 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Aerob* mampu menyisihkan 431,58 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 85%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 76,16 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 125,74 \text{ mg/l} \times 95\% \\ &= 119,45 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Aerob* mampu menyisihkan 119,45 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 95%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 6,29 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 43,12 \text{ mg/l} \times 70\% \\ &= 30,18 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap akhir mampu menyisihkan 30,18 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 70%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 12,94 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 76,16 \text{ mg/l} \times 40\% \end{aligned}$$

$$= 30,46 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap akhir mampu menyisihkan 30,18 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 45,70 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (BOD) x presentase removal

$$= 6,29 \text{ mg/l} \times 42\%$$

$$= 2,64 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap akhir mampu menyisihkan 2,64 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 42%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 3,65 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (Total Coliform) x presentase removal

$$= 11.000 \text{ ml} \times 98\%$$

$$= 10.780 \text{ ml}$$

Perhitungan efisiensi removal diatas menunjukkan bahwa unit Bak Desinfeksi mampu meremoval Total Coliform sebesar 10.780 ml dengan efisiensi removal 98%. Dengan meremoval 10.780 ml Total Coliform, maka kandungan Total Coliform dalam air limbah yang keluar sebesar 220 ml. Berikut adalah rekapitulasi efisiensi removal unit pada alternatif II, seperti pada **Tabel 5.5** dibawah ini:

**Tabel 5. 5** Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif II

No	Unit	BOD		COD		TSS		Total Coliform	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
1	Grease Trap	621	0%	2419,40	0%	2738	0%	11.000	0%
2	Bak Ekualisasi	619,40	0%	2417,80	0%	2738	0%	11.000	0%
3	Bak Pengendap Awal	619,40	42%*	2417,80	40%*	2738	70%*	11.000	0%

No	Unit	BOD		COD		TSS		Total Coliform	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
4	Biofilter Anaerob	359,25	65%*	1450,68	65%*	821,40	85%*	11.000	0%
5	Biofilter Aerob	125,74	95%**	507,74	85%**	123,21	65%**	11.000	0%
6	Bak Pengendap Akhir	6,29	42%*	76,16	40%*	43,12	70%*	11.000	0%
7	Bak Desinfeksi	3,65	0%	45,70%	0%	12,94	0%	11.000	98%
Outlet		3,65 mg/l		45,70 mg/l		12,94 mg/l		220 ml	

Sumber: Analisis Perhitungan, 2022

Keterangan :

\* Qasim, 1986

\*\*Said, 2008

\*\*\* DLH Surabaya, 2019

### 3. Alternatif Unit Pengolahan III

Pemilihan filter anaerobik untuk opsi pengolahan ketiga didasarkan pada fakta bahwa unit ini memiliki penyisihan BOD yang tinggi. Unit ini juga fleksibel dalam konstruksi dan dapat dibangun di atas tanah atau di bawah tanah. Diagram pemrosesan untuk Opsi III ditunjukkan pada **Gambar 5.4** di bawah ini:



Keterangan:

1. Unit Grease Trap
2. Unit Bak Ekualisasi
3. Unit Bak Pengendap Awal

4. Unit Biofilter Anaerob
5. Unit RBC
6. Unit Bak Pengendap Akhir
7. Bak Desinfeksi

**Gambar 5. 4** Alternatif Pengolahan III

Pilihan opsi III memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dan kekurangan pengolahan opsi III dari alternatif pengolahan ditunjukkan pada **Tabel 5.5**.

**Tabel 5. 6** Kelebihan dan Kekurangan alternatif pengolahan III

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengoperasian alat dan perawatannya mudah</li> <li>• Tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan</li> <li>• Efisiensi removal amoniak lebih besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensitif terhadap perubahan temperatur</li> <li>• Kadang menimbulkan bau yang tidak sedap</li> </ul>

Sumber: (Said, 2008)

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\
 &= 2738,00 \text{ mg/l} \times 70\% \\
 &= 1916 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap awal mampu menyisihkan 1916 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 70%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 821,40 mg/l.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\
 &= 2417,80 \text{ mg/l} \times 40\% \\
 &= 967,12 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap awal mampu menyisihkan 967,12 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 1450,68 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 619,40 \text{ mg/l} \times 42\% \\ &= 260,148 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap awal mampu menyisihkan 260,148 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 42%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 359,25 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\ &= 821,40 \text{ mg/l} \times 85\% \\ &= 698,19 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Anaerob* mampu menyisihkan 698,19 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 85%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 123,21 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 1450,68 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 942,94 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Anaerob* mampu menyisihkan 942,94 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 65%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 507,74 mg/l.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 359,25 \text{ mg/l} \times 65\% \\ &= 233,51 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit *Biofilter Anaerob* mampu menyisihkan 233,51 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 65%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 125,74 mg/l.

➤ Proses Menaikkan pH Air Limbah

$$\begin{aligned}
\text{Nilai pH} &= \text{Hasil Uji Parameter pH} + 2 \text{ ml Larutan Kapur } 2\% \\
&= 5,17 + (0,649 \times 2) \\
&= 5,17 + 1,29 \\
&= 6,46
\end{aligned}$$

Perhitungan penambahan larutan kapur sebanyak 2ml diatas menunjukkan bahwa unit bak pengendap awal mampu menambah nilai pH sebesar 1,29. Dengan menambah nilai pH sebesar 1,29 pH, kandungan pH menjadi 6,46.

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal} \\
&= 123,21 \text{ mg/l} \times 84\% \\
&= 103,496 \text{ mg/l}
\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit RBC mampu menyisihkan 103,496 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 84%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 19,71 mg/l.

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (COD)} \times \text{presentase removal} \\
&= 507,74 \text{ mg/l} \times 80\% \\
&= 406,19 \text{ mg/l}
\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit RBC mampu menyisihkan 406,19 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 84%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 101,55 mg/l.

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\
&= 125,74 \text{ mg/l} \times 81\% \\
&= 101,85 \text{ mg/l}
\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit RBC mampu menyisihkan 101,85 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 81%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 23,89 mg/l.

$$\text{Efisiensi removal} = \text{kadar pencemar (TSS)} \times \text{presentase removal}$$

$$= 19,71 \text{ mg/l} \times 70\%$$

$$= 13,79 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap akhir mampu menyisihkan 13,79 mg/L TSS dengan efisiensi penyisihan 70%. Konsentrasi TSS dalam efluen unit selanjutnya adalah 5,91 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (COD) x presentase removal

$$= 101,55 \text{ mg/l} \times 40\%$$

$$= 40,62 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap akhir mampu menyisihkan 40,62 mg/L COD dengan efisiensi penyisihan 40%. Konsentrasi COD dalam efluen unit selanjutnya adalah 60,93 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (BOD) x presentase removal

$$= 23,89 \text{ mg/l} \times 42\%$$

$$= 10,03 \text{ mg/l}$$

Perhitungan efisiensi penyisihan di atas menunjukkan bahwa Unit bak pengendap akhir mampu menyisihkan 10,03 mg/L BOD dengan efisiensi penyisihan 42%. Konsentrasi BOD dalam efluen unit selanjutnya adalah 13,86 mg/l.

Efisiensi removal = kadar pencemar (Total Coliform) x presentase removal

$$= 11.000 \text{ ml} \times 98\%$$

$$= 10.780 \text{ ml}$$

Perhitungan efisiensi removal diatas menunjukkan bahwa unit Bak Desinfeksi mampu meremoval Total Coliform sebesar 10.780 ml dengan efisiensi removal 98%. Dengan meremoval 10.780 ml Total Coliform, maka kandungan Total Coliform dalam air limbah yang keluar sebesar 220 ml. Berikut adalah rekapitulasi efisiensi removal unit pada alternatif III, seperti pada **Tabel 5.7** dibawah ini:

\

**Tabel 5. 7** Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif III

No	Unit	BOD		COD		TSS		Total Coliform	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
1	Grease Trap	621	0%	2419,40	0%	2738	0%	11.000	0%
2	Bak Ekualisasi	619,40	0%	2417,80	0%	2738	0%	11.000	0%
3	Bak Pengendap Awal	619,40	42%*	2417,80*	40%*	2738	70%*	11.000	0%
4	Biofilter Anaerob	359,25	65%*	1450,68	65%*	821,40	85%*	11.000	0%
5	RBC	125,74	81%**	507,74	80%**	123,21	84%**	11.000	0%
6	Bak Pengendap Akhir	23,89	42%*	101,55	40%*	19,71	70%*	11.000	0%
7	Bak Desinfeksi	13,86	0%	60,93	0%	5,91	0%	11.000	98%***
Outlet		13,86 mg/l		60,93 mg/l		5,91 mg/l		220 ml	

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Keterangan :

\* Qasim, 1986

\*\*Said, 2008

\*\*\* DLH Surabaya, 2019

Dari perhitungan dan perbandingan tiga alternatif di atas, dapat dilihat bahwa parameter BOD, COD dan TSS pada alternatif I, II dan III memenuhi baku mutu,. Berdasarkan hasil removal, kelebihan dan kekurangan pada alternatif I, II dan III dapat dilihat pada **Tabel 5.8** dan **Tabel 5.9**:

**Tabel 5. 8 Hasil Removal Alternatif I, II dan III**

Alternatif I		Alternatif II		Alternatif III		Baku Mutu
Parameter	Kadar	Parameter	Kadar	Parameter	Kadar	Parameter
TSS	18,97 mg/l	TSS	12,94mg/l	TSS	5,91mg/l	30 mg/l
pH	6,46	pH	6,46	pH	6,46	6 - 9
COD	26,11mg/l	COD	45,70mg/l	COD	60,93mg/l	100 mg/l
BOD	2,08mg/l	BOD	3,65mg/l	BOD	13,86mg/l	30 mg/l
Total Coliform	220/100ml	Total Coliform	220/100ml	Total Coliform	220/100ml	3000 /100ml

Sumber: Hasil Analisis, 2023

**Tabel 5. 9 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif I, II dan III**

Kelebihan dan Kekurangan Alternatif I	Kelebihan dan Kekurangan Alternatif II	Kelebihan dan Kekurangan Alternatif III
<p><b>Kelebihan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak Membutuhkan energi listrik</li> <li>2. Biaya operasional yang dibutuhkan rendah</li> <li>3. Kemampuan menyisihkan BOD tinggi</li> </ol> <p><b>Kekurangan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fase awal pengolahan membutuhkan waktu yang lama</li> <li>2. Kemampuan mereduksi bakteri pathogen relative rendah</li> <li>3. Dibutuhkan pengolahan awal untuk mencegah penyumbatan</li> </ol>	<p><b>Kelebihan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengelolaannya sangat mudah</li> <li>2. Biaya operasional rendah</li> <li>3. Lumpur yang dihasilkan sedikit</li> <li>4. Dapat digunakan untuk air limbah yang beban BOD tinggi</li> </ol> <p><b>Kekurangan</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Waktu tinggalnya lama</li> <li>2. Waktu start-up lebih lama</li> </ol>	<p><b>Kelebihan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengoperasian alat dan perawatannya mudah</li> <li>2. Tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan</li> <li>3. Efisiensi removal amoniak lebih besar</li> </ol> <p><b>Kekurangan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensitif terhadap perubahan temperatur</li> <li>2. Kadang menimbulkan bau yang tidak sedap</li> </ol>

--	--	--

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Dari perhitungan dan perbandingan tabel tiga alternatif diatas, alternatif II yang dinilai cocok digunakan untuk pengolahan air limbah domestik di rumah makan Sinjay, yaitu menggunakan pengolahan secara Biofilter Anaerob dan Biofilter Aerob. Pengolahan secara *Biofilter Anaerob* dan *Aerob* memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu pengelolaannya sangat mudah, biaya operasional rendah, lumpur yang dihasilkan sedikit, dapat digunakan untuk air limbah yang beban BOD tinggi, waktu tinggal lama, selain itu hasil effluent yang dihasilkan oleh alternatif II relative lebih kecil yaitu, BOD 3,65 mg/l, COD 45,70 mg/l, TSS 12,94 mg/l, pH 6,46, Total Coliform 220 /100ml.

#### **4. Perhitungan Dimensi IPAL**

Perhitungan dimensi instalasi pengolahan air dilakukan sedemikian rupa sehingga diketahui dimensi bangunan instalasi pengolahan air yang direncanakan. Saat mengukur instalasi pengolahan air limbah, beberapa kriteria desain tertentu digunakan. Biaya air limbah dan beban kotoran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi saat penentuan dimensi instalasi pengolahan limbah.

##### **A. Perhitungan Dimensi Unit Pemisah Minyak**

Grease Trap adalah salah satu instalasi pengolahan limbah yang bertugas memisahkan minyak dan lemak dari limbah. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017), efisiensi penghilangan minyak dan lemak dari unit pelumas mencapai 80%. Sistem pemisahan minyak biasanya digunakan untuk menjernihkan air limbah berminyak limbah domestik yang digunakan. Direncanakan Grease Trap terdiri dari dua kompartemen, yaitu kompartemen pertama ( $\frac{2}{3}$  dari total Panjang) dan kompartemen kedua ( $\frac{1}{3}$  dari total Panjang). Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) perhitungan unit grease trap menggunakan beberapa kriteria desain sebagai acuan dalam perhitungan. Berikut merupakan kriteria desain unit grease trap:

- Waktu Tinggal = 5 - 20 menit
- Jumlah Kompartemen = 2 unit
- Panjang Kompartemen I =  $\frac{2}{3} \times P$  meter
- Panjang Kompartemen II =  $\frac{1}{3} \times P$  meter
- Manhole Minimum = 0,6 meter
- Kecepatan Aliran = 2 – 6 m/jam

Setelah kriteria desain diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan pemilihan data desain sesuai dengan kriteria desain yang telah ditentukan. Pilihan data desain separator gemuk untuk desain ini ditunjukkan pada **Tabel 5.10** di bawah ini:

**Tabel 5. 10** Data Perencanaan Unit Grease Trap

Direncanakan	Nilai	Satuan
Waktu Tinggal	20	Menit
Panjang Bak	1,2	Meter
Kedalaman Bak	1,5	Meter
Free Board	0,40	Meter
Removal Minyak dan Lemak	80%	-
Kecepatan Aliran	4,5	m/jam
Debit Air Limbah	48,00	m <sup>3</sup> /hari
	2,00	m <sup>3</sup> /jam
	0,03	m <sup>3</sup> /jam
	0,0003	m <sup>3</sup> /detik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Volume Grease Trap

