



PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

PADA INDUSTRI TAHU

(Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan)

SKRIPSI

Diajukan Oleh

| NAMA | NPM |
|-------------------------------|-----------------|
| KHILYA MILKHATUL IFFAH | 18640034 |
| GILAR MAYNALDA PRAYOGI | 18640060 |

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

2022



**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
INDUSTRI TAHU**

(Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan)

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI
Semarang untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan**

Program Sarjana Teknik Sipil

Diajukan oleh

KHILYA MILKHATUL IFFAH 18640034

GILAR MAYNALDA PRAYOGI 18640060

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI
PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
INDUSTRI TAHU (Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang
Selatan)

Disusun dan diajukan oleh

| NAMA | NPM |
|------------------------|----------|
| Khilya Milkhatul Iffah | 18640034 |
| Gilar Maynalda Prayogi | 18640060 |

Telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di hadapan dewan penguji

Dosen Pembimbing I



Dr. Mohammad Debby Rizani, S.T., M.T.
NIDN. 0602077402

Semarang, 15 Agustus 2022

Dosen Pembimbing II



Dr. Ikhwanudin, S.T., M.T.
NIDN. 0610056902

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA
INDUSTRI TAHU (Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang
Selatan)**

Disusun dan diajukan oleh:

| NAMA | NPM |
|------------------------|----------|
| Khilya Milkhatul Iffah | 18640034 |
| Gilar Maynalda Prayogi | 18640060 |

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 15 Agustus 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji

Ketua



Dr. Slamet Supriyadi, M. Env. St
NIP. 195912281986031003

Sekretaris

Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN. 0605037001

Penguji I

Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN. 0605037001

Penguji II

Dr. Mohammad Debby Rizani, S.T., M.T.
NIDN. 0602077402

Penguji III

Dr. Ikhwanudin, S.T., M.T.
NIDN. 0610056902

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

“Ketahuilah bahwasannya kemenangan itu bersama kesabaran, dan jalan keluar itu bersama kesulitan, dan bahwasanya bersama kesulitan ada kemudahan”.

(HR. Tirmidzi).

Persembahan :

Dengan rasa penuh bahagia serta puji syukur kepada Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dengan lancar. Penulis persembahkan skripsi ini untuk:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran penulis.
2. Kedua orang tua penulis yang senantiasa mendoakan serta menjamin kehidupan penulis selama mengemban ilmu di Universitas PGRI Semarang.
3. Almamater Universitas PGRI Semarang yang telah mendewasakan dan memberi pengetahuan akademis maupun non akademis. Tempat memperoleh ilmu dan merancang masa depan yang menjadi salah satu langkah menuju kesuksesan.
4. Teman – teman Teknik Sipil 2018 B yang telah kebersamai.

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Khilya Milkhatul Iffah

NPM : 18640034

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini yang saya buat ini benar – benar merupakan hasil karya, bukan Plagiarisme.

Apabila pada di kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Khilya Milkhatul Iffah
NPM. 18640034

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Gilar Maynalda Prayogi

NPM : 18640060

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini yang saya buat ini benar – benar merupakan hasil karya, bukan Plagiarisme.

Apabila pada di kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Gilar Maynalda Prayogi
NPM. 18640060

ABSTRAK

Dalam proses produksinya, industri tahu menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah tersebut mengandung bahan organik dengan kadar BOD, COD, dan TSS yang cukup tinggi dan tidak memenuhi baku mutu. Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan, akan menurunkan daya dukung lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan desain serta RAB pelaksanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah pada Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan.

Penelitian ini menggunakan metode analisa kuantitatif yang disajikan dalam bentuk angka – angka yang kemudian dijelaskan dan diinterpretasikan dalam bentuk uraian. Kualitas BOD, COD, TSS, serta pH berturut – turut sebesar 144 mg/L; 380 mg/L; 98 mg/L; dan 4,34. Berdasarkan baku mutu, air limbah tersebut belum memenuhi syarat maka diperlukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah. Peneliti merencanakan tahapan pengolahannya yaitu Bak Penampung, Bak Ekualisasi, Digester Anarobik, Penampung Gas, Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, serta Bak Pengendapan Akhir. Perkiraan effluent hasil pengolahan BOD, COD, dan TSS berturut – turut sebesar 2,916 mg/L; 7,695 mg/L; 2,116 mg/L. Selain mengolah menjadi air yang layak pakai kembali, desain instalasi pengolahan air limbah ini menghasilkan gas metana yang dapat digunakan untuk proses pembuatan tahu tersebut atau dapat dimanfaatkan pada skala rumah tangga. Total rencana anggaran biaya perencanaan Instalasi Pengeolahan Air Limbah pada Pabrik Tahu WD adalah senilai 31.106.117,05.

Desain instalasi pengolahan air limbah yang telah direncanakan dapat diaplikasikan pada industri – industri tahu yang lain dengan perhitungan berdasarkan debit masing – masing industri. Dimensi tahapan instalasi pengolahan air limbah dapat dimodifikasi menyesuaikan kondisi lahan yang ada dengan syarat volume bak tidak lebih kecil dari volume limbah.

Kata kunci: digester anaerobik, penampung gas, biofilter anaerobik

ABSTRACT

In the production process, the tofu industry produces solid and liquid waste. The waste contains organic matter with high levels of BOD, COD, and TSS and does not meet quality standards. If the waste is directly discharged into the environment, it will reduce the carrying capacity of the environment. This study aims to plan the design and RAB for the construction of a wastewater treatment plant at the WD Lamper Lor Tofu Factory, South Semarang.

This research uses quantitative analysis methods which are presented in the form of numbers which are then explained and interpreted in the form of descriptions. The quality of BOD, COD, TSS, and pH were 144 mg/L, respectively; 380 mg/L; 98 mg/L; and 4.34. Based on the quality standards, the wastewater does not meet the requirements, so it is necessary to plan a wastewater treatment plant. Researchers plan the processing stages, namely Reservoir, Equalization, Anaerobic Digester, Gas Storage, Presettlement Tub, Anaerobic Biofilter, and Final Sedimentation Tub. The estimated effluent from the processing of BOD, COD, and TSS is 2,916 mg/L, respectively; 7.695 mg/L; 2.116 mg/L. In addition to processing it into water that is suitable for reuse, the design of this wastewater treatment plant produces methane gas which can be used for the tofu-making process or can be used on a household scale. The total budget plan for the planning of the Wastewater Treatment Plant at the WD Tofu Factory is 31,106,117.05.

The design of the wastewater treatment plant that has been planned can be applied to other tofu industries with calculations based on the discharge of each industry. The dimensions of the stages of the wastewater treatment plant can be modified to suit the existing land conditions provided that the volume of the tub is not smaller than the volume of the waste.

Keywords: *anaerobic digester, gas reservoir, anaerobic biofilter*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya hingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pada Industri Tahu (Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan)”

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan tingkat sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Informatika pada Universitas PGRI Semarang.

Dalam penyusunan laporan ini, peneliti menyadari sepenuhnya bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, semangat, serta informasi dari berbagai pihak, baik bersifat moral maupun material, oleh karenanya peneliti mengucapkan terima kasih antara lain kepada:

1. Dr. Sri Suciati, M. Hum. selaku Rektor Universitas PGRI Semarang.
2. Dr Slamet Supriyadi, M. Env. St. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
3. Agung Kristiawan, S.T., M. T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang
4. Dr. Putri Anggi Permata S, S.T., M.T. selaku Dosen Wali mahasiswa Teknik Sipil kelas B Angkatan 2018 yang telah mengarahkan selama masa perkuliahan.
5. Dr. Mohammad Debby Rizani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan, serta memberi saran dalam penyusunan skripsi.
6. Dr. Ikhwanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, mengarahkan, serta memberi saran dalam penyusunan skripsi.

7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberi bekal ilmu kepada penulis selama belajar di Universitas PGRI Semarang.
8. Bapak Widodo selaku pemilik Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan yang telah mengizinkan peneliti melakukan penelitian di perusahaan yang dikelola.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan skripsi ini. Penulis harap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya kalangan Teknik Sipil.

Semarang, 15 Agustus 2022

Peneliti

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI..... | Error! Bookmark not defined. |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI | Error! Bookmark not defined. |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | v |
| PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN | vi |
| PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN..... | vii |
| ABSTRAK..... | viii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR SINGKATAN | xviii |
| BAB I | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Pembatasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Perencanaan..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II..... | 6 |
| 2.1 Industri Tahu | 6 |
| 2.1.1 Karakteristik Limbah Air Industri | 6 |
| 2.1.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu | 7 |
| 2.1.3 Dampak Pencemaran Limbah Industri Tahu | 8 |
| 2.1.4 Pengolahan Limbah Cair Tahu | 9 |
| 2.2 Penyaluran Air Limbah..... | 10 |
| 2.3 Perancangan IPAL Industri | 13 |
| 2.3.1 Bak ekualisasi..... | 13 |
| 2.3.2 <i>Digester anaerobik</i> | 14 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3.3 | Bak Pengendapan Awal | 16 |
| 2.3.4 | Biofilter <i>Anaerobic</i> | 17 |
| 2.3.5 | Bak Pengendapan Akhir..... | 19 |
| 2.4 | Rencana Anggaran Biaya | 21 |
| 2.5 | Penelitian IPAL Industri Tahu Terdahulu | 23 |
| BAB III | | 28 |
| 3.1 | Metode Penelitian..... | 28 |
| 3.2 | Lokasi Penelitian | 28 |
| 3.3 | Jenis Penelitian | 30 |
| 3.4 | Populasi dan Sampel | 30 |
| 3.4.1 | Populasi | 30 |
| 3.4.2 | Sampel..... | 30 |
| 3.5 | Variabel Penelitian..... | 30 |
| 3.5.1 | Variabel bebas (<i>independent</i>) | 31 |
| 3.5.2 | Variabel terikat (<i>dependent</i>) | 31 |
| 3.6 | Teknik Pengumpulan Data | 31 |
| 3.6.1 | Data Primer | 31 |
| 3.6.2 | Data Sekunder..... | 32 |
| 3.7 | Teknik Analisa Data | 32 |
| 3.7.1 | Analisa Kualitas dan Kuantitas Limbah..... | 33 |
| 3.7.2 | Analisa Perencanaan Konstruksi Instalasi Pengolahan Air Limbah Menjadi Biogas | 41 |
| 3.7.3 | Analisa Biaya Yang Diperlukan Untuk Pelaksanaan Konstruksi Instalasi Pengolahan Air Limbah..... | 41 |
| 3.8 | Hipotesis Penelitian | 43 |
| 3.9 | Diagram Alir Penelitian | 44 |
| BAB IV | | 45 |
| 4.1 | Kualitas dan Kuantitas Air Limbah | 45 |
| 4.1.1 | Kualitas Air Limbah..... | 45 |
| 4.1.2 | Kuantitas Air Limbah..... | 46 |
| 4.2 | Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah..... | 47 |

| | | |
|----------------------|---|-----|
| 4.2.1 | Bak Penampung..... | 47 |
| 4.2.2 | Bak Ekualisasi | 50 |
| 4.2.3 | Digester Anaerobik..... | 53 |
| 4.2.4 | Bak Pengendapan Awal | 58 |
| 4.2.5 | Biofilter Anaerobik..... | 59 |
| 4.2.6 | Bak Pengendapan Akhir..... | 63 |
| 4.3 | Anggaran Biaya Konstruksi Pengolahan Air Limbah | 73 |
| 4.3.1 | Struktur Utama..... | 73 |
| 4.3.2 | Bangunan Pendukung..... | 106 |
| BAB V..... | | 139 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 139 |
| 5.2 | Saran | 140 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 141 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah bagi usaha dan kegiatan pengolahan kedelai..... | 8 |
| Tabel 2. 2 Koefisien Kekasaran Manning (n) | 11 |
| Tabel 2. 3 Elemen Hidraulika untuk Saluran Pembuangan Bulat..... | 12 |
| Tabel 2. 4 Kriteria Desain Bak Ekualisasi | 13 |
| Tabel 2. 5 Temperatur dan Waktu Tinggal Digester Anaerobik..... | 14 |
| Tabel 2. 6 Klasifikasi Untuk Penggunaan Berdasarkan Filter..... | 17 |
| Tabel 2. 7 Klasifikasi Berdasarkan Air Limbah Pada Anaerobik | 19 |
| Tabel 2. 8 Contoh analisa pekerjaan penggalian 1m ² | 21 |
| Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu..... | 23 |
| Tabel 3. 1 Kebutuhan Data Primer | 32 |
| Tabel 3. 2 Kebutuhan Data Sekunder | 32 |
| Tabel 3. 3 Suhu Penyimpanan Contoh..... | 34 |
| Tabel 3. 4 Jumlah contoh uji..... | 35 |
| Tabel 4. 1 Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu WD Lamper Lor | 45 |
| Tabel 4. 2 Analisa Pengukuran Debit | 46 |
| Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi IPAL | 67 |
| Tabel 4. 4 Perkiraan Kualitas Effluent..... | 70 |
| Tabel 4. 5 Perbandingan perkiraan Effluent dengan Baku Mutu Air Limbah | 72 |
| Tabel 4. 6 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Plat Baja pada Bak Penampung | 76 |
| Tabel 4. 7 Analisa Harga Pekerjaan Pemasangan Engsel..... | 77 |
| Tabel 4. 8 RAB Bak Penampung | 78 |
| Tabel 4. 9 Harga Satuan Pekerjaan Plat Baja pada Bak Ekualisasi | 82 |
| Tabel 4. 10 RAB Bak Ekualisasi | 83 |
| Tabel 4. 11 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Plat Baja pada Digester Anaerobik..... | 87 |
| Tabel 4. 12 RAB digester anaerobik | 88 |
| Tabel 4. 13 analisa harga satuan pekerjaan Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir..... | 97 |
| Tabel 4. 14 RAB Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir | 100 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4. 15 Analisa pekerjaan pipa dan pompa air | 103 |
| Tabel 4. 16 kebutuhan manhole..... | 104 |
| Tabel 4. 17 Analisa pekerjaan pemasangan manhole 1 paket | 104 |
| Tabel 4. 18 RAB Pekerjaan Pipa, Pompa dan pemasangan Manhole..... | 105 |
| Tabel 4. 19 analisa pekerjaan pondasi | 110 |
| Tabel 4. 20 RAB pekerjaan pondasi | 113 |
| Tabel 4. 21 Analisa Harga Pekerjaan Sloof..... | 118 |
| Tabel 4. 22 RAB Pekerjaan Sloof | 121 |
| Tabel 4. 23 Besi Beton Polos..... | 126 |
| Tabel 4. 24 analisa pekerjaan plat lantai | 128 |
| Tabel 4. 25 RAB pekerjaan plat lantai | 130 |
| Tabel 4. 26 analisa pekerjaan atap..... | 135 |
| Tabel 4. 27 RAB pekerjaan atap..... | 136 |
| Tabel 4. 28 RAB Pekerjaan Struktur utama | 137 |
| Tabel 4. 29 RAB Pekerjaan Bangunan Pendukung..... | 137 |
| Tabel 4. 30 Total RAB IPAL..... | 138 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-----|
| Gambar 2. 1 Bak Ekualisasi..... | 14 |
| Gambar 2. 2 Digester Anaerobik..... | 16 |
| Gambar 2. 3 Bak Pengendapan Akhir..... | 17 |
| Gambar 2. 4 Bak Pengendapan Akhir..... | 21 |
| Gambar 3. 1 Lokasi Pabrik Tahu WD..... | 28 |
| Gambar 3. 2 Site Plan..... | 29 |
| Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian | 44 |
| Gambar 4. 1 Bak Penampung | 49 |
| Gambar 4.2 Bak Ekualisasi..... | 52 |
| Gambar 4. 3 Digester Anaerobik dan Penampung Gas | 57 |
| Gambar 4. 4 Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir | 66 |
| Gambar 4. 5 Tampak atas Instalasi Pengolahan Air Limbah | 68 |
| Gambar 4. 6 Potongan Memanjang IPAL | 69 |
| Gambar 4. 7 Grafik kualitas Effluent..... | 71 |
| Gambar 4. 8 Mass Balance Pengolahan Air Limbah | 72 |
| Gambar 4. 9 Detail Ukuran Bak Penampung | 75 |
| Gambar 4. 10 Detail ukuran bak ekualisasi | 81 |
| Gambar 4. 11 Detail Ukuran Digester Anaerobik dan Penampung Gas..... | 86 |
| Gambar 4. 12 Detail Ukuran Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir | 96 |
| Gambar 4. 13 Detail Pondasi | 107 |
| Gambar 4. 14 Detail Sloof | 115 |
| Gambar 4. 15 Denah Plat Lantai | 123 |
| Gambar 4. 16 Potongan Plat Lantai Memanjang | 124 |
| Gambar 4. 17 Potongan Plat Lantai Melintang | 125 |
| Gambar 4. 18 Atap Baja Ringan..... | 132 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|--|------------------------------------|
| BOD | : <i>Biochemical Oxygen Demand</i> |
| COD | : <i>Chemical Oxygen Demand</i> |
| TSS | : <i>Total Suspended Solid</i> |
| CH ₄ | : Gas Metana |
| H ₂ S | : Hidrogen Sulfida |
| CO ₂ | : Karbon Dioksida |
| H ₂ O | : Air |
| mg | : Mikro Gram |
| pH | : <i>Power Of Hidrogen</i> |
| kg | : Kilo Gram |
| L | : Liter |
| m | : Meter |
| FTU | : <i>Formazing Turbidity Unit</i> |
| IPAL | : Instalasi Pengolahan Air Limbah |
| SRT (<i>Solid Retention Time</i>) | : <i>Solid Retention Time</i> |
| PU | : Pekerjaan Umum |
| PAK | : Pengujian Alat Kesehatan |
| SNI | : Setandar Nasional Indonesia |
| (K ₂ Cr ₂ O ₇) | : Kalium Dikromat |
| (FAS) | : Ferro Ammonium Sulfat |
| (NH ₂ SO ₃ H) | : Asam Sulfamate |
| (HOOC ₆ H ₄ COOK ₁ KHP) | : Kalium Hidrogen Ftalat |
| H ₂ SO ₄ | : Asam Sulfat |
| BoQ | : <i>Bill Of Quantity</i> |
| RAB | : Rancangan Anggaran Biaya |
| Rp | : Rupiah |
| CM | : Centimeter |
| Ls | : <i>Lump Sum</i> |
| CT | : Canal Tebal |

mm : Milimeter
OH : Orang Hari

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah pembuangan limbah ataupun sampah adalah salah satu masalah yang ada di setiap kota di Indonesia. Pembuangan limbah yang tidak dilakukan berdasarkan aturan atau undang – undang yang telah ditetapkan pemerintah akan mengakibatkan tercemarnya lingkungan serta merusak ekosistem.

Limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya, kecuali yang dapat dimakan oleh manusia dan hewan. (Memperindag RI, 1997). Menurut Abdurrahman (2006), berdasarkan wujud limbah yang dihasilkan, limbah terbagi menjadi 3 (tiga) diantaranya adalah: 1) Limbah padat adalah limbah yang memiliki wujud padat yang bersifat kering dan tidak dapat berpindah kecuali dipindahkan. Limbah padat ini biasanya berasal dari sisa makanan, sayuran, potongan kayu, ampas hasil industri, dan lain-lain. 2) Limbah cair adalah limbah yang memiliki wujud cair. Limbah cair ini selalu larut dalam air dan selalu berpindah (kecuali ditempatkan pada wadah/bak). Contoh dari limbah cair ini adalah air bekas cuci pakaian dan piring, limbah cair dan industri, dan lain-lain. 3) Limbah gas adalah limbah yang berwujud gas. Limbah gas bisa dilihat dalam bentuk asap dan selalu bergerak sehingga penyebarannya luas. Contoh dari limbah gas adalah gas buangan kendaraan bermotor, buangan gas dari hasil industri.

Salah satu limbah yang mencemari lingkungan adalah limbah dari pengolahan tahu. Pada proses pembuatan tahu membutuhkan air yang banyak. Contohnya pada proses pencucian kedelai, perendaman, pencucian hasil rendaman, pengolahan kedelai menjadi bubur, serta setelah menghasilkan tahu masih menghasilkan limbah berupa air serta ampas dari tahu tersebut. Limbah padat yang berupa ampas dapat dimanfaatkan menjadi olahan tempe gembus ataupun menjadi pakan ternak, sedangkan limbah cair berupa air limbah belum

tentu dapat dimanfaatkan dengan baik oleh seluruh pabrik pengolahan tahu. Limbah cair tahu dapat mencemari air karena mengandung polutan organik berupa BOD, COD, TSS.

Di daerah Lamper Lor kecamatan Semarang Selatan terdapat beberapa *home industry* tahu. Salah satunya adalah Pabrik Tahu WD yang beralamat di Lamper Krajan 02/02 No 37A. Pembuangan limbah cair pengolahan tahu langsung dibuang ke aliran sungai yang berada tepat di depan lokasi pabrik tersebut. Setiap harinya membuang kurang lebih 10 drum air limbah, perdrum memiliki kapasitas 200 liter. Hal itu menyebabkan pencemaran pada air sungai tersebut karena tidak adanya proses pengolahan yang baik terlebih dahulu. Oleh karena itu diperlukan suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Sebuah IPAL memiliki berbagai macam jenis, diantaranya adalah anaerobik, aerobik, serta aerobik-anaerobik.

Proses pengolahan limbah secara aerobik adalah proses pengolahan limbah yang memanfaatkan mikroorganisme aerobik, dengan menggunakan oksigen sebagai energi untuk metabolisme dari bakteri tersebut. Polutan – polutan organik tersebut diurai oleh bakteri – bakteri aerobik, menjadi karbon dioksida, air, dan energi serta sel baru. Sedangkan proses pengolahan limbah secara anaerobik adalah suatu metabolisme tanpa menggunakan oksigen yang dilakukan oleh bakteri anaerobik. Ciri khas dari proses secara anaerobik adalah terbentuknya gas metan (CH_4). Di dalam proses anaerobik yang sangat berperan adalah aktifitas mikroorganisme anaerobik (Nusa, dkk., 2005)

Dengan menggunakan proses biofilter anaerobik, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tidak hilang. Oleh karena itu jika hanya menggunakan proses biofilter anaerobik saja hanya dapat menurunkan polutan organik (BOD, COD) dan padatan tersuspensi (TSS). Agar supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerobik. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air

(H₂O), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas H₂S akan diubah menjadi sulfat (Nusa, 2018). Sistem pengolahan – pengolahan tersebut menjadi pertimbangan dalam pengolahan air limbah ini.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, peneliti mengusulkan “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Industri Tahu (Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis susun di atas, maka munculah beberapa pertanyaan:

- a. Bagaimana kualitas dan kuantitas limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Tahu WD di Lamper Lor Kecamatan Semarang Selatan?
- b. Bagaimana perencanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah menjadi biogas pada Pabrik Tahu WD di Lamper Lor Kecamatan Semarang Selatan?
- c. Berapa biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah dari proses pembuatan tahu?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan skripsi perencanaan ini meliputi :

- a. Mengetahui kualitas dan kuantitas limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Tahu WD di Lamper Lor Kecamatan Semarang Selatan.
- b. Merencanakan konstruksi instalasi pengolahan air limbah menjadi biogas pada Pabrik Tahu WD di Lamper Lor Kecamatan Semarang Selatan.
- c. Menghitung biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah dari proses pembuatan tahu.

1.4 Pembatasan Masalah

Ada beberapa batasan masalah agar penelitian terarah dan tidak menyimpang dari tujuan awal penelitian ini adalah :

- a. Tempat studi kasus penelitian yaitu di Pabrik Tahu WD Lamper Lor, kecamatan Semarang Selatan.
- b. Air limbah yang diolah adalah *grey water*/limbah cair industri tahu.
- c. Aspek yang dinilai yaitu aspek teknis, meliputi penyisihan parameter dan konstruksi IPAL, dan aspek biaya meliputi rencana anggaran biaya.
- d. Parameter yang digunakan adalah BOD, COD, TSS, serta pH.
- e. Tidak menggunakan analisa pada konstruksi IPAL.
- f. Metode yang digunakan pada RAB adalah metode analisa peraturan Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah, 2022.

1.5 Manfaat Perencanaan

Manfaat yang dapat diambil dari penyusunan skripsi perencanaan ini meliputi :

- a. Menambah pengetahuan dalam bidang perencanaan struktur, khususnya mengenai Instalasi Perencanaan Air Limbah skala terpusat.
- b. Mampu merencanakan konstruksi pengolahan air limbah menjadi biogas.
- c. Dapat menghitung biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi IPAL.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi, penulis diharuskan memenuhi aturan serta kaidah penulisan supaya skripsi yang disusun bisa dipahami serta dimengerti oleh pembaca, penulisan skripsi ini secara garis besar meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang perencanaan IPAL, identifikasi masalah dari pembuangan air limbah pengolahan tahu, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, pembatasan masalah, serta sistematika penulisan perencanaan IPAL industri.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori – teori atau penjelasan tentang beragam hal yang berkaitan dengan industri tahu, karakteristik air limbah, baku mutu air limbah, dampak pencemaran dari air limbah industri tahu, pengolahan limbah cair industri tahu, perancangan IPAL industri, serta RAB pembangunan IPAL industri.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian, lokasi yang dipilih pada penelitian ini, jenis penelitian, populasi dan sampel, teknik pengumpulan data, serta diagram alir penelitian baik saat penyusunan proposal hingga pelaksanaan observasi lapangan saat pengambilan data maupun dalam proses berjalannya setiap langkah dalam proses penelitian perencanaan IPAL Industri.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi uraian tentang hasil analisis data yang diperoleh dari pengolahan data yang mengacu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dan saran yang diambil dari hasil yang diperoleh setelah melakukan *survey* di lapangan serta didukung oleh hasil pengolahan data yang menghasilkan rancangan serta RAB Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu pada Pabrik Tahu WD.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

Tahu merupakan salah satu jenis makanan sumber protein dengan bahan dasar kacang kedelai (*Glycin Spp*) yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia. Sebagian besar produk tahu di Indonesia dihasilkan oleh industri skala kecil yang kebanyakan terdapat di Pulau Jawa. Industri tahu berkembang pesat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Namun, di sisi lain industri ini menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan. Industri tahu membutuhkan air untuk pemrosesannya, yaitu untuk proses sortasi, perendaman, pengupasan kulit, pencucian, penggilingan, perebusan dan penyaringan. (Kaswinarni, 2007).

Industri pengolahan tahu merupakan kegiatan yang dilakukan pemanfaatan kedelai sebagai bahan baku utama dan menghasilkan tahu. Tidak hanya itu hasil dari pengolahan tahu tersebut juga banyak menghasilkan air limbah tahu memiliki yang berupa limbah cair dan padat. Untuk limbah cair pada Pabrik Tahu WD Lamper Lor sehari – hari biasanya dibuang ke sungai langsung, sedangkan limbah padatnya biasanya digunakan masyarakat untuk pakan hewan ternak.

2.1.1 Karakteristik Limbah Air Industri

Dalam memahami karakteristik limbah atau air buangan dari industri tahu ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu: karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total limbah, suhu limbah, warna limbah dan bau limbah tersebut. Sedangkan karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas (Herlambang, 2002).

Suhu air limbah dari industri tahu dalm kisar 37-45 °C, tingkat kekeruhan limbah (*turbidity*) 535-585 FTU (*Formazing Turbidity Unit*), warna air limbah 2225-2250 Pt.Co, kadar amonia 23,3-23,5 mg/l,

kadar BOD₅ 6000-8000 mg/l dan COD 7500-14000 mg/l. Suhu air limbah industri tahu sendiri berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu air limbah tahu pada dasarnya lebih tinggi dari pada air bakunya sendiri, yaitu 40 °C -46 °C. Karakteristik limbah cair industri tahu, adalah sebagai berikut:

1. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical oxygen demand (BOD) merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut (Metcalf, dan Eddy, 2003).

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical oxygen demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator dalam mengoksidasi material organik maupun anorganik (Metcalf, dkk, 2003).

3. *Total Suspended Solid* (TSS)

Total suspended solid (TSS) merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, dan tidak dapat mengendap langsung (Effendi Hefni, 2003).

4. Derajat Keasaman (pH)

Air limbah industri tahu bersifat asam, sehingga terjadi pelepasan zat-zat yang mudah menguap, dan mengeluarkan bau busuk (Adibroto, T., 1997).

2.1.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah yang memiliki konsentrasi air limbah tidak netral akan menyulitkan terjadinya proses biologis, sehingga dapat mengganggu kelangsungan proses penjernihan air limbah itu sendiri. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka menyebabkan air tersebut memiliki kadar asam (Sugiharto,

2014). Sedangkan mutu baku limbah bagi usaha dan pengolahan kedelai telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (2014) dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah bagi usaha dan kegiatan pengolahan kedelai.

| Parameter | Pengolahan Kedelai | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Kecap | | Tahu | | Tempe | |
| | Kadar *) (mg/L) | Beban (kg/ton) | Kadar *) (mg/L) | Beban (kg/ton) | Kadar *) (mg/L) | Beban (kg/ton) |
| BOD | 150 | 1,5 | 150 | 3 | 150 | 1,5 |
| COD | 300 | 3 | 300 | 6 | 300 | 3 |
| TSS | 100 | 1 | 200 | 4 | 100 | 1 |
| pH | 6-9 | | | | | |
| Kualitas air limbah Paling tinggi | 10 | | 20 | | 10 | |

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2014

Keterangan :

1. *)kecuali untuk pH.
2. Satuan kualitas air limbah adalah m³ per ton bahan baku.
3. Satuan beban adalah kg per ton bahan baku

Sedangkan sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah pada umumnya mempunyai komposisi yang sangat bermacam – macam dari setiap tempat dan setiap saat sesuai dengan industri yang beraktivitas di lokasi tersebut.

2.1.3 Dampak Pencemaran Limbah Industri Tahu

Limbah cair Industri Tahu berasal dari sisa pengolahan kedelai yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu

(Nohong, 2010). Limbah tahu terdiri dari dua jenis yaitu: limbah padat dan limbah cair (Kaswinarni, 2007). Limbah padat atau ampas tahu dapat diolah menjadi oncom atau dimanfaatkan sebagai makanan ternak, limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi untuk mencemari lingkungan (Nurhasmawaty Pohan, 2008).

Dampak pencemaran dari limbah tahu seperti gangguan terhadap kehidupan biotik, dan turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik (Herlambang, 2002). Industri tahu yang tidak menerapkan sistem pengolahan terhadap air buangan selama kegiatan produksi tahu yang dilakukan berpotensi mencemari perairan sungai, sanitasi lingkungan yang buruk dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti: gatal, diare, kolera, dan radang usus (Kaswinarni, 2007).

