

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
(IPAL) INDUSTRI TAHU  
(Studi Kasus: Industri Tahu Solo di Desa Punge Blang Cut Kecamatan Jaya  
Baru Kota Banda Aceh)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**SARBANI PUTRI  
NIM. 170702045  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2021 M/1442 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
(IPAL) INDUSTRI TAHU**

**(Studi Kasus: Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut  
Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu  
Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh

**SARBANI PUTRI**

**NIM. 170702045**

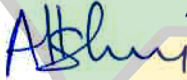
**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**

Banda Aceh, 7 Juli 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
**Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.**

**NIDN. 2002028310**

  
**Ir. Yeggi Darnas, M.T.**

**NIDN. 2020067905**

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

  
**Dr. Eng Nur Aida, M.Si.**

**NIDN. 201606780**

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) INDUSTRI TAHU

(Studi Kasus: Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut  
Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh)

#### TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 19 Juli 2022  
20 Dzulhijjah 1443 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

  
Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
NIDN. 2002028310

  
Ir. Yeggi Darnas, M.T.  
NIDN. 2020067905

Penguji I,

Penguji II,

  
Aulia Rohendi, M.Sc.  
NIDN. 2010048202

  
Husnawati Yahya, M.Sc.  
NIDN. 2009118301

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



  
Dr. Azhar Amsal, M.Pd.  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sarbani Putri  
NIM : 170702045  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)  
Industri Tahu (Studi Kasus: Industri Tahu Solo Desa Punge  
Blang Cut Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini merupakan gagasan rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 05 Juni 2022

Yang membuat pernyataan,



Sarbani Putri

## ABSTRAK

Nama : Sarbani Putri  
NIM : 170702045  
Program Studi : Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST)  
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)  
Industri Tahu (Studi Kasus: Industri Tahu Solo Desa Punge  
Blang Cut Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh)  
Tanggal Sidang : 19 Juli 2022  
Jumlah Halaman : 64  
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
Pembimbing II : Ir. Yeggi Darnas, M.T.  
Kata Kunci : Industri Tahu, limbah cair tahu, IPAL, koagulasi-flokulasi,  
fitoremediasi

Industri tahu menjadi salah satu industri rumahan di seluruh Indonesia, salah satunya terletak di kota Banda Aceh. Terdapat 16 industri tahu di Kota Banda Aceh, salah satunya adalah 1 industri di Kecamatan Jaya Baru yaitu Industri Tahu Solo. Industri Tahu Solo memiliki kapasitas produksi kedelai 400 kg/hari dengan total volume air limbah 8.000 L/hari atau 8 m<sup>3</sup>/hari. Industri Tahu Solo beroperasi selama 9 jam, sehingga diperoleh debit harian adalah 0,9 m<sup>3</sup>/jam atau 2,8 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s. Limbah cair industri tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan. Kandungan pencemar organik pada limbah cair industri tahu relatif tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah 48,8 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah 115 mg/L, Total Padatan Tersuspensi (TSS) adalah 293 mg/L, dan pH 5,45. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa kualitas limbah cair pada Industri Tahu Solo belum memenuhi syarat baku mutu. Mengingat potensi pencemaran limbah cair industri tahu terhadap lingkungan, maka perlu dilakukan pengolahan limbah tahu secara tepat dan benar. Proses koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji kelor dan fitoremediasi tanaman eceng gondok merupakan satu metode yang dipilih untuk mengolah limbah cair industri tahu ini. Selain itu, IPAL direncanakan untuk mengolah air limbah tahu sebelum dibuang ke badan air. IPAL yang direncanakan terdiri dari bak ekualisasi, bak koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi dan bak fitoremediasi. Estimasi nilai COD dari efluen yang diolah dari IPAL adalah 59,157 mg/L, BOD 21,1 mg/L, dan TSS 100 mg/L. Sesuai dengan Permen LHK No. 68 Tahun 2016, nilai kualitas efluen telah mencapai persyaratan baku mutu.