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Debit Air Limbah (m}^3\text{/jam)} \times \text{Waktu Tinggal (jam)}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 2 \text{ m}^3\text{/jam} \times 0,33 \text{ jam}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 0,67 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Luas Area Unit Grease Trap

$$\text{Luas Area (m}^2\text{)} = \frac{\text{Debit Air Limbah (m}^3\text{/jam)}}{\text{Kecepatan Aliran (m/jam)}}$$

$$\text{Luas Area (m}^2\text{)} = \frac{2,00 \text{ m}^3\text{/jam}}{4,50 \text{ m/jam}}$$

$$\text{Luas Area (m}^2\text{)} = 0,44 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Dimensi Unit Grease Trap

Dari data panjang dan kedalaman yang telah direncanakan pada Tabel 5.20 diatas, maka lebar unit grease trap dapat diketahui dengan perhiyungan dibawah ini:

$$\text{Lebar (m)} = \frac{\text{Luas Area (m}^2\text{)}}{\text{Panjang (m)}}$$

$$\text{Lebar (m)} = \frac{0,44(\text{m}^2)}{1,2 \text{ (m)}}$$

$$\text{Lebar (m)} = 0,37 \text{ m} \approx 0,35 \text{ m}$$

- Perhitungan Panjang Kompartemen I Grease Trap

$$\text{Panjang Kompartemen I (m)} = \frac{2}{3} \times \text{Panjang (m)}$$

$$\text{Panjang Kompartemen I (m)} = \frac{2}{3} \times 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Kompartemen I (m)} = 0,80 \text{ m}$$

- Perhitungan Panjang Kompartemen II Grease Trap

$$\text{Panjang Kompartemen II (m)} = \frac{1}{3} \times \text{Panjang (m)}$$

$$\text{Panjang Kompartemen II (m)} = \frac{1}{3} \times 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Kompartemen II (m)} = 0,40 \text{ m}$$

Antara kompartemen I dan kompartemen II terdapat sekat dengan lebar 0,2 m

- Cek Luas Area Grease Trap

$$\text{Cek Luas Area (m}^2\text{)} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}$$

$$\text{Cek Luas Area (m}^2\text{)} = 1,2 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Cek Luas Area (m}^2\text{)} = 0,48 \text{ m}^2$$

- Cek Volume Unit Grease Trap

$$\text{Cek Volume Grease Trap (m}^3\text{)} = \text{Luas Area (m}^2\text{)} \times \text{Kedalaman (m)}$$

Cek Volume Grease Trap ( $m^3$ ) =  $0,44 m^2 \times 1,50 m$

Cek Volume Grease Trap ( $m^3$ ) =  $0,63 m^3$

- Cek Waktu Tinggal Grease Trap

Cek Waktu Tinggal (jam) =  $\frac{\text{Volume Grease Trap (m3)}}{\text{Debit Air Limbah (m3/jam)}}$

Cek Waktu Tinggal (jam) =  $\frac{0,63 m^3}{2,00 m^3/jam}$

Cek Waktu Tinggal (jam) =  $0,32 \text{ jam}$

Cek Waktu Tinggal (jam) =  $18,90 \text{ menit}$

- Cek Kecepatan Aliran Grease Trap

Cek Kecepatan Aliran (m/jam) =  $\frac{\text{Debit Air Limbah (m3/jam)}}{\text{Luas Permukaan (m2)}}$

Cek Kecepatan Aliran (m/jam) =  $\frac{2 m^3/jam}{0,42 m^2}$

Cek Kecepatan Aliran (m/jam) =  $4,76 \text{ m/menit}$

- Perhitungan Debit per Pipa Grease Trap

Direncanakan:

Jumlah pipa outlet grease trap = 1 buah

Debit per Pipa ( $m^3/jam$ ) =  $\frac{\text{Debit Air Limbah (m3/jam)}}{\text{Jumlah Pipa}}$

Debit per Pipa ( $m^3/jam$ ) =  $\frac{2,00 m^3/jam}{1}$

Debit per Pipa ( $m^3/jam$ ) =  $2,00$

Debit per Pipa ( $m^3/detik$ ) =  $0,0006 m^3/detik$

- Perhitungan Luas Permukaan Pipa Grease Trap

Direncanakan:

Kecepatan Air Dalam Pipa =

$$\text{Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)} = \frac{\text{Debit per Pipa (m}^3\text{/detik)}}{\text{Kecepatan Air dalam Pipa (}\frac{\text{m}}{\text{detik}}\text{)}}$$

$$\text{Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)} = \frac{0,0006 \text{ m}^3\text{/detik}}{1 \text{ m/detik}}$$

$$\text{Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)} = 0,0006 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Diameter Pipa Grease Trap

$$\text{Diameter Pipa (m)} = \sqrt{\frac{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}{\frac{1}{4} \times 3,14}}$$

$$\text{Diameter Pipa (m)} = \sqrt{\frac{0,0006 \text{ m}^2}{\frac{1}{4} \times 3,14}}$$

$$\text{Diameter Pipa (m)} = 0,03 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Pipa (m)} = 26,60 \text{ mm}$$

Diameter pipa hasil perhitungan adalah 26,60 mm, pipa yang direncanakan atau dipasang memiliki diameter 32 mm atau 1 inch dengan ketebalan pipa 2 mm

- Cek Luas Permukaan Pipa Grease Trap

$$\text{Cek Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (D)^2 \text{ (m)}$$

$$\text{Cek Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,03)^2 \text{ m}$$

$$\text{Cek Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)} = 0,00080 \text{ m}^2$$

- Cek Kecepatan Air dalam Pipa Grease Trap

$$\text{Cek Kecepatan Aliran (m/detik)} = \frac{\text{Debit per Pipa (m}^3\text{/detik)}}{\text{Luas Permukaan Pipa (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Cek Kecepatan Aliran (m/detik)} = \frac{0,0006 \text{ m}^3\text{/detik}}{0,0008 \text{ m}^2}$$

$$\text{Cek Kecepatan Aliran (m/detik)} = 0,6911 \text{ m/detik}$$

- Rekanan Dimensi Unit Grease Trap

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan kriteria desain dan beberapa data perencanaan, kemudian dilakukan rekap hasil perhitungan unit grease trap yang terpapar dalam **Tabel 5.11** dibawah ini:

**Tabel 5. 11** Rekap Desain Unit Grease Trap

Rekapan Dimensi Unit Grease Trap			
Panjang :			
a. Panjang Kompartemen 1	=	0,80	m
b. Panjang Kompartemen 2	=	0,40	m
c. Tebal Sekat	=	0,20	m
<b>d. Panjang Total</b>	=	<b>1,40</b>	<b>m</b>
<b>Lebar :</b>	=	<b>0,35</b>	<b>m</b>
Kedalaman :			
a. Kedalaman Aktif	=	1,50	m
b. Free Board	=	0,40	m
<b>c. Kedalaman Total</b>	=	<b>1,90</b>	<b>m</b>
Diameter Pipa	=	1	inch

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## B. Perhitungan Dimensi Unit Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi merupakan salah satu unit pendahuluan pada instalasi pengolahan air limbah. Penempatan unit bak ekualisasi biasanya diletakkan sebelum unit bak pengendap awal. Bak ekualisasi memiliki fungsi untuk melaminerkan atau menyeragamkan aliran debit air limbah yang masuk sehingga aliran air limbah yang masuk pada IPAL menjadi konstan. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) perhitungan desain atau dimensi unit bak ekualisasi menggunakan kriteria desain yang telah ditetapkan sebagai acuan. Berikut merupakan kriteria desain unit bak ekualisasi:

- Kedalaman bak ekualisasi = 1,5 – 2 meter
- Diameter manhole minimum = 0,6 meter

- Perhitungan Volume Bak Ekualisasi

Direncanakan:

$$\text{Waktu Tinggal} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{Debit air limbah} = 2 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume} = Q \text{ air limbah (m}^3/\text{jam)} \times T_d$$

$$\text{Volume} = 2 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam}$$

$$\text{Volume} = 6 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Luas Permukaan Bak Ekualisasi

$$\text{Luas Permukaan (m}^2) = \frac{\text{Volume Bak Ekualisasi (m}^3)}{\text{Kedalaman Bak Ekualisasi (m)}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2) = \frac{2 \text{ m}^3}{1,50 \text{ m}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2) = 5,33 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Dimensi Bak Ekualisasi

Direncanakan:

$$\text{Rasio Panjang : Lebar} = 1 : 1$$

$$\text{Panjang Bak (m)} = \sqrt{\text{Luas Permukaan Bak (m}^2)}$$

$$\text{Panjang Bak (m)} = \sqrt{5,33 \text{ m}^2}$$

$$\text{Panjang Bak (m)} = 2,30 \text{ m}$$

Dari data perhitungan dimensi bak ekualisasi didapatkan dimensi panjang bak ekualisasi adalah 2,30 m. Rasio Panjang : lebar yang direncanakan adalah 1 : 1, sehingga lebar bak ekualisasi = panjang bak ekualisasi yaitu 2,30 m

- Cek Volume Bak Ekualisasi

$$\text{Cek Volume (m}^3) = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Kedalaman Aktif (m)}$$

$$\text{Cek Volume (m}^3) = 2,30 \text{ m} \times 2,30 \times 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Cek Volume (m}^3) = 7,93 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Waktu Tinggal Bak Ekualisasi

$$\text{Waktu Tingga} (\text{jam}) = \frac{\text{Volume Bak (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/jam)}}$$

$$\text{Waktu Tingga} (\text{jam}) = \frac{7,93 \text{ m}^3}{2,00 \text{ m}^3\text{/jam}}$$

$$\text{Waktu Tingga} (\text{jam}) = 3,9 \text{ jam}$$

- Rekap Dimensi Unit Bak Ekualisasi

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan kriteria desain dan beberapa data perencanaan, kemudian dilakukan rekap hasil perhitungan unit bak ekualisasi yang terpapar dalam **Tabel 5.12** dibawah ini:

**Tabel 5. 12** Rekap Desain Unit Bak Ekualisasi

Rekapan Dimensi Unit Bak Ekualisasi			
<b>Panjang</b>	=	<b>2,30</b>	<b>m</b>
<b>Lebar</b>	=	<b>2,30</b>	<b>m</b>
Kedalaman :			
Kedalaman Aktif	=	1,50	m
Free Board	=	0,40	m
<b>Kedalaman Total</b>	=	<b>1,90</b>	<b>m</b>
Diameter Pipa	=	1,50	inch
Debit Air Limbah	=	48,00	m <sup>3</sup> /hari
Debit Air Limbah	=	2,00	m <sup>3</sup> /jam
Debit Air Limbah	=	0,06	m <sup>3</sup> /menit
Debit Air Limbah	=	0,0006	m <sup>3</sup> /detik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### C. Perhitungan Dimensi Unit Bak Pengendap Awal

Bak pengendap awal merupakan salah satu unit pengolahan pertama pada IPAL. Bak pengendap awal memiliki fungsi mengendapkan partikel-partikel yang terlarut dalam air limbah dan juga lumpur. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) unit bak pengendap awal memiliki efisiensi removal TSS sebesar 50 – 70%, efisiensi removal BOD sebesar 25 – 40% dan efisiensi removal COD 30 – 40%. Perhitungan unit bak pengendap awal menggunakan kriteria desain sebagai acuan perencanaan.

Kriteria desain bak pengendap awal yang digunakan dalam perencanaan ini sebagai berikut:

- Waktu Tinggal = 3 – 5 jam
- Beban Permukaan = 20 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Kedalaman Bak = 1,5 – 4 meter
- Rasio P : L = 2:1 – 6:1

Setelah mengetahui kriteria desain unit bak pengendap awal, langkah selanjutnya menentukan pilihan data perencanaan sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan. Pemilihan data perencanaan digunakan sebagai dasar perhitungan dimensi unit yang akan direncanakan. Pemilihan data perencanaan unit bak pengendap awal pada perencanaan ini terpapar pada **Tabel 5.13** dibawah ini:

**Tabel 5. 13** Data Perencanaan Unit Bak Pengendap Awal

Direncanakan	Nilai	Satuan
Kedalaman Aktif	3,00	meter
Free Board	0,40	meter
Panjang : Lebar	2 : 1	meter
Waktu Tinggal	3	jam
Debit Air Limbah	48,00	m <sup>3</sup> /hari
Debit Air Limbah	2,00	m <sup>3</sup> /jam
Debit Air Limbah	0,06	m <sup>3</sup> /menit
Debit Air Limbah	0,0006	m <sup>3</sup> /detik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Volume Bak Pengendap Awal

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Debit Air Limbah (m}^3\text{/jam)} \times \text{Waktu Tinggal (jam)}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 2 \text{ m}^3\text{/jam} \times 3 \text{ jam}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 6,00 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Luas Permukaan Bak Pengendap Awal

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{\text{Volume Bak Pengendap Awal (m}^3\text{)}}{\text{Kedalaman Bak Pengendap Awal (m)}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{6,00 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2,00 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Dimensi Bak Pengendap Awal

Direncanakan:

$$\text{Rasio Panjang : Lebar} = 2 : 1$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}$$

Data perencanaan yang ditetapkan untuk rasio panjang : lebar adalah 2 : 1, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2 \text{ lebar (m)} \times \text{lebar (m)}$$

$$2,00 \text{ m}^2 = 2 \text{ lebar}^2 \text{ (m)}$$

$$1,00 \text{ m}^2 = \text{lebar}^2 \text{ (m)}$$

$$\sqrt{1,00 \text{ m}^2} = \text{lebar}^2 \text{ (m)}$$

$$\text{Lebar (m)} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (m)} = 1,00 \text{ m}$$

Panjang dimensi bak pengendap awal adalah 2 kali dari dimensi lebar bak pengendap awal, maka dapat diketahui dimensi Panjang dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Panjang (m)} = 2 \times \text{lebar (m)}$$

$$\text{Panjang (m)} = 2 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2,00 \text{ m}$$

- Cek Luas Permukaan Bak Pengendap Awal

$$\text{Cek Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}$$

$$\text{Cek Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2,00 \text{ m} \times 1,00$$

$$\text{Cek Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2,00 \text{ m}^2$$

- Cek Volume Bak Pengendap Awal

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = Panjang (m) x Lebar (m) x Kedalaman Aktif (m)

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = 2,00 m x 1,00 x 3,00

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = 6,00 m<sup>3</sup>

- Cek Waktu Tinggal

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{\text{Volume Bak (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/jam)}}$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{6,00 \text{ m}^3}{2,00 \text{ m}^3\text{/jam}}$$

Waktu Tinggal (jam) = 3,00 jam

- Perhitungan Beban Permukaan

$$\text{Beban Permukaan (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} = \frac{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/hari)}}{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Beban Permukaan (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} = \frac{48,00 \text{ m}^3\text{/hari}}{2,00 \text{ m}^2}$$

Beban Permukaan (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari) = 24,00 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari

- Perhitungan Jumlah Produksi Lumpur

Diketahui:

TSS Influent = 2738,00 mg/L

Konsentrasi TSS = 2,738 kg/m<sup>3</sup>

Efisiensi Removal TSS = 70%

Produksi Lumpur = Konsentrasi TSS x Q Air Limbah x Efisiensi Removal TSS

Produksi Lumpur kg/hari = 2,738 kg/m<sup>3</sup> x 48,00 m<sup>3</sup> x 70%

Produksi Lumpur kg/hari = 92,00 kg/hari

Produksi Lumpur kg/hari = 0,092 m<sup>3</sup>/hari

Produksi Lumpur kg/hari = 33,58 m<sup>3</sup>/tahun

Produksi lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap awal adalah 0,092 m<sup>3</sup>/hari serta jika diakumulasi dalam satu tahun maka lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap awal adalah 33,58 m<sup>3</sup>/tahun. Penanganan lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap awal dilakukan dengan penyedotan oleh pihak ketiga. Periode penyedotan lumpur yang dilakukan pada bak pengendap awal adalah setahun sekali.