2.1.4 Pengolahan Limbah Cair Tahu

Pengolahan limbah cair industri dengan proses penguraian oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik terjadi secara anaerob. Pada prinsipnya proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas). Proses ini banyak dikembangkan untuk mengolah kotoran hewan dan manusia atau air limbah yang kandungan bahan organiknya tinggi. Berikut ini adalah proses pengolahan air limbah tahu menjadi biogas dengan proses anaerobik. (Indriyanti, 2005)

Prinsip pembangkit biogas merupakan menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian- bagian pokok terdiri atas pencerna (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (*slurry*), dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Dalam sarana digester ini terdapat bakteri methan yang mengolah limbah cair tahu dan memakan bahan-bahan organik dan menghasilkan biogas. Gas yang terbentuk tersebut difasilitasi dengan adanya pipa

yang didesain sedemikian rupa sehingga gas tersebut dapat dialirkan ke kompor yang terletak di dapur. Gas tersebut dapat digunakan untuk keperluan memasak dan lampu penerangan. (Indriyanti, 2005)

Secara umum, proses anaerob terdiri dari empat tahap yakni: hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat dan pembentukan metana. Proses anaerob dikendalikan oleh dua golongan mikroorganisme (hidrolitik dan metanogen).

2.2 Penyaluran Air Limbah

Pada penyaluran air limbah digunakan sistem perpipaan air limbah. Dalam perencanaan dimensi pipa air limbah, beberapa hal yang harus diperhatikan (Wijatmiko, 2014):

- a. Memperkirakan besarnya debit air limbah
- b. Memilih parameter desain:
 - 1) Persamaan hidrolika
 - 2) Pemilihan jenis pipa
 - 3) Ukuran diameter minimum
 - 4) Kecepatan maksimum dan minimum
- c. Memilih perlengkapan pendukung untuk pipa
- d. Mengevaluasi alternatif kemiringan/slope

$$\text{Kemiringan tanah (S)} = \frac{\text{Elevasi hulu} - \text{elevasi hilir}}{\text{panjang saluran}}$$

Pada perencanaan sistem jaringan perpipaan berdasarkan peta kontur dan sejajar dengan saluran drainase. Dari sistem jaringan perpipaan yang telah direncanakan tersebut kemudian dapat ditentukan bahan, desain, kemiringan pipa dengan cara sebagai berikut (Abdurrahman, 2017):

- a. Menentukan diameter minimum pipa mengacu kepada debit rencana yang dihasilkan dengan asumsi kemiringan pipa sejajar dengan kemiringan tanah dan bahan pipa yang dipilih adalah PVC menggunakan rumus manning berikut:

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

dengan:

- v = kecepatan aliran (m/dt)
 n = koefisien kekasaran bahan pipa menurut manning (tabel)
 R = jari – jari hidrolis (m)
 S = kemiringan pipa

Koefisien kekasaran manning untuk berbagai jenis saluran disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. 2 Koefisien Kekasaran *Manning* (n)

| NO | Jenis Saluran | Koefisien Kekasaran Manning |
|----|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Pipa besi tanpa lapisan | 0,012 - 0,015 |
| 2 | Pipa asbestos semen | 0,010 - 0,015 |
| 3 | Salurann pasangan batu bata | 0,012 - 0,017 |
| 4 | Pipa beton | 0,012 - 0,016 |
| 5 | Pipa plastik halus (PVC) | 0,002 - 0,012 |
| 6 | Pipa tanah liat (Vitrivied Clay) | 0,011 - 0,015 |

Sumber: Draft pedoman jaringan perpipaan air limbah, 2014

Untuk memudahkan perhitungan diameter minimum pipa maka rumus manning tersebut, diturunkan menjadi:

$$D = \left(\frac{4^{5/3} \times n \times Qf}{\pi \times S^{0,5}} \right)^{3/8}$$

Dengan:

- D = diameter pipa (m)
 n = koefisien kekasaran bahan pipa menurut manning
 Qf = debit air pada pipa dalam kondisi penuh (perbandingan debit puncak dengan perbandingan debit (m^3 /hari))
 S = kemiringan pipa

Rumus kontinuitas disajikan dalam rumus berikut ini:

$$Q = A \times v$$

dengan:

$$v = \text{kecepatan aliran (m/dt)}$$

$$A = \text{luas penampang saluran (m}^2\text{)}$$

Untuk menentukan debit air pada pipa dalam kondisi penuh (Q_f), menurut Wijatmiko (2014) sebagai berikut:

- 1) Menentukan d/D dalam pipa dimana rasio d/D berkisar 0,5 – 0,8
- 2) Dari tabel hidraulika untuk saluran pembuangan bulat (tabel 2.5) diambil dengan d/D tertentu maka akan diperoleh Q_p/Q_f . Sehingga bila Q_p diketahui maka nilai Q_f akan dapat dihitung

Tabel 2. 3 Elemen Hidraulika untuk Saluran Pembuangan Bulat

| $\frac{d}{D}$ | $\frac{a}{A}$ | $\frac{p}{P}$ | $\frac{r}{R}$ | For $(n_d = n) = 1.00$ | | For variable $(n_d \neq n)$ | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| | | | | $\frac{v}{V}$ | $\frac{q}{Q}$ | $\frac{n_d}{n}$ | $\frac{v}{V}$ | $\frac{q}{Q}$ |
| 1.00 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 1.000 |
| 0.90 | 0.948 | 0.795 | 1.192 | 1.124 | 1.066 | 1.07 | 1.057 | 1.002 |
| 0.80 | 0.858 | 0.705 | 1.217 | 1.140 | 0.978 | 1.14 | 1.003 | 0.860 |
| 0.70 | 0.748 | 0.631 | 1.185 | 1.120 | 0.838 | 1.18 | 0.952 | 0.712 |
| 0.60 | 0.626 | 0.564 | 1.110 | 1.072 | 0.671 | 1.21 | 0.890 | 0.557 |
| 0.50 | 0.500 | 0.500 | 1.000 | 1.000 | 0.500 | 1.24 | 0.810 | 0.405 |
| 0.40 | 0.374 | 0.436 | 0.857 | 0.902 | 0.337 | 1.27 | 0.713 | 0.266 |
| 0.30 | 0.252 | 0.369 | 0.684 | 0.776 | 0.196 | 1.28 | 0.605 | 0.153 |
| 0.20 | 0.142 | 0.295 | 0.482 | 0.615 | 0.088 | 1.27 | 0.486 | 0.070 |
| 0.10 | 0.052 | 0.205 | 0.254 | 0.401 | 0.021 | 1.22 | 0.329 | 0.017 |

Sumber: <http://www.engineeringenotes.com/waste-management/sewers/classification-of-sewers-sewage-waste-management/39918>

- b. Dari diameter minimum pipa yang didapatkan, ditentukan diameter pipa dengan pertimbangan untuk pengembangan di waktu yang akan datang dan ketersediaan ukuran pipa di pasaran.
- c. Kriteria desain perencanaan (Anonim,2011):
 - 1) Diameter minimal pipa 4 inchi

2) Kemiringan pipa 0,5 – 1%

2.3 Perancangan IPAL Industri

2.3.1 Bak ekualisasi

Bak ekualisasi juga bisa disebut dengan bak penampung atau pengumpul limbah cair. Bak Equalisasi ini berfungsi untuk menampung air limbah sementara dan mengatur debit air menuju ke IPAL. Pengaturan debit ke IPAL dilakukan dengan pompa *submersible*. Pompa *submersible* seluruh komponennya terendam dalam cairan/air yang akan dipompa, atau biasa juga disebut pompa celup. Bak ekualisasi dilengkapi dengan pompa untuk mengontrol debit yang akan masuk ke proses pengolahan selanjutnya. Beberapa kriteria desain pada bak ekualisasi sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

| Parameter | Satuan | Nilai |
|----------------------|----------|--------------|
| Kedalaman Minimum | M | 1,5 – 2 |
| Ambang Bebas | m | 1 |
| Laju Penompaan Udara | M3/menit | 0.01 – 0,015 |

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Untuk menentukan dimensi bak ekualisasi, ditentukan dahulu volume yang diperlukan dengan rumus:

$$V \text{ diperlukan} = Q \times t_d$$

Dengan:

$$Q \text{ limbah} = \text{debit limbah (m}^3 \text{ /jam)}$$

$$t_d = \text{waktu tinggal (jam)}$$

Waktu tinggal (t_d) yang dipersyaratkan rata – rata berkisar 3 – 5 (Kementerian Kesehatan, 2011)

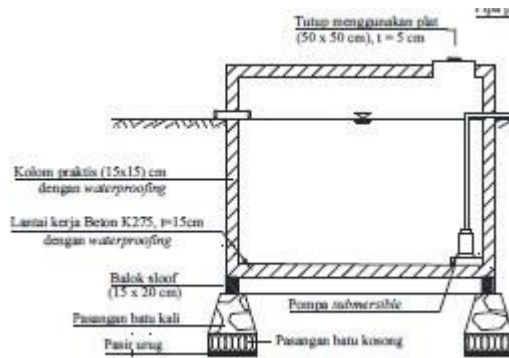
Menentukan dimensi:

Dibutuhkan : Lebar & Kedalaman (ditentukan)

$$\text{Panjang} : \frac{\text{volume}}{(\text{Lebar} \times \text{kedalaman})}$$

Maka dimensi yang di tetapkan

Dimensi : Lebar x kedalaman x tinggi
: m³



Gambar 2. 1 Bak Ekualisasi
(Sumber: Hayati,2017)

2.3.2 *Digester anaerobik*

Pada *digester anaerobik* terjadi proses fermentasi limbah cair, dihasilkan gas metana yang bila bercampur dengan karbondioksida akan menghasilkan biogas (Hidayati, 2017).

Digester Anaerobik dengan tipe kubah tetap (*fixed dome*) yang dibangun menggunakan bahan dari baja yang kedap dari udara. Tipe ini dikembangkan di Cina sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe Cina (Kaswinarni, 2007). Pada bagian atas atau disebut kubah tetap (*fixed dome*), gas terkumpul di bagian tersebut dan di bagian bawah terdapat digester sebagai tempat pencernaan limbah cair.

Pada kriteria perencanaan, menentukan volume didasarkan pada beban TSS yang dihilangkan. Perhitungan volume pada *digester* sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2003):

$$V_{\text{reaktor}} = Q_{\text{limbah}} \times t_d$$

Dengan:

$$Q_{\text{limbah}} = \text{debit limbah harian (m}^3/\text{hari)}$$

$$t_d = \text{waktu tinggal (hari)}$$

dengan temperatur dan waktu tinggal (t_d) yang digunakan pada desain sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Temperatur dan Waktu Tinggal Digester Anaerobik

| Operating Temperatur, °C | SRT (minimum) | SRTdes |
|--------------------------|---------------|--------|
| 18 | 11 | 28 |
| 24 | 8 | 20 |
| 30 | 6 | 14 |
| 35 | 4 | 10 |
| 40 | 4 | 10 |

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Dalam prakteknya, bagaimanapun nilai SRT (*Solid Retention Time*) berkisar antara 10 – 20 hari. Untuk menentukan debit limbah harian, sebagai berikut:

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{TSS \times Q}{\rho_w \times S_d \times P_s}$$

Dengan:

Q = debit limbah yang masuk di *digester anaerobik* (m³/hari)

ρ_w = rapat massa air (=1000 kg/m³)

S_d = *specific gravity*

P_s = persen padatan dalam bentuk *decimal*

TSS = efisiensi *digester* dengan beban TSS yang masuk (kg/m³)

= efisiensi *digester* x TSS_{masuk}

Volume ruang gas yang berbentuk kubah diperhitungkan sebesar 20% dari volume total *digester* (Sari dkk, 2012), sehingga:

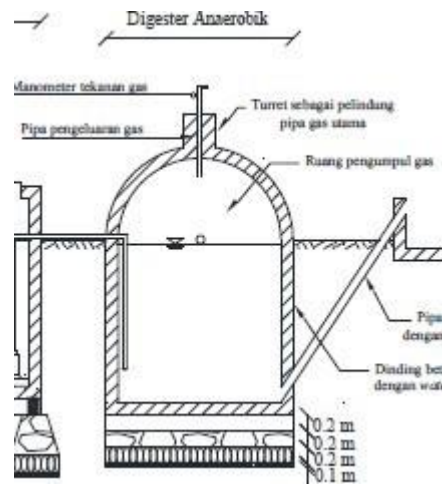
$$\text{Volume Kubah} = \frac{V_{\text{reaktor}}}{4}$$

Maka, dapat dihitung volume keseluruhan sebagai berikut:

Volume total = Volume reaktor + Volume kubah

Dimensi pada *digester anaerobic*:

Diameter, tinggi silinder, tinggi kubah di tentukan



Gambar 2. 2 Digester Anaerobik
(Sumber: Hayati, 2017)

2.3.3 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal berfungsi untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang tidak dapat terurai pada digester anaerobik dengan cara mengendapkan kotoran padat berupa lumpur di dasar bak pengendapan (Hidayati, 2017). Untuk menentukan dimensi bak pengendapan awal, ditentukan dahulu volume yang diperlukan dengan rumus:

$$V_{\text{diperlukan}} = Q \times t_d$$

Dengan:

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

$$Q_{\text{limbah}} = \text{debit limbah (m}^3\text{/jam)}$$

$$t_d = \text{waktu tinggal (jam), dengan waktu tinggal (td) selama 1 – 2 jam.}$$

Menentukan dimensi:

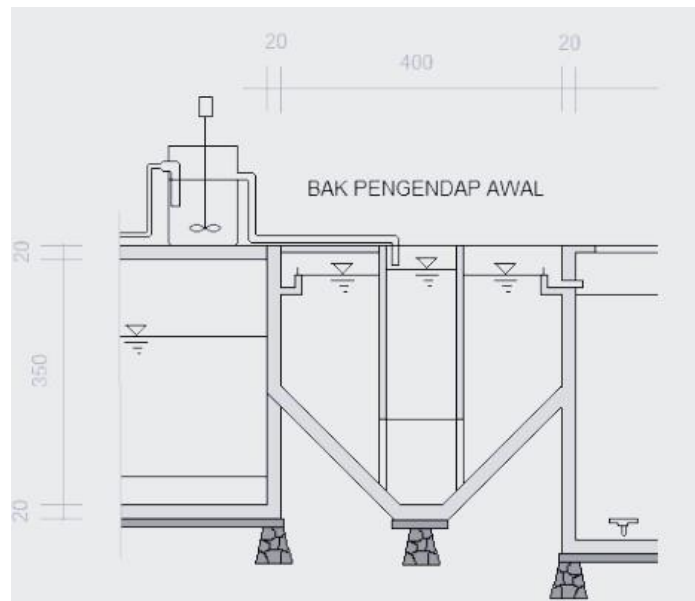
Dibutuhkan : Lebar & Kedalaman (ditentukan)

Panjang : volume/(Lebar x kedalaman)

Maka dimensi yang di tetapkan

Dimensi : Lebar x kedalaman x tinggi

: m³



Gambar 2. 3 Bak Pengendapan Akhir
(Sumber: Badan pengkajian dan penerapan teknologi, 2016)

2.3.4 Biofilter *Anaerobic*

Biofilter anaerobik memiliki kelebihan mampu mengolah air limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan tahan terhadap perubahan konsentrasi serta debit aliran secara mendadak. Proses *anaerobik* akan mengonversikan senyawa organik kompleks menjadi biogas (CH_4 dan CO_2). Kelebihan lainnya yaitu pada proses anaerobik dihasilkan lumpur biologis jauh lebih sedikit dibandingkan dengan proses aerobik. Kelemahan proses ini kadang menimbulkan bau akibat produksi gas hidrogen sulfida (H_2S) ataupun asam – asam organik.

Berikut merupakan tabel klasifikasi untuk berbagai macam filter (Metcalf & Eddy, 2003:893):

Tabel 2. 6 Klasifikasi Untuk Penggunaan Berdasarkan Filter

| <i>Design haracteristic</i> | <i>Low or standard rate</i> | <i>Intermediate rate</i> | <i>High rate</i> | <i>High rate</i> | <i>Roughing</i> |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|------------------|---------------------|
| <i>Type of packing</i> | <i>rock</i> | <i>rock</i> | <i>rock</i> | <i>plastic</i> | <i>rock/plastic</i> |

| <i>Design characteristic</i> | <i>Low or standard rate</i> | <i>Intermediate rate</i> | <i>High rate</i> | <i>High rate</i> | <i>Roughing</i> |
|--|-----------------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Hidraulic loading m³/m².d</i> | 1-4 | 4-10 | 10-40 | 10-75 | 40-200 |
| <i>Organic loading kg BOD/m².d</i> | 0,07-0,22 | 0,24-0,48 | 0,4-2,4 | 0,6-3,2b | >1,5 |
| <i>Recirculation ratio</i> | 0 | 0-1 | 1-2 | 1-2 | 0-2 |
| <i>Filter flies</i> | many | varies | few | few | Few |
| <i>Sloughing</i> | intermittent | intermittent | continous | continous | continous |
| <i>Depth, m</i> | 1,8-2,4 | 1,8-2,5 | 1,8-2,6 | 3,0-12,2 | 0,9-6 |
| <i>BOD removal efficiency, %</i> | 80-90 | 50-80 | 50-90 | 60-90 | 40-70 |
| <i>Effluent quality</i> | well nitrified | some nitrification | no nitrification | no nitrification | no nitrification |
| <i>Power, kW/103.m²</i> | 2-4 | 2-8 | 6-10 | 6-10 | 10-20 |

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Sehingga volume media biofilter yang diperlukan dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{\text{media biofilter}} = \frac{\text{Beban BOD (kg/hari)}}{\text{Standar Beban BOD (kg/m}^3\cdot\text{hari)}}$$

Untuk beban BOD didalam air limbah didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{BOD} = Q \times \text{Kadar BOD}_{\text{masuk}}$$

Dengan:

BOD = beban BOD didalam air limbah (kg/hari)

Q = debit limbah (m³ /hari)

BOD masuk = kadar BOD dalam limbah cair yang masuk ke reaktor (g/m³)

Penentuan volume media biofilter adalah 60% dari jumlah total volume reaktor (Kementerian Kesehatan, 2011), maka volume reaktor yang diperlukan dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{\text{reaktor diperlukan}} = \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}}$$

Waktu tinggal dan efisiensi penyisihan beban COD dapat ditetapkan berdasarkan temperatur didalam reaktor yang dapat ditentukan pada tabel berikut (Metcalf & Eddy, 2003:1022):

Tabel 2. 7 Klasifikasi Berdasarkan Air Limbah Pada Anaerobik

| Wastewater | Temperature | COD loading kg/m ³ .d | r, h | COD removed, % |
|---------------|-------------|-------------------------------------|-------|-------------------|
| Citric acid | 35 | 42 | 24 | 70 |
| Starch, whey | 35 | 8,2 | 105 | 99 |
| Milk | 36 | 3-5 | 10-12 | 71-85 |
| Molasses | 37 | 12-30 | 3-8 | 50-95 |
| Glucose | 35 | 10 | 12 | 95 |
| Sulfite, pulp | 35 | 3-18 | 3-62 | 60-80 |

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Waktu tinggal (td) yang diperlukan di dalam reaktor didapatkan dari rumus berikut:

$$T_d = \frac{V_{reaktor\ diperlukan}}{Q}$$

Dengan:

td = waktu tinggal (jam)

V = Volume reaktor yang diperlukan (m³)

Q = debit limbah (m³ /jam)

Menentukan dimensi:

Dibutuhkan : Lebar & Kedalaman (ditentukan)

Panjang : volume/(Lebar x kedalaman)

Maka dimensi yang di tetapkan

Dimensi : Lebar x kedalaman x tinggi

: m³

2.3.5 Bak Pengendapan Akhir

Lapisan biofilm yang ada di reaktor biofilter *anaerobic* kemungkinan dapat terlepas dan dapat menyebabkan air olahan menjadi keruh. Untuk mengatasi hal tersebut di dalam sistem biofilter *anaerob*, air limpasan dari reaktor biofilter anaerob dialirkan ke bak pengendap akhir. Bak pengendap akhir berfungsi untuk memisahkan atau

mengendapkan kotoran padatan tersuspensi (TSS) yang ada di dalam air limbah agar air olahan IPAL menjadi jernih.

Pada bak pengendapan akhir direncanakan berbentuk silinder dengan dasar bak berbentuk kerucut agar lumpur dapat terkumpul. Dalam menentukan volume bak pengendapan akhir yang diperlukan, sebagai berikut:

$$V = Q \times t_d$$

Dengan:

Q = debit limbah yang akan masuk (m^3 /jam)

t_d = waktu tinggal (jam)

Waktu tinggal (t_d) dalam bak pengendapan akhir umumnya berkisar 2 - 5 jam (Kementerian Kesehatan, 2011)

Cek waktu tinggal (t_d) rata – rata, sebagai berikut:

$$T_d = \frac{V_{total}}{Q}$$

Dengan:

T_d = waktu tinggal (jam)

V_{total} = Volume total bak pengendapan akhir (m^3)

Q = debit limbah (m^3 /jam)

Beban permukaan rata – rata, dengan rumus:

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

Dengan:

V_0 = beban permukaan rata – rata (m^3 / m^2 .jam)

Q = debit limbah (m^3 /jam)

A = luas permukaan rata – rata (m^2)

Menentukan dimensi:

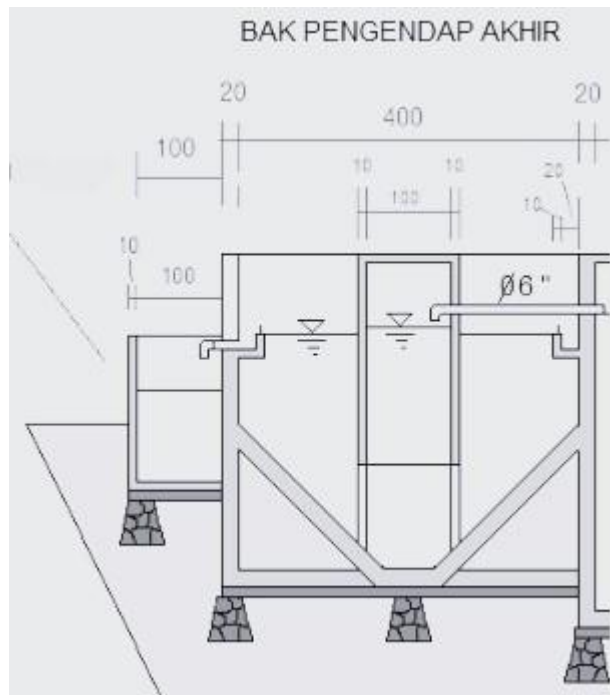
Dibutuhkan : Lebar & Kedalaman (ditentukan)

Panjang : volume/(Lebar x kedalaman)

Maka dimensi yang di tetapkan

Dimensi : Lebar x kedalaman x tinggi

: m^3



Gambar 2. 4 Bak Pengendapan Akhir
(Sumber: Badan pengkajian dan penerapan teknologi, 2016)

2.4 Rencana Anggaran Biaya

Perencanaan anggaran biaya adalah proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan yang akan terjadi pada suatu konstruksi. Metode perencanaan anggaran biaya yang digunakan menggunakan metode SNI, dan analisa Harga Satuan Pekerjaan Tahun 2022 yang telah diterbitkan oleh Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.

Sebelum menghitung harga sebuah pekerjaan, yang harus ditentukan sebelumnya adalah volume kebutuhan pada pekerjaan tersebut. Hal – hal yang perlu dihitung meliputi kebutuhan bahan, pekerja, serta peralatan. Setelah menentukan volume tiap pekerjaan, selanjutnya dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Berikut adalah contoh tabel satuan pekerjaan

Tabel 2. 8 Contoh analisa pekerjaan penggalian 1m²

| No | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga (Rp) |
|----|--------------|------|--------|-----------|--------------|-------------------|
| A | TENAGA KERJA | | | | | |

| No | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan | Jumlah Harga (Rp) |
|----------------------------------|------------------------------|---------|--------|-----------|--------------|-------------------|
| 1 | Pekerja | L.01 | OH | 0,75 | 115.000,00 | 86.250,00 |
| 2 | Mandor | L.14 | OH | 0,025 | 140.000,00 | 3.500,00 |
| JUMLAH HARGA TENAGA KERJA | | | | | | 89.750,00 |
| B | BAHAN | | | | | |
| JUMLAH HARGA BAHAN | | | | | | 0 |
| C | PERALATAN | | | | | |
| JUMLAH HARGA ALAT | | | | | | 0 |
| D | Jumlah (A+B+C) | | | | | 89.750,00 |
| E | Overhead & Profit | 10% x D | | | | 8.975,00 |
| F | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | 98.725,00 |

Sumber: Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah, 2022

2.5 Penelitian IPAL Industri Tahu Terdahulu

Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu

| No | Judul>Nama Dan/Tahun Penelitian | Sumber | Metode Analisa | Tujuan | Kesimpulan |
|----|--|---|---|--|--|
| 1 | Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Plastik Bioball dengan proses biofilter <i>anaerob</i> Khusnul amri dan Putu wesen (2018) | Eprints.upnjatim.ac.id http://eprints.upnjatim.ac.id/7211/1/1._Amri_dan_Putu_wesen.pdf | Penelitian ini menggunakan proses biofilm, dengan menggunakan parameter BOD dan COD | a. Mengetahui Penurunan COD pada biofiter anaerob bermedis plastik (<i>bioball</i>) b. Mengetahui Penurunan BOD pada biofiter anaerob bermedis plastik (<i>bioball</i>) c. Mengetahui kondisi penurunan kandungan organik paling efektif d. Biofilter anaerob bermedia plastik (Bioball) efektif dalam menurunkan kandungan air limbah domestik | Mampu menurunkan kandungan organik air limbah domestik |
| 2 | Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan | Ar-raniry.ac.id | Penelitian ini menggunakan proses | a. Mengetahui kondisi eksisting industri tahu bunga indah di desa batoh, Banda aceh terkait dengan limbah cair? | Pengolahan limbah cair tahu dengan 9 hari massa air limbah dalam reaktor |

| No | Judul>Nama Dan/Tahun Penelitian | Sumber | Metode Analisa | Tujuan | Kesimpulan |
|----|---|---|---|---|---|
| | Menggunakan <i>Biofilter</i> Aulya Anwar (2020) | https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/14783/1/Aulya%20Anwar%2C%20150702038%2C%20FST%2C%20TL%2C%20082249126475.pdf | biofilter, dengan menggunakan parameter BOD, COD, TSS, dan pH | b. Mengetahui kemampuan pengolahan biofilter dalam menurunkan kadar pencemar ditinjau dari peraturan menteri lingkungan hidup No. 5 tahun 2014 tentang standar baku mutu air limbah bagi industri tahu. | <i>biofilter</i> setelah pengolahan sebesar: BOD 725,43 mg/L, COD 1.648,32 mg/L |
| 3 | Perencanaan IPAL Industri Tempe dengan Digester <i>anaerobik</i> dan <i>biofilter Anaerobik – Aerobik</i> | Perpustakaan.ft.unram.ac.id https://www.google.com/search?q=Perencanaan+IPAL+Industri+Temp | Penelitian ini menggunakan parameter BOD, COD, TSS dan pH | a. Mengetahui besar debit yang dihasilkan industri tempe di Dusun Batu Tambun Desa Aikmual Kecamatan Praya Lombok Tengah b. Menghasilkan desain IPAL untuk industri tempe di Dusun Batu Tambun | Debit limbah cair yaitu debit harian maksimum 55,32 m ³ /hari untuk perencanaan bak ekualisasi dan debit rata – rata sebesar 31,61 m ³ /hari untuk perencanaan bak yang lain. |

| No | Judul>Nama Dan/Tahun Penelitian | Sumber | Metode Analisa | Tujuan | Kesimpulan |
|----|---------------------------------|--|----------------|---|------------|
| | Dheniq Chintia Rani (2019) | e+dengan+Digester+anaerobik+dan+biofilter+Anaerobik+%E2%80%93+Aerobik&oq=P+rencanaan+IPAL+Industri+Tempe+dengan+Digeste+anaerobik+dan+biofilter+Anaerobik+%E2%80%93+Aerobik&aqs=chrome..69i57.1003j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8# | | Desa Aikmual Kecamatan Praya Lombok Tengah c. Menghasilkan desain jaringan perpipaan untuk mengalirkan limbah tempe menuju IPAL di Dusun Batu Tambun Desa Aikmual Kecamatan Praya Lombok Tengah d. Mengetahui berapa rencana anggaran biaya (RAB) untuk IPAL dan jaringan perpipaan pada industri tempe di Dusun Batu Tambun Desa Aikmual | |

| No | Judul>Nama Dan/Tahun Penelitian | Sumber | Metode Analisa | Tujuan | Kesimpulan |
|----|---|---|---|--|---|
| 4 | Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah(IPAL) Industri Tahu Di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur Marhadi(2016) | media.neliti.com https://www.neliti.com/publications/225523/perencanaan-instalasi-pengolahan-air-limbah-ipal-industri-tahu-di-kecamatan-dend | Penelitian ini menggunakan parameter BOD dan COD | a. Mengetahui 1 lokasi pabrik tahu di dendang kabupaten Tanjung Jabung Timur b. Mengetahui sistem pengolahan menggunakan sistem biofilter anaerob – aerob c. Debit air limbah dihitung berdasarkan buangan air sisa dari proses produksi | Efisiensi penurunan parameter dari cair perencanaan instalasi limbah di turunkan menjadi BOD 581 mg/L |
| 5 | Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu “ 3 SAUDARA” Malang Dengan Kombinasi | Adoc.pub https://adoc.pub/studi-perencanaan-instalasi-pengolahan-air-limbah-ipal-pabrik-tahu-3-saudara-malang-dengan-kombinasi | Penelitian ini menggunakan parameter BOD, COD, TSS dan pH | a. Mengetahui besar debit cair tahu 3 saudara b. Mengetahui baku mutu air untuk BOD, TSS dan pH | Perkiraan mampu memenuhi baku mutu air limbah untuk BOD,COD,TSS,pH berturut – turut yaitu 51,59;296,4;1,22 mg/hari dan pH 7,50. |

| No | Judul>Nama Dan/Tahun Penelitian | Sumber | Metode Analisa | Tujuan | Kesimpulan |
|----|--|------------------------|----------------|--------|------------|
| | Bio Filter <i>Anaerobik - aerobik</i> Masfufahtut Thohuroh, Donny Harisuseno, Rini Wahyu Sayekti (2016) | limbah-ipal-pabri.html | | | |

(Sumber: Peneliti, 2022)