## ABSTRACT

Name : Sarbani Putri  
Student ID Number : 170702045  
Study Program : Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi (FST)  
Title : *Design of Tofu Industrial Wastewater Treatment Plant (WWTP) (Case Study: Solo Tofu Industry, Punge Blang Cut Village, Jaya Baru District, Banda Aceh City)*  
Session Date : July 19<sup>th</sup>, 2022  
Thesis Thickness : 64  
Advisor I : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
Advisor II : Ir. Yeggi Darnas, M.T.  
Keywords : *Tofu industries, tofu wastewater, WWTP, coagulation-flocculation, phytoremediation*

*The tofu industry is one of the home industries throughout Indonesia, one of which is located in the city of Banda Aceh. There are 16 tofu industries in Banda Aceh City, one of which is 1 industry in Jaya Baru District, namely the Solo Tofu Industry. Solo Tofu Industry has a soybean production capacity of 400 kg/day with a total waste water volume of 8,000 L/day or 8 m<sup>3</sup>/day. Solo Tofu Industry operates for 9 hours, so the daily debit is 0.9 m<sup>3</sup>/hour or 2.8 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s. Tofu industry liquid waste comes from washing, boiling, pressing, and printing processes. The organic pollutant content in tofu industrial wastewater is relatively high. The results showed that Biological Oxygen Demand (BOD) was 48.8 mg/L, Chemical Oxygen Demand (COD) was 115 mg/L, Total Suspended Solids (TSS) was 293 mg/L, and pH was 5.45. From the results of this study it can be seen that the quality of liquid waste in the Solo Tofu Industry does not meet the quality standard requirements. Given the potential pollution of tofu industrial wastewater to the environment, it is necessary to treat tofu waste properly and correctly. The coagulation-flocculation process using moringa seed powder and water hyacinth phytoremediation is one of the methods chosen to treat this tofu industrial wastewater. In addition, WWTP is planned to treat tofu wastewater before being discharged into water bodies. The planned WWTP consists of equalization tanks, coagulation-flocculation tanks, sedimentation tanks and phytoremediation tanks. The estimated COD value of the effluent treated from WWTP is 59.157 mg/L, BOD 21.1 mg/L, and TSS 100 mg/L. In accordance with Minister of Environment and Forestry No. 68 of 2016, the effluent quality value has reached the quality standard requirements.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu (Studi Kasus: Industri Tahu Solo di Desa Punge Blang Cut Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh)”**. Shalawat dan Salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW. Penulisan Tugas Akhir ini, bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan batuan, saran, dan bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberi dukungan baik secara materi, kasih sayang, nasihat dan lainnya.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Ibu Rizna Rahmi, S.Si., M.Sc., dan Bapak M. Faisi Ikhwal, S.T., M.Eng., selaku dosen Penasehat Akademik yang telah banyak memberikan dukungan dan arahan selama masa perkuliahan.
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis.
7. Ibu Ir. Yeggi Darnas, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

8. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
9. Bapak Sugeng Widodo selaku Pemilik Usaha Tahu Solo, dan para pekerja Industri Tahu Solo yang telah banyak membantu dan memberikan data perencanaan dalam Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman seperjuangan Mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan Angkatan 2017, yang telah banyak berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis selama masa pendidikan.
11. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya yang telah banyak membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis menerima segala saran dan kritik yang membangun untuk mencapai kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir mengenai **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu (Studi Kasus: Industri Tahu Solo di Desa Punge Blang Cut Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh)”** ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Banda Aceh, Maret 2021