- Rekap Dimensi Unit Bak Pengendap Awal

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan kriteria desain dan beberapa data perencanaan, kemudian dilakukan rekap hasil perhitungan unit bak pengendap awal yang terpapar dalam **Tabel 5.14** dibawah ini:

**Tabel 5. 14** Rekap Dimensi Unit Bak Pengendap Awal

Dimensi	Hasil Perhitungan	Satuan
Panjang	2,00	Meter
Lebar	1,00	Meter
Kedalaman Aktif	3,00	Meter
Free Board	0,40	Meter
Kedalaman Total	3,40	Meter

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### **D. Perhitungan Dimensi Unit Biofilter Anaerob**

Biofilter anaerob merupakan salah satu unit pengolahan sekunder pada IPAL. Biofilter memanfaatkan perkembangbiakan mikroorganisme yang melekat pada media filter untuk membantu mereduksi zat pencemar dalam air limbah. Biofilter anaerob memiliki efisiensi removal BOD hingga 90% (Dirjen Cipta Karya, 2017). Perencanaan unit biofilter anaerob mengacu pada kriteria desain yang telah ditetapkan. Kriteria desain pada perencanaan ini didapat dari beberapa sumber jurnal, buku serta penelitian terdahulu. Kualitas air limbah menjadi salah satu faktor utama

dalam perencanaan biofilter anaerob. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) kriteria desain unit biofilter anaerob sebagai berikut:

- Beban BOD Media = 5 – 30 g BOD/m<sup>2</sup>
- Beban BOD = 0,4 – 4,7 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari
- Waktu Tinggal = 6 – 8 jam
- Tinggi Ruang Lumpur = 0,5 meter
- Tinggi Media = 0,9 – 1,5 meter
- Tinggi Air diatas Media = 0,2 meter
- Jarak Plat Dasar Bak = 0,5 – 0,6 meter
- Jarak Antar Plat = 0,10 meter

Setelah mengetahui kriteria desain unit biofilter anaerob, langkah selanjutnya menentukan pilihan data perencanaan sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan. Pemilihan data perencanaan digunakan sebagai dasar perhitungan dimensi unit yang akan direncanakan. Pemilihan data perencanaan unit biofilter anaerob pada perencanaan ini terpapar pada **Tabel 5.15** dibawah ini:

**Tabel 5. 15** Data Perencanaan Unit Biofilter Anaerob

Direncanakan	Nilai	Satuan
Kedalaman Aktif	3,00	meter
Free Board	0,40	meter
Standart Beban BOD	2,5	Kg BOD/m <sup>3</sup>
Waktu Tinggal	6	jam
Lebar Unit	1,00	meter
TSS masuk	821,40	Mg/l
COD masuk	1450,68	Mg/l
BOD masuk	359,25	Mg/l
Debit Air Limbah	48,00	m <sup>3</sup> /hari

Debit Air Limbah	2,00	m3/jam
Debit Air Limbah	0,06	m3/menit
Debit Air Limbah	0,0006	m3/detik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Beban BOD dalam Air Limbah

Direncanakan:

$$\text{BOD masuk} = 359,25 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD masuk} = 0,36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Beban BOD (kg/hari)} = Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/hari)} \times \text{BOD In (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Beban BOD (kg/hari)} = 48,00 \text{ m}^3\text{/hari} \times 0,36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Beban BOD (kg/hari)} = 17,24 \text{ kg/hari}$$

- Perhitungan Volume Media

$$\text{Volume Media (m}^3\text{)} = \frac{\text{Beban BOD (kg/hari)}}{\text{Standart Beban BOD (kg/m}^3\text{.hari)}}$$

$$\text{Volume Media (m}^3\text{)} = \frac{17,24 \text{ kg/hari}}{2,5 \text{ kg/m}^3\text{.hari}}$$

$$\text{Volume Media (m}^3\text{)} = 6,90 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Volume Reaktor

Direncanakan:

$$\text{Volume Media} = 50\% \text{ dari total volume reaktor}$$

$$\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)} = \frac{100}{50} \times \text{Volume Media m}^3$$

$$\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)} = \frac{100}{50} \times 6,90 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)} = 13,80 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Waktu Tinggal

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{13,80 \text{ m}^3}{48,00 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = 6,9 \text{ jam}$$

- Perhitungan Luas Permukaan Reaktor

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)}}{\text{Kedalaman Reaktor (m)}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{13,80 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 4,60 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Dimensi Reaktor

Direncanakan:

$$\text{Lebar Reaktor} = 1,00 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang Sekat} = 0,20 \text{ meter}$$

Dari data yang direncanakan, lebar unit rencana adalah 1,00 m. Luas permukaan unit biofilter anaerob adalah 4,60 m<sup>2</sup>. Dari data yang telah didapat maka Panjang unit biofilter aerob dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Panjang (m)} = \frac{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}{\text{Lebar (m)}}$$

$$\text{Panjang (m)} = \frac{4,60 \text{ m}^2}{1,00 \text{ m}}$$

$$\text{Panjang (m)} = 4,60 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (m)} = 4,80 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa panjang reaktor adalah 4,60 m. media dipisahkan oleh sekat sepanjang 0,20 m.

- Cek Volume Reaktor

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = \text{Panjang Total (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Kedalaman Aktif (m)}$$

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = 4,80 \text{ m} \times 1,00 \times 3,00$$

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = 14,40 \text{ m}^3$$

- Cek Waktu Tinggal dalam Reaktor

$$\text{Cek Waktu Tinggal (jam)} = \frac{\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/jam)}}$$

$$\text{Cek Waktu Tinggal (jam)} = \frac{14,40 \text{ m}^3}{2,00 \text{ m}^3\text{/jam}}$$

$$\text{Cek Waktu Tinggal (jam)} = 7,20 \text{ jam}$$

- Perhitungan Dimensi Media

Direncanakan:

$$\text{Panjang Media} = 4,60 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar Media} = 1,00 \text{ meter}$$

Dari data perencanaan diatas, maka tinggi media biofilter anaerob dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Tinggi (m)} = \frac{\text{Volume Media (m}^3\text{)}}{\text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}}$$

$$\text{Tinggi (m)} = \frac{6,90 \text{ m}^3}{4,60 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}}$$

$$\text{Tinggi (m)} = 1,49 \sim 1,50 \text{ m}$$

- Cek Volume Media

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = \text{Panjang Total (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Kedalaman Aktif (m)}$$

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = 4,60 \text{ m} \times 1,00 \times 1,50$$

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = 6,90 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Beban BOD per Volume Media

$$\text{Beban per Volume Media (kg/m}^3\text{.hari)} = \frac{\text{Beban BOD (kg/hari)}}{\text{Volume Media (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Beban per Volume Media (kg/m}^3\text{.hari)} = \frac{17,24 \text{ kg/hari}}{6,90 \text{ m}^3}$$

$$\text{Beban per Volume Media (kg/m}^3\text{.hari)} = 2,50 \text{ kg/hari}$$

- Rekap Dimensi Unit Biofilter Aerob

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan kriteria desain dan beberapa data perencanaan, kemudian dilakukan rekap hasil perhitungan unit Biofilter Anaerob yang terpapar dalam **Tabel 5.16** dibawah ini:

**Tabel 5. 16** Rekap Dimensi Unit Biofilter Anaerob

Dimensi	Hasil Perhitungan	Satuan
Panjang Reaktor	4,60	Meter
Panjang Sekat Reaktor	0,20	Meter
Panjang Total Reaktor	4,80	Meter
Lebar Reaktor	1,00	Meter
Kedalaman Reaktor	3,00	Meter
Panjang Media	4,60	Meter
Lebar Media	1,00	Meter
Tinggi Media	1,50	Meter
Panjang Zona Media	3,50	Meter
Lebar Zona Media	1,00	Meter
Tinggi Zona Media	3,00	Meter
Panjang Zona Aerasi	9,10	Meter
Lebar Zona Aerasi	1,00	Meter
Tinggi Zona Aerasi	3,00	Meter

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### **E. Perhitungan Dimensi Unit Biofilter Aerob**

Biofilter aerob merupakan salah satu unit pengolahan sekunder pada IPAL. Biofilter memanfaatkan perkembangbiakan mikroorganismе yang melekat pada media filter untuk membantu mereduksi zat pencemar dalam air limbah. Biofilter aerob memiliki efisiensi removal BOD hingga 90% (Dirjen Cipta Karya, 2017). Perencanaan unit biofilter aerob mengacu pada kriteria desain yang telah ditetapkan.

Kriteria desain pada perencanaan ini didapat dari beberapa sumber jurnal, buku serta penelitian terdahulu. Kualitas air limbah menjadi salah satu faktor utama dalam perencanaan biofilter aerob. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) kriteria desain unit biofilter aerob sebagai berikut:

- Beban BOD Media = 5 – 30 g BOD/m<sup>2</sup>
- Beban BOD = 0,4 – 4,7 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari
- Waktu Tinggal = 6 – 8 jam
- Tinggi Ruang Lumpur = 0,5 meter
- Tinggi Media = 0,9 – 1,5 meter
- Tinggi Air diatas Media = 0,2 meter
- Jarak Plat Dasar Bak = 0,5 – 0,6 meter
- Jarak Antar Plat = 0,10 meter

Setelah mengetahui kriteria desain unit biofilter aerob, langkah selanjutnya menentukan pilihan data perencanaan sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan. Pemilihan data perencanaan digunakan sebagai dasar perhitungan dimensi unit yang akan direncanakan. Pemilihan data perencanaan unit biofilter aerob pada perencanaan ini terpapar pada **Tabel 5.17** dibawah ini:

**Tabel 5. 17** Data Perencanaan Unit Biofilter Aerob

Direncanakan	Nilai	Satuan
Kedalaman Aktif	3,00	meter
Free Board	0,40	meter
Standart Beban BOD	1,25	Kg BOD/m <sup>3</sup>
Waktu Tinggal	6	jam
Lebar Unit	1,00	meter
TSS masuk	123,21	Mg/l
COD masuk	507,74	Mg/l

BOD masuk	125,74	Mg/l
Debit Air Limbah	48,00	m <sup>3</sup> /hari
Debit Air Limbah	2,00	m <sup>3</sup> /jam
Debit Air Limbah	0,06	m <sup>3</sup> /menit
Debit Air Limbah	0,0006	m <sup>3</sup> /detik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Beban BOD dalam Air Limbah

Direncanakan:

$$\text{BOD masuk} = 125,74 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD masuk} = 0,13 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Beban BOD (kg/hari)} = Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/hari)} \times \text{BOD In (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Beban BOD (kg/hari)} = 48,00 \text{ m}^3\text{/hari} \times 0,13 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Beban BOD (kg/hari)} = 6,04 \text{ kg/hari}$$

- Perhitungan Volume Media

$$\text{Volume Media (m}^3\text{)} = \frac{\text{Beban BOD (kg/hari)}}{\text{Standart Beban BOD (kg/m}^3\text{.hari)}}$$

$$\text{Volume Media (m}^3\text{)} = \frac{6,04 \text{ kg/hari}}{1,25 \text{ kg/m}^3\text{.hari}}$$

$$\text{Volume Media (m}^3\text{)} = 4,83 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Volume Reaktor

Direncanakan:

$$\text{Volume Media} = 40\% \text{ dari total volume reaktor}$$

$$\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)} = \frac{100}{40} \times \text{Volume Media m}^3$$

$$\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)} = \frac{100}{40} \times 4,83$$

$$\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)} = 12,07 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Waktu Tinggal

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{12,07 \text{ m}^3}{48,00 \text{ m}^3\text{/hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = 6,04 \text{ jam}$$

- Perhitungan Luas Permukaan Reaktor

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)}}{\text{Kedalaman Reaktor (m)}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{12,07 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 4,02 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Dimensi Reaktor

Direncanakan:

$$\text{Lebar Reaktor} = 1,00 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang Sekat} = 0,20 \text{ meter}$$

Dari data yang direncanakan, lebar unit rencana adalah 1,00 m. Luas permukaan unit biofilter aerob adalah 4,02 m<sup>2</sup>. Dari data yang telah didapat maka Panjang unit biofilter aerob dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Panjang (m)} = \frac{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}{\text{Lebar (m)}}$$

$$\text{Panjang (m)} = \frac{4,02 \text{ m}^2}{1,00 \text{ m}}$$

$$\text{Panjang (m)} = 4,00 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (m)} = 4,20 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa panjang reaktor adalah 4,00 m. Panjang reaktor kemudian dibagi menjadi 2 bagian, bagian pertama digunakan sebagai ruang aerasi dengan panjang 0,50 m dan bagian kedua digunakan sebagai ruang media dengan panjang 3,50 m. Diantara kedua bagian aerasi dan media dipisahkan oleh sekat sepanjang 0,20 m.