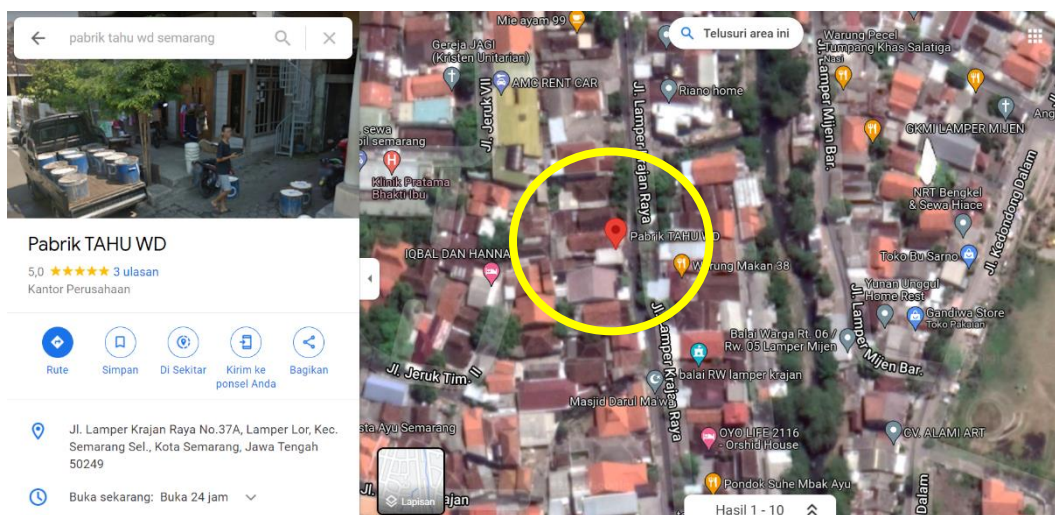
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

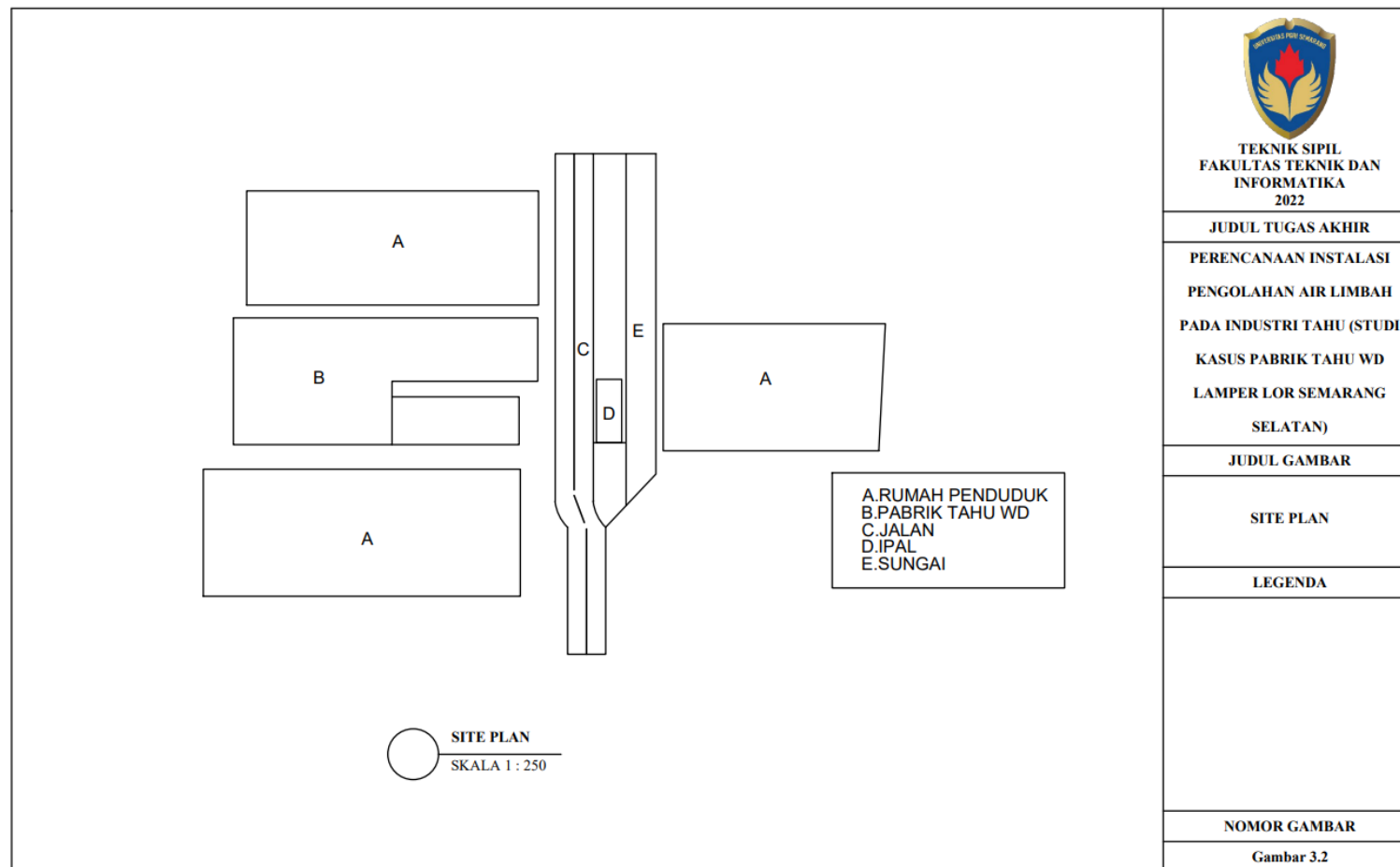
Metode merupakan cara yang digunakan sebagai alat bantu agar tercapainya tujuan penelitian. Sebagaimana diungkapkan oleh Sugiyono (2012) bahwa: “Metode adalah suatu cara bekerja untuk dapat memahami objek yang diteliti”. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif. Sementara metode kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang banyak menggunakan angka – angka, mulai dari mengumpulkan data, penafsiran terhadap data yang diperoleh, serta pemaparan hasilnya (Arikunto, 2006).

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Pabrik Tahu WD Lamper Lor, Semarang Selatan, Kota Semarang. Pada lokasi tersebut, dilakukan penelitian tentang kuantitas dan kualitas dari limbah tahu yang dibuang setiap harinya.



Gambar 3. 1 Lokasi Pabrik Tahu WD
(Sumber: Google Maps, 2021)



Gambar 3. 2 *Site Plan*
(Sumber: Peneliti, 2022)

3.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian perencanaan dimana akan dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk mengolah limbah cair industri tahu. Parameter yang diuji sebelum dan sesudah eksperimen adalah BOD, COD, TSS, serta pH untuk memperoleh data – data mengenai karakteristik limbah cair industri tahu.

3.4 Populasi dan Sampel

3.4.1 Populasi

Menurut Sugiyono (2015) menyatakan bahwa populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi dalam ini adalah jumlah air limbah perhari, yaitu sebesar 1.352,4 liter.

3.4.2 Sampel

Menurut Sugiyono (2015) menyatakan bahwa sampel merupakan Sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Sampel dalam penelitian ini adalah 5 liter air limbah pengolahan tahu. Diuji untuk menentukan kandungan BOD, COD, dan TSS.

3.5 Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2015) menyatakan bahwa variabel penelitian merupakan segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.5.1 Variabel bebas (*independent*)

Variabel ini mempunyai pengaruh/menjadi penyebab terjadinya perubahan pada variabel lain. Sehingga dapat dikatakan bahwa perubahan yang terjadi pada variabel ini diasumsikan akan mengakibatkan terjadinya perubahan variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu waktu tinggal 0,1 jam debit 0,93 liter/menit. Nilai tersebut dipilih berdasarkan penelitian terdahulu oleh Aris Patih (2017), menggunakan variabel waktu tinggal dengan debit 1,7 liter/menit dan 0,4 liter/menit. Pada reaktor filter aerobik, hasil penelitian tersebut menunjukkan debit 0,4 liter/menit merupakan debit yang efektif dalam penurunan BOD dan COD. Sedangkan pada reaktor fitoremediasi menunjukkan debit 1,7 liter/menit merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan BOD dan COD.

3.5.2 Variabel terikat (*dependent*)

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas (Purwanto, 2006). Variabel terikat pada penelitian ini adalah pengujian sampel limbah cair industri tahu menggunakan parameter COD, BOD, TSS, serta pH.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan supaya dapat memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Data pada penelitian ini terdiri dari sebagai berikut :

3.6.1 Data Primer

Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi lapangan (*survey*) di lokasi Pabrik Tahu WD Lamper Lor, Semarang Selatan. *Survey* dilakukan dengan mengumpulkan data – data yang dibutuhkan untuk perencanaan konstruksi IPAL, yaitu meliputi debit air limbah, kondisi pembuangan air limbah dan ketersediaan lahan yang ada. Dengan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik

Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Data Primer

| NO | DATA | SUMBER DATA |
|-----------|-------------------------------|--|
| 1 | Kapasitas produksi per hari | Pengelola Pabrik |
| 2 | Kualitas air limbah | Lab Kesehatan dan PAK Provinsi Jateng |
| 3 | Kondisi pembuangan air limbah | Pengelola Pabrik |
| 4 | Ketersediaan lahan | Pengelola Pabrik |

(Sumber: Peneliti, 2022)

3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dalam bentuk sudah jadi, atau telah dikumpulkan serta diolah oleh pihak lain. Pada penelitian ini, data sekunder yang diperlukan diantaranya adalah peta lokasi tinjauan penelitian.

Tabel 3. 2 Kebutuhan Data Sekunder

| NO | DATA | SUMBER DATA |
|-----------|--|--|
| 1 | Jumlah Pabrik Tahu di kecamatan Lamper Lor | Dinas Koperasi, Usaha Mikro, Perindustrian dan Perdagangan Kota Semarang |
| 2 | Dampak lingkungan | Dinas Lingkungan Hidup |

(Sumber: Peneliti, 2022)

3.7 Teknik Analisa Data

Dalam Teknik pengolahan data ini dengan cara menguraikan metode – metode analisa yang akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian.

3.7.1 Analisa Kualitas dan Kuantitas Limbah

Penentuan kualitas dari air limbah pengolahan tahu menggunakan parameter BOD, COD, TSS, serta pH. Baku mutu air limbah bagi usaha dan kegiatan pengolahan kedelai dapat dilihat dari Tabel 2.1. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling*. *Grab sampling* adalah pengambilan sampel terlebih dahulu, kemudian dilakukan analisa di laboratorium. Wadah penyimpanan untuk sampel menggunakan derigen yang terbuat dari plastik.

- a. Pemeriksaan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅) mengacu pada aturan SNI 6989.72:2009 yaitu sebagai berikut

Alat:

- 1) Botol DO
- 2) Lemari inkubasi atau *water cooler*, suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, gelap
- 3) Botol dari gelas 5 L – 10 L
- 4) Pipet volumetrik 1,0 mL dan 10,0 mL;
- 5) Labu ukur 100,0 mL; 200,0 mL dan 1000,0 mL;
- 6) pH meter
- 7) DO meter yang terkalibrasi
- 8) *Shaker*
- 9) Blender
- 10) Oven; dan
- 11) Timbangan analitik.

CATATAN Apabila tidak tersedia lemari inkubasi atau *water cooler*, dapat digunakan ruang dengan kondisi suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, gelap.

Prosedur:

- 1) Persiapan
 - a) Pengambilan contoh uji

Contoh uji diambil berdasarkan SNI 06-6989.59-2008

- b) Penyimpanan contoh

Dikarenakan menggunakan metode *grab samples*, suhu penyimpanan contoh sesaat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 3 Suhu Penyimpanan Contoh

| Lama penyimpanan contoh | Suhu penyimpanan |
|--------------------------------|---|
| < 2 jam | Tidak perlu disimpan di lemari pendingin |
| 2 – 6 jam | $\leq 4^{\circ}\text{C}$ |
| 6 – 24 jam | $\leq 4^{\circ}\text{C}$ dan catat lama waktu penyimpanan |
| >24 jam | Contoh tidak mewakili uji BOD |

Sumber: SNI 6989.72:2009

2) Persiapan Pengujian

Pengaturan pH

- Kondisikan contoh uji pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Lakukan pengukuran pH contoh, jika nilainya tidak dalam kisaran 6,0 – 8,0 atur pH kisaran tersebut dengan penambahan larutan H_2SO_4 atau NaOH .
- Penambahan asam atau basa tidak boleh mengakibatkan pengenceran lebih dari 0,5%.

Larutan glukosa-asam glutamat

- Kondisikan larutan glukosa-asam glutamat pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
- Masukkan 20 mL larutan glukosa-asam glutamat ke dalam labu ukur 1 L
- Encerkan dengan larutan air pengencer hingga 1 L
- Aduk sampai homogen.

Larutan contoh uji

- Kondisikan contoh uji pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

- b) Dalam labu ukur, lakukan pengenceran contoh uji dengan larutan pengencer hingga 1 L. jumlah pengenceran sangat tergantung pada karakteristik contoh uji, dan dipilih pengenceran yang diperkirakan dapat menghasilkan penurunan oksigen terlarut minimal 2,0 mg/L dan sisa oksigen terlarut minimal 1,0 mg/L setelah inkubasi 5 hari.
- c) Pengenceran contoh uji dapat dilakukan berdasarkan faktor pengenceran seperti dalam tabel berikut

Tabel 3. 4 Jumlah contoh uji

| Jenis contoh uji | Jumlah contoh uji (%) | Faktor pengenceran |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Limbah industri yang sangat pekat | 0,01 – 1,0 | 10000 – 100 |
| Limbah yang diendapkan | 1,0 – 5,0 | 100 – 20 |
| Efluen dari proses biologi | 5,0 – 25 | 20 – 4 |
| Air sungai | 25 – 100 | 4 – 1 |

Sumber: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Biochemical Oxygen Demand (5210)*

3) Pengujian

- a) Siapkan 2 buah botol DO, tandai masing-masing botol dengan notasi A1 dan A2.
- b) Masukkan larutan contoh uji ke dalam masing-masing botol DO A1 dan A2 sampai meluap, kemudian tutup masing-masing botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara.

- c) Lakukan pengocokan beberapa kali, kemudian tambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup.
- d) Simpan botol A2 dalam lemari incubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari.
- e) Lakukan pengukuran oksigen terlarut dalam botol A1 dengan alat DO meter yang terkalibrasi sesuai dengan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005: Membrane electrode method (4500-O G)* atau dengan metode titrasi secara iodometri (modifikasi Azida) sesuai dengan SNI 06-6989.14-2004. Hasil pengukuran, merupakan oksigen terlarut nol hari (A1). Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran.
- f) Ulangi pengerjaan tersebut untuk botol A2 yang telah diinkubasi 5 hari \pm 6 jam. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (A2).
- g) Lakukan pengerjaan dari awal untuk penetiapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan hasil oksigen terlarut nol hari (B1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B2).
- h) Lakukan pengerjaan dari awal untuk penetapan control standar dengan menggunakan larutan glukosa-asam glutamat. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (C1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C2).
- i) Lakukan kembali pengerjaan dari awal terhadap beberapa macam pengenceran contoh uji.

b. Pemeriksaan *Chemical Oxygen Demand* (COD) mengacu pada aturan SNI 6989.73.2019 yaitu sebagai berikut:

Bahan:

- 1) Air bebas organik
- 2) Larutan pereaksi asam sulfat
- 3) Larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,01667 M
- 4) Larutan indikator ferroin
- 5) Larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05 M
- 6) Asam sulfamate (NH_2SO_3H)
- 7) Larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($HOOC_6H_4COOK$, KHP)

Peralatan:

- 1) Digestion vessel
- 2) Pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung (heating block)
- 3) Mikroburet
- 4) Labu ukur 100,0 mL dan 1000,0 mL
- 5) Pipet volumetric 5,0 mL; 10 mL; dan 25 mL
- 6) Erlenmeyer
- 7) Gelas piala
- 8) Magnetic stirrer
- 9) Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg.

Persiapan contoh uji

- 1) Homogenkan contoh uji
- 2) Cuci digestion vessel dan tutupnya dengan H_2SO_4 20% sebelum digunakan

Pengawetan contoh uji:

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan dengan menambahkan H_2SO_4 pekat sampai pH lebih kecil dari 2 dan disimpan dalam pendingin pada temperature $4^\circ C \pm 2^\circ C$ dengan waktu simpan maksimum yang direkomendasikan 7 hari.

Persiapan pengujian:

Lakukan standarisasi larutan baku FAS dengan larutan baku kalium dikromat setiap melakukan pengujian dengan cara sebagai berikut:

Pipet 5,0 mL digestion solution ke dalam erlenmeyer, tambahkan air bebas organik sejumlah contoh uji dan dinginkan pada suhu ruang. Tambahkan 1 tetes - 2 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan larutan titrasi FAS. Hitung kembali molaritas larutan.

Prosedur:

- 1) Pipet volume contoh uji dan tambahkan digestion solution dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung atau ampul
 - 2) Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen
 - 3) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150 °C, lakukan digestion selama 2 jam
 - 4) Dinginkan perlahan-lahan contoh uji yang sudah direfluks sampai suhu ruang. Saat pendinginan sesekali tutup contoh uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;
 - 5) Pindahkan secara kuantitatif contoh uji dari tube atau ampul ke dalam Erlenmeyer untuk titrasi;
 - 6) Tambahkan indikator ferroin 0,05 mL - 0,1 mL atau 1 - 2 tetes dan aduk dengan pengaduk magnetik sambil dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi coklat-kemerahan, catat volume larutan FAS yang digunakan;
 - 7) lakukan langkah 1) sampai dengan 2) terhadap air bebas organik sebagai blanko. Catat volume larutan FAS yang digunakan.
- c. Pemeriksaan kadar Total Padatan Tersuspensi (TSS) mengacu pada aturan SNI 06.6989.3.2004 yaitu sebagai berikut:

Alat:

- 1) Desikator yang berisi silika gel
- 2) Oven
- 3) Timbangan analitik
- 4) Pengaduk magnetic
- 5) Pipet volume
- 6) Gelas ukur
- 7) Cawan alumunium
- 8) Cawan porselen/cawan Gooch
- 9) Penjepit
- 10) Kaca arloji
- 11) Pompa vacum

Bahan:

- 1) Kertas saring (*glass-fiber filter*)
- 2) Air suling

Prosedur:

- 1) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- 2) Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- 3) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik.
- 4) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- 5) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang alumunium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.

- 6) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu timbang.
- 7) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau samapai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

d. Pemeriksaan pH mengacu pada aturan SNI 6989.11-2019 yaitu sebagai berikut:

Peralatan:

- 1) pH meter dengan perlengkapannya
- 2) Pengaduk gelas atau magnetik
- 3) Gelas piala 250 ml
- 4) Labu ukur 1.000 ml
- 5) Labu semprot
- 6) Timbangan analitik dengan keterbacaan 0,1 mg.

Persiapan Pengujian:

Lakukan kalibrasi internal pH-meter dengan minimal 2 larutan penyangga disesuaikan dengan rentang pengukuran setiap kali akan melakukan pengukuran.

Prosedur:

- 1) Bilas elektroda dengan air bebas mineral, selanjutnya keringkan dengan kertas tisu halus.
- 2) Celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil.
- 3) Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.
- 4) Catat suhu pada saat pengukuran pH dan laporkan hasil sesuai Lampiran A.

- 5) Bilas kembali elektroda dengan air bebas mineral setelah pengukuran.

3.7.2 Analisa Perencanaan Konstruksi Instalasi Pengolahan Air Limbah Menjadi Biogas

a. Perencanaan IPAL

Perencanaan yang akan dilakukan meliputi dimensi dan gambar tiap tahapan atau proses. Proses – proses yang dimaksud meliputi:

- 1) Bak ekualisasi. Data debit yang digunakan yaitu debit harian maksimum untuk menghindari shock loading. Perhitungan bak ekualisasi meliputi perhitungan *influent*, dimensi (panjang x lebar x tinggi), spesifikasi pompa, *effluent*.
- 2) Digester anaerobik. Meliputi: *influent*, perhitungan dimensi (kadar TSS, debit harian, volume dalam reaktor, volume ruang gas, Panjang x lebar x tinggi), *effluent*.
- 3) Bak pengendapan awal. Perhitungan bak pengendapan awal meliputi: *influent*, dimensi (waktu tinggal, volume dalam reaktor, Panjang x lebar x kedalaman), pengecekan waktu tinggal) dan *effluent*.
- 4) Biofilter anaerobik, meliputi: *influent*, dimensi (beban BOD dan COD dalam limbah cair, waktu tinggal, Panjang x lebar x kedalaman), dan *effluent*.
- 5) Bak pengendapan akhir. Meliputi *influent*, dimensi (waktu tinggal, volume, Panjang x lebar x kedalaman, cek waktu tinggal rata-rata, beban permukaan rata-rata), spesifikasi pompa, dan *effluent*.

3.7.3 Analisa Biaya Yang Diperlukan Untuk Pelaksanaan Konstruksi Instalasi Pengolahan Air Limbah

Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya menggunakan metode SNI Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tahun 2022 yang telah

diterbitkan oleh Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah.

Perhitungan BoQ (*Bill of Quantity*) pada masing-masing bagian IPAL diantaranya adalah volume galian tanah, volume urugan pasir, volume lantai kerja, volume baja, jumlah pipa dan aksesoris pipa, volume tanah urugan kembali, serta volume tanah yang diangkut ke luar proyek.

Sedangkan pada BoQ Sistem Penyaluran Air Limbah meliputi penggalian tanah biasa, pengangkutan tanah, pemasangan pipa, pengurugan pasir dipadatkan, pengurugan kembali.

Setelah diperoleh perhitungan kuantitas, maka dapat dilakukan perhitungan anggaran biaya yang mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Semarang Tahun 2022 pada tiap pekerjaan.

Analisa Rancangan Anggaran Biaya yang diperlukan dalam konstruksi instalasi pengolahan air limbah diantaranya adalah:

- a. BOQ dan RAB Bak Ekualisasi
- b. BOQ dan RAB Digester Anaerobik
- c. BOQ dan RAB Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik dan Bak Pengendapan Akhir

3.8 Hipotesis Penelitian

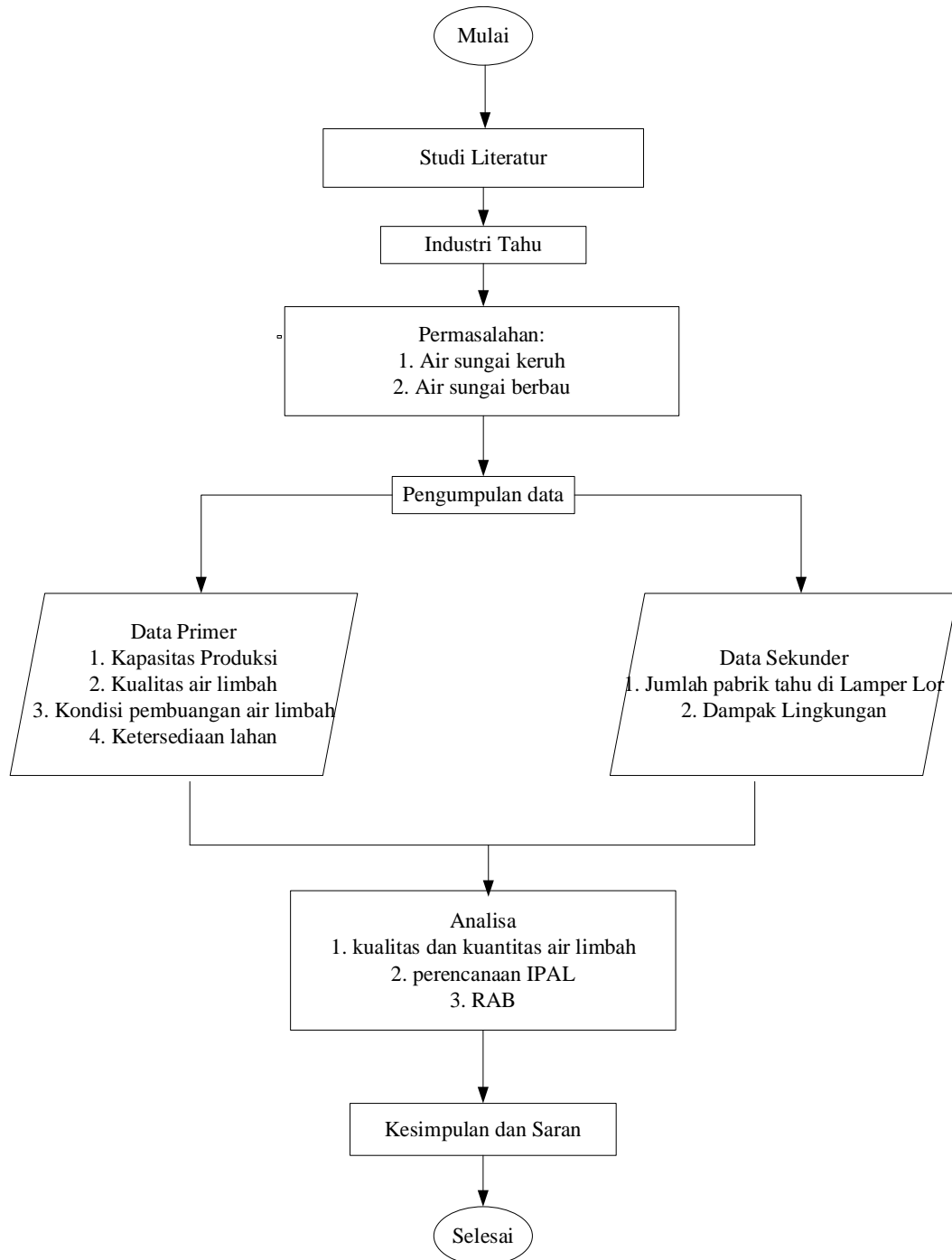
Hipotesis yang peneliti rumuskan adalah sebagai berikut:

Hipotesis 1 = perencanaan IPAL yang dirancang memiliki pengaruh yang baik dari segi kualitas pada limbah cair industri tahu.

Hipotesis 2 = perencanaan IPAL yang dirancang dapat digunakan pada industri non – tahu (misalnya: industri batik, industri kertas, dan lain – lain).

3.9 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah proses penelitian yang dilakukan dengan langkah pengerjaan secara garis besar dijelaskan seperti pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian
(Sumber: Peneliti, 2022)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah

4.1.1 Kualitas Air Limbah

Pengujian kualitas air limbah dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan dan PAK Provinsi Jawa Tengah. Air limbah yang diambil sebanyak 5 liter. Sampel diambil pada pukul 11.30 WIB yang selanjutnya diujikan ke Laboratorium tersebut hari itu juga. Berdasarkan Tabel 2.1 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Kegiatan Pengolahan Kedelai menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (2014), nilai-nilai tersebut digunakan nilai rata-ratanya sebagai referensi dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) pada Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan. Berikut kualitas limbah cair pada pabrik tahu tersebut:

Tabel 4. 1 Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu WD Lamper Lor

| No | Parameter | Hasil | Baku Mutu | Satuan | Metode |
|-----------|------------------|--------------|------------------|---------------|--------------------|
| 1 | TSS | 98 | 100 | mg/L | SNI 06.6989.3.2004 |
| 2 | pH* | 4,34 | 6 – 9 | - | SNI 6989.11-2019 |
| 3 | BOD | 144 | 150 | mg/L | SNI 6989.72-2009 |
| 4 | COD | 380 | 275 | mg/L | SNI 6989.73.2019 |

(Sumber: Balai Lab Kes dan PAK Provinsi Jawa Tengah, 2022)

Setelah dilakukan uji laboratorium pada air limbah pengolahan tahu Pabrik Tahu WD di Balai Lab Kesehatan dan PAK Provinsi Jawa Tengah dengan parameter BOD, COD, TSS, dan pH dapat diketahui bahwa parameter BOD dan TSS memenuhi baku mutu. Pada parameter COD tidak memenuhi baku mutu, karena menunjukkan hasil 380 mg/L

sedangkan baku mutu yang ditetapkan adalah 275 mg/L. Parameter pH tidak memenuhi karena hasil pengujian sebesar 4,34 sedangkan baku mutu yang ditetapkan antara 6 – 9.

Dengan adanya hasil laboratorium pada parameter COD dan pH yang tidak memenuhi baku mutu, maka dengan ini peneliti melakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah supaya air limbah dari pabrik tahu tersebut memenuhi baku mutu dan menghasilkan air bersih yang layak untuk dimanfaatkan kembali.

4.1.2 Kuantitas Air Limbah

Pengukuran debit limbah cair pengolahan tahu dilakukan dengan cara menghitung volume kebutuhan air pada tiap-tiap proses pembuatan tahu. Perharinya Pabrik Tahu WD mengolah kedelai seberat 4 – 5 kuintal. Hasil perkiraan debit limbah cair dapat dilihat dari tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Analisa Pengukuran Debit

| No | Proses | Volume Air Limbah (liter) per hari |
|--------------|------------|------------------------------------|
| 1 | Perendaman | 386,4 |
| 2 | Pencucian | 386,4 |
| 3 | Perebusan | 579,6 |
| Total | | 1.352,4 |

(Sumber: Pengelola Pabrik Tahu WD, 2022)

Berikut adalah perhitungan debit rencana air limbah:

a. Debit harian (Q_{ab}) : $1,35 \text{ m}^3/\text{hari}$

b. Debit infiltrasi

Besarnya debit infiltrasi adalah 10 – 20% dari besarnya debit air buangan (Moduto, 2000)

$$\begin{aligned} Q_{inf} &= 10\% \times Q_{ab} \\ &= 10\% \times 1,35 \end{aligned}$$

$$= 0,135 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Debit harian maksimum (Qmd)

Debit harian maksimum adalah debit air limbah pada keadaan pemakaian air maksimum. *Factor peak* (fp) berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU 1996 untuk kategori perkotaan sebesar 1,75 – 2,0 maka, debit harian maksimum (Qmd) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{md} &= fp \times Q_{ab} \\ &= 1,75 \times 1,35 \\ &= 2,367 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

d. Debit puncak

Debit puncak adalah debit air limbah yang dipergunakan dalam menghitung dimensi saluran. Debit puncak merupakan penjumlahan dari debit maksimum dan debit infiltrasi/*inflow*.

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= Q_{md} + Q_{inf} \\ &= 2,367 + 0,135 \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.2 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

4.2.1 Bak Penampung

Seperti namanya, fungsi dari bak penampung adalah sebagai tempat penampungan air limbah sebelum masuk dalam bak ekualisasi. Air limbah tidak langsung dimasukkan ke dalam bak ekualisasi karena tidak efektif jika tiap akan memasukkan air limbah mengakibatkan terjadinya buka-tutup manhole, serta hal tersebut dapat memicu kurang maksimalnya kinerja bak ekualisasi. Dimensi bak penampung dihitung sebagai berikut.