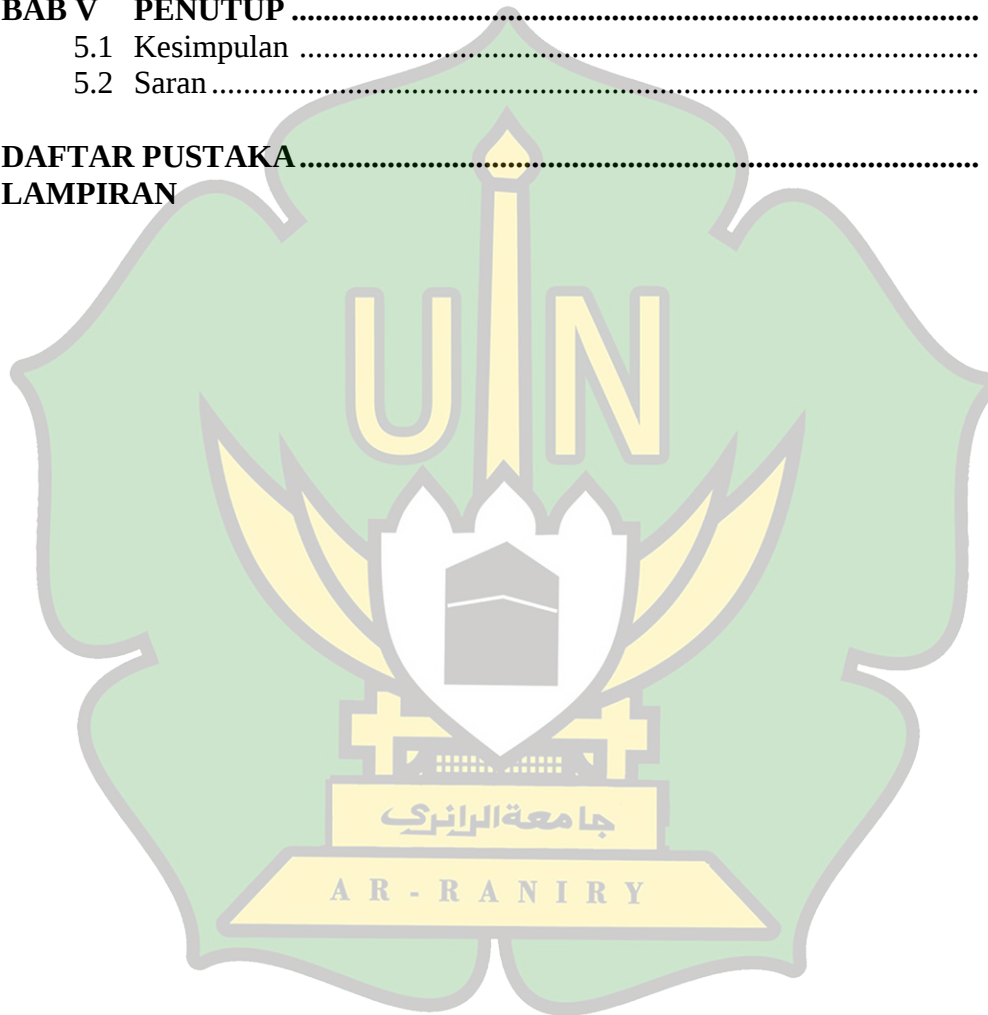
Penulis,

Sarbani Putri  
NIM. 170702045

## DAFTAR ISI

|                                                                    |               |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>LEMBAR PESERTUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>                         | <b>i</b>      |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....</b>                          | <b>ii</b>     |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>                 | <b>iii</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                               | <b>iv</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                         | <b>vi</b>     |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                             | <b>viii</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                          | <b>x</b>      |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                           | <b>xi</b>     |
| <b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>                                       | <b>xii</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                       | <b>xiii</b>   |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                 | <br><b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....                                           | 1             |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                          | 2             |
| 1.3 Tujuan .....                                                   | 2             |
| 1.4 Manfaat .....                                                  | 3             |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                          | 3             |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                           | <br><b>4</b>  |
| 2.1 Industri Tahu .....                                            | 4             |
| 2.1.1 Limbah Cair Industri Tahu .....                              | 4             |
| 2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu .....                | 5             |
| 2.1.3 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu .....                    | 6             |
| 2.2 Dampak Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu .....              | 7             |
| 2.3 Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu .....          | 7             |
| 2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo..... | 12            |
| 2.4.1 Bak Ekualisasi/ Penampungan Awal .....                       | 13            |
| 2.4.2 Bak Koagulasi-Flokulasi .....                                | 13            |
| 2.4.3 Bak Sedimentasi .....                                        | 16            |
| 2.4.4 Bak Fitoremediasi.....                                       | 17            |
| 2.5 Penelitian Terdahulu .....                                     | 19            |
| <br><b>BAB III METODE PERENCANAAN.....</b>                         | <br><b>21</b> |
| 3.1 Lokasi Perencanaan IPAL Industri Tahu .....                    | 21            |
| 3.2 Metode Perencanaan .....                                       | 21            |
| 3.2.1 Pengumpulan Data Perencanaan .....                           | 21            |
| 3.2.1.1 Data Primer .....                                          | 21            |
| 3.2.1.2 Data Sekunder .....                                        | 22            |
| 3.2.2 Pengolahan dan Analisis Data .....                           | 22            |
| 3.3 Tahapan Perencanaan .....                                      | 26            |
| <br><b>BAB IV HASIL DAN PERHITUNGAN .....</b>                      | <br><b>28</b> |
| 4.1 Kualitas dan Kuantitas Limbah Cair Industri Tahu Solo .....    | 28            |