- Cek Volume Reaktor

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = Panjang Total (m) x Lebar (m) x Kedalaman Aktif (m)

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = 4,20 m x 1,00 x 3,00

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = 12,60 m<sup>3</sup>

- Cek Waktu Tinggal dalam Reaktor

Cek Waktu Tinggal (jam) =  $\frac{\text{Volume Reaktor (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/jam)}}$

Cek Waktu Tinggal (jam) =  $\frac{12,60 \text{ m}^3}{2,00 \text{ m}^3\text{/jam}}$

Cek Waktu Tinggal (jam) = 6,30 jam

- Perhitungan Dimensi Media

Direncanakan:

Panjang Media = 3,50 meter

Lebar Media = 1,00 meter

Dari data perencanaan diatas, maka tinggi media biofilter aerob dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

Tinggi (m) =  $\frac{\text{Volume Media (m}^3\text{)}}{\text{Panjang (m) x Lebar (m)}}$

Tinggi (m) =  $\frac{4,83 \text{ m}^3}{3,50 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}}$

Tinggi (m) = 1,40 m

- Cek Volume Media

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = Panjang Total (m) x Lebar (m) x Kedalaman Aktif (m)

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = 3,50 m x 1,00 x 1,40

Cek Volume (m<sup>3</sup>) = 4,90 m<sup>3</sup>

- Perhitungan Beban BOD per Volume Media

Beban per Volume Media (kg/m<sup>3</sup>.hari) =  $\frac{\text{Beban BOD (kg/hari)}}{\text{Volume Media (m}^3\text{)}}$

$$\text{Beban per Volume Media (kg/m}^3\cdot\text{hari)} = \frac{6,04 \text{ kg/hari}}{4,90 \text{ m}^3}$$

$$\text{Beban per Volume Media (kg/m}^3\cdot\text{hari)} = 1,23 \text{ kg/hari}$$

- Perhitungan Removal BOD

Direncanakan:

$$\text{Efisiensi Removal BOD} = 95\%$$

$$\text{Removal BOD (kg/hari)} = \text{Efisiensi Removal} \times \text{Beban BOD (kg/hari)}$$

$$\text{Removal BOD (kg/hari)} = 95\% \times 6,04$$

$$\text{Removal BOD (kg/hari)} = 5,73 \text{ kg/hari}$$

- Perhitungan Kebutuhan Oksigen Teoritis

Direncanakan:

$$\text{Faktor Keamanan} = 2$$

$$\text{Temperatur udara rata – rata} = 28 \text{ celcius}$$

$$\text{Berat Udara} = 1,1725 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Diasumsikan Jumlah Oksigen di Udara} = 23,20\%$$

$$\text{Efisiensi Difuser} = 3,0\%$$

$$\text{Kebutuhan Oksigen (kg/hari)} = \text{Faktor Keamanan} \times \text{BOD diremoval}$$

$$\text{Kebutuhan Oksigen (kg/hari)} = 2 \times 5,73$$

$$\text{Kebutuhan Oksigen (kg/hari)} = 11,47 \text{ kg/hari}$$

- Perhitungan Jumlah Oksigen Teoritis

$$\text{Jumlah Oksigen (m}^3\text{/hari)} = \frac{\text{Kebutuhan Oksigen (kg/hari)}}{\text{Berat Udara} \times \text{Jumlah Oksigen di Udara}}$$

$$\text{Jumlah Oksigen (m}^3\text{/hari)} = \frac{11,47 \text{ kg/hari}}{1,1725 \times 0,232}$$

$$\text{Jumlah Oksigen (m}^3\text{/hari)} = 42,16 \text{ m}^3\text{/hari}$$

$$\text{Jumlah Oksigen (m}^3\text{/hari)} = 1,76 \text{ m}^3\text{/jam}$$

$$\text{Jumlah Oksigen (m}^3\text{/hari)} = 1756,51 \text{ liter/jam}$$

- Spesifikasi Blower Udara yang Digunakan

Direncanakan:

Tipe Blower = AP – 300L

Kapasitas Blower = 700 Liter

Power = 267 Watt

Tingkat Kebisingan = 47 dB

- Rekap Dimensi Unit Biofilter Aerob

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan kriteria desain dan beberapa data perencanaan, kemudian dilakukan rekap hasil perhitungan unit Biofilter Aerob yang terpapar dalam **Tabel 5.18** dibawah ini:

**Tabel 5. 18** Rekap Dimensi Unit Biofilter Aerob

Dimensi	Hasil Perhitungan	Satuan
Panjang Reaktor	4,00	Meter
Panjang Sekat Reaktor	0,20	Meter
Panjang Total Reaktor	4,20	Meter
Lebar Reaktor	1,00	Meter
Kedalaman Reaktor	3,00	Meter
Panjang Media	3,50	Meter
Lebar Media	1,00	Meter
Tinggi Media	1,40	Meter
Panjang Zona Media	3,50	Meter
Lebar Zona Media	1,00	Meter
Tinggi Zona Media	3,00	Meter
Panjang Zona Aerasi	0,50	Meter
Lebar Zona Aerasi	1,00	Meter

Tinggi Zona Aerasi	3,00	Meter
--------------------	------	-------

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### F. Perhitungan Dimensi Unit Bak Pengendap Akhir

Bak Pengendap akhir merupakan salah satu unit pengolahan pada IPAL. Bak pengendap akhir memiliki fungsi mengendapkan partikel – partikel terlarut dalam air limbah dan juga lumpur setelah melewati unit pengolahan sekunder. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) unit bak pengendap memiliki efisiensi removal TSS sebesar 50 – 70%, efisiensi removal BOD sebesar 25 – 40%, dan efisiensi removal COD 30 – 40%. Perhitungan unit bak pengendap menggunakan kriteria desain sebagai acuan perencanaan. Kriteria desain yang ditetapkan dalam perencanaan ini berasal dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dan beberapa penelitian. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) kriteria desain bak pengendap yang digunakan dalam perencanaan sebagai berikut:

- Waktu Tinggal = 3 – 5 Jam
- Beban Permukaan = 20 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Kedalaman Bak = 1,5 – 4 meter
- Rasio P : L = 2:1 – 6:1

Setelah mengetahui kriteria desain unit bak pengendap akhir, langkah selanjutnya menentukan pilihan data perencanaan sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan. Pemilihan data perencanaan digunakan sebagai dasar perhitungan dimensi unit yang akan direncanakan. Pemilihan data perencanaan unit bak pengendap akhir pada perencanaan ini terpapar pada **Tabel 5.29** dibawah ini:

**Tabel 5. 19** Data Perencanaan Unit Bak Pengendap Akhir

Direncanakan	Nilai	Satuan
Kedalaman Aktif	3,00	meter
Free Board	0,40	meter
Panjang : Lebar	2 : 1	meter
Waktu Tinggal	3	jam
Debit Air Limbah	48,00	m <sup>3</sup> /hari
Debit Air Limbah	2,00	m <sup>3</sup> /jam
Debit Air Limbah	0,06	m <sup>3</sup> /menit
Debit Air Limbah	0,0006	m <sup>3</sup> /detik

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Volume Bak Pengendap Akhir

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \text{Debit Air Limbah (m}^3\text{/jam)} \times \text{Waktu Tinggal (jam)}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 2,00 \text{ m}^3\text{/jam} \times 3,00 \text{ jam}$$

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = 6,00 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Luas Permukaan Bak Pengendap Akhir

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{\text{Volume Bak Pengendap Akhir (m}^3\text{)}}{\text{Kedalaman Bak Pengendap Akhir (m)}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \frac{6,00 \text{ m}^3}{3,00 \text{ m}}$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2,00 \text{ m}^2$$

- Perhitungan Dimensi Bak Pengendap Akhir

Direncanakan:

$$\text{Rasio Panjang : Lebar} = 2 : 1$$

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}$$

Data perencanaan yang ditetapkan untuk rasio panjang : lebar adalah 2 : 1, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2 \text{ lebar (m) x lebar (m)}$$

$$2,00 \text{ m}^2 = 2 \text{ lebar}^2 \text{ (m)}$$

$$1,00 \text{ m}^2 = \text{lebar}^2 \text{ (m)}$$

$$\sqrt{1,00 \text{ m}^2} = \text{lebar}^2 \text{ (m)}$$

$$\text{Lebar (m)} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (m)} = 1,00 \text{ m}$$

Panjang dimensi bak pengendap akhir adalah 2 kali dari dimensi lebar bak pengendap akhir, maka dapat diketahui dimensi Panjang dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Panjang (m)} = 2 \times \text{lebar (m)}$$

$$\text{Panjang (m)} = 2 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2,00 \text{ m}$$

- Cek Luas Permukaan Bak Pengendap Akhir

$$\text{Cek Luas Permukaan (m}^2\text{)} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)}$$

$$\text{Cek Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2,00 \text{ m} \times 1,00$$

$$\text{Cek Luas Permukaan (m}^2\text{)} = 2,00 \text{ m}^2$$

- Cek Volume Bak Pengendap Akhir

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = \text{Panjang (m)} \times \text{Lebar (m)} \times \text{Kedalaman Aktif (m)}$$

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = 2,00 \text{ m} \times 1,00 \times 3,00$$

$$\text{Cek Volume (m}^3\text{)} = 6,00 \text{ m}^3$$

- Cek Waktu Tinggal

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = \frac{\text{Volume Bak (m}^3\text{)}}{Q \text{ Air Limbah (m}^3\text{/jam)}}$$

$$\text{Luas Tinggal (jam)} = \frac{6,00 \text{ m}^3}{2,00 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$\text{Luas Tinggal (jam)} = 3,00 \text{ jam}$$

- Perhitungan Beban Permukaan

$$\text{Beban Permukaan (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} = \frac{\text{Q Air Limbah (m}^3\text{/hari)}}{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Beban Permukaan (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} = \frac{48,00 \text{ m}^3\text{/hari}}{2,00 \text{ m}^2}$$

$$\text{Beban Permukaan (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} = 24,00 \text{ m}^3\text{/m}^2\text{.hari}$$

- Perhitungan Jumlah Produksi Lumpur

Diketahui:

$$\text{TSS Influent} = 2738,00 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi TSS} = 2,738 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Efisiensi Removal TSS} = 70\%$$

$$\text{Produksi Lumpur} = \text{Konsentrasi TSS} \times \text{Q Air Limbah} \times \text{Efisiensi Removal TSS}$$

$$\text{Produksi Lumpur kg/hari} = 0,043 \text{ kg/m}^3 \times 48,00 \text{ m}^3 \times 70\%$$

$$\text{Produksi Lumpur kg/hari} = 1,45 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produksi Lumpur kg/hari} = 0,001 \text{ m}^3\text{/hari}$$

$$\text{Produksi Lumpur kg/hari} = 0,52 \text{ m}^3\text{/tahun}$$

Produksi lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap akhir adalah 0,001 m<sup>3</sup>/hari serta jika diakumulasi dalam satu tahun maka lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap akhir adalah 0,52 m<sup>3</sup>/tahun. Penanganan lumpur yang dihasilkan pada bak pengendap akhir dilakukan dengan penyedotan oleh pihak ketiga. Periode penyedotan lumpur yang dilakukan pada bak pengendap awal adalah setahun sekali.

- Rekap Dimensi Unit Bak Pengendap Akhir

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan kriteria desain dan beberapa data perencanaan, kemudian dilakukan rekap hasil perhitungan unit bak pengendap awal yang terpapar dalam **Tabel 5.20** dibawah ini:

**Tabel 5. 20** Rekap Dimensi Unit Bak Pengendap Akhir

Dimensi	Hasil Perhitungan	Satuan
Panjang	2,00	Meter
Lebar	1,00	Meter
Kedalaman Aktif	3,00	Meter
Free Board	0,40	Meter
Kedalaman Total	3,40	Meter

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## 5.5 Perhitungan Efisiensi Removal

Efisiensi removal pada setiap unit IPAL dipengaruhi oleh beberapa kriteria salah satunya waktu detensi dan kualitas air limbah. Data waktu detensi pada unit IPAL didapatkan dari perhitungan dan juga ada yang didapatkan dari data rencana. Data kualitas air limbah juga mempengaruhi efisiensi removal pada IPAL. Data kualitas air limbah pada perencanaan ini didapatkan dari pengujian sampel air limbah di laboratorium.

### A. Perhitungan Efisiensi Removal Unit Grease Trap

Unit grease trap dalam IPAL berfungsi untuk menyisahkan minyak dan lemak yang ada dalam air limbah domestic. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) unit grease trap memiliki efisiensi removal minyak dan lemak hingga 80%. Penyisihan kandungan minyak dan lemak dalam unit grease trap berfungsi agar proses pengolahan air limbah domestic berjalan dengan optimal.

- Data Influent Unit Grease Trap

Data influent air limbah yang masuk dalam unit grease trap adalah data kualitas air limbah sesuai dengan **Tabel 5.1** diatas

- Minyak dan Lemak Tersisihkan

Diketahui:

Minyak dan Lemak Masuk	= 2,94 mL
Penyisihan Minyak dan Lemak	= 80%
Minyak dan Lemak Tersisihkan	= Minyak dan Lemak in x Efisiensi
Minyak dan Lemak Tersisihkan	= 2,94 mL x 80%
Minyak dan Lemak Tersisihkan	= 2,35 mL

- Minyak dan Lemak Keluar

Diketahui:

Minyak dan Lemak Masuk	= 2,94 mL
Minyak dan Lemak Tersisihkan	= 2,35 mL
Minyak dan Lemak Keluar	= Minyak & Lemak in – Minyak & Lemak Tersisihkan
Minyak dan Lemak Keluar	= 2,94 mL– 2,35 mL
Minyak dan Lemak Keluar	= 0,59 mL

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan minyak dan lemak yang tersisihkan di unit grease trap sebesar 2,35 mL. Kandungan minyak dan lemak yang keluar dari unit grease trap menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 0,04 mL.

- Data Effluent Unit Grease Trap

Data effluent air limbah hasil dari unit grease trap tersaji dalam **Tabel 5.21** sebagai berikut:

**Tabel 5. 21** Data Effluent Unit Grease Trap

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
TSS	<b>2738</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
pH	<b>5,17</b>	6 – 9	-	Tidak Memenuhi
COD	<b>2419,4</b>	100	Mg/l	Tidak Memenuhi
Amonia	4	10	Mg/l	Memenuhi
BOD	<b>621</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
Minyak dan Lemak	0,59	5,00	/100 mL	Memenuhi
Total Coliform	<b>&gt;11000</b>	3000	/100 mL	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### **B. Perhitungan Efisiensi Removal Unit Bak Pengendap Awal**

Bak pengendap awal memiliki fungsi mengendapkan partikel yang larut dalam air limbah dan juga lumpur. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) unit bak pengendap awal memiliki efisiensi removal TSS sebesar 50 – 70%, efisiensi removal BOD sebesar 25 – 40%, dan efisiensi removal COD 30 – 40%. Pada perhitungan removal bak pengendap, waktu tinggal air limbah menjadi salah satu faktor penentuan efisiensi removal.