Debit limbah = $2,367 \text{ m}^3/\text{hari}$, dengan 8 jam kerja

$$= \frac{2,367 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{8 \text{ jam}}$$

$$= 0,296 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

$$= 4,93 \text{ L/menit}$$

Perhitungan Dimensi

- Volume bak yang diperlukan:

$$\text{Volume} = 0,296 \text{ m}^3$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman ditetapkan oleh peneliti

$$\text{Lebar} = 1 \text{ m}$$

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

$$\text{Panjang} = \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}}$$

$$= \frac{0,296}{1 \times 1}$$

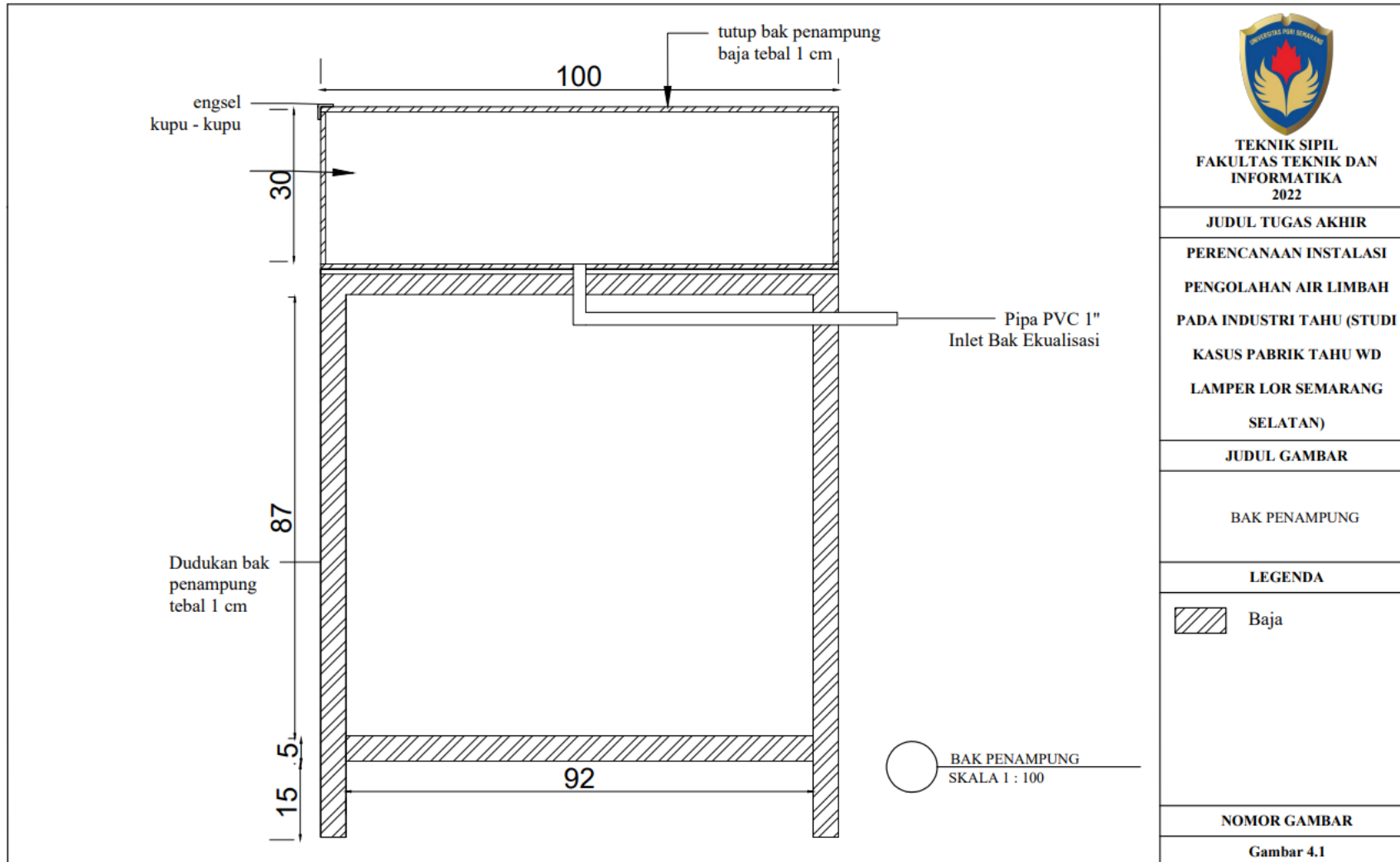
$$= 0,986 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

$$\text{Dimensi} = \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 1 \times 1 \times 0,3$$

$$= 0,3 \text{ m}^3 > 0,296 \text{ m}^3 \text{ (volume yang diperlukan)}$$



Gambar 4. 1 Bak Penampung
(Sumber: Peneliti, 2022)

4.2.2 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk meminimumkan dan mengendalikan fluktuasi aliran limbah cair baik kuantitas maupun kualitas yang berbeda dan menghomogenkan konsentrasi limbah cair (Fathul Mubin, dkk., 2016). Data debit yang digunakan yaitu debit harian maksimum untuk menghindari *shock loading* (beban kejut). Berikut adalah perhitungan bak ekualisasi:

a. Influent

- Debit limbah yang digunakan adalah debit limbah harian maksimum

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 2,367 \text{ m}^3/\text{hari}, \text{ dengan 8 jam kerja} \\ &= \frac{2,367 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\ &= 0,296 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 4,93 \text{ L/menit} \end{aligned}$$

- Berdasarkan sub bab 4.1.1 tentang kualitas air limbah, kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{influent}} &= 144 \text{ mg/L} \\ \text{COD}_{\text{influent}} &= 380 \text{ mg/L} \\ \text{TSS}_{\text{influent}} &= 98 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Dimensi

- Waktu tinggal di dalam bak sebesar:

$$\text{Waktu tinggal (t}_d\text{)} = 4 \text{ jam (Kementerian Kesehatan, 2011)}$$

- Volume bak yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,296 \times 4 \\ &= 1,18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman ditetapkan oleh peneliti

$$\text{Lebar} = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{1,18}{1,5 \times 1} \\ &= 0,788 \text{ m} \sim 0,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\ &= 0,8 \times 1,5 \times 1 \\ &= 1,2 \text{ m}^3 > 1,18 \text{ m}^3 \text{ (volume yang diperlukan)} \end{aligned}$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,1 m, sehingga total kedalaman bak sebesar 1,1 m

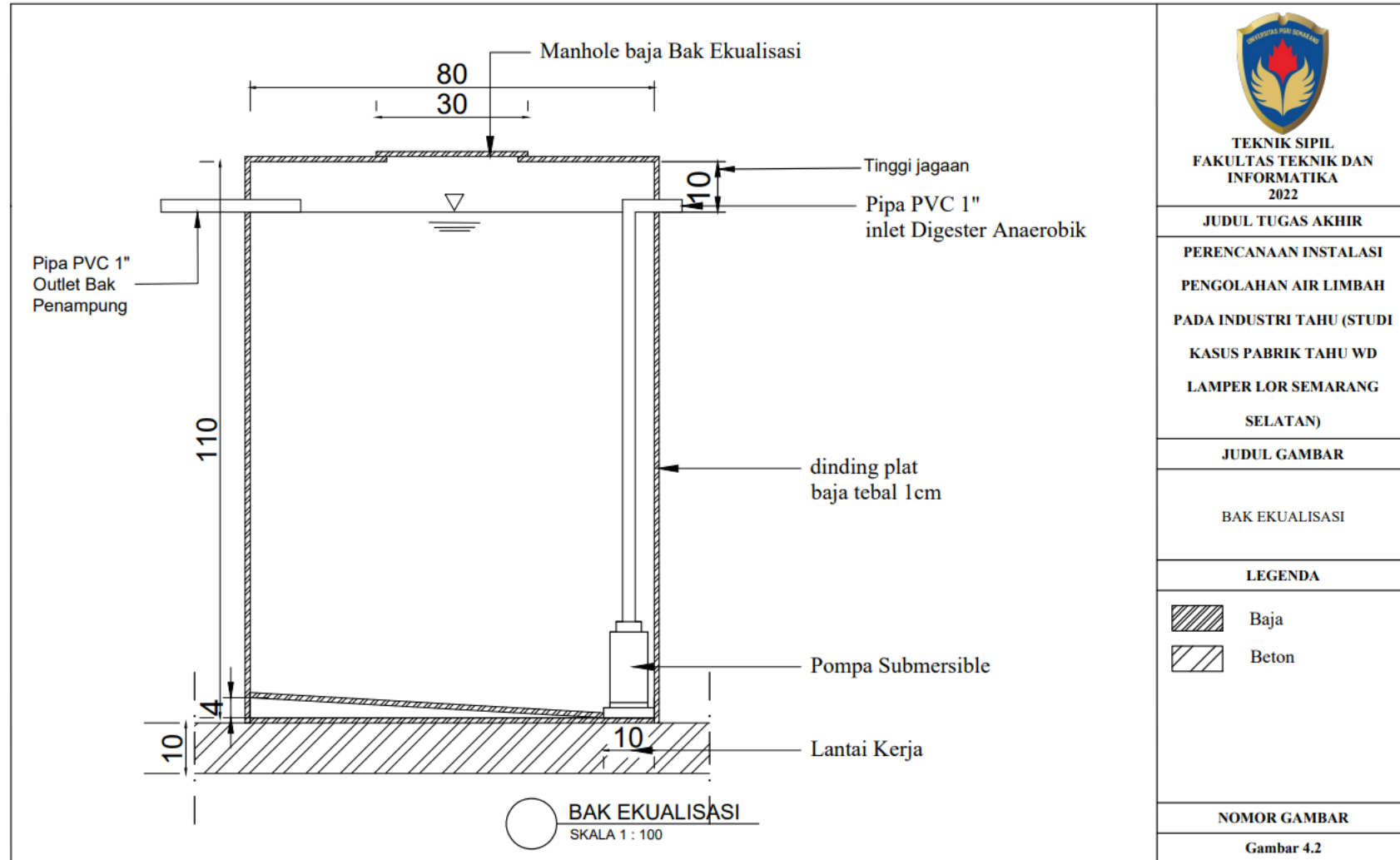
c. Spesifikasi Pompa

Dengan debit limbah cair 4,93 liter/menit, dibutuhkan spesifikasi pompa sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tipe} &= \text{Pompa } \textit{submersible} \\ \text{Kapasitas} &= 10 \text{ ltr/menit} \\ \text{Daya dorong} &= 21 \text{ meter} \\ \text{Material} &= \textit{Stainless Steel} \\ \text{Rekomendasi} &= \text{Leo Pompa Satelit} \end{aligned}$$

d. *Effluent*

Pada bak ekualisasi tidak terjadi penyisihan BOD, COD, serta TSS yang signifikan, sehingga konsentrasi *effluent* bak ekualisasi dianggap sama dengan konsentrasi *influentnya*.



Gambar 4.2 Bak Ekualisasi
(Sumber: Peneliti, 2022)

4.2.3 Digester Anaerobik

Fungsi dari digester anaerobik adalah menurunkan kualitas limbah serta menghasilkan gas metan yang dapat dimanfaatkan kembali, baik dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam proses pembuatan tahu maupun digunakan dalam sehari – hari (Agung Wahyu Pamungkas, 2017). Berikut adalah perhitungan dari dimensi digester anaerobik:

a. Influent

- Debit yang digunakan adalah debit harian

$$\text{Debit limbah} = 1,35 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$$\text{BOD}_{\text{influent}} = 144 \text{ mg/L} = 144 \text{ g/m}^3$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 380 \text{ mg/L} = 380 \text{ g/m}^3$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 98 \text{ mg/L} = 98 \text{ g/m}^3$$

b. Perhitungan Dimensi

- Berdasarkan tabel 2.5 tentang temperatur dan waktu tinggal dalam reaktor digester anaerobik menurut Metcalf & Eddy, 2003, jika temperatur di dalam reaktor sebesar 35°C maka waktu tinggal yang direncanakan adalah 10 hari.
- Mengandung 95% kadar air dalam limbah cair dan memiliki *specific gravity* (Sd) sebesar 1,02 (Metcalf & Eddy, 2003).
- Kadar TSS

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{Efisiensi digester} \times \text{TSS}_{\text{masuk}} \\ &= 40\% \times 98 \\ &= 39,2 \text{ g/m}^3 \\ &= 0,039 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Debit limbah harian pada digester anaerobik

$$\begin{aligned} Q_{\text{limbah}} &= \frac{\text{TSS} \times Q}{\rho_w \times S_d \times P_s} \\ &= \frac{0,039 \times 1,35}{1000 \times 1,02 \times 0,05} \end{aligned}$$

$$= 0,00103 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Volume yang dibutuhkan di dalam reaktor

$$\begin{aligned} V_{\text{reaktor}} &= Q_{\text{limbah}} \times t_d \\ &= 0,00103 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ hari} \\ &= 0,01039 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume ruang gas yang berbentuk kubah diperhitungkan sebesar 20% dari volume total digester (Sari dkk, 2012), sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Volume kubah} &= \frac{V_{\text{reaktor}}}{4} \\ &= \frac{0,01039}{4} \\ &= 0,00259 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= V_{\text{reaktor}} + V_{\text{kubah}} \\ &= 0,01039 + 0,00259 \\ &= 0,01299 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi pada digester anaerobik

Diameter silinder, tinggi silinder, dan tinggi kubah ditetapkan oleh peneliti.

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

$$\text{Tinggi silinder} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kubah} = 0,125 \text{ m}$$

$$\text{Kontrol volume} = \text{volume silinder} + \text{volume kubah}$$

$$= (\pi \times r^2 \times t) + \left(\frac{2}{3} \times \pi \times r^3\right)$$

$$= \left(\frac{22}{7} \times 0,125^2 \times 0,2\right) + \left(\frac{2}{3} \times \frac{22}{7} \times 0,125^3\right)$$

$$= 0,01391 \text{ m}^3 > 0,01299 \text{ m}^3 \text{ (volume total yang diperlukan)}$$

c. Effluent

Efisiensi penyisihan BOD, COD, serta TSS berturut – turut sebesar 85% , 85% , dan 40% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa *effluent* limbah cair sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{BOD}_{\text{effluent}} &= 15\% \times \text{BOD}_{\text{influent}} \\
 &= 15\% \times 144 \text{ mg/L} \\
 &= 21,6 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{effluent}} &= 15\% \times \text{COD}_{\text{influent}} \\
 &= 15\% \times 380 \text{ mg/L} \\
 &= 57 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{effluent}} &= 45\% \times \text{TSS}_{\text{influent}} \\
 &= 45\% \times 98 \\
 &= 39,2 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Maka kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{BOD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{BOD}_{\text{influent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}} \\
 &= 144 - 21,6 \\
 &= 122,4 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{COD}_{\text{influent}} - \text{COD}_{\text{effluent}} \\
 &= 380 - 57 \\
 &= 323 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{tersisihkan}} &= \text{TSS}_{\text{influent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}} \\
 &= 98 - 39,2 \\
 &= 58,8 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Setelah ukuran biodigester ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah merancang gas penampung. Secara umum, perancangan volume biodigester dengan volume penampung biogas dapat dibuat dengan perbandingan 3 : 1 sampai 10 : 1 dengan 5 : 1 sampai 6 : 1 adalah yang paling umum digunakan (Uli, *et al.*, 1989). Pada penelitian ini, dipilih perbandingan 3 : 1. Maka perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \frac{\text{volume digester}}{3} \\
 &= \frac{0,01391}{3} \\
 &= 0,00464 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk keselamatan, ukuran dari penampung gas dibuat 10% – 20% lebih besar dari hasil perhitungan. Maka perhitungan dimensinya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume yang dibutuhkan} &= \text{volume penampung} + 20\% \text{ volume} \\
 &\quad \text{penampung} \\
 &= 0,00464 + (20\% \times 0,00464) \\
 &= 0,00557 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

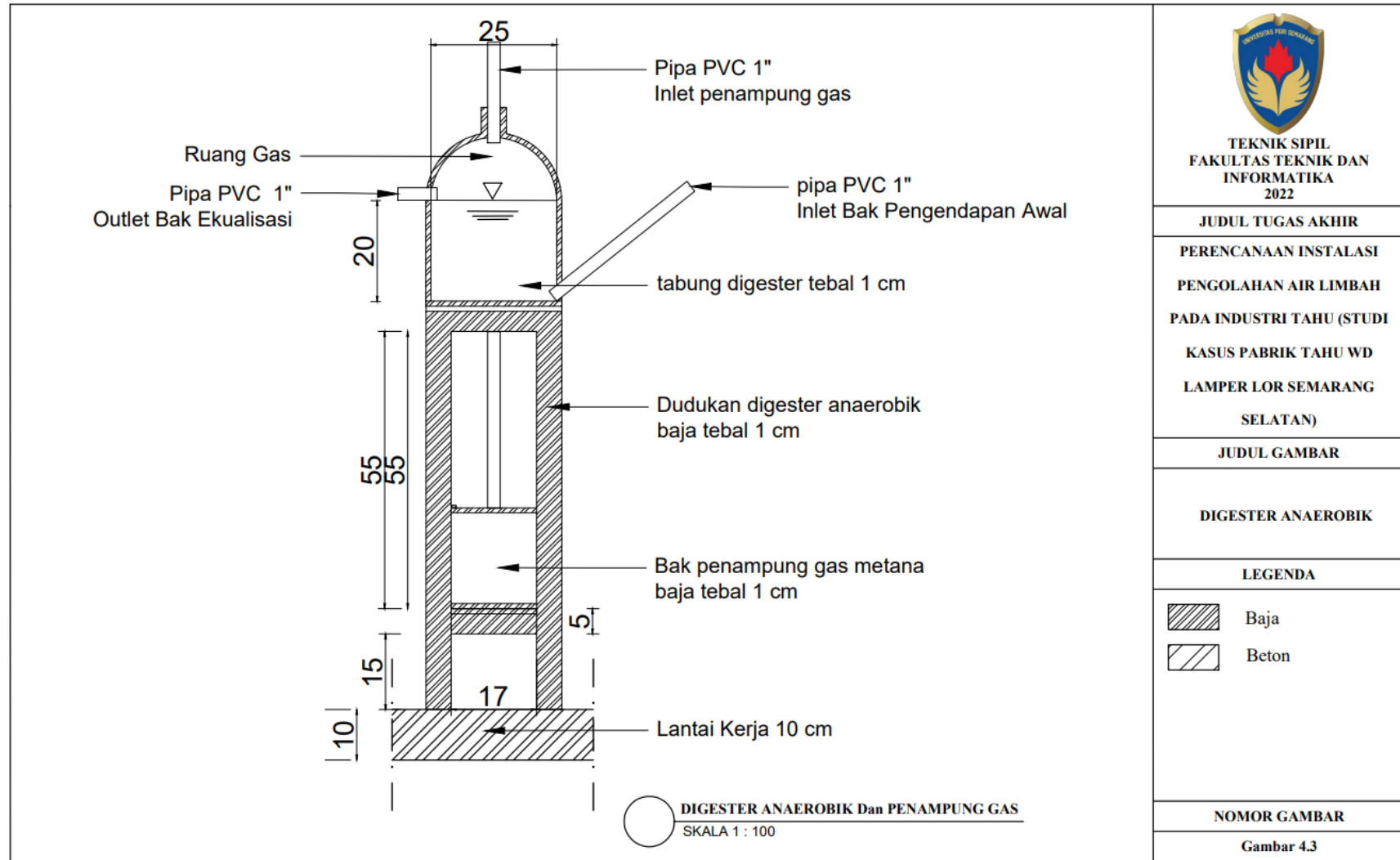
Ukuran ditentukan oleh peneliti

$$\text{Panjang} = 0,18 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,18 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 0,18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol volume} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 &= 0,18 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \\
 &= 0,00583 \text{ m}^3 > 0,00557 \text{ m}^3 \text{ (volume} \\
 &\quad \text{yang dibutuhkan)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 3 Digester Anaerobik dan Penampung Gas
(Sumber: Peneliti, 2022)

4.2.4 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal berfungsi untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur (Fathul Mubin, dkk., 2016). Berikut adalah perhitungan dimensi dari bak pengendapan awal.

a. Influent

- Debit yang masuk bak pengendapan awal

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 1,3524 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \frac{1,3524}{8} \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{influent}} &= 21,6 \text{ mg/L} = 21,6 \text{ g/m}^3 \\ \text{COD}_{\text{influent}} &= 57 \text{ mg/L} = 57 \text{ g/m}^3 \\ \text{TSS}_{\text{influent}} &= 39,2 \text{ mg/L} = 39,2 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Dimensi

- Waktu tinggal di dalam reaktor

$$\text{Waktu tinggal} = 2 \text{ jam (Hidayati, 2017)}$$

- Volume yang dibutuhkan dalam reaktor

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,169 \times 2 \\ &= 0,338 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan

Lebar dan kedalaman diitetapkan oleh peneliti

$$\text{Lebar} = 0,7 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{0,338}{0,7 \times 0,6} \end{aligned}$$

$$= 0,805 \text{ m} \sim 0,9 \text{ m}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\ &= 0,9 \times 0,7 \times 0,6 \\ &= 0,378 \text{ m}^3 > 0,338 \text{ m}^3 \text{ (volume dalam} \\ &\quad \text{reaktor)} \end{aligned}$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,1 m, sehingga total kedalaman bak menjadi 0,7 m.

- Cek waktu tinggal

$$\begin{aligned} \text{td} &= \frac{V_{total}}{Q} \\ &= \frac{0,338}{0,169} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

c. *Effluent*

Unit bak pengendapan awal tidak terjadi penyisihan BOD dan COD yang signifikan, sehingga konsentrasi *effluent* dianggap sama dengan konsentrasi *influent*nya. Sedangkan TSS terjadi penyisihan dengan efisiensi sebesar 80% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa *effluent* limbah cair adalah:

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{effluent} &= 20\% \times \text{TSS}_{influent} \\ &= 20\% \times 39,2 \\ &= 7,84 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Maka kadar senyawa yang tersisihkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{tersisihkan} &= \text{TSS}_{influent} - \text{TSS}_{effluent} \\ &= 39,2 - 7,84 \\ &= 31,36 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

4.2.5 Biofilter Anaerobik

Biofilter anaerobik berfungsi untuk mengurai zat – zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh

lapisan film mikro-organisme. Mikro-organisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap. (Fathul Mubin, dkk., 2016).

Pada biofilter anaerobik, terdapat bioball yang berfungsi sebagai media pembiakkan bakteri. Bioball memiliki ukuran yang bervariasi. Tidak ada acuan untuk menentukan nilai minimum dan maksimumnya. Bakteri tersebut diperoleh dari luar proses ilmiah. Berikut adalah perhitungan dimensi pada biofilter anaerobik.

a. *Influent*

- Debit yang masuk pada bak biofilter anaerobik sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 1,3524 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \frac{1,3524 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{influent}} &= 21,6 \text{ mg/L} = 21,6 \text{ g/m}^3 \\ \text{COD}_{\text{influent}} &= 57 \text{ mg/L} = 57 \text{ g/m}^3 \\ \text{TSS}_{\text{influent}} &= 7,84 \text{ mg/L} = 7,84 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Dimensi

- Beban BOD dan COD di dalam limbah cair (kg/hari)

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= Q \times \text{Kadar BOD} \\ &= 1,3524 \text{ m}^3/\text{hari} \times 21,6 \text{ g/m}^3 \\ &= 29,21 \text{ g/hari} \\ &= 0,029 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= Q \times \text{Kadar COD} \\ &= 1,3524 \text{ m}^3/\text{hari} \times 57 \text{ g/m}^3 \\ &= 77,08 \text{ g/hari} \\ &= 0,077 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Standar beban BOD dilihat pada Tabel 2.6 Klasifikasi untuk Penggunaan Filter untuk *high rate* dengan *packing material*

berupa plastik adalah 0,6 – 3,2 kg BOD/m³.hari menurut Metcalf & Eddy (2003). Beban BOD yang digunakan ditetapkan sebesar 2 kg BOD/m³.hari

$$\begin{aligned} V_{\text{media biofilter}} &= \frac{\text{beban BOD}}{\text{Standar beban BOD}} \\ &= \frac{0,029 \text{ kg/hari}}{2 \text{ kg BOD/m}^3\text{.hari}} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume media biofilter sebesar 60% dari jumlah total reaktor (BPPT, 2011), sehingga:

$$\begin{aligned} V_{\text{reaktor diperlukan}} &= \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}} \\ &= \frac{100}{60} \times 0,014 \text{ m}^3 \\ &= 0,02 \text{ m}^3 \sim 0,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Waktu tinggal di dalam reaktor ditetapkan pada Tabel beban COD 12 – 30 kg/m³.hari dan temperatur rata – rata yaitu 36°C, waktu tinggalnya adalah 3 – 8 jam (Metcalf & Eddy, 2003). Maka cek waktu tinggal (td) yang diperlukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{V_{\text{reaktor diperlukan}}}{Q} \\ &= \frac{0,1}{1,35} \times 24 \text{ jam} \\ &= 3,549 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman diitetapkan oleh peneliti

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

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{Volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{0,2}{0,6 \times 1} \\ &= 0,33 \text{ m} \sim 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dimensi yang ditetapkan:

$$\text{Dimensi} = \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 0,4 \times 0,6 \times 1$$

$$= 0,24 \text{ m}^3$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,1 m, sehingga total kedalaman bak menjadi 1,1 m.

c. *Effluent*

Media filter yang digunakan berupa material plastik yaitu media bola – bola yang terbuat dari lelehan limbah plastik. Efisiensi penyisihan untuk BOD dapat dilihat pada Tabel 2.6 berkisar 60 – 90% (Metcalf & Eddy, 2003) dan COD pada Tabel 2.7 berkisar 50 – 95% (Metcalf & Eddy, 2003). Maka efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS ditetapkan berturut – turut sebesar 85%, 85%, dan 70% . kadar senyawa *effluent* limbah cair sebagai berikut:

- $BOD_{effluent} = 15\% \times BOD_{influent}$
 $= 15\% \times 21,6$
 $= 3,24 \text{ mg/L}$
- $COD_{effluent} = 15\% \times COD_{influent}$
 $= 15\% \times 57$
 $= 8,55 \text{ mg/L}$
- $TSS_{effluent} = 30\% \times TSS_{influent}$
 $= 30\% \times 7,84$
 $= 2,35 \text{ mg/L}$

Kadar senyawa yang tersisihkan adalah sebagai berikut:

- $BOD_{tersisihkan} = BOD_{influent} - BOD_{effluent}$
 $= 21,6 - 3,24$
 $= 18,36 \text{ mg/L}$
- $COD_{tersisihkan} = COD_{influent} - COD_{effluent}$
 $= 57 - 8,55$
 $= 48,45 \text{ mg/L}$
- $TSS_{tersisihkan} = TSS_{influent} - TSS_{effluent}$
 $= 7,84 - 2,35$
 $= 5,48 \text{ mg/L}$

4.2.6 Bak Pengendapan Akhir

Bak pengendapan akhir berfungsi mengendapkan lumpur aktif yang mengandung mikro-organisme (Fathul Mubin, dkk., 2016). Berikut adalah perhitungan dimensi dari bak pengendapan akhir.

a. Influent

- Debit limbah yang masuk ke bak pengendapan akhir sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 1,35 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \frac{1,35 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 2,817 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{influent}} &= 3,24 \text{ mg/L} = 3,24 \text{ g/m}^3 \\ \text{COD}_{\text{influent}} &= 8,55 \text{ mg/L} = 8,55 \text{ g/m}^3 \\ \text{TSS}_{\text{influent}} &= 2,35 \text{ mg/L} = 2,35 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Dimensi

- Waktu tinggal di dalam reaktor umumnya berkisar 2 – 5 jam (Kementrian Kesehatan, 2011). Ditetapkan sebesar 2,5 jam.