| 4.1.1 Kualitas Air Limbah Tahu Solo.....                           | 28            |
| 4.1.2 Kuantitas Air Limbah Tahu Solo.....                          | 28            |
| 4.2 Perencanaan dan Perhitungan DED IPAL Tahu Solo .....           | 29            |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1 Kapasitas IPAL yang Direncanakan.....                              | 29        |
| 4.2.2 Perhitungan <i>Detail Engineering Desain</i> (DED) Unit IPAL ...   | 30        |
| 4.2.2.1 Bak Ekualisasi .....                                             | 30        |
| 4.2.2.2 Bak Koagulasi-Flokulasi .....                                    | 32        |
| 4.2.2.3 Bak Sedimentasi .....                                            | 38        |
| 4.2.2.4 Kolam Fitoremediasi .....                                        | 41        |
| 4.3 <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ..... | 44        |
| 4.3.1 <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) .....                                | 44        |
| 4.3.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....                                 | 52        |
| <b>BAB V   PENUTUP .....</b>                                             | <b>60</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                     | 60        |
| 5.2 Saran .....                                                          | 60        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                               | <b>61</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                                                          |           |



## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                            |    |
|-------------|------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1  | Diagram Alir Proses Pembuatan Tahu .....                   | 5  |
| Gambar 2.2  | Pengolahan Fisika dengan Proses Filtrasi .....             | 8  |
| Gambar 2.3  | Pengolahan Fisika dengan Proses Flotasi .....              | 9  |
| Gambar 2.4  | Pengolahan Kimia dengan Proses Pertukaran Ion .....        | 9  |
| Gambar 2.5  | Pengolahan Biologi dengan Proses Anerobik dan Aerobik .... | 10 |
| Gambar 2.6  | Pengolahan Biologi dengan Proses Fitoremediasi .....       | 11 |
| Gambar 2.7  | Bak Ekualisasi .....                                       | 13 |
| Gambar 2.8  | Bak Koagulasi .....                                        | 15 |
| Gambar 2.9  | Bak Flokulasi .....                                        | 15 |
| Gambar 2.10 | Bak Sedimentasi .....                                      | 17 |
| Gambar 2.11 | Bak Fitoremediasi .....                                    | 18 |
| Gambar 2.12 | Model IPAL Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut .....   | 18 |
| Gambar 3.1  | Peta Lokasi Perencanaan IPAL Industri Tahu .....           | 21 |
| Gambar 3.2  | Tahapan Perencanaan IPAL Industri Tahu Solo .....          | 27 |
| Gambar 4.1  | Tampak Atas Bak Ekualisasi .....                           | 31 |
| Gambar 4.2  | Potongan A-A Bak Ekualisasi .....                          | 31 |
| Gambar 4.3  | Tampak Atas Bak Koagulasi .....                            | 36 |
| Gambar 4.4  | Potongan A-A Bak Koagulasi .....                           | 37 |
| Gambar 4.5  | Tampak Atas Bak Flokulasi .....                            | 37 |
| Gambar 4.6  | Potongan A-A Bak Flokulasi .....                           | 37 |
| Gambar 4.7  | Tampak Atas Bak Sedimentasi .....                          | 40 |
| Gambar 4.8  | Potongan A-A Bak Sedimentasi .....                         | 40 |
| Gambar 4.9  | Tampak Atas Bak Fitoremediasi .....                        | 43 |
| Gambar 4.10 | Potongan A-A Bak Fitoremediasi .....                       | 43 |