- **Data Influent Unit Bak Pengendap Awal**

Data influent air limbah yang masuk dalam unit bak pengendap awal merupakan data effluent dari unit grease trap pada **Tabel 5.31** diatas

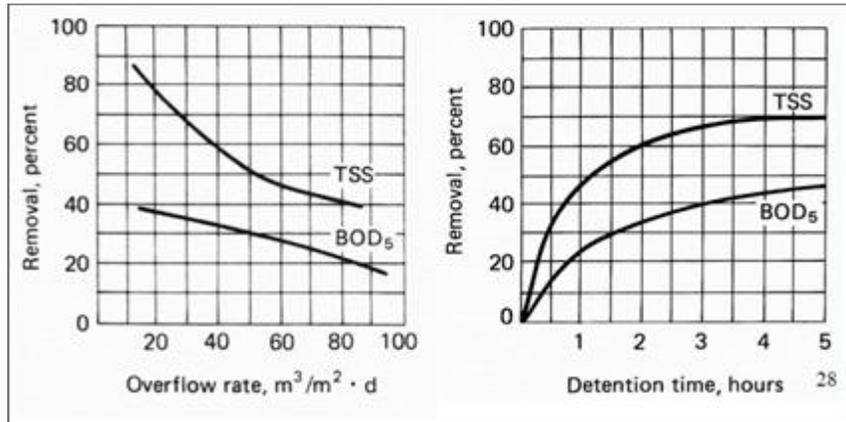
- **TSS Tersisihkan**

Diketahui:

Waktu Tinggal = 3 jam

TSS Masuk = 2738 mg/l

Besaran efisiensi removal TSS pada bak pengendap awal ditentukan berdasarkan waktu tinggal air limbah di dalam unit bak pengendap awal. Berikut merupakan grafik hubungan antara waktu tinggal didalam bak dengan besaran efisiensi removal yang tersaji pada **Gambar 5.5** dibawah ini:



**Gambar 5.5** Efisiensi Removal BOD dan TSS Berdasarkan Waktu Tinggal

Pada Gambar 5.7 dapat diketahui besaran efisiensi removal TSS dan BOD berdasarkan lama waktu tinggal air limbah. Efisiensi removal TSS pada bak pengendap awal sebesar 70% dan efisiensi removal BOD pada bak pengendap awal sebesar 42%. Besar TSS yang tersisihkan dalam bak pengendap awal dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan dibawah ini:

- TSS Tersisihkan (mg/l) = TSS in (mg/l) x Efisiensi Removal  
TSS Tersisihkan (mg/l) = 2738 mg/l x 70%  
TSS Tersisihkan (mg/l) = 1916 mg/l
- TSS Keluar  
Diketahui:  
TSS Masuk = 2738 mg/l  
TSS Tersisihkan = 1916 mg/l  
TSS Keluar (mg/l) = TSS in (mg/l) – TSS tersisihkan (mg/l)

$$\text{TSS Keluar (mg/l)} = 2738 \text{ mg/l} - 1916 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS Keluar (mg/l)} = 821,40 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan TSS yang tersisihkan di unit bak pengendap awal sebesar 1916 mg/l. Kandungan TSS yang keluar dari unit bak pengendap awal menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 821,40 mg/l.

- BOD Tersisihkan

Diketahui:

$$\text{Waktu Tinggal} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{BOD Masuk} = 619,40 \text{ mg/l}$$

$$\text{Penyisihan BOD} = 42\%$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = \text{BOD in (mg/l)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = 619,40 \text{ mg/l} \times 42\%$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = 260,148 \text{ mg/l}$$

- BOD Keluar

Diketahui:

$$\text{BOD Masuk} = 619,40 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Tersisihkan} = 260,148 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = \text{BOD in (mg/l)} - \text{BOD tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = 619,40 \text{ mg/l} - 260,148 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = 359,25 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan BOD yang tersisihkan di unit bak pengendap awal sebesar 260,148 mg/l. Kandungan BOD yang keluar dari unit bak pengendap awal menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 359,25 mg/l.

- COD Tersisihkan

Diketahui:

$$\text{Waktu Tinggal} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{COD Masuk} = 2417,80 \text{ mg/l}$$

$$\text{Penyisihan COD} = 40\%$$

$$\text{COD Tersisihkan (mg/l)} = \text{COD in (mg/l)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{COD Tersisihkan (mg/l)} = 2417,80 \text{ mg/l} \times 40\%$$

$$\text{COD Tersisihkan (mg/l)} = 967,12 \text{ mg/l}$$

- COD Keluar

Diketahui:

$$\text{COD Masuk} = 2417,80 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Tersisihkan} = 967,12 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = \text{COD in (mg/l)} - \text{COD tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = 2417,80 \text{ mg/l} - 967,12 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = 1450,68 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan COD yang tersisihkan di unit bak pengendap awal sebesar 967,12 mg/l. Kandungan COD yang keluar dari unit bak pengendap awal menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 1450,68 mg/l.

- Proses Menaikkan pH Air Limbah

$$\text{Nilai pH} = \text{Hasil Uji Parameter pH} + 2 \text{ ml Larutan Kapur } 2\%$$

$$= 5,17 + (0,649 \times 2)$$

$$= 5,17 + 1,29$$

$$= 6,46$$

Perhitungan penambahan larutan kapur sebanyak 2ml diatas menunjukkan bahwa unit bak pengendap awal mampu menambah nilai pH sebesar 1,29. Dengan menambah nilai pH sebesar 1,29 pH, maka kandungan pH dalam air limbah yang masuk ke unit selanjutnya sebesar 6,46

- Data Effluent Unit Bak Pengendap Awal

Data effluent air limbah hasil dari unit bak pengendap awal tersaji dalam **Tabel 5.22** sebagai berikut:

**Tabel 5. 22** Data Effluent Unit Bak Pengendap Awal

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
TSS	<b>821,40</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
pH	6,46	6 – 9	-	Memenuhi
COD	<b>1450,68</b>	100	Mg/l	Tidak Memenuhi
Amonia	4,00	10	Mg/l	Memenuhi
BOD	<b>359,25</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
Minyak dan Lemak	0,59	5,00	/100 mL	Memenuhi
Total Coliform	<b>&gt;11000</b>	3000	/100 mL	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### C. Perhitungan Efisiensi Removal Unit Biofilter Anaerob

Unit biofilter anaerob merupakan unit pengolahan sekunder yang berfungsi untuk menyisihkan BOD dan COD dalam air limbah. Menurut (Said, 2008) biofilter anaerob memiliki efisiensi removal BOD dan COD yang cukup tinggi. Biofilter anaerob juga dapat meremoval kandungan amonia yang terdapat dalam air limbah.

- Data Influent Unit Biofilter Anaerob

- TSS Tersisihkan

Diketahui:

Penyisihan TSS = 85% jam

TSS Masuk = 821,40 mg/l

TSS Tersisihkan (mg/l) = TSS in (mg/l) x Efisiensi Removal

TSS Tersisihkan (mg/l) = 821,40 mg/l x 85%

TSS Tersisihkan (mg/l) = 698,19 mg/l

- TSS Keluar

Diketahui:

$$\text{TSS Masuk} = 821,40 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS Tersisihkan} = 698,19 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS Keluar (mg/l)} = \text{TSS in (mg/l)} - \text{TSS tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{TSS Keluar (mg/l)} = 821,40 \text{ mg/l} - 698,19 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS Keluar (mg/l)} = 123,21 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan TSS yang tersisihkan di unit biofilter anaerob sebesar 698,19 mg/l. Kandungan TSS yang keluar dari unit biofilter anaerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 123,21 mg/l.

- BOD Tersisihkan

Diketahui:

$$\text{Penyisihan BOD} = 65\%$$

$$\text{BOD Masuk} = 359,25 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = \text{BOD in (mg/l)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = 359,25 \text{ mg/l} \times 65\%$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = 233,512 \text{ mg/l}$$

- BOD Keluar

Diketahui:

$$\text{BOD Masuk} = 359,25 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Tersisihkan} = 233,512 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = \text{BOD in (mg/l)} - \text{BOD tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = 359,25 \text{ mg/l} - 233,512 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = 125,74 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan BOD yang tersisihkan di unit biofilter anaerob sebesar 233,512 mg/l. Kandungan BOD yang keluar dari unit biofilter anaerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 125,74 mg/l.

- COD Tersisihkan

Diketahui:

COD Masuk = 1450,68 mg/l

Penyisihan COD = 65%

COD Tersisihkan (mg/l) = COD in (mg/l) x Efisiensi Removal

COD Tersisihkan (mg/l) = 1450,68 mg/l x 65%

COD Tersisihkan (mg/l) = 942,94 mg/l

- COD Keluar

Diketahui:

COD Masuk = 1450,68 mg/l

COD Tersisihkan = 942,94 mg/l

COD Keluar (mg/l) = COD in (mg/l) – COD tersisihkan (mg/l)

COD Keluar (mg/l) = 1450,68 mg/l – 942,94 mg/l

COD Keluar (mg/l) = 507,74 mg/l

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan COD yang tersisihkan di unit biofilter anaerob sebesar 942,94 mg/l. Kandungan COD yang keluar dari unit biofilter anaerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 507,74 mg/l.

- Data Effluent Unit Biofilter Anaerob

Data effluent air limbah hasil dari unit bak anaerob tersaji dalam **Tabel 5.23** sebagai berikut:

**Tabel 5. 23** Data Effluent Unit Biofilter Anaerob

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
TSS	<b>123,21</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
pH	6,46	6 – 9	-	Memenuhi
COD	<b>507,74</b>	100	Mg/l	Tidak Memenuhi
Amonia	4,00	10	Mg/l	Memenuhi

BOD	<b>125,74</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
Minyak dan Lemak	0,59	5,00	/100 mL	Memenuhi
Total Coliform	<b>11000</b>	3000	/100 mL	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### D. Perhitungan Efisiensi Removal Unit Biofilter Aerob

Unit biofilter aerob merupakan unit pengolahan sekunder yang berfungsi untuk menyisihkan BOD dan COD dalam air limbah. Menurut (Said, 2008) biofilter aerob memiliki efisiensi removal BOD dan COD yang cukup tinggi. Biofilter aerob juga dapat meremoval kandungan amonia yang terdapat dalam air limbah.

- Data Influent Unit Biofilter Aerob

- TSS Tersisihkan

Diketahui:

Penyisihan TSS = 65% jam

TSS Masuk = 123,21 mg/l

TSS Tersisihkan (mg/l) = TSS in (mg/l) x Efisiensi Removal

TSS Tersisihkan (mg/l) = 123,21 mg/l x 65%

TSS Tersisihkan (mg/l) = 80,09 mg/l

- TSS Keluar

Diketahui:

TSS Masuk = 123,21 mg/l

TSS Tersisihkan = 80,09 mg/l

TSS Keluar (mg/l) = TSS in (mg/l) – TSS tersisihkan (mg/l)

TSS Keluar (mg/l) = 123,21 mg/l – 80,09 mg/l

TSS Keluar (mg/l) = 43,12 mg/l

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan TSS yang tersisihkan di unit biofilter aerob sebesar 80,09 mg/l. Kandungan TSS yang keluar dari unit biofilter aerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 43,12 mg/l.

- BOD Tersisihkan

Diketahui:

Penyisihan BOD = 95%

BOD Masuk = 125,74 mg/l

BOD Tersisihkan (mg/l) = BOD in (mg/l) x Efisiensi Removal

BOD Tersisihkan (mg/l) = 125,74 mg/l x 95%

BOD Tersisihkan (mg/l) = 119,453 mg/l

- BOD Keluar

Diketahui:

BOD Masuk = 125,74 mg/l

BOD Tersisihkan = 119,453 mg/l

BOD Keluar (mg/l) = BOD in (mg/l) – BOD tersisihkan (mg/l)

BOD Keluar (mg/l) = 125,74 mg/l – 119,453 mg/l

BOD Keluar (mg/l) = 6,29 mg/l

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan BOD yang tersisihkan di unit biofilter aerob sebesar 119,453 mg/l. Kandungan BOD yang keluar dari unit biofilter aerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 6,29 mg/l.

- COD Tersisihkan

Diketahui:

COD Masuk = 507,74 mg/l

Penyisihan COD = 85%

COD Tersisihkan (mg/l) = COD in (mg/l) x Efisiensi Removal

COD Tersisihkan (mg/l) = 507,74 mg/l x 85%

COD Tersisihkan (mg/l) = 431,58 mg/l

- COD Keluar

Diketahui:

$$\text{COD Masuk} = 507,74 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Tersisihkan} = 431,58 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = \text{COD in (mg/l)} - \text{COD tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = 507,74 \text{ mg/l} - 431,58 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = 76,16 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan COD yang tersisihkan di unit biofilter aerob sebesar 431,58 mg/l. Kandungan COD yang keluar dari unit biofilter aerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 76,16 mg/l.

- Amoniak Tersisihkan

Diketahui:

$$\text{Amoniak Masuk} = 4,00 \text{ mg/l}$$

$$\text{Penyisihan Amoniak} = 95\%$$

$$\text{Amoniak Tersisihkan (mg/l)} = \text{Amoniak in (mg/l)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{Amoniak Tersisihkan (mg/l)} = 4,00 \text{ mg/l} \times 95\%$$

$$\text{Amoniak Tersisihkan (mg/l)} = 3,8 \text{ mg/l}$$

- Amoniak Keluar

Diketahui:

$$\text{Amoniak Masuk} = 4,00 \text{ mg/l}$$

$$\text{Amoniak Tersisihkan} = 3,8 \text{ mg/l}$$

$$\text{Amoniak Keluar (mg/l)} = \text{Amoniak in (mg/l)} - \text{Amoniak tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{Amoniak Keluar (mg/l)} = 4,00 \text{ mg/l} - 3,8 \text{ mg/l}$$

$$\text{Amoniak Keluar (mg/l)} = 0,2 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan Amoniak yang tersisihkan di unit biofilter aerob sebesar 38 mg/l. Kandungan Amoniak yang keluar dari unit biofilter aerob menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 0,2 mg/l.

- Data Effluent Unit Biofilter Aerob

Data effluent air limbah hasil dari unit bak aerob tersaji dalam **Tabel 5.24** sebagai berikut:

**Tabel 5. 24** Data Effluent Unit Biofilter Aerob

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
TSS	<b>43,12</b>	30	Mg/l	Tidak Memenuhi
pH	6,46	6 – 9	-	Memenuhi
COD	76,16	100	Mg/l	Memenuhi
Amonia	0,20	10	Mg/l	Memenuhi
BOD	6,29	30	Mg/l	Memenuhi
Minyak dan Lemak	0,59	5,00	/100 mL	Memenuhi
Total Coliform	<b>11000</b>	3000	/100 mL	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### E. Perhitungan Efisiensi Removal Unit Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir memiliki fungsi untuk mengendapkan partikel terlarut dalam air limbah setelah melewati unit pengolahan sekunder. Menurut (Dirjen Cipta Karya, 2017) unit bak pengendap akhir memiliki efisiensi removal TSS sebesar 50 – 70%, efisiensi removal BOD sebesar 25 – 40%, dan efisiensi removal COD 30 – 40%. Pada perhitungan removal bak pengendap, waktu tinggal air limbah menjadi salah satu factor penentuan efisiensi removal.