- Volume yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,5 \text{ jam} \\ &= 0,423 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman diitetapkan oleh peneliti

$$\text{Lebar} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{0,423 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m}} \\ &= 0,528 \text{ m} \sim 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka, dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 &= 0,6 \times 0,8 \times 1 \\
 &= 0,48 \text{ m}^3 > 0,423 \text{ m}^3 \text{ (volume yang dibutuhkan} \\
 &\quad \text{dalam reaktor)}
 \end{aligned}$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,1 m, sehingga total kedalaman bak sebesar 1,1 m

- Cek waktu tinggal rata – rata

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{\text{volume total}}{Q} \\
 &= \frac{0,423 \text{ m}^3}{0,169 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 2,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Beban permukaan rata – rata

$$\begin{aligned}
 V_o &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0,169 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}} \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}
 \end{aligned}$$

c. Spesifikasi Pompa

Dibutuhkan spesifikasi pompa sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe} &= \text{Pompa } \textit{submersible} \\
 \text{Kapasitas} &= 10 \text{ ltr/menit} \\
 \text{Daya dorong} &= 21 \text{ meter} \\
 \text{Material} &= \textit{Stainless Steel} \\
 \text{Rekomendasi} &= \text{Leo Pompa Satelit}
 \end{aligned}$$

d. Effluent

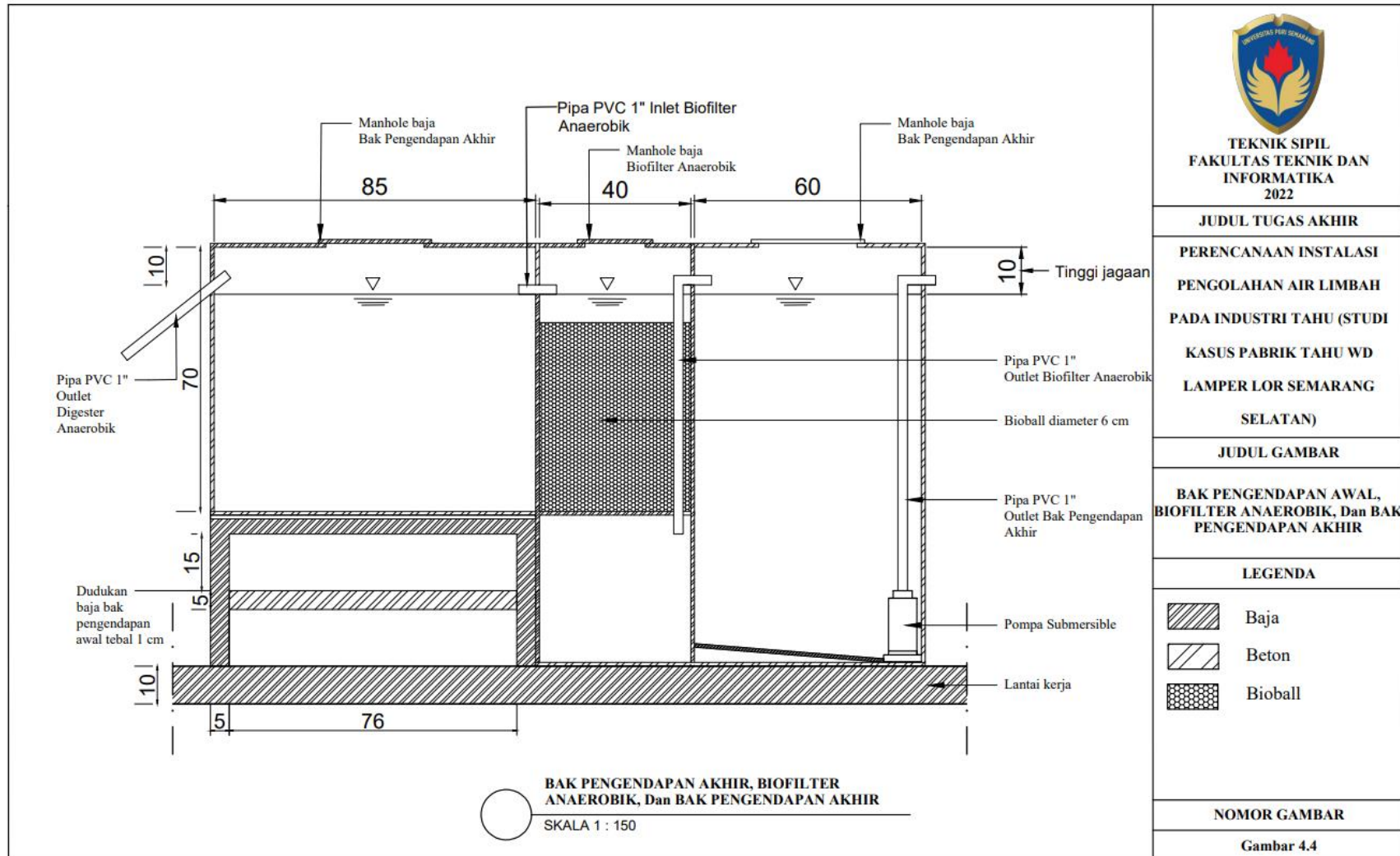
Efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS berturut – turut sebesar 10%, 10%, dan 90% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa *effluent* limbah cair antara lain sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{BOD}_{\text{effluent}} &= 90\% \times \text{BOD}_{\text{influent}} \\
 &= 90\% \times 3,24 \text{ mg/L} \\
 &= 2,92 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{effluent}} &= 90\% \times \text{COD}_{\text{influent}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 90\% \times 8,55 \text{ mg/L} \\
 &= 7,69 \text{ mg/L} \\
 - \text{ TSS}_{\text{effluent}} &= 10\% \times \text{TSS}_{\text{influent}} \\
 &= 10\% \times 2,35 \text{ mg/L} \\
 &= 0,235 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{ BOD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{BOD}_{\text{influent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}} \\
 &= 3,24 \text{ mg/L} - 2,92 \text{ mg/L} \\
 &= 0,324 \text{ mg/L} \\
 - \text{ COD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{COD}_{\text{influent}} - \text{COD}_{\text{effluent}} \\
 &= 8,55 \text{ mg/L} - 7,69 \text{ mg/L} \\
 &= 0,855 \text{ mg/L} \\
 - \text{ TSS}_{\text{tersisihkan}} &= \text{TSS}_{\text{influent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}} \\
 &= 2,35 - 0,235 \text{ mg/L} \\
 &= 2,117 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 4 Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir
(Sumber: Peneliti, 2022)

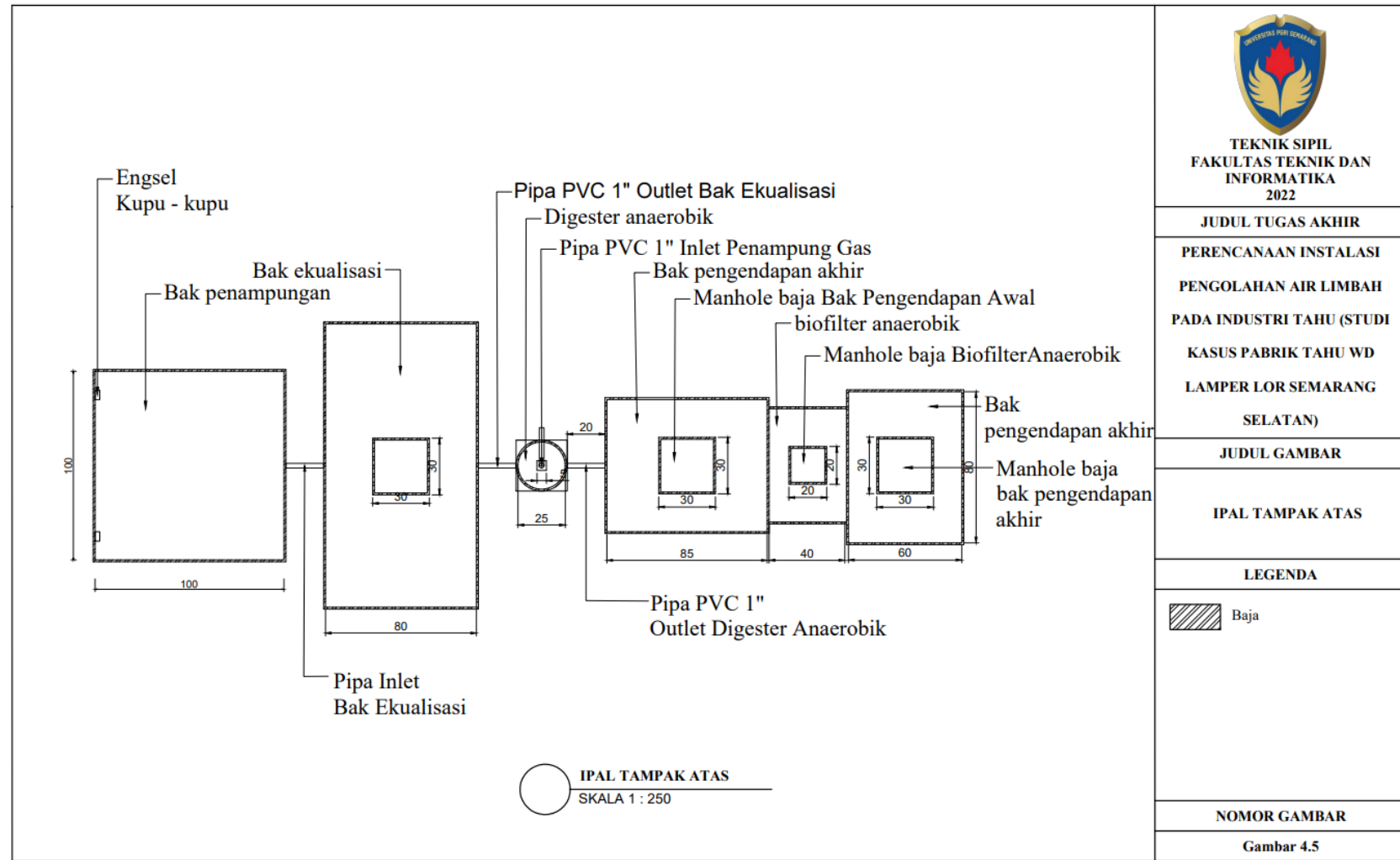
Hasil perhitungan untuk dimensi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi IPAL

| REKAPITULASI DIMENSI IPAL | | | | | | | |
|----------------------------|---------|-------|------------------------|--------|-------|-------|----------------|
| Proses | Panjang | Lebar | Diameter | Tinggi | | | Volume |
| | | | | Atas | Bawah | Total | |
| (m) | | | | | | | m ³ |
| Bak Penampung | 1 | 1 | | | | 0,3 | 0,3 |
| Bak Ekualisasi | 0,8 | 1,5 | | | | 1,1 | 1,32 |
| Digester Anaerobik | | | 0,25 | 0,125 | 0,2 | 0,325 | 0,27173 |
| Penampung Gas | 0,18 | 0,18 | | | | 0,18 | 0,00583 |
| Bak Pengendapan Awal | 0,85 | 0,7 | | | | 0,7 | 0,4165 |
| Biofilter Anaerobik | 0,4 | 0,6 | | | | 1,1 | 0,264 |
| Bak Pengendapan Akhir | 0,6 | 0,8 | | | | 1,1 | 0,528 |
| Volume total | | | | | | | 2,80606 |
| Luas lahan yang dibutuhkan | 5 | 2 | Luas (m ²) | | | | 10 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Volume total dimensi tahapan pada instalasi pengolahan air limbah adalah sebanyak 2,806 m³. Luas lahan yang dibutuhkan adalah 5 m x 2 m.



TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN
INFORMATIKA
2022

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH
PADA INDUSTRI TAHU (STUDI
KASUS PABRIK TAHU WD
LAMPER LOR SEMARANG
SELATAN)

JUDUL GAMBAR

IPAL TAMPAK ATAS

LEGENDA

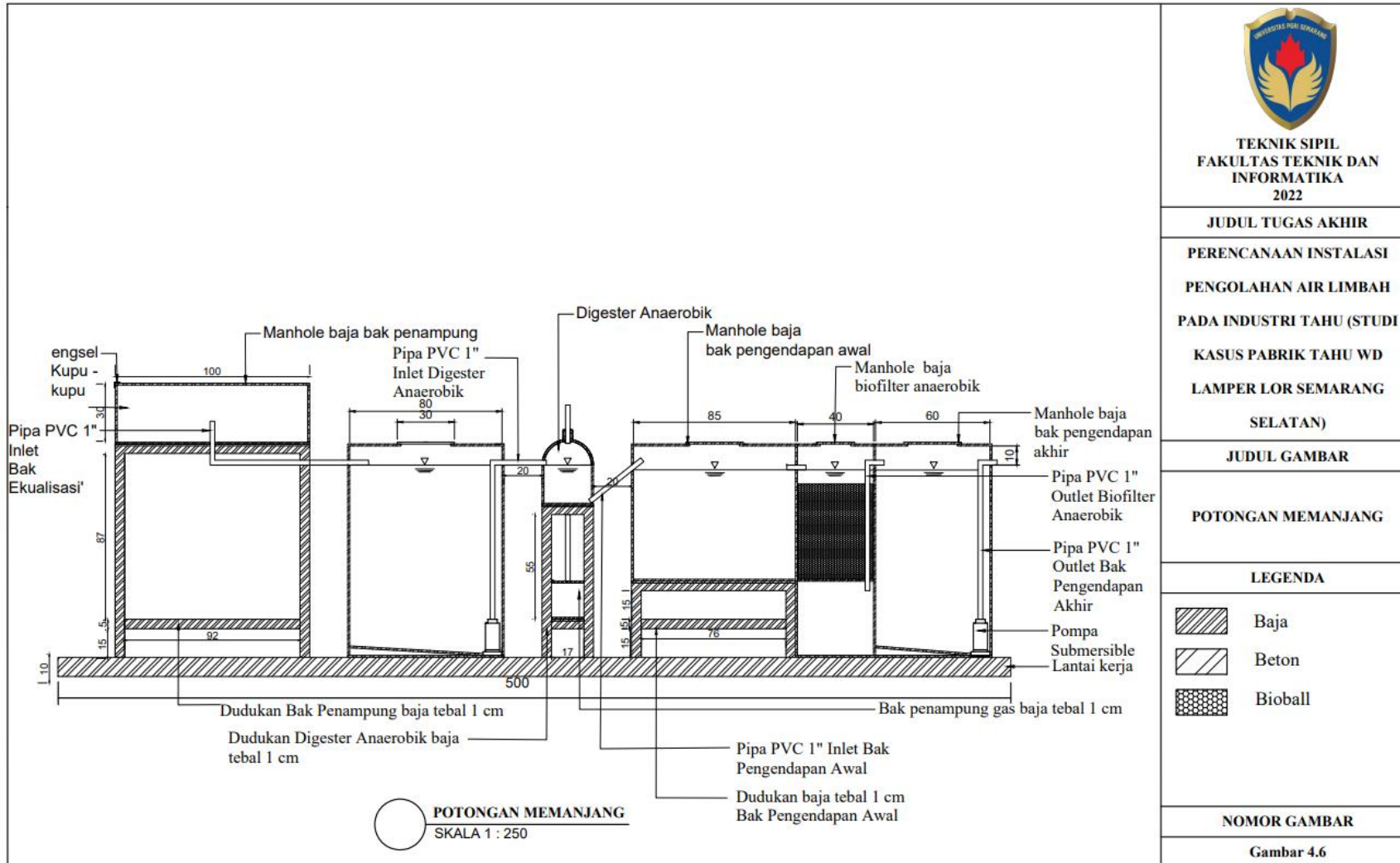
▨ Baja

NOMOR GAMBAR

Gambar 4.5

Gambar 4. 5 Tampak atas Instalasi Pengolahan Air Limbah

(Sumber: Peneliti, 2022)



Gambar 4. 6 Potongan Memanjang IPAL
(Sumber: Peneliti, 2022)

Setiap bak pengolahan terdapat efisiensi yang diperkirakan akan menurunkan kadar organik yang ada pada limbah cair tahu. Perkiraan kualitas *effluent* dapat dilihat pada tabel berikut:

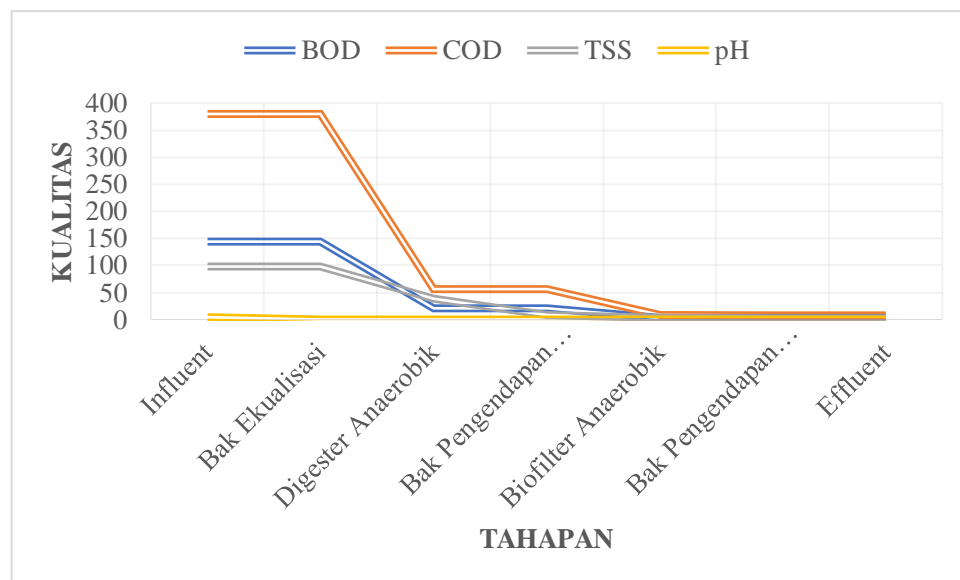
Tabel 4. 4 Perkiraan Kualitas *Effluent*

| PERKIRAAN KUALITAS EFFLUENT | | | |
|------------------------------------|------------------|------------|------------|
| Tahapan | Parameter | | |
| | BOD | COD | TSS |
| | mg/L | | |
| Influent | 144 | 380 | 98 |
| Bak Ekualisasi | 0% | 0% | 0% |
| | 144 | 380 | 98 |
| Digester Anaerobik | 85% | 85% | 40% |
| | 21,6 | 57 | 39,2 |
| Bak Pengendapan Awal | 0% | 0% | 80% |
| | 21,6 | 57 | 7,84 |
| Biofilter Anaerobik | 85% | 85% | 70% |
| | 3,24 | 8,55 | 2,352 |
| Bak Pengendapan Akhir | 90% | 90% | 70% |
| | 2,916 | 7,695 | 2,1168 |
| Effluent | 2,916 | 7,695 | 2,1168 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Influent limbah cair pada Pabrik Tahu WD dengan parameter BOD, COD, dan TSS memiliki nilai berturut – turut 144 mg/L; 380 mg/L; dan 98 mg/L. Efisiensi penyisihan pada bak ekualisasi diperkirakan parameter BOD, COD, dan TSS sebesar 0%; digester anaerobik sebesar 85%, 85%, dan 40%; bak pengendapan awal sebesar 0%, 0%, dan 80%, biofilter anaerobik sebesar 85%, 85%, dan 70%; bak pengendapan akhir sebesar 90%, 90%, dan 70%. Diperkirakan *effluent* limbah cair dengan parameter BOD, COD, dan TSS berturut – turut memiliki nilai 2,916 mg/L; 7,695 mg/L; dan 2,116 mg/L.

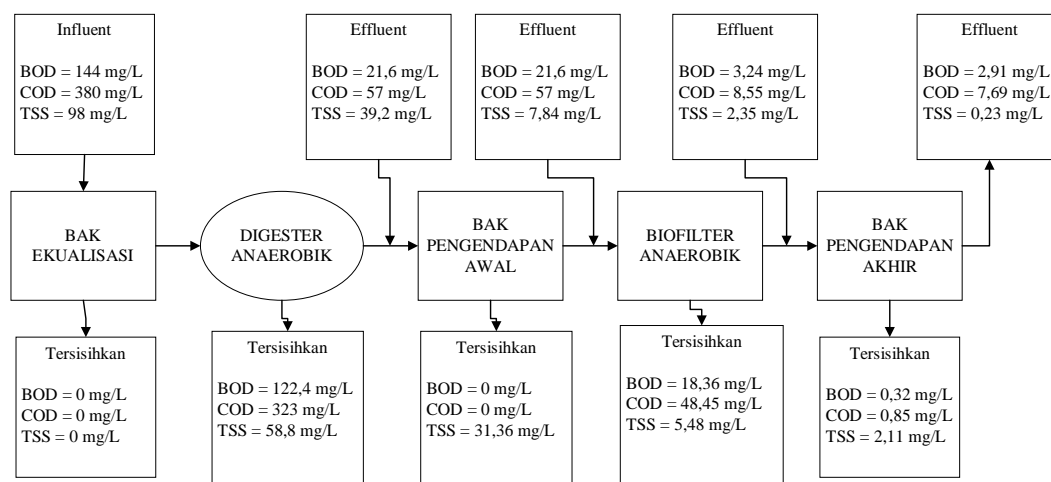
Perkiraan kualitas *effluent* dengan parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada masing – masing instalasi disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik kualitas *Effluent*
(Sumber: Peneliti, 2022)

Berdasarkan grafik kualitas *effluent* pada parameter BOD, COD, TSS, serta pH menunjukkan penurunan yang signifikan pada setiap tahapannya.

Berikut adalah *mass balance* pengolahan air limbah. *Mass balance* sendiri adalah keseimbangan massa yang digunakan untuk melacak aliran sampel yang masuk dan keluar dalam tiap tahapan dan menghasilkan kuantitas komponen – komponen atau proses secara keseluruhan.



Gambar 4. 8 *Mass Balance* Pengolahan Air Limbah

(Sumber: Peneliti, 2022)

Dari perkiraan kualitas *effluent* yang dihasilkan dari proses pengolahan IPAL, selanjutnya akan dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, agar dapat diketahui apakah telah memenuhi baku mutu air limbah. Berikut adalah perbandingan *effluent* air limbah dengan baku mutu:

Tabel 4. 5 Perbandingan perkiraan *Effluent* dengan Baku Mutu Air Limbah

| Parameter | Baku mutu | <i>Effluent</i> (perkiraan) | Keterangan |
|------------|-----------|-----------------------------|------------|
| BOD (mg/L) | 275 | 2,91 | Memenuhi |
| COD (mg/L) | 150 | 7,69 | Memenuhi |
| TSS (mg/L) | 100 | 0,23 | Memenuhi |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Berdasarkan tabel 4.5 perkiraan *effluent* limbah cair pengolahan tahu dengan ketiga parameter tersebut memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

4.3 Anggaran Biaya Konstruksi Pengolahan Air Limbah

Perhitungan rancangan anggaran biaya pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Pabrik Tahu WD terdiri dari perhitungan struktur utama dan bangunan pendukung.

4.3.1 Struktur Utama

Struktur utama dari instalasi pengolahan air limbah menggunakan material baja dengan tebal 1 cm. Tujuan dari pemilihan material baja adalah agar letak IPAL tersebut tidak permanen atau dapat dipindah-pindahkan. Namun tetap memperhatikan kebutuhan tambahan supaya IPAL tidak mudah tergeser. Berikut adalah perhitungan BOQ serta RAB pada struktur utama

a. Bak Penampung

1) Perhitungan baja

- Lantai bak

$$\begin{aligned}
 \text{Vol} &= \text{luas alas} \times \text{tebal plat} - \text{luas lubang pipa} \times \text{tebal plat} \\
 &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal plat} - \pi \times r^2 \times \text{tebal plat} \\
 &= 1 \times 1 \times 0,01 - \frac{22}{7} \times 0,0127^2 \times 0,01 \\
 &= 0,01 - 0,000005 \\
 &= 0,009995 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Dinding bak

$$\begin{aligned}
 \text{Vol} &= \text{keliling alas} \times \text{kedalaman} \times \text{tebal plat} \\
 &= 2 \times (\text{Panjang} + \text{lebar}) \times \text{kedalaman} \times \text{tebal plat} \\
 &= 2 \times (1 + 1) \times 0,3 \times 0,01 \\
 &= 0,012 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Tutup bak

$$\begin{aligned}
 \text{Vol} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal plat} \\
 &= 1 \times 1 \times 0,01 \\
 &= 0,01 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Dudukan baja

Dudukan baja yang digunakan untuk menopang bak penampung berbentuk seperti meja dan pada sisi sampingnya terdapat 2 lubang di setiap sisinya. 2 lubang tersebut memiliki ukuran yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Lubang 1} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,92 \text{ m} \times 0,87 \text{ m} \\ &= 0,8004 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

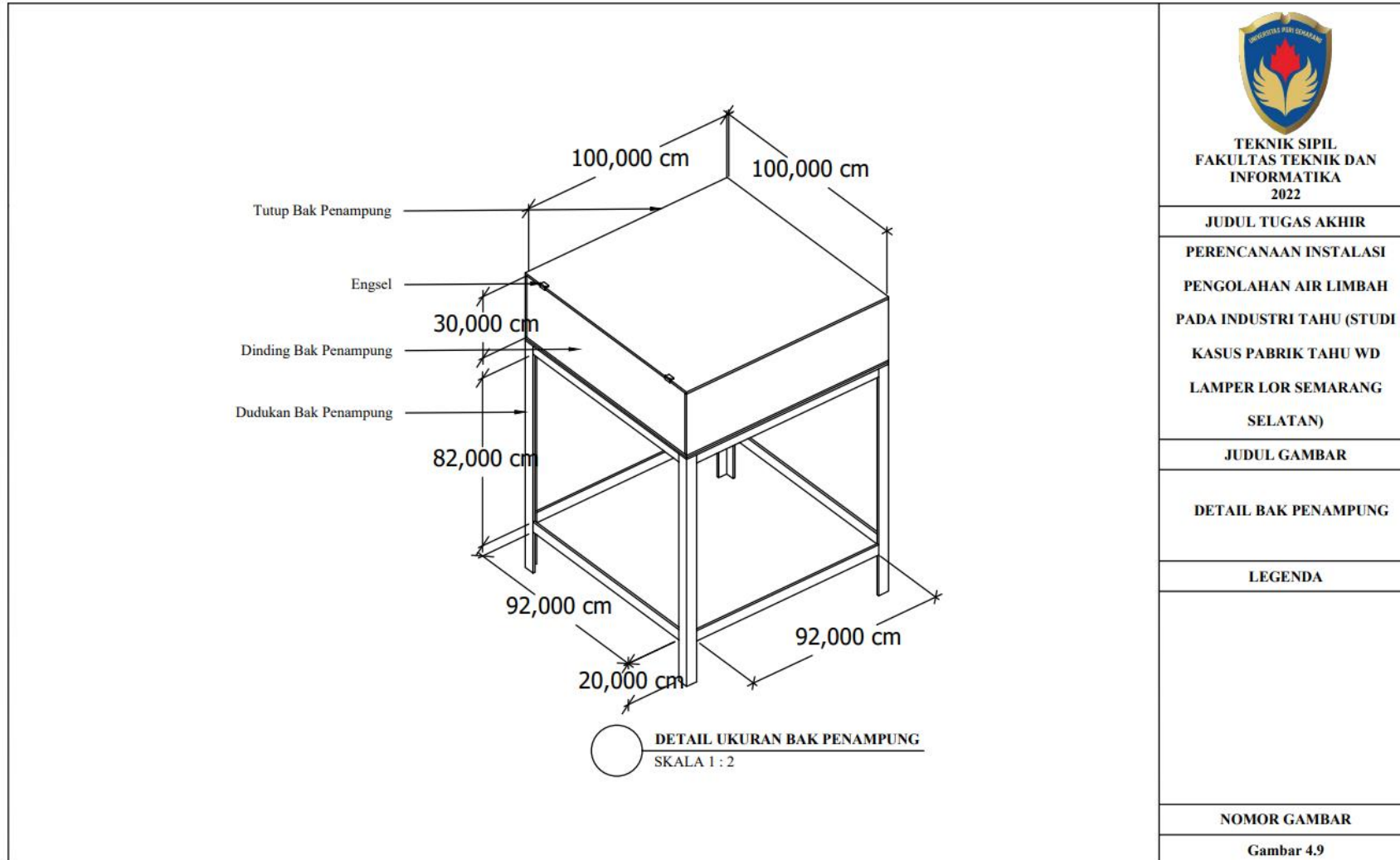
$$\begin{aligned} \text{Lubang 2} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,92 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\ &= 0,138 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bagian atas} &= \text{luas penampang} \times \text{tebal plat} \\ &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal plat} \\ &= 1,02 \text{ m} \times 1,02 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \\ &= 0,0104 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bagian samping} &= 4 \times (\text{luas sisi} - \text{lubang 1} - \text{lubang 2}) \times \\ &\quad \text{tebal baja} \\ &= 4 \times ((1,12 \text{ m} \times 1,02 \text{ m}) - 0,8004 \text{ m}^2 - \\ &\quad 0,138 \text{ m}^2) \times 0,01 \\ &= 0,00816 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol dudukan} &= \text{sisi atas} + \text{sisi samping} \\ &= 0,0104 \text{ m}^3 + 0,00816 \text{ m}^3 \\ &= 0,018564 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan baja} &= \text{lantai bak} + \text{dinding bak} + \text{tutup} \\ &\quad \text{bak} + \text{dudukan} \\ &= 0,00999 + 0,012 + 0,01 + \\ &\quad 0,01856 \\ &= 0,0505589 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 4. 9 Detail Ukuran Bak Penampung
(Sumber: Peneliti, 2022)

Tabel 4. 6 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Plat Baja pada Bak Penampung

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|-----------|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 3.1.2.(c) | Pembuatan 1 m² Pelat Baja tebal 1 cm | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1,05 | Rp 115.000,00 | Rp 120.750,00 | |
| | | Tukang Las Biasa | L.02 | OH | 1,05 | Rp 140.000,00 | Rp 147.000,00 | |
| | | Kepala | L.03 | OH | 0,105 | Rp 150.000,00 | Rp 15.750,00 | |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,052 | Rp 140.000,00 | Rp 7.280,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 290.780,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Besi Pelat Baja | | kg | 32,8 | Rp 14.400,00 | Rp 472.320,00 | |
| | | Besi Siku L 30.30.3 | | kg | 15 | Rp 13.000,00 | Rp 195.000,00 | |
| | | Kawat Las | | kg | 0,05 | Rp 298.400,00 | Rp 14.920,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 682.240,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 973.020,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 97.302,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 1.070.322,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

2) Engsel

Engsel dan grendel yang dibutuhkan sebanyak 2 buah dengan jenis kupu – kupu biasa. Berikut adalah analisa perhitungan pekerjaan pemasangan engsel.