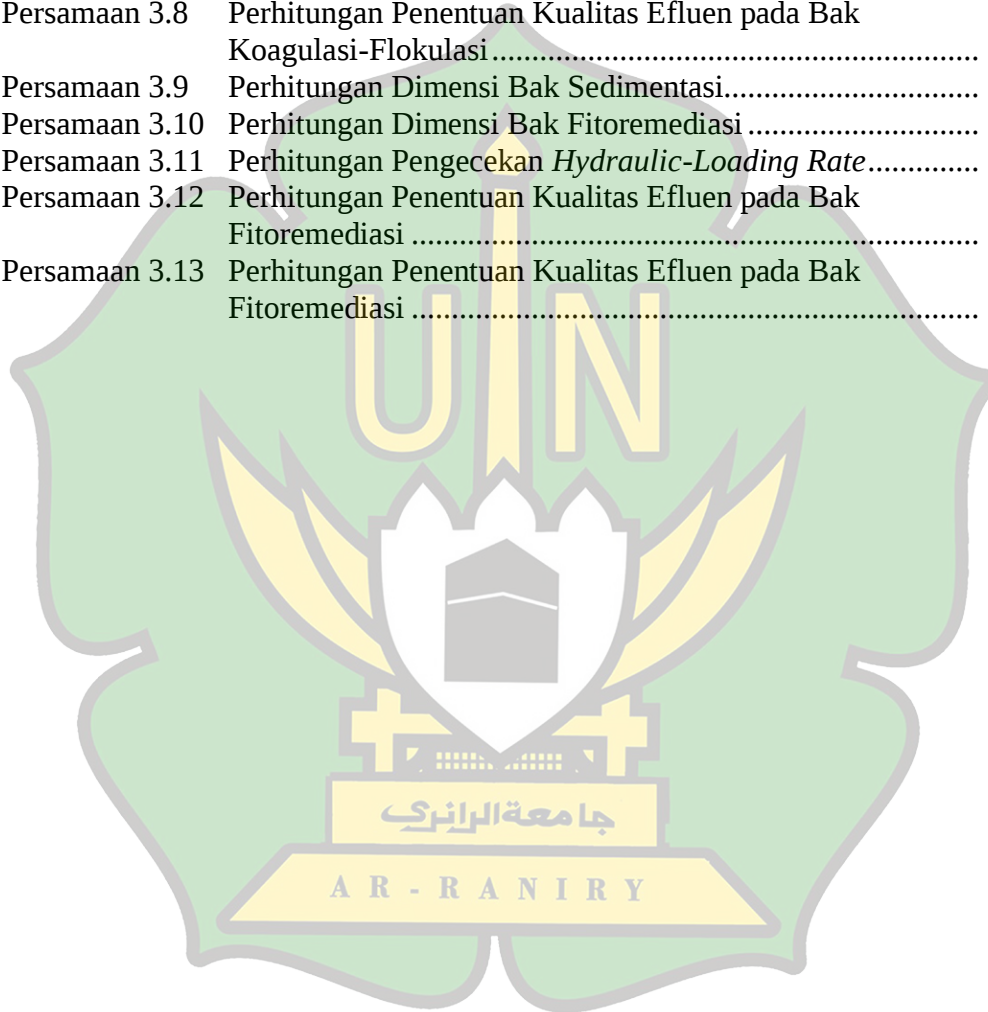
## DAFTAR TABEL

|            |                                                                                                         |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1  | Karakteristik Fisika dan Kimia Limbah Cair Tahu.....                                                    | 6  |
| Tabel 2.2  | Baku Mutu Air Limbah .....                                                                              | 7  |
| Tabel 2.3  | Kriteria Desain Bak Ekualisasi .....                                                                    | 13 |
| Tabel 2.4  | Kriteria Desain Bak Koagulasi .....                                                                     | 14 |
| Tabel 2.5  | Kriteria Desain Bak Flokulasi .....                                                                     | 14 |
| Tabel 2.6  | Kriteria Desain Bak Sedimentasi .....                                                                   | 16 |
| Tabel 2.7  | Kriteria Desain Bak Fitoremediasi.....                                                                  | 18 |
| Tabel 2.8  | Penelitian Terdahulu Terkait Perencanaan IPAL Industri Tahu .....                                       | 19 |
| Tabel 4.1  | Hasil Uji Sampel Air Limbah Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut .....                               | 28 |
| Tabel 4.2  | Hasil Uji Sampel Air Limbah Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut setelah didiamkan selama 4 Jam..... | 28 |
| Tabel 4.3  | Rekap Hasil Rancangan Bak Ekualisasi .....                                                              | 31 |
| Tabel 4.4  | Rekap Hasil Rancangan Bak Koagulasi-Flokulasi .....                                                     | 36 |
| Tabel 4.5  | Spesifikasi Tambahan dari Unit Koagulasi-Flokulasi .....                                                | 38 |