- Data Influent Unit Bak Pengendap Akhir

Data influent air limbah yang masuk dalam unit bak pengendap akhir merupakan data effluent dari unit Biofilter Aerob pada **Tabel 5.35** diatas

- TSS Tersisihkan

Diketahui:

Waktu Tinggal = 3 jam

TSS Masuk = 43,12 mg/l

Besaran efisiensi removal TSS dan BOD pada bak pengendap akhir ditentukan berdasarkan waktu tinggal air limbah di dalam unit bak pengendap akhir. Gambar hubungan antara waktu tinggal dan efisiensi removal TSS dan BOD terpapar pada Gambar 5.7 diatas. Pada gambar 5.7 diatas diketahui besaran efisiensi removal TSS dan BOD berdasarkan lama waktu tinggal air limbah. Efisiensi removal TSS pada bak pengendap akhir adalah sebesar 70% dan efisiensi removal BOD pada pengendap akhir adalah sebesar 42%. Besar TSS yang tersisihkan dalam bak pengendap akhir dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan dibawah ini:

TSS Tersisihkan (mg/l) = TSS in (mg/l) x Efisiensi Removal

TSS Tersisihkan (mg/l) = 43,12 mg/l x 70%

TSS Tersisihkan (mg/l) = 30,18 mg/l

- TSS Keluar

Diketahui:

TSS Masuk = 43,12 mg/l

TSS Tersisihkan = 30,18 mg/l

TSS Keluar (mg/l) = TSS in (mg/l) – TSS tersisihkan (mg/l)

TSS Keluar (mg/l) = 43,12 mg/l – 30,18 mg/l

TSS Keluar (mg/l) = 12,94 mg/l

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan TSS yang tersisihkan di unit bak pengendap akhir sebesar 30,18 mg/l. Kandungan TSS yang keluar dari unit bak pengendap akhir menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 12,94 mg/l.

- BOD Tersisihkan

Diketahui:

Waktu Tinggal = 3 jam

$$\text{BOD Masuk} = 6,29 \text{ mg/l}$$

$$\text{Penyisihan BOD} = 42\%$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = \text{BOD in (mg/l)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = 6,29 \text{ mg/l} \times 42\%$$

$$\text{BOD Tersisihkan (mg/l)} = 2,64 \text{ mg/l}$$

- BOD Keluar

Diketahui:

$$\text{BOD Masuk} = 6,29 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Tersisihkan} = 2,64 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = \text{BOD in (mg/l)} - \text{BOD tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = 6,29 \text{ mg/l} - 2,64 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD Keluar (mg/l)} = 3,65 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan BOD yang tersisihkan di unit bak pengendap akhir sebesar 2,64 mg/l. Kandungan BOD yang keluar dari unit bak pengendap akhir menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 3,65 mg/l.

- COD Tersisihkan

Diketahui:

$$\text{Waktu Tinggal} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{COD Masuk} = 76,16 \text{ mg/l}$$

$$\text{Penyisihan COD} = 40\%$$

$$\text{COD Tersisihkan (mg/l)} = \text{COD in (mg/l)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{COD Tersisihkan (mg/l)} = 76,16 \text{ mg/l} \times 40\%$$

$$\text{COD Tersisihkan (mg/l)} = 30,46 \text{ mg/l}$$

- COD Keluar

Diketahui:

$$\text{COD Masuk} = 76,16 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Tersisihkan} = 30,46 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = \text{COD in (mg/l)} - \text{COD tersisihkan (mg/l)}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = 76,16 \text{ mg/l} - 30,46 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD Keluar (mg/l)} = 45,70 \text{ mg/l}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan COD yang tersisihkan di unit bak pengendap akhir sebesar 30,46 mg/l. Kandungan COD yang keluar dari unit bak pengendap akhir menuju ke unit pengolahan selanjutnya adalah 45,70 mg/l.

- Data Effluent Unit Bak Pengendap Akhir

Data effluent air limbah hasil dari unit bak pengendap akhir tersaji dalam **Tabel 5.25** sebagai berikut:

**Tabel 5. 25** Data Effluent Bak Pengendap Akhir

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
TSS	12,94	30	Mg/l	Memenuhi
pH	6,46	6 – 9	-	Memenuhi
COD	45,70	100	Mg/l	Memenuhi
Amonia	0,20	10	Mg/l	Memenuhi
BOD	3,65	30	Mg/l	Memenuhi
Minyak dan Lemak	0,59	5,00	Mg/l	Memenuhi
Total Coliform	<b>11000</b>	3000	Mg/l	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### F. Perhitungan Efisiensi Removal Unit Bak Desinfeksi

- Total Coliform Tersisihkan

Diketahui:

$$\text{Total Coliform Masuk} = 11.000 / 100 \text{ mL}$$

$$\text{Penyisihan Total Coliform} = 98\%$$

$$\text{Total Coliform Tersisihkan (/100 mL)} = \text{Total Coliform in (/100 mL)} \times \text{Efisiensi Removal}$$

$$\text{Total Coliform Tersisihkan (/100 mL)} = 11.000 /100 \text{ mL} \times 98\%$$

$$\text{Total Coliform Tersisihkan (/100 mL)} = 10.780 /100 \text{ mL}$$

- Total Coliform Keluar

Diketahui:

$$\text{Total Coliform Masuk} = 11.000 /100 \text{ mL}$$

$$\text{Total Coliform Tersisihkan} = 10.780 /100 \text{ mL}$$

$$\text{Total Coliform Keluar (/100 mL)} = \text{Total Coliform in (mL)} - \text{Total Coliform tersisihkan (/100 mL)}$$

$$\text{Total Coliform Keluar (/100 mL)} = 11.000 /100 \text{ mL} - 10.780 /100 \text{ mL}$$

$$\text{Total Coliform Keluar (/100 mL)} = 220 /100 \text{ mL}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kandungan Total Coliform yang tersisihkan di unit bak Desinfeksi sebesar 10.780 /100 mL. Kandungan Total Coliform yang keluar dari unit bak Desinfeksi adalah 220 /100 mL.

- Data Effluent Unit Bak Desinfeksi

Data effluent air limbah hasil dari unit bak Desinfeksi tersaji dalam **Tabel 5.26** sebagai berikut:

**Tabel 5. 26** Data Effluent Bak Desinfeksi

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Satuan	Keterangan
TSS	12,94	30	Mg/l	Memenuhi
pH	6,46	6 – 9	-	Memenuhi
COD	45,70	100	Mg/l	Memenuhi
Amonia	0,20	10	Mg/l	Memenuhi
BOD	3,65	30	Mg/l	Memenuhi
Minyak dan Lemak	0,59	5,00	Mg/l	Memenuhi
Total Coliform	220	3000	Mg/l	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisis, 2022

## 5.6 Perhitungan Profil Hidrolisis

Perhitungan profil hidrolisis digunakan untuk menggambarkan perbedaan ketinggian muka air yang disebabkan oleh belokan, jatuhan, kecepatan aliran, serta media filter. Aliran air dalam IPAL akan mengalami jatuhan dan belokan saat menuju ke unit IPAL selanjutnya. Perhitungan kehilangan tekanan akibat jatuhan dan belokan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan manning sebagai berikut:

$$H_f = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L$$

Keterangan:

- v = kecepatan aliran (m/s)
- n = koefisien kekasaran
- R = jari-jari hidrolis (m)
- L = panjang jatuhan atau belokan (m)

Perhitungan kehilangan tekanan yang disebabkan oleh kecepatan aliran di unit IPAL dapat diketahui dengan menggunakan persamaan darcy weisbach sebagai berikut:

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Keterangan:

- L = panjang bangunan (m)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- v = kecepatan aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Perhitungan kehilangan tekanan akibat media filter dapat diketahui dengan persamaan rose sebagai berikut:

$$H_f = 1,067 \times \frac{C_D \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$N_{Re} = \frac{\psi \times p \times d \times v}{\mu}$$

Apabila bilangan Reynold  $<1$  maka untuk mengetahui nilai  $C_D$  adalah sebagai berikut:

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

Apabila bilangan reynold  $1 < \text{dan} < 10^4$  maka untuk mengetahui nilai  $C_D$  adalah sebagai berikut:

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

Apabila bilangan Reynold  $>10^4$  maka untuk mengetahui nilai  $C_D$  adalah sebagai berikut:

$$C_D = 0,4$$

Keterangan:

L = kedalaman media filter (m)

e = porositas media

v = kecepatan filtrasi (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s)

d = ukuran rongga media (m)

Y = faktor bentuk

$\mu$  = viskositas

p = massa jenis

### A. Perhitungan Profil Hidroliss Grease Trap

- Data perencanaan

Data perencanaan perhitungan profil hidroliss pada unit grease trap terpapar dalam **Tabel 5.27** berikut ini:

**Tabel 5. 27** Data Rencana Profil Hidroliss Grease Trap

Data	Nilai	Satuan
Panjang (b)	1,40	m
Tinggi (y)	1,50	m
Kedalaman (H <sub>1</sub> )	1,50	m
Kecepatan Aliran (v)	0,071	m/s
Koefisien Kekasaran (n)	0,012	-
Tinggi Sekat (L)	0,90	m
Percepatan Gravitasi (g)	9,81	m/s
Slope (S)	0,01	-
Tebal Sekat	0,2	m

Sumber: Hasil Analisis, 2023

- Perhitungan Jari-jari Hidrolis

$$R (m) = \frac{b \times y}{b+2 \cdot y}$$

$$R (m) = \frac{1,40 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}}{1,40 \text{ m} + 2 \cdot 1,50}$$

$$R (m) = 0,28$$

- Perhitungan Headloss Jatuhan

$$H_f (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L$$

$$H_f (m) = \left( \frac{0,071 \cdot 0,012}{(0,27)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times 0,90$$

$$H_f (m) = 0,001$$

- Perhitungan Headloss Kecepatan

$$F(m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot R} \right)$$

$$F(m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot 0,27} \right)$$

$$F(m) = 2,7 \cdot 10^{-2} m$$

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = (2,7 + x \cdot 10)^{-2} \times \frac{0,90}{1,135} \times \frac{(0,005)}{19,62}$$

$$H_f = 0,0000055 m$$

- Perhitungan Headloss Belokan

$$H_f(m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L$$

$$H_f(m) = \left( \frac{0,071 \cdot 0,012}{0,27} \right)^2 \times 0,20$$

$$H_f(m) = 0,00020 m$$

- Perhitungan Headloss Inlet

$$H_f(m) = S \times L$$

$$H_f(m) = 0,01 \times 0,2$$

$$H_f(m) = 0,002 m$$

- Headloss Total

$$H_f \text{ total } (m) = \sum H_f$$

$$H_f \text{ total } (m) = H_{f_h} + H_{f_v} + H_{f_b} + H_{f_{inlet}}$$

$$H_f \text{ total } (m) = 0,001 + 0,0000055 + 0,00020 + 0,002$$

$$H_f \text{ total } (m) = 0,003 m$$

## B. Perhitungan Profil Hidroliss Bak Ekualisasi

- Data perencanaan

Data perencanaan perhitungan profil hidroliss pada unit Bak Ekualisasi terpapar dalam **Tabel 5.28** berikut ini:

**Tabel 5. 28** Data Rencana Profil Hidroliss Bak Ekualisasi

Data	Nilai	Satuan
Panjang (b)	1,85	m
Tinggi (y)	1,50	m
Kedalaman (H <sub>1</sub> )	1,50	m
Kecepatan Aliran (v)	0,307	m/s
Koefisien Kekasaran (n)	0,012	-
Tinggi Sekat (L)	1,50	m
Percepatan Gravitasi (g)	9,81	m/s
Slope (S)	0,01	-
Tebal Sekat	0,2	m

Sumber: Hasil Perencanaan, 2022

- Perhitungan Jari-jari Hidrolis

$$R (m) = \frac{b \times y}{b + 2 \cdot y}$$

$$R (m) = \frac{1,85 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}}{1,85 \text{ m} + 2 \cdot 1,50}$$

$$R (m) = 0,354$$

- Perhitungan Headloss Jatuhan

$$H_f (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L (m)$$

$$H_f (m) = \left( \frac{0,307 \cdot 0,012}{0,042} \right)^2 \times 1,50$$

$$H_f (m) = 0,012$$

- Perhitungan Headloss Kecepatan

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot R} \right)$$

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot 0,28} \right)$$

$$F (m) = 0,022 \text{ m}$$

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = (2,7 + x 10)^{-2} \times \frac{1,50}{1,414} \times \frac{0,094}{19,62}$$

$$H_f = 0,00011 \text{ m}$$

- Perhitungan Headloss Inlet

$$H_f (m) = S \times L$$

$$H_f (m) = 0,01 \times 0,2$$

$$H_f (m) = 0,002 \text{ m}$$

- Headloss Total

$$H_f \text{ total } (m) = \sum H_f$$

$$H_f \text{ total } (m) = H_{f_h} + H_{f_v} + H_{f_{inlet}}$$

$$H_f \text{ total } (m) = 0,012 + 0,00011 + 0,002$$

$$H_f \text{ total } (m) = 0,014 \text{ m}$$

### C. Perhitungan Profil Hidroliss Bak Pengendap Awal

- Data perencanaan

Data perencanaan perhitungan profil hidroliss pada unit Bak Pengendap Awal terpapar dalam **Tabel 5.29** berikut ini:

**Tabel 5. 29** Data Rencana Profil Hidroliss Pengendap Awal

Data	Nilai	Satuan
Panjang (b)	2,00	m
Tinggi (y)	3,00	m
Kedalaman (H <sub>1</sub> )	3,00	m
Kecepatan Aliran (v)	0,307	m/s
Koefisien Kekasaran (n)	0,012	-
Tinggi Sekat (L)	3,00	m
Percepatan Gravitasi (g)	9,81	m/s
Slope (S)	0,01	-

Tebal Sekat	0,2	m
-------------	-----	---

Sumber: Hasil Perencanaan, 2022

- Perhitungan Jari-jari Hidrolis

$$R (m) = \frac{b \times y}{b+2 \cdot y}$$

$$R (m) = \frac{2,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}}{2,00 \text{ m} + 6}$$

$$R (m) = 0,429$$

- Perhitungan Headloss Jatuhan

$$H_f (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^2} \right)^2 \times L (m)$$

$$H_f (m) = \left( \frac{0,307 \cdot 0,012}{0,061} \right)^2 \times 3,00$$

$$H_f (m) = 0,011$$

- Perhitungan Headloss Kecepatan

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot R} \right)$$

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot 0,28} \right)$$

$$F (m) = 0,018 \text{ m}$$

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,018 \times \frac{3,00}{1,714} \times \frac{0,094}{19,62}$$

$$H_f = 0,00015 \text{ m}$$

- Perhitungan Headloss Inlet

$$H_f (m) = S \times L$$

$$H_f (m) = 0,01 \times 0,2$$

$$H_f (m) = 0,002 \text{ m}$$

- Headloss Total

$$H_f \text{ total} (m) = \sum H_f$$

$$H_f \text{ total} (m) = H_{f_h} + H_{f_v} + H_{f_{inlet}}$$

$$H_f \text{ total} (m) = 0,011 + 0,0002 + 0,002$$

$$H_f \text{ total} (m) = 0,013 \text{ m}$$

#### D. Perhitungan Profil Hidroliss Biofilter Anaerob

- Data perencanaan

Data perencanaan perhitungan profil hidroliss pada Biofilter Anaerob dalam

**Tabel 5.30** berikut ini:

**Tabel 5. 30** Data Rencana Profil Hidroliss Biofilter Anaerob

Data	Nilai	Satuan
Panjang (b)	4,80	m
Tinggi (y)	3,00	m
Kedalaman (H <sub>1</sub> )	3,00	m
Kecepatan Aliran (v)	0,307	m/s
Koefisien Kekasaran (n)	0,012	-
Tinggi Sekat (L)	2,40	m
Percepatan Gravitasi (g)	9,81	m/s
Slope (S)	0,01	-
Tebal Sekat	0,2	m