Tabel 4. 7 Analisa Harga Pekerjaan Pemasangan Engsel

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|---------------|
| | | Pemasangan Engsel | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 | |
| | | Mandor | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 255.000,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Engsel dan grendel kupu - kupu | | bh | 2 | Rp 53.000,00 | Rp 106.000,00 | |
| | | Skrup | | bh | 20 | Rp 1.600,00 | Rp 32.000,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 138.000,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 393.000,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 39.300,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 432.300,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Maka, total rencana anggaran biaya yang dibutuhkan pada bak penampung adalah sebagai berikut

Tabel 4. 8 RAB Bak Penampung

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|-------------------|-----------|--------|-----------------|---------------|
| 1 | Pekerjaan Baja | 0,050559 | m3 | Rp 1.070.322,00 | Rp 54.114,34 |
| 2 | Pemasangan Engsel | 1 | paket | Rp 432.300,00 | Rp 432.300,00 |
| Sub Total | | | | | Rp 486.414,34 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

b. Bak Ekualisasi

1) Perhitungan baja

- Dinding

$$\begin{aligned}
 \text{Vol} &= (\text{keliling} \times \text{kedalaman} \times \text{tebal baja}) - (\text{luas lubang} \\
 &\quad \text{pipa 1''} \times \text{tebal baja}) \\
 &= ((2 \times (\text{Panjang} + \text{lebar})) \times \text{kedalaman} \times \text{tebal baja}) \\
 &\quad - (\pi \times r^2 \times \text{tebal baja}) \\
 &= ((2 \times (0,8+1,5)) \times 1 \times 0,01) - \left(\frac{22}{7} \times (0,5 \times 0,0254)^2 \right. \\
 &\quad \left. \times 0,01\right) \\
 &= 0,0459 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Lantai

$$\begin{aligned}
 \text{Vol} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal baja} \\
 &= 0,8 \times 1,5 \times 0,01 \\
 &= 0,012 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Atap

$$\begin{aligned}
 \text{Vol} &= (\text{luas atap} \times \text{tebal baja}) - (\text{luas lubang manhole} \times \\
 &\quad \text{tebal baja}) \\
 &= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal baja}) - (\text{panjang manhole} \\
 &\quad \times \text{kebar manhole} \times \text{tebal baja}) - (\pi \times r^2 \times \text{tebal} \\
 &\quad \text{baja}) \\
 &= (0,8 \times 1,5 \times 0,01) - (0,24 \times 0,24 \times 0,01) \\
 &= 0,0114 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Lantai miring

Penggunaan lantai miring bertujuan supaya air limbah yang ditampung dalam bak ekualisasi dan kemudian dipompa untuk masuk ke dalam digester anaerobik dapat terangkut sepenuhnya. Dimensi lantai miring tersebut adalah sebagai berikut :

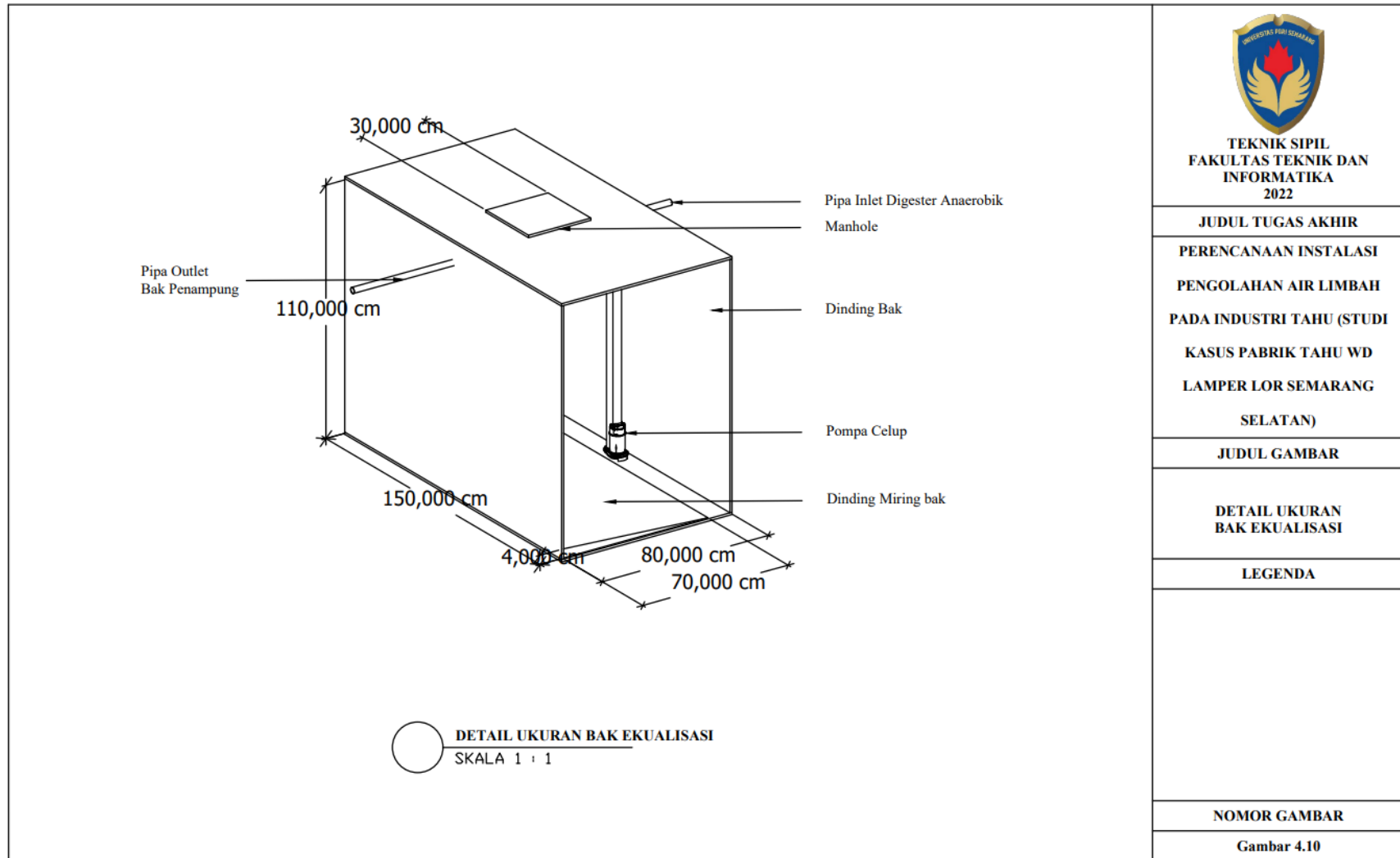
$$\text{Panjang a} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Panjang b} = 0,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang } c &= \sqrt{0,04^2 + 0,7^2} \\ &= 0,701 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal baja} \\ &= 0,701 \times 1,5 \times 0,01 \\ &= 0,0105 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan baja} &= \text{dinding} + \text{lantai} + \text{atap} + \text{baja miring} \\ &= 0,0459 + 0,012 + 0,0114 + 0,0105 \\ &= 0,079936 \text{ m}^3\end{aligned}$$



Gambar 4. 10 Detail ukuran bak ekualisasi
(Sumber: Peneliti, 2022)

Setelah menghitung BOQ pada Bak Ekualisasi, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 9 Harga Satuan Pekerjaan Plat Baja pada Bak Ekualisasi

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|-----------|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | 3.1.2.(c) | Pembuatan 1 m² Pelat Baja tebal 1 cm | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1,05 | Rp 115.000,00 | Rp 120.750,00 |
| | | Tukang Las Biasa | L.02 | OH | 1,05 | Rp 140.000,00 | Rp 147.000,00 |
| | | Kepala | L.03 | OH | 0,105 | Rp 150.000,00 | Rp 15.750,00 |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,052 | Rp 140.000,00 | Rp 7.280,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 290.780,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Besi Pelat Baja | | kg | 32,8 | Rp 14.400,00 | Rp 472.320,00 |
| | | Besi Siku L 30.30.3 | | kg | 15 | Rp 13.000,00 | Rp 195.000,00 |
| | | Kawat Las | | kg | 0,05 | Rp 298.400,00 | Rp 14.920,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 682.240,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 973.020,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 97.302,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.070.322,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Berikut adalah RAB dari pekerjaan plat baja pada bak ekualisasi

Tabel 4. 10 RAB Bak Ekualisasi

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|------------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|
| 1 | Pekerjaan Baja | 0,079936 | m ³ | Rp 1.070.322,00 | Rp 85.557,32 |
| Sub Total | | | | | Rp 85.557,32 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

c. Digester Anaerobik

Perhitungan baja:

Lubang pipa 1" (diameter : 2,54 cm)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \pi \times r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 0,0127^2 \\ &= 0,000507 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Tabung

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= (2 \times \pi \times r \times \text{kedalaman} \times \text{tebal baja}) - (2 \times \text{luas lubang pipa 1" x tebal baja}) \\ &= (2 \times \frac{22}{7} \times 0,125 \times 0,2 \times 0,01) - (2 \times 0,000507 \times 0,01) \\ &= 0,00156 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kubah

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= (2 \pi \times r^2 \times \text{tebal baja}) - (\text{lubang pipa 1" x tebal baja}) \\ &= (2 \times \frac{22}{7} \times 0,125^2 \times 0,01) - (0,000507 \times 0,01) \end{aligned}$$

$$= 0,000977 \text{ m}^3$$

- Penampung gas

$$\begin{aligned} \text{Sisi atas dan bawah} &= ((2 \times \text{Panjang} \times \text{lebar}) - \text{lubang pipa} \\ &\quad 1'') \times \text{tebal baja} \\ &= ((2 \times 0,18 \times 0,18) - 0,0005) \times 0,01 \\ &= 0,000643 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisi samping} &= ((2 \times (\text{Panjang} + \text{lebar}) - \text{lubang pipa} \\ &\quad 1'') \times \text{tebal baja} \\ &= ((2 \times (0,18 + 0,18) - 0,0005) \times 0,01 \\ &= 0,007195 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Total kebutuhan baja pada penampung gas

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{sisi atas bawah} + \text{sisi samping} \\ &= 0,000643 + 0,007195 \\ &= 0,007838 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dudukan

$$\begin{aligned} \text{Vol atas} &= 2 \times \text{sisi} \times \text{sisi} \times \text{tebal baja} \\ &= 2 \times 0,27 \times 0,27 \times 0,01 \\ &= 0,001458 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada keempat sisi sampingnya masing – masing terdapat 2 buah lubang. Luas lubangnya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Luas lubang 1} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,55 \times 0,17 \\ &= 0,0935 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas lubang 2} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,15 \times 0,17 \\ &= 0,0255 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol samping} &= 4 \times (\text{Panjang} \times \text{lebar} - (\text{luas lubang 1} + \text{luas} \\ &\quad \text{lubang 2})) \times \text{tebal baja} \\ &= 4 \times (0,27 \times 0,79 - (0,0935 + 0,0255)) \times 0,01 \\ &= 0,00377 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Vol dudukan} = \text{volume atas} + \text{volume 4 sisi}$$

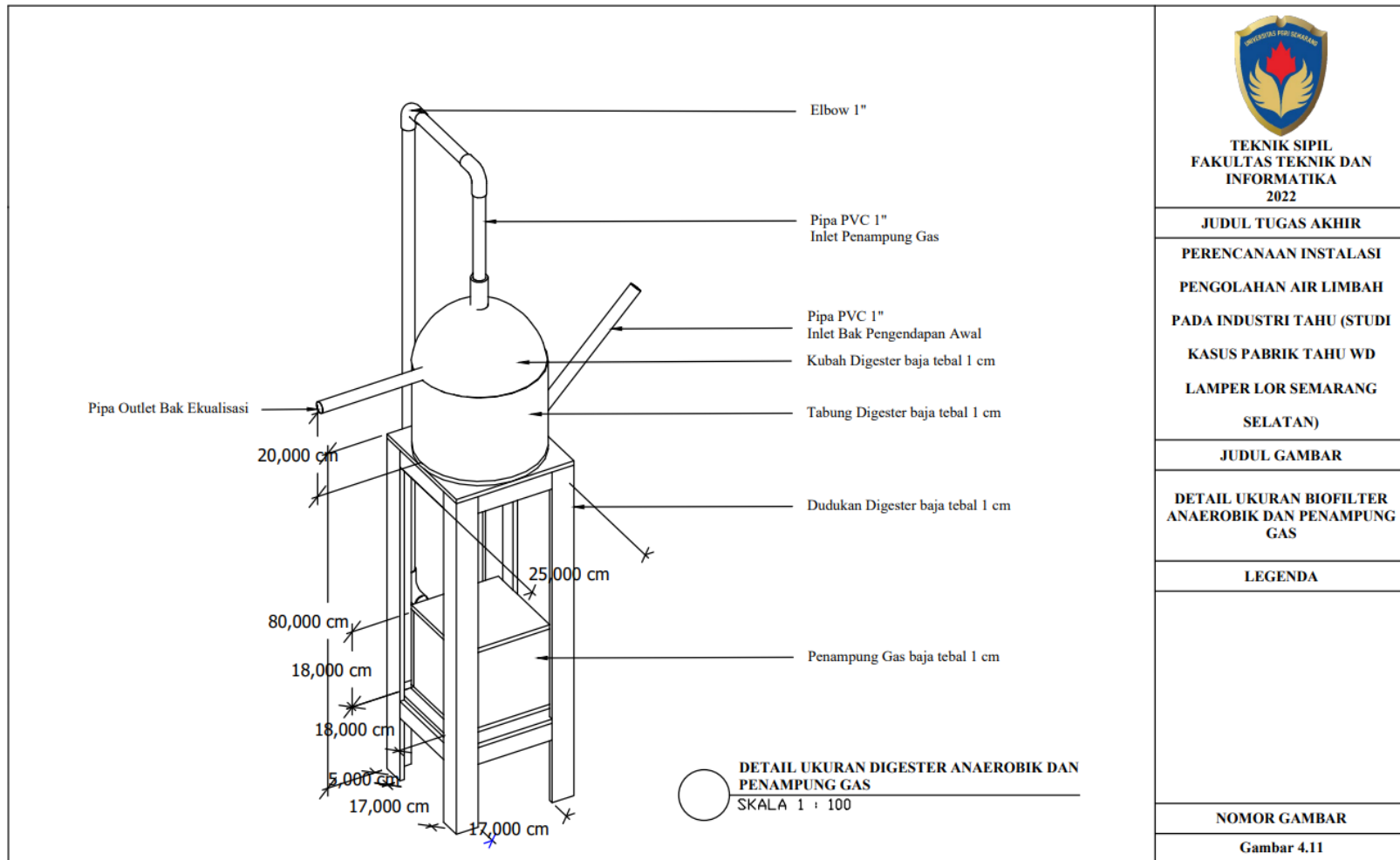
$$= 0,001458 + 0,00377$$

$$= 0,00523 \text{ m}^3$$

Total kebutuhan baja = tabung + kubah + dudukan +
penampung gas

$$= 0,00156 + 0,000977 + 0,00523 +$$
$$0,007838$$

$$= 0,0156 \text{ m}^3$$



Gambar 4. 11 Detail Ukuran Digester Anaerobik dan Penampung Gas
(Sumber: Peneliti, 2022)

Setelah menghitung BoQ pada Digester Anaerobik, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 11 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Plat Baja pada Digester Anaerobik

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|-----------|---|------|--------|-----------|--------------------|-------------------|
| 1 | 3.1.2.(c) | Pembuatan 1 m ² Pelat Baja tebal 1 cm | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1,05 | Rp 115.000,00 | Rp 120.750,00 |
| | | Tukang Las Biasa | L.02 | OH | 1,05 | Rp 140.000,00 | Rp 147.000,00 |
| | | Kepala | L.03 | OH | 0,105 | Rp 150.000,00 | Rp 15.750,00 |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,052 | Rp 140.000,00 | Rp 7.280,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 290.780,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Besi Pelat Baja | | kg | 32,8 | Rp 14.400,00 | Rp 472.320,00 |
| | | Besi Siku L 30.30.3 | | kg | 15 | Rp 13.000,00 | Rp 195.000,00 |
| | | Kawat Las | | kg | 0,05 | Rp 298.400,00 | Rp 14.920,00 |
| | | | | | | Jumlah Harga Bahan | Rp 682.240,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 973.020,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 97.302,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.070.322,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Tabel 4. 12 RAB digester anaerobik

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|------------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|
| 1 | Pekerjaan Baja | 0,015606 | m ³ | Rp 1.070.322,00 | Rp 16.703,69 |
| Sub Total | | | | | Rp 16.703,69 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

d. Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Pengendapan Akhir

1) Perhitungan baja

Pada beberapa sisi terdapat lubang yang digunakan untuk pipa, diantaranya adalah:

Lubang pipa ukuran 1" (diameter : 2,54 cm)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \pi \times r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 0,0127^2 \\ &= 0,000507 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Lantai baja

$$\begin{aligned} \text{Luas dasar BP Awal} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,85 \times 0,7 \\ &= 0,595 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas dasar B Anaero} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,4 \times 0,6 \end{aligned}$$

$$= 0,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dasar BP Akhir} = \text{Panjang} \times \text{lebar}$$

$$= 0,6 \times 0,8$$

$$= 0,48 \text{ m}^2$$

$$\text{Vol} = (\text{luas dasar bak pengendapan awal} + \text{luas dasar biofilter anaerobik} + \text{luas dasar bak pengendapan akhir} + 0,06) \times \text{tebal baja}$$

$$= (0,595 + 0,24 + 0,48 + 0,06) \times 0,01$$

$$= 0,01236 \text{ m}^3$$

- Dinding Bak Pengendapan awal

$$\text{Vol} = ((2 \times (\text{Panjang} + \text{lebar}) \times \text{kedalaman} - \text{lubang pipa 1''}) - ((\text{lebar biofilter anaerobik} \times \text{kedalaman biofilter anaerobik}) - \text{lubang pipa 1''})) \times \text{tebal baja}$$

$$= ((2 \times (0,85 + 0,7) \times 0,6 - 0,000507) - ((0,6 \times 1) - 0,000507)) \times 0,01$$

$$= 0,0126 \text{ m}^3$$

- Dinding Biofilter Anaerobik

$$\text{Vol} = (\text{keliling dasar} \times \text{kedalaman} \times \text{tebal plat}) - (2 \times \text{lubang pipa 1''} \times \text{tebal plat})$$

$$= ((2 \times (0,4 + 0,6)) \times 1 \times 0,11) - (2 \times 0,000507 \times 0,01)$$

$$= 0,019989 \text{ m}^3$$

- Dinding Bak Pengendapan Akhir

$$\text{Vol} = ((2 \times (\text{Panjang} + \text{lebar}) \times \text{kedalaman} - \text{lubang pipa 1''}) - ((\text{lebar biofilter anaerobik} \times \text{kedalaman biofilter anaerobik}) - \text{lubang pipa 1''})) \times \text{tebal baja}$$

$$= ((2 \times (0,6 + 0,8) \times 1 - 0,000507) - ((0,6 \times 1) - 0,000507)) \times 0,01$$

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

- Atap Bak Pengendapan Awal

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= ((\text{luas atap}) - (\text{luas lubang})) \times \text{tebal plat} \\ &= ((0,85 \times 0,7) - (0,24 \times 0,24)) \times 0,01 \\ &= 0,00537 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Atap Biofilter Anaerobik

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= ((\text{luas atap}) - (\text{luas lubang})) \times \text{tebal plat} \\ &= ((0,4 \times 0,6) - (0,14 \times 0,14)) \times 0,01 \\ &= 0,0022 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Atap Bak Pengendapan Akhir

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= ((\text{luas atap}) - (\text{luas lubang})) \times \text{tebal plat} \\ &= ((0,6 \times 0,8) - (0,24 \times 0,24)) \times 0,01 \\ &= 0,00422 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Lantai miring bak pengendapan akhir

Dimensi lantai miring tersebut adalah sebagai berikut :

$$\text{Panjang a} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Panjang b} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang c} &= \sqrt{0,04^2 + 0,5^2} \\ &= 0,502 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal baja} \\ &= 0,502 \times 0,8 \times 0,01 \\ &= 0,004 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Dudukan Bak Pengendapan Awal

$$\begin{aligned}\text{Vol atas} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal baja} \\ &= 0,86 \times 0,72 \times 0,01 \\ &= 0,00619 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pada keempat sisi sampingnya masing – masing terdapat

2 buah lubang. Luas lubangnya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}\text{Luas lubang 1} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,15 \times 0,76 \\ &= 0,114 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas lubang 2} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,15 \times 0,76\end{aligned}$$

$$= 0,114 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Vol kanan kiri} &= 2 \times (\text{Panjang} \times \text{lebar} - (\text{luas lubang 1} \\ &\quad + \text{luas lubang 2})) \times \text{tebal baja} \\ &= 2 \times (0,85 \times 0,7 - (0,114 + 0,114)) \times \\ &\quad 0,01 \\ &= 0,00232 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada sisi depan belakang juga terdapat lubang, luas masing – masing sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas lubang 1} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,15 \times 0,62 \\ &= 0,093 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas lubang 2} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,15 \times 0,62 \\ &= 0,093 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol depan belakang} &= 2 \times (\text{Panjang} \times \text{lebar} - (\text{luas} \\ &\quad \text{lubang 1} + \text{luas lubang 2})) \times \\ &\quad \text{tebal baja} \\ &= 2 \times (0,4 \times 0,72 - (0,093 + \\ &\quad 0,093)) \times 0,01 \\ &= 0,00204 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total vol dudukan} &= \text{volume atas} + \text{volume sisi} \\ &\quad \text{kanan kiri} + \text{volume sisi depan} \\ &\quad \text{belakang} \\ &= 0,00619 + 0,00232 + 0,00204 \\ &= 0,010552 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan baja} &= \text{lantai datar} + \text{dinding bak} \\ &\quad \text{pengendapan awal} + \text{dinding} \\ &\quad \text{biofilter anaerobik} + \text{dinding bak} \\ &\quad \text{pengendapan akhir} + \text{atap bak} \\ &\quad \text{pengendapan awal} + \text{atap biofilter} \\ &\quad \text{anaerobik} + \text{atap bak pengendapan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{akhir} + \text{lantai baja miring} + \\
 & \text{dudukan} \\
 & = 0,01236 + 0,0126 + 0,01997 + \\
 & \quad 0,014 + 0,00537 + 0,0022 + 0,0042 \\
 & \quad + 0,004 + 0,01055 \\
 & = 0,0853 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2) Jaring – jaring baja

Jaring – jaring baja diletakkan pada biofilter anaerobik sebagai penahan bioball tempat pembiakkan bakteri. Luas jaring baja yang diperlukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} & = (\text{Panjang} + 0,06) \times (\text{lebar} + 0,06) \\
 & = (0,40 + 0,06) \times (0,60 + 0,06) \\
 & = 0,3036 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3) *Bioball*

Pada biofilter anaerobik terdapat *bioball*. *Bioball* berfungsi sebagai media pembiakkan bakteri. Bakteri tersebut diperoleh dari luar proses ilmiah. Manfaat dari bakteri anaerobik adalah membantu menguraikan buangan padat di dasar maupun di permukaan air limbah, sehingga mengurangi produksi lumpur (*sludge*). *Bioball* yang digunakan adalah bola – bola yang terbuat dari lelehan limbah plastik jenis HDPE yang kemudian dicetak menjadi bola – bola dengan diameter 6 cm. *High Density Polyethylene* atau disebut HDPE adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi, memiliki karakteristik sedikit buram dan transparan serta elastik, tidak tembus air, tidak berbau, tahan panas dan benturan. Masyarakat Indonesia mengenalnya dengan istilah kantong kresek ataupun *shopping bag*. *Bioball* yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

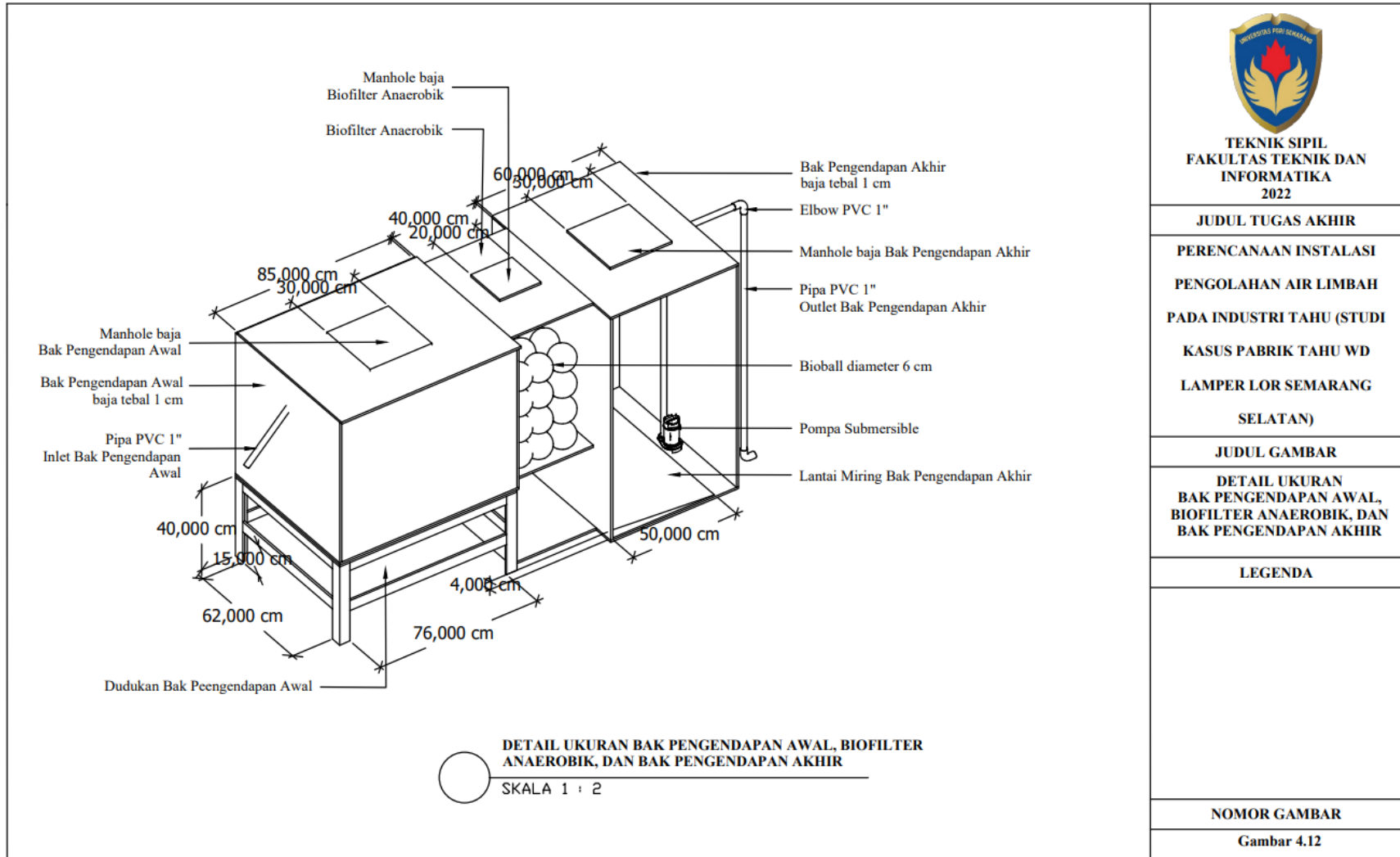
$$\begin{aligned}
 \text{Vol ruang bioball} &= \text{volume ruang} - \text{volume pipa} \\
 &= (\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}) - (\pi \times r^2 \times \text{kedalaman}) \\
 &= (0,4 \times 0,6 \times 0,5) - \left(\frac{22}{7} \times 0,0254^2 \times 0,5\right) \\
 &= 0,11898 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol bioball} &= \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \\
 &= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 0,03^3 \\
 &= 0,000113 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bioball yang dibutuhkan} &= \frac{\text{volume ruang bioball}}{\text{volume bioball}} \\
 &= \frac{0,11898}{0,000113} \\
 &= 1051,6 \text{ buah} \sim 1052 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Menentukan berat per buah adalah dengan menghitung volume dikalikan dengan berat jenis dari plastik jenis HDPE. Berat jenis plastik HDPE tergolong ringan yaitu sebesar $941 - 965 \text{ kg/m}^3$. (Afif Kusuma Wardana, dkk., 2021)

$$\begin{aligned}\text{Berat } \textit{bioball} &= \text{volume} \times \text{berat jenis} \\ &= 0,000113 \times 965 \\ &= 0,109 \text{ kg}\end{aligned}$$



Gambar 4. 12 Detail Ukuran Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir
 (Sumber: Peneliti, 2022)

Setelah menghitung BoQ pada Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, serta Bak Pengendapan Akhir, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 13 analisa harga satuan pekerjaan Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|-----------|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 3.1.2.(c) | Pembuatan 1 m² Pelat Baja tebal 1 cm | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1,05 | Rp 115.000,00 | Rp 120.750,00 | |
| | | Tukang Las Biasa | L.02 | OH | 1,05 | Rp 140.000,00 | Rp 147.000,00 | |
| | | Kepala | L.03 | OH | 0,105 | Rp 150.000,00 | Rp 15.750,00 | |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,052 | Rp 140.000,00 | Rp 7.280,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 290.780,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Besi Pelat Baja | | kg | 32,8 | Rp 14.400,00 | Rp 472.320,00 | |
| | | Besi Siku L 30.30.3 | | kg | 15 | Rp 13.000,00 | Rp 195.000,00 | |
| | | Kawat Las | | kg | 0,05 | Rp 298.400,00 | Rp 14.920,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 682.240,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 973.020,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 97.302,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 1.070.322,00 |
| 2 | | Pemasangan Jaring Baja 1 m² | | | | | | |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|---------------|
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 | |
| | | Tukang Las Biasa | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 | |
| | | Mandor | L.03 | OH | 0,5 | 140000 | Rp 70.000,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 325.000,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Jaring Baja diameter 4 -15 | | kg | 1 | Rp 25.400,00 | Rp 25.400,00 | |
| | | Kawat Las | | kg | 0,05 | Rp 298.400,00 | Rp 14.920,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 40.320,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 365.320,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 36.532,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 401.852,00 |
| 3 | | Pembuatan bioball 1 paket | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 | |
| | | Mandor | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 255.000,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Plastik Bekas | | kg | 114,8604 | Rp 5.000,00 | Rp 574.301,83 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 574.301,83 | |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|----------------------------------|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 829.301,83 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 82.930,18 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 912.232,01 |
| 4 Pemasangan Bakteri 1 kg | | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 |
| | | Mandor | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 255.000,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Bakteri | | kg | 1 | Rp 1.960.000,00 | Rp 1.960.000,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 1.960.000,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 2.215.000,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 221.500,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 2.436.500,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Tabel 4. 14 RAB Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|------------------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Pekerjaan Baja | 0,085318 | m ³ | Rp 1.070.322,00 | Rp 91.317,62 |
| 2 | Pemasangan Jaring Baja | 0,3036 | m ² | Rp 401.852,00 | Rp 122.002,27 |
| 3 | Pembuatan Bioball | 1 | paket | Rp 912.232,01 | Rp 912.232,01 |
| 4 | Pemasangan Bakteri | 1 | kg | Rp 2.436.500,00 | Rp 2.436.500,00 |
| Sub Total | | | | | Rp 3.562.051,89 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

e. Pekerjaan pipa, pompa air, *manhole*

1) Pipa dan pompa air

Panjang kebutuhan pipa adalah sebagai berikut

- Bak penampung ke bak ekualisasi = 0,80 m
- Bak ekualisasi ke digester anaerobik = 1,20 m
- Digester anaerobik ke penampung gas = 1,50 m
- Penampung gas ke kompor rumah = 20,50 m
- Digester anaerobik ke BP Awal = 0,35 m
- BP Awal ke Biofilter Anarobik = 0,10 m
- Biofilter Anarobik ke BP Akhir = 1,00 m
- BP Akhir ke pembuangan akhir (sungai) = 4,30 m

Asesoris pipa yang dibutuhkan adalah *elbow*, *socket* dan kran.

Elbow yang diperlukan sebanyak 12 buah yang diletakkan pada:

- Bak penampung = 1 buah
- Bak ekualisasi = 1 buah
- Biofilter anaerobik = 1 buah
- BP Akhir = 1 buah
- Outlet BP Akhir ke sungai = 2 buah
- Digester ke penampung gas = 3 buah
- Penampung ke kompor = 3 buah

Socket yang diperlukan sebanyak 5 buah yang digunakan pada pipa antara penampung gas ke kompor.

Kran yang digunakan berjumlah 2 buah. Diletakkan untuk mengontrol antara digester dengan penampung gas serta antara penampung gas ke kompor rumah.