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Jari-jari Hidrolis

$$R (m) = \frac{b \times y}{b + 2 \cdot y}$$

$$R (m) = \frac{4,80 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}}{4,80 \text{ m} + 6,00}$$

$$R (m) = 0,857$$

- Perhitungan Headloss Jatuhan

$$H_f (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L (m)$$

$$H_f (m) = \left( \frac{0,307 \cdot 0,012}{0,245} \right)^2 \times 3,00$$

$$H_f (m) = 0,0007$$

- Perhitungan Headloss Kecepatan

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4.R} \right)$$

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot 0,28} \right)$$

$$F (m) = 0,009 \text{ m}$$

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,009 \times \frac{2,40}{3,429} \times \frac{0,094}{19,62}$$

$$H_f = 0,00003 \text{ m}$$

- Perhitungan Headloss Inlet

$$H_f (m) = S \times L$$

$$H_f (m) = 0,01 \times 0,2$$

$$H_f (m) = 0,002 \text{ m}$$

- Headloss Filtrasi

$$H_{f_{fil}} = 1,067 \times \frac{C_d \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$H_{f_{fil}} = 1,067 \times \frac{0,344715 \times 4,80 \times 0,094}{1 \times 0,1 \times 0,98 \times 9,81}$$

$$H_{f_{fil}} = 1,067 \times \frac{0,0015959}{0,9048432}$$

$$H_{f_{fil}} = 0,0017637$$

- Perhitungan Headloss Belokan

$$H_f (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L$$

$$H_f (m) = \left( \frac{0,307 \cdot 0,012}{0,245} \right)^2 \times 4,80$$

$$H_f (m) = 0,001087 \text{ m}$$

- Perhitungan Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\psi \times \rho \times d \times v}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 0,056}{0,00000087}$$

$$N_{Re} = 6362,069$$

- Headloss Total

$$Hf_{total} (m) = \sum Hf$$

$$Hf_{total} (m) = Hf_h + Hf_v + Hf_{Fil} + Hf_b + Hf_{inlet}$$

$$Hf_{total} (m) = 0,0007 + 0,000030 + 0,00176374 + 0,002$$

$$Hf_{total} (m) = 0,0056 m$$

### E. Perhitungan Profil Hidroliss Biofilter Aerob

Data perencanaan

Data perencanaan perhitungan profil hidroliss pada Biofilter Aerob dalam

**Tabel 5.31** berikut ini:

**Tabel 5. 31** Data Rencana Profil Hidroliss Biofilter Aerob

Data	Nilai	Satuan
Panjang (b)	4,20	m
Tinggi (y)	3,00	m
Kedalaman (H <sub>1</sub> )	3,00	m
Kecepatan Aliran (v)	0,307	m/s
Koefisien Kekasaran (n)	0,012	-
Tinggi Sekat (L)	2,40	m
Percepatan Gravitasi (g)	9,81	m/s
Slope (S)	0,01	-
Tebal Sekat	0,2	m

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Jari-jari Hidrolis

$$R (m) = \frac{b \times y}{b + 2 \cdot y}$$

$$R (m) = \frac{4,20 m \times 3,00 m}{4,20 m + 6,00}$$

$$R (m) = 0,778 m$$

- Perhitungan Headloss Jatuhan

$$Hf (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L (m)$$

$$H_f(m) = \left(\frac{0,307 \cdot 0,012}{0,202}\right)^2 \times 3,00$$

$$H_f(m) = 0,0010$$

- Perhitungan Headloss Kecepatan

$$F(m) = 1,50 \times \left(\frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot R}\right)$$

$$F(m) = 1,50 \times \left(\frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot 0,28}\right)$$

$$F(m) = 0,010 \text{ m}$$

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,010 \times \frac{2,40}{3,429} \times \frac{0,094}{19,62}$$

$$H_f = 0,000036 \text{ m}$$

- Perhitungan Headloss Inlet

$$H_f(m) = S \times L$$

$$H_f(m) = 0,01 \times 0,2$$

$$H_f(m) = 0,002 \text{ m}$$

- Headloss Filtrasi

$$H_{f_{fil}} = 1,067 \times \frac{C_d \times L \times v^2}{\psi \times d \times e^4 \times g}$$

$$H_{f_{fil}} = 1,067 \times \frac{0,00148951}{0,90484}$$

$$H_{f_{fil}} = 0,001646$$

- Perhitungan Headloss Belokan

$$H_f(m) = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}}\right)^2 \times L$$

$$H_f(m) = \left(\frac{0,307 \cdot 0,012}{0,202}\right)^2 \times 4,20$$

$$H_f(m) = 0,001403 \text{ m}$$

- Perhitungan Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\psi \times \rho \times d \times v}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{1 \times 0,9963 \times 0,1 \times 0,06}{0,00000087}$$

$$N_{Re} = 6362,069$$

- Headloss Total

$$H_f \text{ total (m)} = \sum H_f$$

$$H_f \text{ total (m)} = H_{f_h} + H_{f_v} + H_{f_{Fil}} + H_{f_b} + H_{f_{inlet}}$$

$$H_f \text{ total (m)} = 0,0010 + 0,000036 + 0,00164615 + 0,001403 + 0,002$$

$$H_f \text{ total (m)} = 0,0061 \text{ m}$$

#### F. Perhitungan Profil Hidroliss Bak Pengendap Akhir

Data perencanaan

Data perencanaan perhitungan profil hidroliss pada unit Bak Pengendap Akhir dalam **Tabel 5.32** berikut ini:

**Tabel 5. 32** Data Rencana Profil Hidroliss Bak Pengendap Akhir

Data	Nilai	Satuan
Panjang (b)	2,20	m
Tinggi (y)	3,00	m
Kedalaman (H <sub>1</sub> )	3,00	m
Kecepatan Aliran (v)	0,307	m/s
Koefisien Kekasaran (n)	0,012	-
Tinggi Sekat (L)	2,40	m
Percepatan Gravitasi (g)	9,81	m/s
Slope (S)	0,01	-
Tebal Sekat	0,2	m

Sumber: Hasil Analisis, 2022

- Perhitungan Jari-jari Hidrolis

$$R \text{ (m)} = \frac{b \times y}{b+2 \cdot y}$$

$$R \text{ (m)} = \frac{2,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}}{2,00 \text{ m} + 6,00}$$

$$R \text{ (m)} = 0,429 \text{ m}$$

- Perhitungan Headloss Jatuhan

$$H_f (m) = \left( \frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L (m)$$

$$H_f (m) = \left( \frac{0,307 \cdot 0,012}{0,061} \right)^2 \times 3,00$$

$$H_f (m) = 0,011$$

- Perhitungan Headloss Kecepatan

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot R} \right)$$

$$F (m) = 1,50 \times \left( \frac{0,01989 + 0,00050780}{4 \cdot 0,28} \right)$$

$$F (m) = 0,018 m$$

$$H_f = f \times \frac{L}{4 \cdot R} \times \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,018 \times \frac{3,00}{1,714} \times \frac{0,094}{19,62}$$

$$H_f = 0,0002 m$$

- Perhitungan Headloss Inlet

$$H_f (m) = S \times L$$

$$H_f (m) = 0,01 \times 0,2$$

$$H_f (m) = 0,002 m$$

- Headloss Total

$$H_f \text{ total } (m) = \sum H_f$$

$$H_f \text{ total } (m) = H_{f_h} + H_{f_v} + H_{f_{inlet}}$$

$$H_f \text{ total } (m) = 0,011 + 0,0002 + 0,002$$

$$H_f \text{ total } (m) = 0,013 m$$

## 5.7 Perhitungan BOQ dan RAB

Perhitungan BOQ dan RAB pada perencanaan ini berdasarkan dengan hasil perhitungan dimensi IPAL. Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) yang digunakan pada perencanaan ini adalah AHSP 2016 yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 28/PRT/M/2016 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum. Analisis harga pekerjaan yang diterapkan dalam perencanaan ini mengacu pada HSPK

Kabupaten Bangkalan Tahun 2021. Berikut merupakan Analisa BOQ dan RAB yang digunakan dalam perencanaan ini terpapar dalam **Tabel 5.33** berikut:



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8410298 Fax. 031-8413300  
E-Mail : [saintek@uinsby.ac.id](mailto:saintek@uinsby.ac.id) Website : [fst.uinsby.ac.id](http://fst.uinsby.ac.id)

RENCANA ANGGARAN BIAYA

PEKERJAAN : PENYUSUNAN DED IPAL DOMESTIK KABUPATEN BANGKALAN  
BANGUNAN : GREASE TRAP  
LOKASI : KABUPATEN BANGKALAN  
PROVINSI : JAWA TIMUR  
TAHUN : 2023

No.	Uraian Pekerjaan	Volume/ Sat	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	2	3	4	5	6
<b>I</b>	<b>REKAP PEKERJAAN IPAL BIOFILTER</b>				
<b>A</b>	<b>Pekerjaan Persiapan</b>				
1	Pembersihan Lahan	163,00 m <sup>2</sup>	AHSP A.2.2.1.9	15.730,00	2.563.990,00
2	Pemasangan Bowplank	53,08 m1	AHSP A.2.2.1.4	113.036,00	5.999.510,04
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>8.563.500,04</b>
<b>B</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
1	Galian Tanah IPAL	260,67 m <sup>3</sup>	AHSP A.2.3.1.3	108.739,40	28.344.968,91
2	Urugan Pasir Alas Bawah Lantai Kolam	6,71 m <sup>3</sup>	AHSP A.2.3.1.11	193.622,00	1.298.971,27
3	Urugan Tanah Kolam Kembali	6,71 m <sup>3</sup>	AHSP A.2.3.1.9	54.010,00	362.342,29
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>30.006.282,47</b>
<b>C</b>	<b>Pekerjaan Lantai Kerja</b>				
1	Beton K-125	3,35 m <sup>3</sup>	AHSP A.4.1.1.2	977.482,69	3.278.867,94
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>3.278.867,94</b>
<b>D</b>	<b>Pekerjaan Beton Bertulang</b>				
1	<i>Dinding Kolam</i>				
a.	Beton K275	13,46 m <sup>3</sup>	AHSP A.4.1.1.9	1.257.224,10	16.927.893,89
b.	Besi	971,33 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	15.343.936,06
c.	Bekisting	311,08 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	77.427.737,23
d.	Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>109.699.567,19</b>
2	<i>Lantai Kolam</i>				
a.	Beton K275	19,93 m <sup>3</sup>	AHSP A.4.1.1.9	1.257.224,10	25.055.219,09
b.	Besi	1.381,89 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	21.829.544,18
c.	Bekisting	66,36 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	16.517.136,72
d.	Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>63.401.899,99</b>
3	<i>Kolam 30x30</i>				
a.	Beton K275	0,68 m <sup>3</sup>	A. 4.1.1.7	1.257.224,10	855.415,28
b.	Besi	47,53 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	750.748,30
c.	Bekisting	9,71 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	2.416.937,98
d.	Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>4.023.101,56</b>
4	<i>Sloof</i>				
a.	Beton K275	1,49 m <sup>3</sup>	A. 4.1.1.7	1.257.224,10	1.867.480,68
b.	Besi	112,69 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	1.780.120,39
c.	Bekisting	31,52 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	7.844.594,55
d.	Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>11.492.195,62</b>
5	<i>Plat Kolam</i>				
a.	Beton K275	3,25 m <sup>3</sup>	A. 4.1.1.7	1.257.224,10	4.085.223,99
b.	Besi	347,56 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	5.490.437,86
c.	Bekisting	524,20 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	130.474.428,40
d.	Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>140.050.090,25</b>
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>328.666.854,62</b>
<b>E</b>	<b>Pekerjaan Pipa</b>				
1	Pipa PVC 4"	4,00 m1	AHSP A.5.5.1.32	137.264,00	549.056,00
2	Pipa PVC 1½"	2,50 m1	AHSP A.5.5.1.28	49.736,00	124.340,00
3	TEE Socket 4"	8,00 bh	Taksir	22.000,00	176.000,00
4	Blower Hi Blow 100 + Pemasangan	1,00 bh	Taksir	1.200.000,00	1.200.000,00
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>2.049.396,00</b>
<b>F</b>	<b>Pekerjaan Lain Lain</b>				
1	Pembersihan Akhir	5,00 Ls	Taksir	200.000,00	1.000.000,00
2	Water Bar	0,00 m1	Taksir	200.000,00	0,00
3	Media Biofilter Sarang Tawon + Pemasangan	30,00 m <sup>3</sup>	Taksir	2.000.000,00	60.000.000,00
4	Tangki Pembubuh Kaporit, Pipa PVC ND. 150 mm (	2,00 Unit	Taksir	500.000,00	1.000.000,00
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>62.000.000,00</b>



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8410298 Fax. 031-8413300  
E-Mail : [saintek@uinsby.ac.id](mailto:saintek@uinsby.ac.id) Website : [fst.uinsby.ac.id](http://fst.uinsby.ac.id)

**RENCANA ANGGARAN BIAYA**

PEKERJAAN : PENYUSUNAN DED PERENCANAAN IPAL DI RUMAH MAKAN SINJAY  
BANGUNAN : BAK EKUALISASI  
LOKASI : KABUPATEN BANGKALAN  
PROVINSI : JAWA TIMUR  
TAHUN : 2023

No.	Uraian Pekerjaan	Volume/ Sat	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	2	3	4	5	6
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN BAK EKUALISASI</b>				
<b>A</b>	<b>Pekerjaan Persiapan</b>				
1	Pembersihan Lahan	0,22 m <sup>2</sup>	AHSP A.2.2.1.9	15.730,00	3.523,52
2	Pemasangan Bowplank	0,50 m <sup>1</sup>	AHSP A.2.2.1.4	113.036,00	56.970,14
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>60.493,66</b>
<b>B</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
1	Galian Tanah Bak Ekualisasi	0,43 m <sup>3</sup>	AHSP A.2.3.1.3	108.739,40	46.279,49
2	Urugan Pasir Alas Bawah Lantai Kolam	0,01 m <sup>3</sup>	AHSP A.2.3.1.11	193.622,00	2.439,64
3	Urugan Tanah Kolam Kembali	0,01 m <sup>3</sup>	AHSP A.2.3.1.9	54.010,00	680,53
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>49.399,65</b>
<b>C</b>	<b>Pekerjaan Lantai Kerja</b>				
1	Beton K-125	0,09 m <sup>3</sup>	AHSP A.4.1.1.2	977.482,69	88.950,93
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>88.950,93</b>
<b>D</b>	<b>Pekerjaan Beton Bertulang</b>				
1	<i>Dinding Kolam</i>				
	a. Beton K275	0,29 m <sup>3</sup>	AHSP A.4.1.1.9	1.257.224,10	370.503,94
	b. Besi	22,77 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	359.721,81
	c. Bekisting	1,97 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	489.241,77
	d. Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>1.219.467,53</b>
2	<i>Lantai Kolam</i>				
	a. Beton K275	0,38 m <sup>3</sup>	AHSP A.4.1.1.9	1.257.224,10	475.230,71
	b. Besi	27,96 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	441.604,94
	c. Bekisting	1,30 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	324.070,40
	d. Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>1.240.906,05</b>
3	<i>Kolom 30x30</i>				
	a. Beton K275	0,05 m <sup>3</sup>	A. 4.1.1.7	1.257.224,10	59.843,87
	b. Besi	3,40 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	53.674,64
	c. Bekisting	0,96 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	238.348,56
	d. Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>351.867,06</b>
4	<i>Sloof</i>				
	a. Beton K275	0,14 m <sup>3</sup>	A. 4.1.1.7	1.257.224,10	170.731,03
	b. Besi	11,47 kg	AHSP A.4.1.1.17	15.796,88	181.138,08
	c. Bekisting	1,81 m <sup>2</sup>	AHSP A.4.1.1.25	248.902,00	451.607,79
	d. Perawatan Beton/Lain Lain	0,00 m <sup>3</sup>	Taksir	50.000,00	0,00
				<b>Jumlah</b>	<b>803.476,91</b>
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>3.615.717,55</b>
<b>E</b>	<b>Pekerjaan Pipa</b>				
1	Pipa PVC 3"	0,80 m <sup>1</sup>	AHSP A.5.5.1.32	137.264,00	109.811,20
2	TEE Socket 4"	1,00 bh	Taksir	22.000,00	22.000,00
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>131.811,20</b>
<b>F</b>	<b>Pekerjaan Lain Lain</b>				
1	Pembersihan Akhir	1,00 Ls	Taksir	200.000,00	200.000,00
2	Water Bar	0,00 m <sup>1</sup>	Taksir	2.500,00	0,00
				<b>Sub Jumlah</b>	<b>200.000,00</b>

## 5.8 Standart Operating Procedure

### 5.8.1 Pengoperasian IPAL

Sebelum masuk ke dalam unit pengolahan air limbah, seluruh air limbah dari wastafel dapur akan masuk ke dalam Bak penangkap minyak dan lemak terlebih dahulu, Berikut merupakan petunjuk standart pengoperasian IPAL:

- a. Jangan membuang sisa makanan, saus, kaldu kental ataupun susu ke dalam wastafel dapur. Adanya bahan-bahan tersebut dapat mengurangi efisiensi Bak penangkap minyak dan lemak, dan mempercepat selang waktu pembersihannya.
- b. Tiap-tiap lubang wastafel dapur harus dilengkapi dengan saringan, untuk mengantisipasi masuknya sejumlah besar padatan/sisa makanan ke dalam lubang wastafel.
- c. Masing-masing restoran/rumah makan tidak diperkenankan menggunakan food grinder (pencacah sisa makanan) di dalam lubang wastafel. Adanya food grinder, akan menambah beban bak, karena sejumlah besar padatan akan masuk dan mengendap didalamnya. Dengan demikian, biaya yang dibutuhkan untuk pembersihan akan semakin besar, karena selang waktu pembersihan menjadi lebih cepat.
- d. pH perlu dijaga dalam range antara 6,5 – 8,5, karena sebagian besar mikroorganisme hidup pada pH tersebut.
- e. Netralisasi pH air limbah tidak dapat berlangsung dengan cepat. Air limbah setidaknya butuh waktu minimal 45 menit untuk dapat mencapai pH yang netral.
- f. Tangki harus mempunyai kapasitas yang sama atau lebih tinggi daripada debit air limbah yang dihasilkan setiap jamnya.
- g. Perhitungan jumlah bahan kimia yang harus dimasukkan ke dalam tangki, sangat diperlukan untuk menentukan ukuran tangki.

- h. Pembubuhan asam sulfur ( $H_2SO_4$ ), asam hidroklorik ( $HCl$ ), karbondioksida ( $CO_2$ ), asam nitrat, ataupun sulfurdioksida ( $SO_2$ ), dapat digunakan untuk menetralkan pH yang asam.
- i. Pembubuhan kaustik soda ( $NaOH$ ), limestone ( $CaCO_3$ ), atau soda abu ( $Na_2SO_3$ ), dapat digunakan untuk menetralkan pH yang basa.
- j. Tangki biofilter terbuat dari bahan kedap air dan tahan korosi seperti: fiber glass, pasangan bata, beton, dan bahan kedap lainnya.
- k. Tangki biofilter minimal terdiri dari 3 kompartemen, yang dilengkapi dengan manhole.
- l. Setiap kompartemen biofilter diisi dengan media kontaktor dengan karakteristik yang berbeda.
- m. Kompartemen terakhir digunakan untuk menampung air yang akan dialirkan ke pipa outlet.
- n. Pastikan tidak terjadi kebocoran pada tangki biofilter.
- o. Pemiakan penumbuhan bakteri di atas media filter dilakukan dengan cara merendam media di saluran drainase selama kurang lebih satu bulan.
- p. Media harus dibersihkan secara berkala dari sampah sehingga tidak ada penyumbatan pada media.
- q. Jangan mencuci media biofilter secara menyeluruh, karena dapat menghilangkan mikroorganisme yang melekat di atas media.
- r. Jika musim penghujan dan air mengalir deras di saluran drainase, maka sebaiknya media ini diangkat dan tidak dipergunakan karena adanya pengenceran yang dapat menurunkan kandungan bahan organik maupun minyak-lemak dan detergen di dalam air.
- s. Efluen dari tangki biofilter harus dialirkan ke saluran pembuangan umum atau didaur ulang.
- t. Unit penangkap lemak dipasang sebelum inlet tangki biofilter untuk air limbah dengan kandungan minyak dan lemak tinggi.

### 5.8.2 Pemeliharaan IPAL

Pemeliharaan IPAL perlu dilakukan secara berkala agar kinerja IPAL tidak terganggu dan kualitas effluent sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk pengolahan pendahuluan dan pengolahan biologis adalah sebagai berikut:

- a. Hindari masuknya larutan kental/pekat misalnya emulsi, desinfektan (bahan pencuci), atau larutan kimia lain ke dalam bak grease trap. Larutan-larutan tersebut bersifat toksik/beracun bagi bakteri alami dalam bak grease trap. Satu-satunya yang boleh ditambahkan dalam bak grease trap adalah bakteri, karena dapat merubah minyak dan lemak menjadi air dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>).
- b. Bak Grease trap harus dibersihkan ketika 25% isinya telah berupa minyak atau lemak. Pembersihan secara menyeluruh harus dilakukan minimum sebulan sekali, atau jika kandungan minyak dan lemaknya terlalu banyak maka pembersihan dapat dilakukan seminggu sekali.
- c. Hati-hati ketika mengangkat penutup grease trap, untuk menghindari kerusakan pada engsel.
- d. Ambil dan buang lapisan minyak dan lemak yang mengapung di atas air. Minyak dan lemak tersebut nantinya harus dibuang ke tempat pembuangan sampah.
- e. Ambil dan bersihkan dinding sekat yang ada dalam grease trap. Setelah dibersihkan, sekat dapat dicuci bersih pada wastafel dapur, yang airnya akan mengalir kembali ke bak grease trap.
- f. Dengan menggunakan bantuan penyaring, buang semua sedimen- sedimen yang telah mengendap/mengeras di dasar ataupun sisi grease trap ke dalam tempat pembuangan sampah.
- g. Bersihkan ventilasi yang ada di grease trap dengan menggunakan kawat tipis ataupun alat lain yang fleksibel.
- h. Pasang kembali sekat dan penutup grease trap.

- i. Jangan memasukkan kembali material-material yang telah dibersihkan, ke dalam grease trap.
- j. Tangki dan sedimen interceptor (penahan sedimen) harus dimonitor sebulan sekali untuk enam bulan pertama setelah pemasangan. Jadwal monitoring dapat diatur kembali sesuai dengan level penggunaan tangki netralisasi.
- k. Bila netralisasi dilakukan dengan menambah padatan bahan kimia (chip), tangki harus dibersihkan secara berkala dan diisi kembali dengan bahan netralisasi yang baru. Jika hal ini tidak dilakukan, maka akan menyebabkan timbulnya sedimen di dalam tangki yang berakibat para rusaknya ujung pipa inlet.
- l. Ketika memonitor tangki, hilangkan pula lumpur, busa ataupun padatan-padatan lain yang mengapung di permukaan air. Efisiensi tangki akan berkurang jika pipa koneksi tersumbat atau bahan netralisasi terlapisi oleh bahan-bahan tersebut.
- m. Bersihkan filter/media penyaring dengan metode pencucian terbalik (backwash) secara berkala minimal 6 (enam) bulan sekali, sehingga dapat mengurangi terjadinya penyumbatan pada filter akibat tingginya jumlah mikroorganisme. Penggantian media filter dapat dilakukan bila air olahan sudah tidak optimal lagi.
- n. Bersihkan sedimen/lumpur yang ada dalam unit biofilter dengan sistem pemompaan terutama di zona pengendapan setidaknya 1 (satu) tahun sekali. Pembersihan sedimen/lumpur dapat dilakukan dengan sistem pemompaan oleh truk tinja. Pengurasan lumpur di zona aerobik akan lebih sering dilakukan dibandingkan di zona anaerobik.
- o. Bila diperlukan, resirkulasi lumpur di zona aerobik ke zona pengendapan dapat dilakukan dengan sistem pemompaan.
- p. Pembersihan lapisan buih/busa (scum) yang mengapung terutama di zona pengendapan dan zona aerobik minimal 2 (dua) bulan sekali.
- q. Bila digunakan suplai oksigen (blower), diperlukan pembersihan pada pipa injeksi udara secara berkala terutama sedimen yang terbentuk pada saat

blower tidak sedang beroperasi. Perawatan blower harus mendapatkan perhatian khusus untuk menjaga pertumbuhan mikroorganisme/bakteri pengolah air limbah dengan baik. Segera lakukan perbaikan/penggantian bila blower mengalami kerusakan.

- r. Monitoring atau pengawasan kualitas air olahan (effluen) dari biofilter minimal 1 (satu) bulan sekali, sedangkan uji kualitas air di dalam biofilter minimal 1 (satu) tahun sekali.

### **5.8.3 Pemberhentian Operasional IPAL**

Beberapa hal yang harus diperhatikan Ketika melakukan pemberhentian pengoperasian IPAL yaitu:

1. Pompa air limbah di dalam Tangki Biofilter dihentikan, sedangkan blower dan pompa sirkulasi di dalam reaktor Pengolahan lanjut tetap dijalankan.
2. Selanjutnya air limbah di dalam Reaktor Biofilter Anaerob dipompa dan dimasukkan ke Reaktor Aerob (pengolahan Lanjut) sampai habis.
3. Air limbah di dalam Reaktor IPAL aerob terus di aerasi dan pompa sirkulasi tetap jalankan minimal selama 6 jam.
4. Setelah itu air di dalam reaktor biofilter boleh dibuang melalui lubang pengeluaran.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB VI**

### **Kesimpulan Dan Saran**

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan ini adalah:

1. Karakteristik air limbah di rumah makan Sinjay terdapat 5 parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu TSS, pH, COD, BOD dan *Total Coliform* sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
2. Pengolahan air limbah domestik di Rumah Makan Sinjay menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter *Anaerob-Aerob* dengan debit air limbah yang masuk ke IPAL sebesar 48,00 m<sup>3</sup> /hari.
3. Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada IPAL rumah makan Sinjay sesuai dengan HSPK Kabupaten Bangkalan 2021.
4. Standar Operasional Prosedur (SOP) operasional dan pemeliharaan pada IPAL rumah makan Sinjay sesuai dengan Dinas Lingkungan Hidup Surabaya Juknis IPAL rumah makan.

#### **6.2 Saran**

1. Melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap kinerja IPAL
2. Memastikan bahwa tidak ada sampah yang masuk ke dalam unit IPAL seperti sampah plastik, kayu, dan sejenisnya, sehingga IPAL dapat beroperasi secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifudin dkk. (2020). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Industri Pengolahan Makanan. *Jurnal Air Indonesia* Vol. 12, No. 2.
- Aviandini Galih Hanuranti. (2020). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Central Processing Plant (CPP) Gundih PT. PERTAMINA EP Asset 4 Cepu Field. *Jurnal Saintek*.
- Dewi, D. d. (2018). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik System Lumpur Aktif di Gedung Trans Mart. *Jurnal TechLINK* Vol. 2 No.2.
- Ilham, R. A. (2020). Pandemi COVID-19 dan Tantangan Kebijakan Kesehatan Mental di Indonesia. *Jurnal Psikologi dan Kesehatan Mental*.
- Kristianus Octavianus dan Agus Slamet. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Skala Kawasan di Kota Sidoarjo. *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 6, No. 2.
- Pinanggih, R. B. (2021). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Kombinasi Unit Biofilter Aerobik Dan Adsorpsi Karbon Aktif Kantor Pusat PT.PERTAMINA Marketing Operation Region (MOR) V Surabaya. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 7 (1).
- Pratama, H. A. (2022). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Yayasan Pondok Pesantren AL-JALY Kabupaten Bangkalan.
- Rohana. (2020). Desain Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Menggunakan Proses Biofilter “Up flow” di Rumah Sakit Pendidikan Unismuh Makassar. *Jurnal LINEARS*, Vol.3, No.1,.
- Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Rest Area Kedungmlati Jalan Tol Jombang-Mojokerto Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur. (2021). Ahimsa Rama Pagayang Sumule.
- Wilda Fajar Gusti Ayu, F. S. (2021). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Dengan Metode Constructed Wetland di Perumahan Bumi Ciruas Permai 1 Kabupaten Serang. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)* 4(2).