Pompa air yang dibutuhkan sebanyak 2 buah, diletakkan pada Bak Ekualisasi dan Bak Pengendapan Akhir. Kedua pompa tersebut memiliki spesifikasi yang sama yaitu sebagai berikut:

- Tipe = Pompa *submersible*
- Kapasitas = 10 ltr/menit
- Daya dorong = 21 meter

Material = *Stainless Steel*

Rekomendasi = Leo Pompa Satelit

Tabel 4. 15 Analisa pekerjaan pipa dan pompa air

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Pekerjaan Pipa dan Pompa Air | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 |
| | | Tukang Pipa | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 |
| | | Mandor | L.03 | OH | 0,5 | Rp 140.000,00 | Rp 70.000,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 210.000,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Pipa PVC 1" | | m | 29,75 | Rp 11.500,00 | Rp 342.125,00 |
| | | Elbow | | bh | 12 | Rp 16.000,00 | Rp 192.000,00 |
| | | Socket | | bh | 5 | Rp 15.000,00 | Rp 75.000,00 |
| | | Kran Gas | | bh | 2 | Rp 15.000,00 | Rp 30.000,00 |
| | | Sealtape | | bh | 2 | Rp 17.760,00 | Rp 35.520,00 |
| | | Pompa Air Submersible | | | 2 | Rp 1.790.000,00 | Rp 3.580.000,00 |
| | | Saklar tunggal | | | 2 | Rp 12.500,00 | Rp 25.000,00 |
| | | Kabel Listrik NYY 2 x 1 1/2 mm ² | | m | 10 | Rp 11.700,00 | Rp 117.000,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 4.396.645,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 4.606.645,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 460.664,50 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 5.067.309,50 |

(Sumber: Peneliti 2022)

2) *Manhole*

Manhole dengan bahan baja yang dibutuhkan adalah sebagai berikut

Tabel 4. 16 kebutuhan manhole

| NO | Tahapan | Ukuran (cm) | Jumlah |
|----|-----------------------|-------------|--------|
| 1 | Bak Ekualisasi | 30 x 30 | 1 |
| 2 | Bak Pengendapan Awal | 30 x 30 | 1 |
| 3 | Biofilter Anaerobik | 20 x 20 | 1 |
| 4 | Bak Pengendapan Akhir | 30 x 30 | 1 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Setelah menghitung BoQ pada pemasangan *manhole*, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 17 Analisa pekerjaan pemasangan *manhole* 1 paket

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|----|-----|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Pemasangan <i>manhole</i> 1 paket | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 |
| | | Tukang Las Biasa | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 |
| | | Mandor | L.03 | OH | 0,5 | Rp 140.000,00 | Rp 70.000,00 |
| | | Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | Rp 325.000,00 |
| B | | Bahan | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------------------|--|---|--|----|---|---------------|-----------------|--|
| | | <i>Manhole</i> 30 x 30 | | bh | 3 | Rp 400.000,00 | Rp 1.200.000,00 | |
| | | <i>Manhole</i> 20 x 20 | | bh | 1 | Rp 229.000,00 | Rp 229.000,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 1.429.000,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | 0 | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 1.754.000,00 | |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 175.400,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.929.400,00 | |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Maka total RAB Pekerjaan Pipa, Pemasangan Pompa air, dan Pemasangan *Manhole* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 18 RAB Pekerjaan Pipa, Pompa dan pemasangan *Manhole*

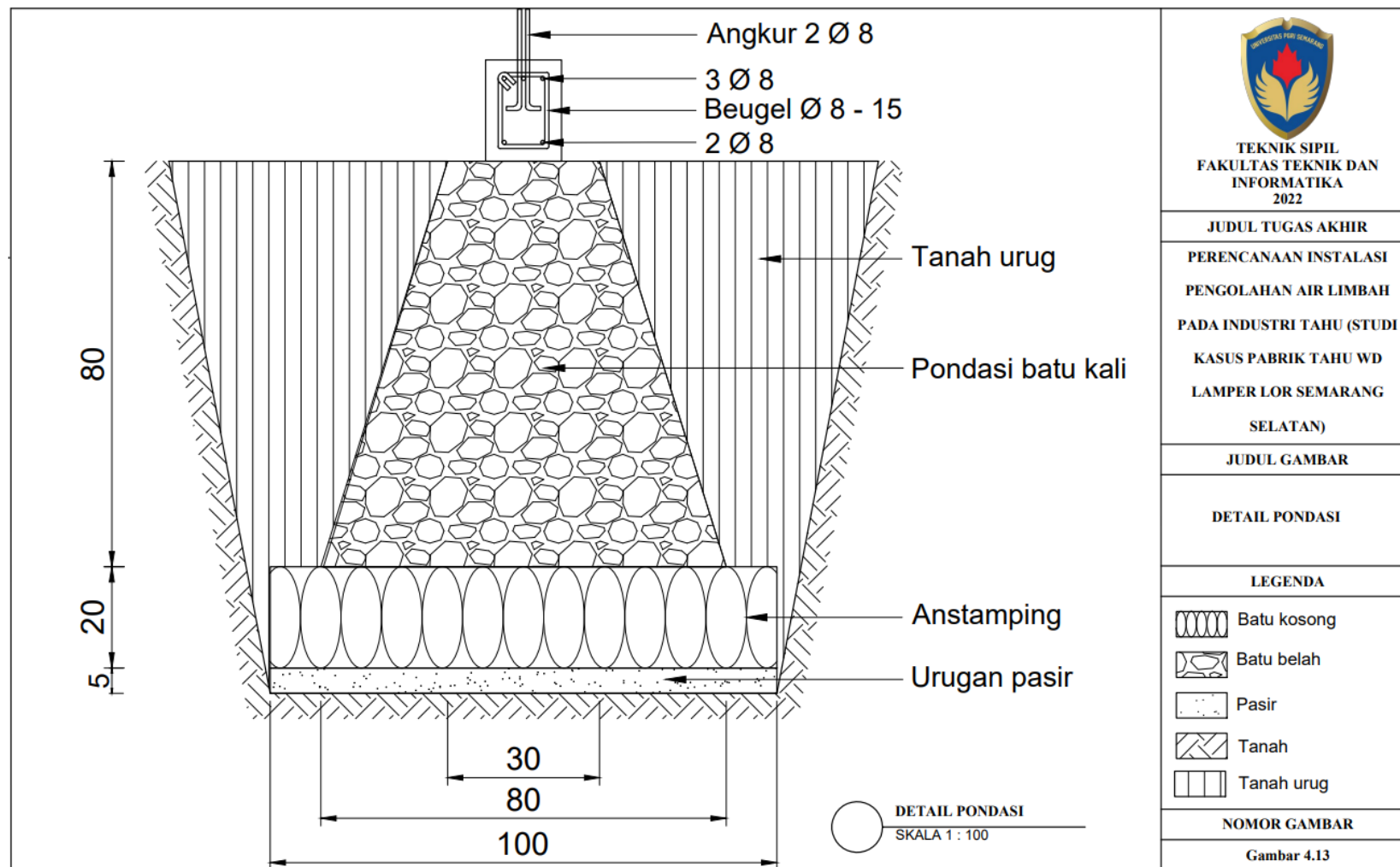
| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|---------------------------|-----------|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | Pekerjaan Pipa dan Pompa | 1 | paket | Rp 5.067.309,50 | Rp 5.067.309,50 |
| 2 | Pemasangan <i>Manhole</i> | 1 | paket | Rp 1.929.400,00 | Rp 1.929.400,00 |
| Sub Total | | | | | Rp 6.996.709,50 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

4.3.2 Bangunan Pendukung

a. Pondasi

Jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi batu belah. Jumlah yang dibutuhkan sebanyak 2 buah. Berikut adalah BoQ dari pekerjaan pondasi.



Gambar 4. 13 Detail Pondasi
(Sumber: Peneliti, 2022)

- Pekerjaan galian pondasi

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \frac{a+c}{2} \times b \times \text{panjang} \\ &= \frac{1 \text{ m} + 1,4 \text{ m}}{2} \times 1,05 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \\ &= 1,26 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pondasi yang dibutuhkan sebanyak 2 buah, maka:

$$\begin{aligned}\text{Vol total} &= 2 \times \text{volume galian} \\ &= 2 \times 1,26 \text{ m}^3 \\ &= 2,52 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Urugan pasir bawah pondasi

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \text{luas penampang} \times \text{Panjang} \\ &= 1 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,05 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pondasi yang dibutuhkan sebanyak 2 buah, maka:

$$\begin{aligned}\text{Vol total} &= 2 \times \text{volume urugan} \\ &= 2 \times 0,05 \text{ m}^3 \\ &= 0,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Pekerjaan pondasi batu kosong (Aanstamping)

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \text{luas penampang} \times \text{Panjang} \\ &= 1,00 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} \\ &= 0,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pondasi yang dibutuhkan sebanyak 2 buah, maka:

$$\begin{aligned}\text{Vol total} &= 2 \times \text{volume aanstamping} \\ &= 2 \times 0,2 \text{ m}^3 \\ &= 0,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Dimensi pondasi

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= \frac{a+c}{2} \times b \times \text{panjang} \\ &= \frac{0,8 \text{ m} + 0,3 \text{ m}}{2} \times 0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \\ &= 0,352 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pondasi yang dibutuhkan sebanyak 2 buah, maka:

$$\text{Vol total} = 2 \times \text{volume pondasi}$$

$$= 2 \times 0,352 \text{ m}^3$$

$$= 0,704 \text{ m}^3$$

Setelah menghitung BoQ pada Pekerjaan Pondasi, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 19 analisa pekerjaan pondasi

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|---------|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|--------------|
| 1 | 1.7.1.a | Penggalian 1 m³ Tanah Biasa Sedalam s.d. 1 m untuk Volume s.d. 200 m³ dalam satu lokasi | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,75 | Rp 115.000,00 | Rp 86.250,00 | |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,025 | Rp 140.000,00 | Rp 3.500,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 89.750,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp - | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 89.750,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | | Rp 8.975,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 98.725,00 |
| 2 | 1.7.2.a | Pengurugan Kembali 1 m³ Galian Tanah | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,5 | Rp 115.000,00 | Rp 57.500,00 | |
| | | Mandor | L.02 | OH | 0,05 | Rp 140.000,00 | Rp 7.000,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 64.500,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp - | |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | Rp 64.500,00 | |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | 10% x D | Rp 6.450,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | Rp 70.950,00 | |
| 3 Pemasangan 1 m³ Batu Kosong/Aanstamping | | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,78 | Rp 115.000,00 | Rp 89.700,00 |
| | | Tukang Batu | L.02 | OH | 0,39 | Rp 140.000,00 | Rp 54.600,00 |
| | | Kepala Tukang | L.03 | OH | 0,039 | Rp 97.000,00 | Rp 3.783,00 |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,039 | Rp 140.000,00 | Rp 5.460,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 153.543,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Batu Belah | | m3 | 1,2 | Rp 320.000,00 | Rp 384.000,00 |
| | | Pasir Urug | | m3 | 0,432 | Rp 182.000,00 | Rp 78.624,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 462.624,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | Rp 616.167,00 | |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | 10% x D | Rp 61.616,70 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | Rp 677.783,70 | |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|---------|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 4 | 2.1.1.d | Pemasangan 1 m³ Pondasi Batu Belah | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1,5 | Rp 115.000,00 | Rp 172.500,00 | |
| | | Tukang Batu | L.02 | OH | 0,75 | Rp 140.000,00 | Rp 105.000,00 | |
| | | Kepala Tukang | L.03 | OH | 0,075 | Rp 97.000,00 | Rp 7.275,00 | |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,075 | Rp 140.000,00 | Rp 10.500,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 295.275,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Pasir Pasang | | m3 | 0,561 | Rp 375.000,00 | Rp 210.375,00 | |
| | | Semen Portland | | kg | 1,5 | Rp 117.000,00 | Rp 175.500,00 | |
| | | Batu Belah | | m3 | 1,2 | Rp 320.000,00 | Rp 384.000,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 769.875,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 1.065.150,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | | Rp 106.515,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 1.171.665,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Tabel 4. 20 RAB pekerjaan pondasi

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|-------------------------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Galian Pondasi | 2,52 | m ³ | Rp 98.725,00 | Rp 248.787,00 |
| 2 | Pengurugan bawah pondasi | 0,1 | m ³ | Rp 70.950,00 | Rp 7.095,00 |
| 3 | Pemasangan Aanstamping | 0,4 | m ³ | Rp 677.783,70 | Rp 271.113,48 |
| 4 | Pemasangan Pondasi Batu Belah | 0,704 | m ³ | Rp 1.171.665,00 | Rp 824.852,16 |
| Sub Total | | | | | Rp 1.351.847,64 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

b. Sloof

Berikut adalah data – data kebutuhan pekerjaan sloof

Dimensi sloof = 0,20 m x 0,15 m

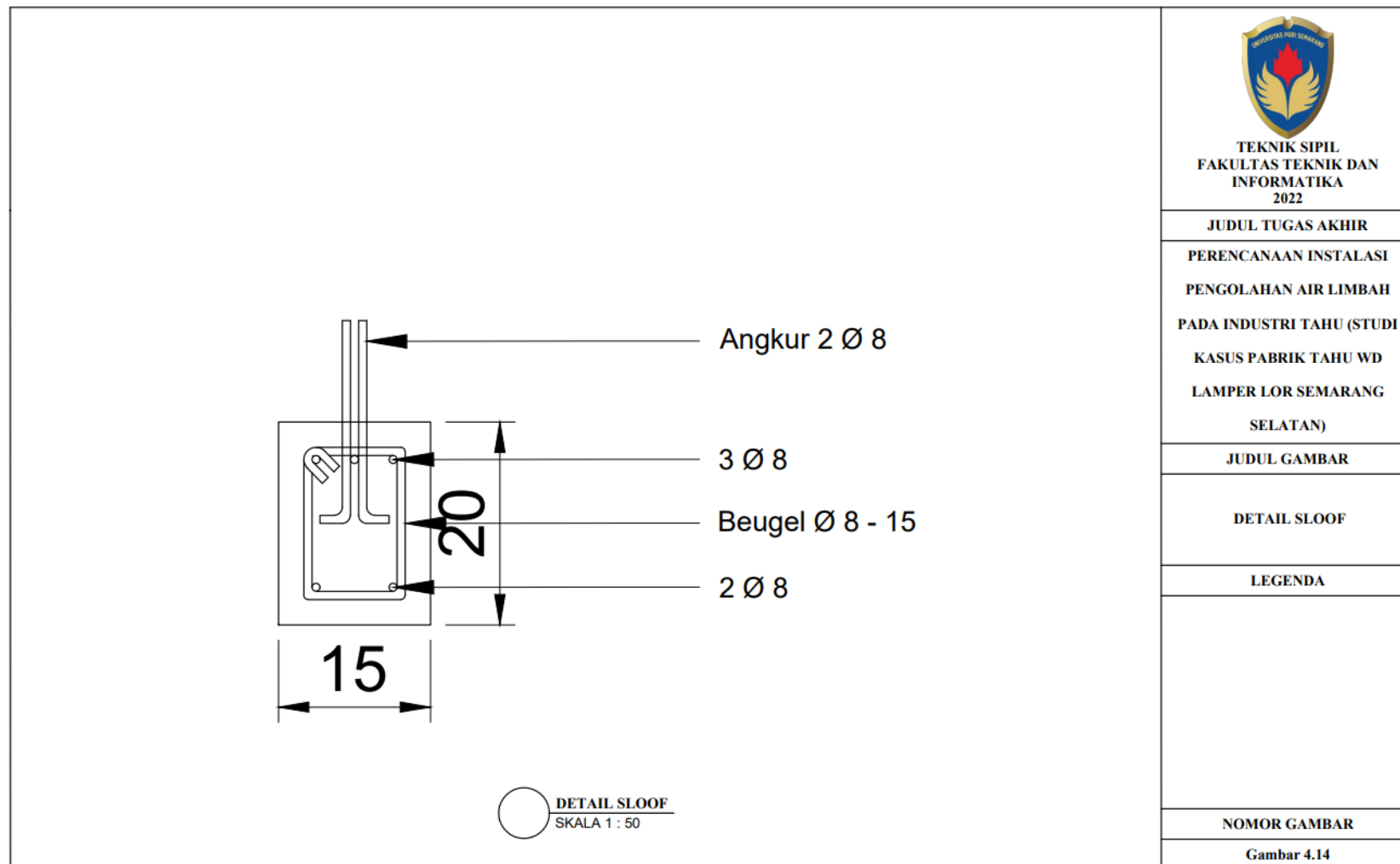
Diameter begel = 8 mm

Diameter tulangan = 8 mm

Jarak begel = 0,15 m

Jumlah tulangan = 5 buah

Selimut beton = 0,025 m



Gambar 4. 14 Detail Sloof
(Sumber: Peneliti, 2022)

Perhitungan kebutuhan pekerjaan sloof adalah sebagai berikut

- Panjang sloof

$$\begin{aligned} \text{Panjang sloof tiap m}^3 &= \frac{1}{\text{luas penampang sloof}} \\ &= \frac{1}{p \times l} \\ &= \frac{1}{0,20 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}} \\ &= 33,33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol sloof yang dibutuhkan} &= \frac{\text{keliling plat}}{\text{panjang sloof tiap m}^3} \\ &= \frac{2 \times (5 \text{ m} + 2 \text{ m})}{33,33 \text{ m}} \\ &= 0,42 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Bekisting

$$\begin{aligned} \text{Luas bekisting} &= \text{keliling penampang sloof} \times \\ &\quad \text{keliling plat lantai} \\ &= (2 \times (0,20 \text{ m} + 0,15 \text{ m})) \times (2 \times \\ &\quad (5 \text{ m} + 2 \text{ m})) \\ &= 9,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Penulangan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah begel} &= \frac{\text{keliling plat lantai}}{\text{jarak}} \\ &= \frac{2 \times (5 \text{ m} + 2 \text{ m})}{0,15 \text{ m}} \\ &= 93,33 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang per begel} &= \text{keliling penampang sloof} - (8 \\ &\quad \times \text{selimut beton} + \text{lebihan}) \\ &= (2 \times (0,20 \text{ m} + 0,15 \text{ m})) - (8 \times \\ &\quad 0,025 \text{ m} + 0,1 \text{ m}) \\ &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel total} &= \text{Panjang per begel} \times \text{jumlah} \\ &\quad \text{begel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,4 \text{ m} \times 93,33 \\
 &= 37,33 \text{ m} \\
 \text{Panjang tulangan} &= \text{keliling plat} \times \text{jumlah tulangan} \\
 &= 2 \times (5 \text{ m} + 2 \text{ m}) \times 5 \\
 &= 70 \text{ m} \\
 \text{Berat tulangan} &= \text{Panjang tulangan} \times \text{berat jenis besi} \\
 &= 70 \text{ m} \times 0,39 \\
 &= 27,3 \text{ kg} \\
 \text{Berat begel} &= \text{Panjang begel total} \times \text{berat jenis besi} \\
 &= 37,33 \text{ m} \times 0,39 \\
 &= 14,56 \text{ kg} \\
 \text{Total kebutuhan penulangan} &= \text{berat tulangan} + \text{berat begel} \\
 &= 27,3 \text{ kg} + 14,56 \text{ kg} \\
 &= 41,86 \text{ kg} \\
 - \text{ Beton} \\
 \text{Volume beton} &= \text{luas penampang sloof} \times \text{keliling plat lantai} \\
 &= (0,20 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \times (2 \times (5 \text{ m} + 2 \text{ m})) \\
 &= 0,42 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Angkur

Pemasangan angkur pada sloof bertujuan mengikat plat lantai dengan tiang untuk atap. Per atap dibutuhkan 2 buah angkur. Angkur yang digunakan adalah angkur klasik. Sejenis angkur yang ditanam terlebih dahulu. Tipe angkur yang digunakan adalah angkur L dengan panjang 25 cm.

Berikut adalah analisa perhitungan pekerjaan sloof beserta RAB yang dibutuhkan.

Tabel 4. 21 Analisa Harga Pekerjaan Sloof

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|---------------|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|---------------|
| 1 | | Pembuatan Bekisting 1 m² | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,52 | Rp 115.000,00 | Rp 59.800,00 | |
| | | Tukang Kayu | L.02 | OH | 0,26 | Rp 140.000,00 | Rp 36.400,00 | |
| | | Kepala Tukang | L.03 | OH | 0,026 | Rp 150.000,00 | Rp 3.900,00 | |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,026 | Rp 140.000,00 | Rp 3.640,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 103.740,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Kayu Kelas III (papan) | | m3 | 0,04 | Rp 8.240.000,00 | Rp 329.600,00 | |
| | | Paku Biasa 2" - 5" | | kg | 0,3 | Rp 23.000,00 | Rp 6.900,00 | |
| | | Minyak Bekisting | | ltr | 0,1 | Rp 16.800,00 | Rp 1.680,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 338.180,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 441.920,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | | Rp 44.192,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 486.112,00 |
| 2 | 2.2.6.1.b.(c) | Penulangan 100 kg dengan Besi Polos atau Besi Sirip | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|---------------|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,04 | Rp 140.000,00 | Rp 5.600,00 |
| | | Kepala Tukang | L.03 | OH | 0,07 | Rp 150.000,00 | Rp 10.500,00 |
| | | Tukang Besi | L.02 | OH | 0,7 | Rp 140.000,00 | Rp 98.000,00 |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,7 | Rp 115.000,00 | Rp 80.500,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 194.600,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Kawat Beton | | kg | 1,5 | Rp 18.800,00 | Rp 28.200,00 |
| | | Besi Beton Polos | | kg | 105 | Rp 13.650,00 | Rp 1.433.250,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 1.461.450,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 1.656.050,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 165.605,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.821.655,00 |
| 3 | 7.1.10 | Beton 1 m³ fc' 10 Mpa | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | Jam | 0,1928 | Rp 14.375,00 | Rp 2.771,50 |
| | | Tukang | L.02 | Jam | 0,2892 | Rp 17.500,00 | Rp 5.061,00 |
| | | Mandor | L.03 | Jam | 0,0241 | Rp 17.500,00 | Rp 421,75 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 8.254,25 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Superplastisizer | M67a | kg | 0 | Rp 40.000,00 | Rp - |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Air | | ltr | 166,86 | Rp 200,00 | Rp 33.372,00 |
| | | Agregat Pecah Kasar | | m3 | 0,9153 | Rp 320.000,00 | Rp 292.896,00 |
| | | Pasir Beton | | m3 | 0,596 | Rp 330.000,00 | Rp 196.680,00 |
| | | Semen Portland | | kg | 237,93 | Rp 1.500,00 | Rp 356.895,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 879.843,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| | | Concrete Vibrator | | Jam | 0,1446 | Rp 61.100,00 | Rp 8.835,06 |
| | | Batching Plant | E43 | Jam | 0,0241 | Rp 914.413,00 | Rp 22.037,35 |
| | | Alat Bantu | | Ls | 1 | Rp 1,00 | Rp 1,00 |
| | | Truk tanki air | | Jam | 0,0382 | Rp 255.200,00 | Rp 9.748,64 |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp 40.622,05 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 928.719,30 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 92.871,93 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.021.591,23 |
| 3 | | Pemasangan Angkur | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 1 | Rp 115.000,00 | Rp 115.000,00 |
| | | Mandor | L.02 | OH | 1 | Rp 140.000,00 | Rp 140.000,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 255.000,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Angkur 8 mm | | bh | 8 | Rp 5.000,00 | Rp 40.000,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 40.000,00 |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------------------|-----|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 295.000,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 29.500,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 324.500,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

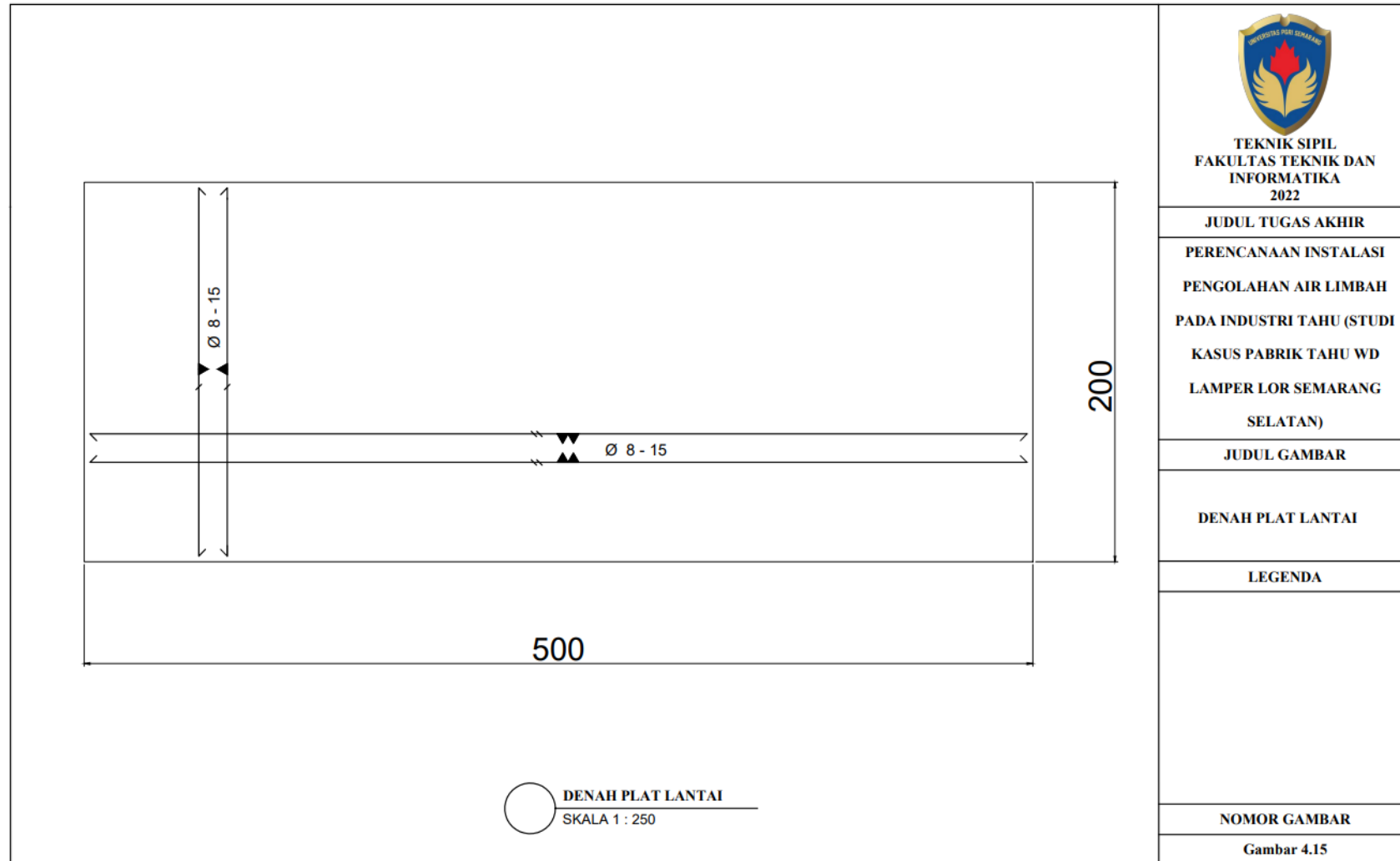
Tabel 4. 22 RAB Pekerjaan Sloof

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|-------------------------------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Pembuatan Bekisting | 9,8 | m ² | Rp 486.112,00 | Rp 4.763.897,60 |
| 2 | Penulangan 100 kg dengan besi polos | 41,86 | kg | Rp 1.821.655,00 | Rp 762.544,78 |
| 3 | Pembetonan fc' 10 Mpa | 0,42 | m ³ | Rp 1.021.591,23 | Rp 429.068,32 |
| 4 | Pemasangan angkur | 1 | paket | Rp 324.500,00 | Rp 324.500,00 |
| Sub Total | | | | | Rp 6.280.010,70 |

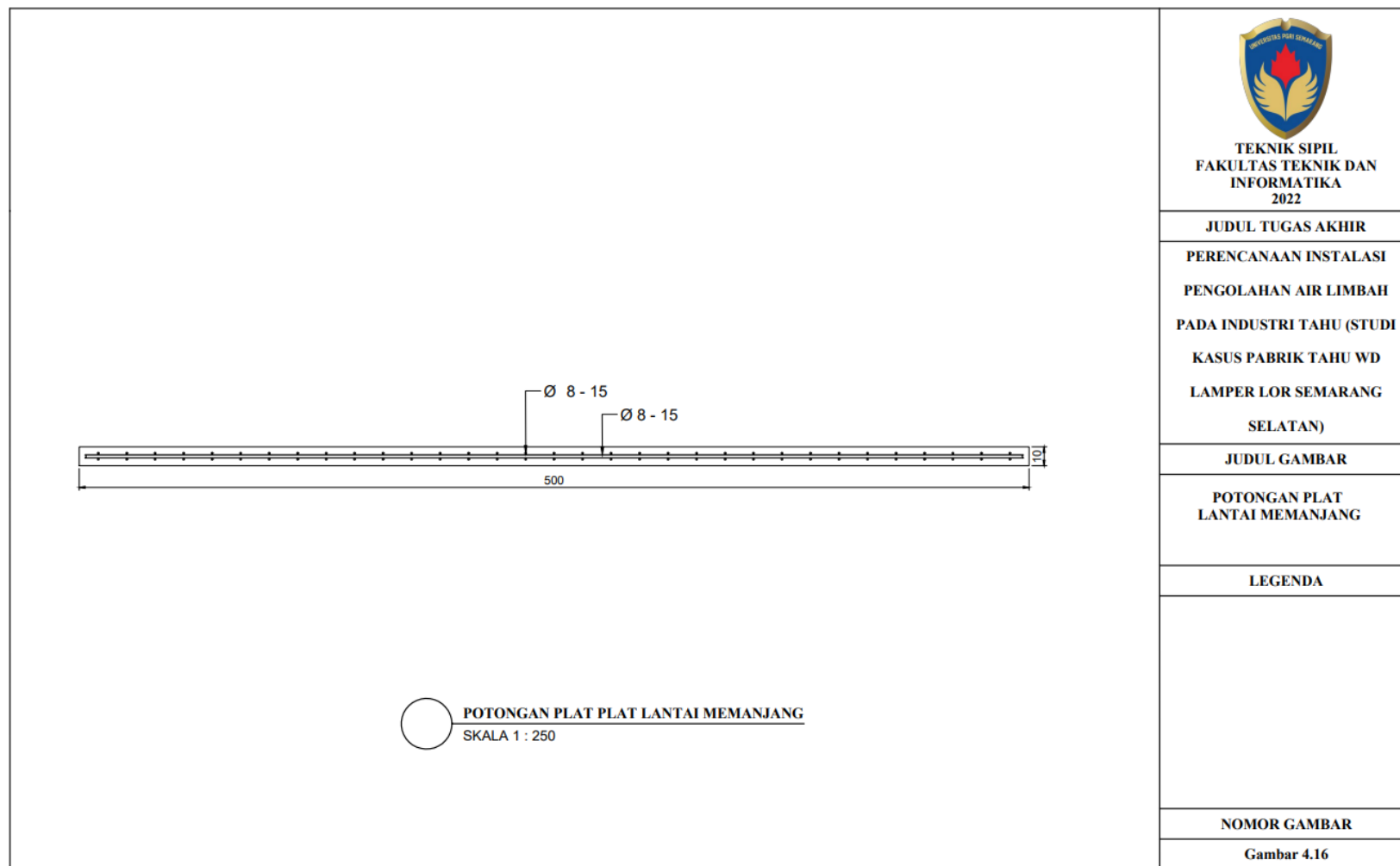
(Sumber: Peneliti, 2022)

c. Plat lantai

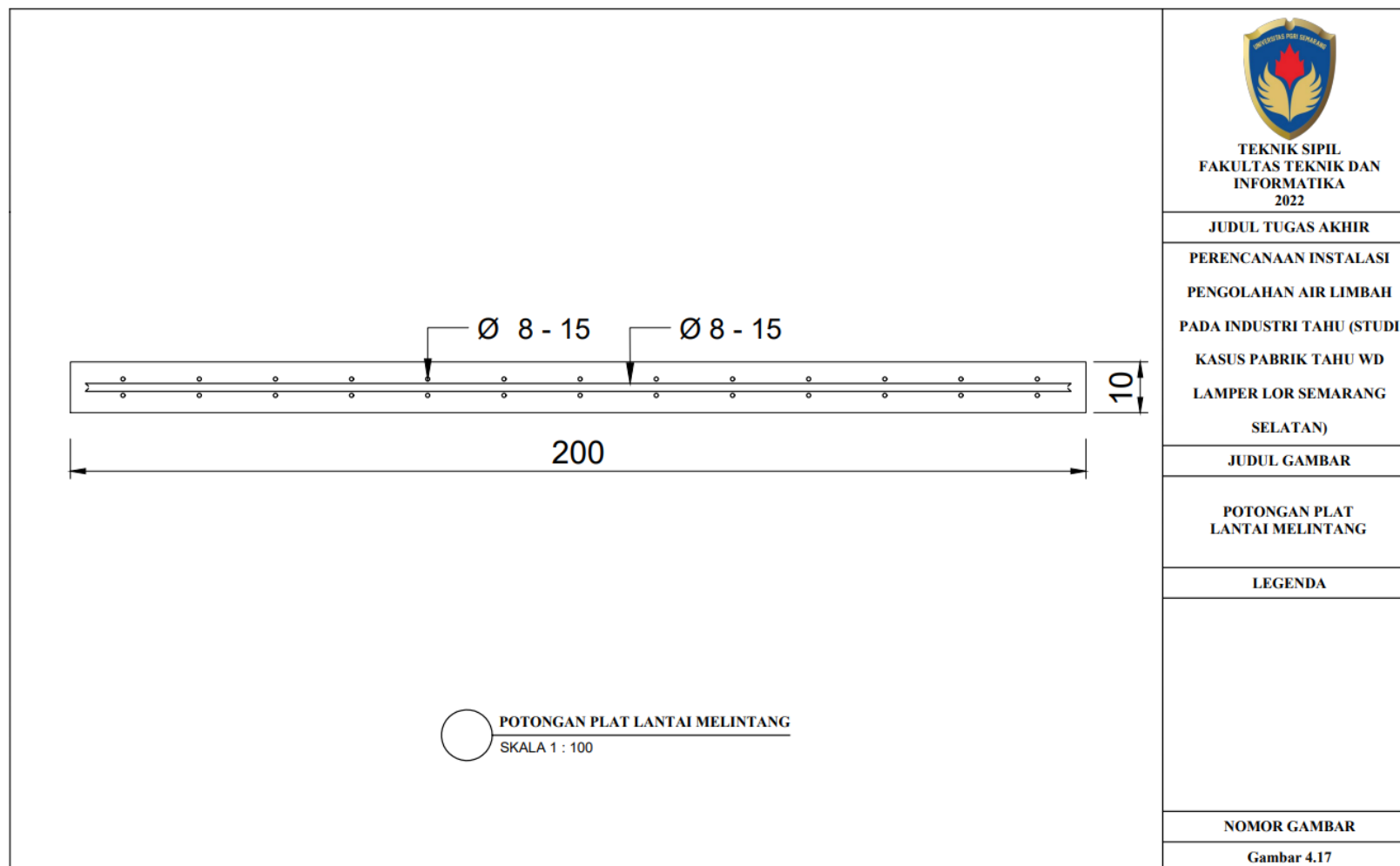
Luas lantai kerja yang dibutuhkan adalah 4,5 m x 2 m dengan ketebalan 10 cm. Jenis tulangan besi yang digunakan adalah besi polos dengan diameter 8 mm. Penulangan pada lantai kerja memiliki 2 lapisan. Lapis pertama dan kedua memiliki jarak antar besi yang sama yaitu 15 cm x 15 cm, disusun secara menyilang. Berikut perhitungan pada pekerjaan plat lantai.



Gambar 4. 15 Denah Plat Lantai
(Sumber: Peneliti, 2022)



Gambar 4. 16 Potongan Plat Lantai Memanjang
(Sumber: Peneliti, 2022)



Gambar 4. 17 Potongan Plat Lantai Melintang
(Sumber: Peneliti, 2022)

- Pembuatan bekisting

$$\begin{aligned} \text{Luas pasangan beton} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 10 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Pekerjaan penulangan besi beton

$$\begin{aligned} \text{Memanjang} &= \frac{\text{panjang plat} - (2 \times \text{panjang sloof})}{\text{jarak antar besi}} \times \text{lebar} \\ &= \frac{5 \text{ m} - (2 \times 0,15)}{0,15 \text{ m}} \times 2 \text{ m} \\ &= 62,667 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Melintang} &= \frac{\text{lebar plat} - (2 \times \text{lebar sloof})}{\text{jarak antar besi}} \times \text{panjang} \\ &= \frac{2 \text{ m} - (2 \times 0,15)}{0,15 \text{ m}} \times 5 \text{ m} \\ &= 56,667 \text{ m} \end{aligned}$$

Pemasangan tulangan dilakukan secara menyilang, maka:

$$\begin{aligned} \text{Lapisan pertama} &= 62,667 \text{ m} + 56,667 \text{ m} \\ &= 119,33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kedua lapisan} &= 2 \times 119,33 \text{ m} \\ &= 238,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Besi yang digunakan adalah besi polos berdiameter 8 mm. Konversi ke satuan kg dengan menggunakan tabel besi beton polos.

Tabel 4. 23 Besi Beton Polos

| Diameter (mm) | Berat (kg/m) |
|---------------|--------------|
| 4 | 0,09 |
| 6 | 0,22 |
| 8 | 0,39 |
| 9 | 0,50 |
| 10 | 0,62 |
| 11 | 0,75 |
| 12 | 0,89 |
| 13 | 1,04 |

| Diameter (mm) | Berat (kg/m) |
|---------------|--------------|
| 15 | 1,21 |
| 16 | 1,58 |
| 19 | 2,22 |
| 22 | 2,98 |
| 23 | 3,26 |
| 24 | 3,55 |
| 25 | 3,85 |
| 28 | 4,83 |
| 31 | 5,93 |
| 32 | 6,31 |

(Sumber: Standar Nasional Indonesia)

Berdasarkan tabel tersebut, untuk besi berdiameter 8 mm dikonversi menjadi 0,395 kg/m. Maka total kebutuhan besi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Total berat besi} &= \text{Panjang besi} \times \text{berat per batang} \\
 &= 238,67 \text{ m} \times 0,395 \text{ kg/m} \\
 &= 94,273 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah batang besi} &= \frac{\text{total berat besi}}{\text{panjang besi per batang}} \\
 &= \frac{94,273 \text{ kg}}{12 \text{ m}} \\
 &= 7,8561 \text{ batang} \sim 8 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

- Adukan beton 1 pc : 2 pasir : 3 split

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lantai beton} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal plat lantai} - \\
 &\quad (1/2 \text{ volume sloof}) \\
 &= 5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} - (1/2 \times 0,42) \\
 &= 0,79 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung BoQ pada pekerjaan plat lantai, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 24 analisa pekerjaan plat lantai

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|---------------------------|---------------|--|------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------|
| 1 | | Pembuatan Bekisting 1 m² | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,52 | Rp 115.000,00 | Rp 59.800,00 | |
| | | Tukang Kayu | L.02 | OH | 0,26 | Rp 140.000,00 | Rp 36.400,00 | |
| | | Kepala Tukang | L.03 | OH | 0,026 | Rp 150.000,00 | Rp 3.900,00 | |
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,026 | Rp 140.000,00 | Rp 3.640,00 | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 103.740,00 | |
| B | | Bahan | | | | | | |
| | | Kayu Kelas III (papan) | | m ³ | 0,04 | Rp 8.240.000,00 | Rp 329.600,00 | |
| | | Paku Biasa 2" - 5" | | kg | 0,3 | Rp 23.000,00 | Rp 6.900,00 | |
| | | Minyak Bekisting | | ltr | 0,1 | Rp 16.800,00 | Rp 1.680,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 338.180,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | Rp 441.920,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 44.192,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | | Rp 486.112,00 |
| 2 | 2.2.6.1.b.(c) | Penulangan 100 kg dengan Besi Polos atau Besi Sirip | | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | | |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|---------------|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Mandor | L.04 | OH | 0,04 | Rp 140.000,00 | Rp 5.600,00 |
| | | Kepala Tukang | L.03 | OH | 0,07 | Rp 150.000,00 | Rp 10.500,00 |
| | | Tukang Besi | L.02 | OH | 0,7 | Rp 140.000,00 | Rp 98.000,00 |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 0,7 | Rp 115.000,00 | Rp 80.500,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 194.600,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Kawat Beton | | kg | 1,5 | Rp 18.800,00 | Rp 28.200,00 |
| | | Besi Beton Polos | | kg | 105 | Rp 13.650,00 | Rp 1.433.250,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 1.461.450,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 1.656.050,00 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 165.605,00 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.821.655,00 |
| 3 | 7.1.10 | Beton 1 m³ fc' 10 Mpa | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | Jam | 0,1928 | Rp 14.375,00 | Rp 2.771,50 |
| | | Tukang | L.02 | Jam | 0,2892 | Rp 17.500,00 | Rp 5.061,00 |
| | | Mandor | L.03 | Jam | 0,0241 | Rp 17.500,00 | Rp 421,75 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 8.254,25 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Superplastisizer | M67a | kg | 0 | Rp 40.000,00 | Rp - |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------------------|-----|---|------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Air | | ltr | 166,86 | Rp 200,00 | Rp 33.372,00 |
| | | Agregat Pecah Kasar | | m ³ | 0,9153 | Rp 320.000,00 | Rp 292.896,00 |
| | | Pasir Beton | | m ³ | 0,596 | Rp 330.000,00 | Rp 196.680,00 |
| | | Semen Portland | | kg | 237,93 | Rp 1.500,00 | Rp 356.895,00 |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 879.843,00 |
| C | | Peralatan | | | | | |
| | | Concrete Vibrator | | Jam | 0,1446 | Rp 61.100,00 | Rp 8.835,06 |
| | | Batching Plant | E43 | Jam | 0,0241 | Rp 914.413,00 | Rp 22.037,35 |
| | | Alat Bantu | | Ls | 1 | Rp 1,00 | Rp 1,00 |
| | | Truk tanki air | | Jam | 0,0382 | Rp 255.200,00 | Rp 9.748,64 |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp 40.622,05 |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 928.719,30 |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 92.871,93 |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 1.021.591,23 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Tabel 4. 25 RAB pekerjaan plat lantai

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|-------------------------------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Pembuatan Bekisting | 10 | m ² | Rp 486.112,00 | Rp 4.861.120,00 |
| 2 | Penulangan 100 kg dengan besi polos | 94,27333 | kg | Rp 1.821.655,00 | Rp 1.717.334,89 |
| 3 | Pembetonan fc' 10 Mpa | 0,79 | m ³ | Rp 1.021.591,23 | Rp 807.057,07 |
| Sub Total | | | | | Rp 7.385.511,96 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

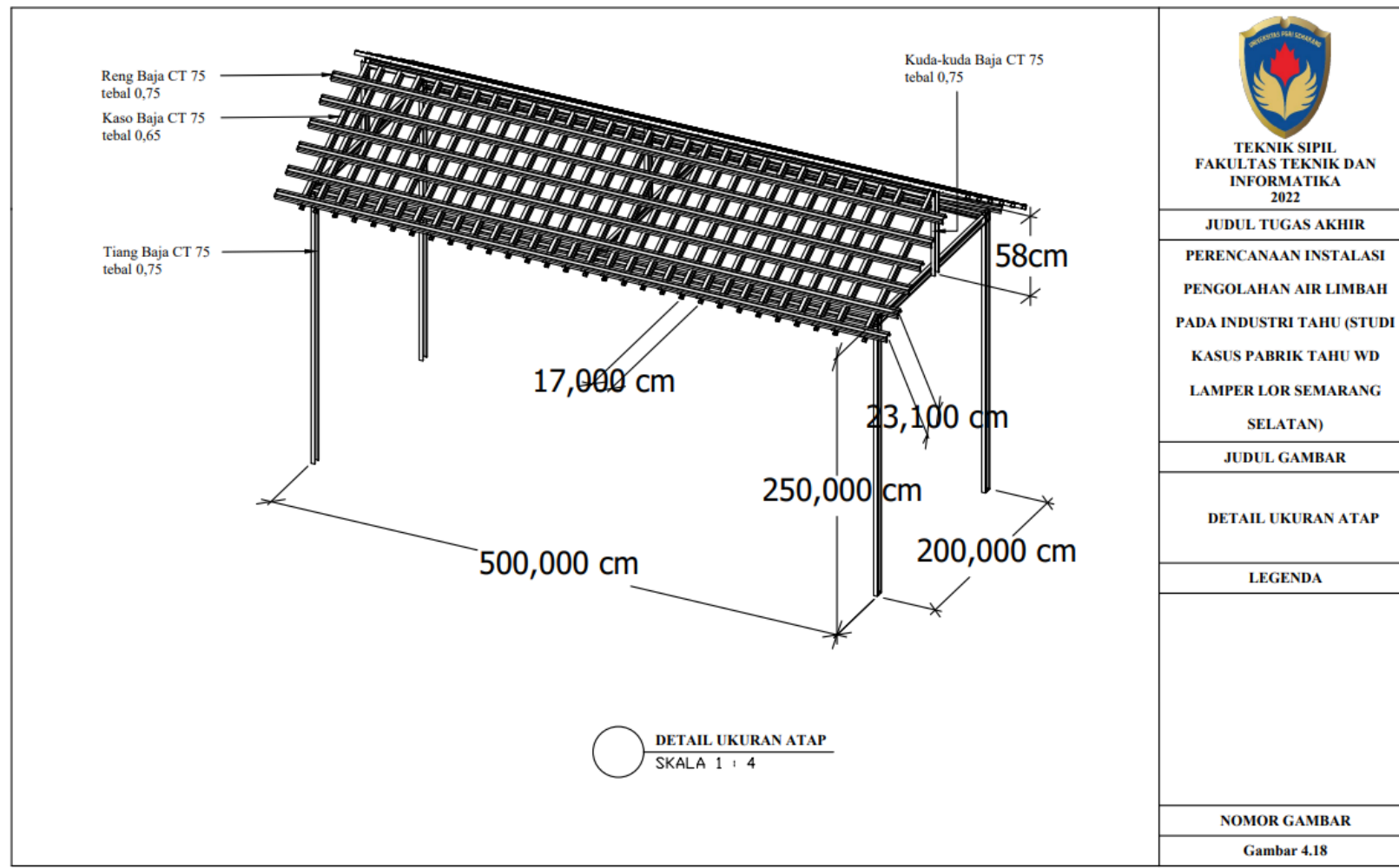
d. Pekerjaan atap

Panjang = 5 m

Lebar = 2 m

Kemiringan = 30°

Overstek = 20 cm



Gambar 4. 18 Atap Baja Ringan
(Sumber: Peneliti, 2022)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas atap} &= \frac{(\text{lebar} + \text{overstek kiri} + \text{kanan}) \times (\text{panjang} + \text{overstek kiri} + \text{kanan})}{\cos 30^\circ} \\
 &= \frac{(2 + 0,2 + 0,2) \times (5 + 0,2 + 0,2)}{\cos 30^\circ} \\
 &= 14,9649 \text{ m}^2 \\
 \text{Jumlah kaso} &= \frac{\text{luas atap} \times 4}{6} \\
 &= \frac{14,9649 \times 4}{6} \\
 &= 9,97 \text{ batang} \sim 10 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah reng} &= \text{jumlah kaso} \times 1,2 \\
 &= 10 \times 1,2 \\
 &= 12 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

Jenis atap yang digunakan adalah atap seng BJLS berukuran 1,8 m x 0,8 m dengan ketebalan 0,3 mm, kebutuhannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas seng} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\
 &= 1,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \\
 &= 1,44 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah seng} &= \frac{\text{luas atap}}{\text{luas seng}} \\
 &= \frac{14,9649}{1,44} \\
 &= 10,39 \text{ lembar} \sim 11 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Skrup} &= \text{jumlah seng} \times 12 \\
 &= 11 \times 12 \\
 &= 132 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Direncanakan terdapat 4 titik penempatan tiang, dan tiap tiang menggunakan 2 buah baja ringan. Maka yang dibutuhkan sebanyak 8 buah, masing – masing dengan tinggi 2,5 m.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 2 \times 4 \times \text{tinggi tiang} \\
 &= 2 \times 4 \times 2,5 \\
 &= 20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tiang menggunakan bahan Baja Ringan Type CT 75 dengan lebar 7,5 cm; tebal 0,65 mm; serta memiliki Panjang 6 m.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baja} &= \frac{\text{panjang kebutuhan tiang}}{\text{panjang baja}} \\ &= \frac{20}{6} \\ &= 3,33 \text{ batang} \sim \text{dibulatkan menjadi 4 batang} \end{aligned}$$

Kebutuhan baja pada kuda – kuda

$$\begin{aligned} \text{Ketinggian} &= \frac{1}{2} \times \text{lebar} \times \tan \alpha^\circ \\ &= \frac{1}{2} \times 2 \times \tan 30^\circ \\ &= 0,577 \text{ m} \\ \text{Kemiringan} &= \frac{1}{2} \times \text{lebar} \times \cos \alpha^\circ \\ &= \frac{1}{2} \times 2 \times \cos 30^\circ \\ &= 0,866 \text{ m} \\ \text{Overstek} &= \text{Panjang overstek} \times \cos \alpha^\circ \\ &= 0,2 \times \cos 30^\circ \\ &= 0,17 \text{ m} \\ \text{Batang Tarik} &= \text{keliling bangunan} \\ &= 2 \times (\text{Panjang} + \text{lebar}) \\ &= 2 \times (5+2) \\ &= 14 \text{ m} \\ \text{Total} &= 2 \times (\text{ketinggian} + \text{kemiringan} + \text{overstek} \\ &\quad + \text{batang tarik}) \\ &= 2 \times (0,577 + 0,866 + 0,17 + 14) \\ &= 15,616 \text{ m} \\ \text{Kebutuhan baja} &= \frac{\text{total kebutuhan baja}}{\text{panjang baja per batang}} \\ &= \frac{15,616}{6} \\ &= 2,6 \text{ batang} \sim \text{dibulatkan menjadi 3 batang} \end{aligned}$$

Setelah menghitung BoQ pada pekerjaan atap, berikut merupakan analisa rencana anggaran biaya yang akan dibutuhkan.

Tabel 4. 26 analisa pekerjaan atap

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---------------------------|-----|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | | Pembuatan 1 paket atap | | | | | |
| A | | Tenaga Kerja | | | | | |
| | | Pekerja | L.01 | OH | 2 | Rp 115.000,00 | Rp 230.000,00 |
| | | Tukang Besi | L.02 | OH | 2 | Rp 140.000,00 | Rp 280.000,00 |
| | | Mandor | L.02 | OH | 0,5 | Rp 140.000,00 | Rp 70.000,00 |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | | Rp 510.000,00 |
| B | | Bahan | | | | | |
| | | Tiang : Baja Ringan Type CT 75 lebar : 7,5cm tebal : 0,75 mm panjang 6 m | | m3 | 4 | Rp 120.000,00 | Rp 480.000,00 |
| | | Kaso : Baja Ringan Type CT 75 lebar : 7,5cm tebal : 0,75 mm panjang 6 m | | batang | 10 | Rp 120.000,00 | Rp 1.200.000,00 |
| | | Seng BJLS 0,3 mm uk 1,8 x 0,8 | | lembar | 11 | Rp 73.300,00 | Rp 806.300,00 |
| | | Skrup | | buah | 132 | Rp 150,00 | Rp 19.800,00 |
| | | Reng : Baja Ringan Type CT 75 lebar : 7,5cm tebal : 0,65mm panjang 6 m | | batang | 12 | Rp 93.000,00 | Rp 1.116.000,00 |

| NO | SNI | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) | |
|------------------------|-----|--|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|--|
| | | Kuda - kuda : Baja Ringan Type CT 75 lebar : 7,5cm tebal : 0,65 mm panjang 6 m | | batang | 3 | Rp 120.000,00 | Rp 360.000,00 | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | | Rp 3.982.100,00 | |
| C | | Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | | Rp - | |
| D | | Jumlah Harga Tenaga, Bahan, dan Peralatan (A+B+C) | | | | | Rp 4.492.100,00 | |
| E | | Overhead + Profit (10%) | | | | 10% x D | Rp 449.210,00 | |
| F | | Harga Satuan Pekerjaan (D+E) | | | | | Rp 4.941.310,00 | |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Tabel 4. 27 RAB pekerjaan atap

| NO | Uraian Pekerjaan | Kuantitas | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----------|------------------------|-----------|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | Pekerjaan Atap 1 paket | 1 | paket | Rp 4.941.310,00 | Rp 4.941.310,00 |
| Sub Total | | | | | Rp 4.941.310,00 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Setelah menghitung kebutuhan harga tiap pekerjaan, berikut adalah total perhitungan RAB pada Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk Pabrik Tahu WD:

Tabel 4. 28 RAB Pekerjaan Struktur utama

| NO | Nama Pekerjaan | Harga |
|--------|--|------------------|
| 1 | Bak Penampung | Rp 486.414,34 |
| 2 | Bak Ekualisasi | Rp 85.557,32 |
| 3 | Digester Anaerobik dan penampung gas | Rp 16.703,69 |
| 4 | Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir | Rp 3.562.051,89 |
| 5 | Pekerjaan Pipa dan pompa serta Pemasangan Manhole | Rp 6.996.709,50 |
| Jumlah | | Rp 11.147.436,74 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Berdasarkan hasil perhitungan rencana anggaran biaya pada pekerjaan struktur utama, RAB pada bak penampung senilai Rp486.414,34; bak ekualisasi senilai Rp85.557,32; digester anaerobik dan penampung gas senilai Rp16.703,69; bak pengendapan awal, biofilter anaerobik, dan bak pengendapan akhir Rp3.562.051,89; pekerjaan pipa, pompa, dan manhole senilai Rp6.996.709,50; maka total RAB pekerjaan struktur IPAL adalah Rp11.147.436,74 (Sebelas Juta Seratus Empat Puluh Tujuh Ribu Empat Ratus Tiga Puluh Enam Rupiah Tujuh Puluh Empat Sen).

Tabel 4. 29 RAB Pekerjaan Bangunan Pendukung

| NO | Uraian Pekerjaan | Harga |
|--------|------------------|------------------|
| 1 | Pondasi | Rp 1.351.847,64 |
| 2 | Sloof | Rp 6.280.010,70 |
| 3 | Plat Lantai | Rp 7.385.511,96 |
| 4 | Atap Baja Ringan | Rp 4.941.310,00 |
| Jumlah | | Rp 19.958.680,31 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Perhitungan pada pekerjaan bangunan pendukung meliputi pondasi, sloof, plat lantai, dan atap baja ringan. Hasil RAB pekerjaan pondasi senilai Rp. 1.351.847,64; pekerjaan sloof senilai Rp. 6.280.010,70; pekerjaan plat lantai senilai Rp. 7.385.511,96; dan pekerjaan atap baja ringan senilai Rp. 4.941.310,00. Maka total RAB pekerjaan bangunan pendukung adalah Rp. 19.958.680,31 (Sembilan Belas Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Delapan Ribu Enam Ratus Delapan Puluh Rupiah Tiga Puluh Satu Sen)

Tabel 4. 30 Total RAB IPAL

| NO | Uraian Pekerjaan | Harga | |
|--------|--------------------|-------|---------------|
| 1 | Struktur Utama | Rp | 11.147.436,74 |
| 2 | Bangunan Pendukung | Rp | 19.958.680,31 |
| Jumlah | | Rp | 31.106.117,05 |

(Sumber: Peneliti, 2022)

Setelah dilakukan perhitungan pada struktur utama dan bangunan pendukung, hasil dari perhitungan struktur utama sebesar Rp. 11.147.436,74. Sedangkan pada bangunan pendukung menghasilkan nilai Rp. 19.958.680,31. Maka total RAB seluruh kebutuhan Instalasi Pengolahan air limbah pada Pabrik Tahu WD Lamper Lor adalah senilai Rp. 31.106.117,05 (Tiga Puluh Satu Juta Seratus Enam Ribu Seratus Tujuh Belas Rupiah Lima Sen).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pengujian kualitas air limbah dengan parameter BOD, COD, TSS, dan pH berturut – turut menunjukkan hasil sebagai berikut 144 mg/L (Memenuhi); 380 mg/L (Tidak Memenuhi); 98 mg/L (Memenuhi); dan 4,3 (Tidak Memenuhi). Setelah direncanakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kualitasnya diperkirakan berubah menjadi sebagai berikut, BOD = 2,916 mg/L (Memenuhi); COD = 7,695 mg/L (Memenuhi); dan TSS = 2,11 mg/L (Memenuhi). Sedangkan secara kuantitas, air limbah yang dihasilkan adalah: debit harian 1,35 m³/hari; debit infiltrasi 0,135 m³/hari; debit harian maksimum 2,37 m³/hari; dan debit puncaknya 2,5 m³/hari.
- 2) Desain IPAL untuk Pabrik Tahu WD Lamper Lor menggunakan bak penampung dengan dimensi 1 m x 1 m x 0,3 m; Bak Ekualisasi (dengan pompa *submersible* kapasitas 10 ltr/menit) dengan dimensi 0,8 m x 1,5 m x 1,1 m; Digester anaerobik berdiameter 0,25 m dan tinggi 0,325 m; penampung gas berdimensi 0,18 m x 0,18 m; Bak Pengendapan Awal dengan dimensi 0,9 m x 0,7 m x 0,7 m; Biofilter Anaerobik (berisi bioball berjumlah 1052 buah berdiameter 6 cm) dengan dimensi 0,4 m x 0,6 m x 1,1 m; serta Bak Pengendapan Akhir dengan dimensi 0,6 m x 0,8 m x 1,1 m (dengan pompa *submersible* kapasitas 10 ltr/menit).
- 3) Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk struktur utama IPAL sebesar Rp.11.147.436,74 dan bangunan pendukungnya sebesar Rp.19.958.680,31. Maka total Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan ini adalah sebesar Rp. 31.106.117,05 (Tiga Puluh Satu Juta Seratus Enam Ribu Seratus Tujuh Belas Rupiah Lima Sen).

5.2 Saran

Setelah dilakukan analisa perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan, peneliti menyarankan sebagai berikut:

- 1) Perlu dilakukan pengujian kualitas air limbah kembali sebelum dan sesudah pengolahan air limbah melalui IPAL tersebut agar hasil lebih akurat. Sebaiknya pengujian kualitas air limbah juga dilakukan langsung pada air sungai tempat pembuangan limbah agar mengetahui kandungan – kandungannya apakah berpengaruh besar air limbah dari Pabrik Tahu WD terhadap air sungai. Menentukan kuantitas dari limbah sebaiknya langsung mengamati debit per jam atau per menit selama sehari penuh agar hasil lebih akurat.
- 2) Perlu dilakukan observasi pada industri tahu yang telah terdapat IPAL sebagai referensi untuk merancang tahapan IPAL. Dimensi tiap bak atau tiap tahapan dapat diubah jika kondisi luas lahan sempit atau tidak memungkinkan dengan syarat volumenya tidak lebih kecil dari volume yang telah ditetapkan. Desain perlu dikembangkan pada penelitian selanjutnya dengan merubah atau menambahkan bak tahapan atau proses pada IPAL. Pada digester anaerobik dapat menghasilkan biogas yang dapat digunakan untuk keperluan pembuatan tahu maupun pada keperluan lain – lain, serta air yang telah diolah dapat digunakan kembali.
- 3) Dapat dipilih alternatif yang lebih ekonomis untuk menekan biaya perancangan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) contohnya dalam memilih bahan pada bangunan utama. Perencanaan IPAL dengan bahan baja dapat dipindahkan di berbagai tempat, karena bersifat fleksibel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, Deden. (2006). *Biologi : Kelompok Pertanian dan Kesehatan*. Bandung. Penerbit Grafindo Media Partner.
- Adibroto, T. (1997). *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob. Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair*. BPPT. Jakarta Pusat.
- Arikunto, S. (2006). *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Auliya anwar (2020). *Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan bio filter*. Diakses pada 9 Februari 2020, dari <file:///D:/jurnal%20perencanaan%20ipal/Auliya%20Anwar,%20150702038,%20FST,%20TL,%20082249126475.pdf>
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 6989.11:2019. *Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 6989.73:2009. *Air Dan Air Limbah – Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) Dengan Refluks Tertutup Secara Titrimetri*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 6989.72:2009. *Air dan air limbah – bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 06-6989.3-2004. *Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri*. Jakarta.
- Dhenog Chintia Rani (2019). *Perencanaan IPAL Industri Tempe dengan Digester anaerobik dan biofilter Anaerobik – Aerobik*. Tugas akhir jurusan teknik sipil, Universitas Mataram.
- Donny H, Masfufahut T, Rini W.S (2016). *Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu “ 3 SAUDARA” Malang Dengan Kombinasi Bio Filter Anaerobik – aerobik*. Universitas Brawijaya, Malang.

- Effendi hefni 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan, Perairan*. Penerbis kanisius Yogyakarta.
- Hambadina, Aris Patih. (2017). *Optimalisasi Kinerja Pengolahan Limbah Domestik Pada MCK Plus Tlogomas*. Teknik Lingkungan, ITN. Malang.
- Herlambang (2002). *Karakteristik air limbah industri tahu*. Buku limbah cair industri.
- Hidayati, Shafiya Sausan. 2017. *Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu Fit Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik – Aerobik*. Jurnal, Teknik Pengairan. Universitas Brawijaya
- Hidup, K. L. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Indriyanti (2005). *Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam*. Pusat Pengkajian Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT Jakarta Pusat.
- Kaswinarni, F. (2007). *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali*. Semarang: Program Pascasarjana. Undip.
- Kementerian Kesehatan (2011). *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum (2014). *Draft Pedoman Jaringan Perpipaan Air Limbah*. Jakarta
- Khusnul amri, Putu wesen (2018). *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Plastik Bioball dengan proses biofilter anaerob*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran
- Kusuma Wardana, Afif, dkk. (2021). *Pemanfaat Limbah Plastik HPDE Sebagai Pengganti Agregat Kasar Tertentu pada Campuran Beton Ringan*.

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

- Marhadi. (2016). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah(IPAL) Industri Tahu Di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur*. Universitas Batanghari Jambi.
- Menperindag. (1997). Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI Nomor : 231/MPP/Kep/7/1997 tentang Prosedur Impor Limbah.
- Metcalf, dan Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. Mc Graw Hill inc. Newyork.
- Mubin, Fathul. (2016). *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. Vol 4 No 3.
- Mufida, D. K., Sholichin, M. dan Cahyani, C. 2015. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Menggunakan Kombinasi Sistem Anaerobik – Aerobik pada Pabrik Tahu “DUTA”*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nohong, N. (2010). *Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmiun dan Besi dalam Air Lindi TPA*. Jurnal Pembelajaran Sains, 6(2), 257-269.
- Pamungkas, Agung Wahyu dan Slamet A. (2017). *Pengolahan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pohan, N. (2008). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik*. Program Pasca Sarjana USU. Medan.
- Purwanto. (2006). *Variabel dalam Penelitian Pendidikan*. STAIN Surakarta.
- Said, Idaman Nusa. (2018). *Teknologi Biofilter Anaerob-Aerob Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik (Perkantoran, Rumah Sakit, Hotel Dan Domestik Industri)*. BPPT. Jakarta.
- Said, Idaman Nusa dan Firly. (2005). *Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam*. Jurusan Kimia, Universitas Negeri Jakarta.

- Subekti, S. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke – 2 Tahun 2011, Semarang, hal. 61 – 66.
- Sugiyono. (2012). *Memahami Penelitian Kuantitatif*. Alfabeta, Bandung.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Uli, W., Ulrich, S., Nicolai, H. (1989). *Biogas Plant in Animal Husbandry*, Germany : GTZ.