| Tabel 4.6  | Rekap Hasil Rancangan Bak Sedimentasi .....                                                             | 40 |
| Tabel 4.7  | Rekap Hasil Rancangan Kolam Fitoremediasi .....                                                         | 43 |
| Tabel 4.8  | Rekap Hasil Perhitungan BOQ Perencanaan IPAL Tahu Solo...                                               | 52 |
| Tabel 4.9  | Harga Satuan Pekerjaan Unit .....                                                                       | 53 |
| Tabel 4.10 | Rencana Anggaran Biaya (RAB) IPAL Industri Tahu Solo.....                                               | 56 |
| Tabel 4.11 | Rekapitulasi RAB Perencanaan IPAL Industri Tahu Solo .....                                              | 59 |



## DAFTAR PERSAMAAN

|                |                                                                             |    |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Persamaan 3.1  | Perhitungan Efektivitas Tiap Parameter .....                                | 23 |
| Persamaan 3.2  | Perhitungan Debit Air Limbah .....                                          | 23 |
| Persamaan 3.3  | Perhitungan Dimensi Bak Ekualisasi.....                                     | 23 |
| Persamaan 3.4  | Perhitungan Pengecekan Waktu Tinggal .....                                  | 24 |
| Persamaan 3.5  | Perhitungan Dimensi Bak Koagulasi-Flokulasi.....                            | 24 |
| Persamaan 3.6  | Perhitungan Volume Bak Koagulasi-Flokulasi .....                            | 24 |
| Persamaan 3.7  | Perhitungan Penentuan Kualitas Efluen pada Bak<br>Koagulasi-Flokulasi ..... | 24 |
| Persamaan 3.8  | Perhitungan Penentuan Kualitas Efluen pada Bak<br>Koagulasi-Flokulasi ..... | 24 |
| Persamaan 3.9  | Perhitungan Dimensi Bak Sedimentasi.....                                    | 25 |
| Persamaan 3.10 | Perhitungan Dimensi Bak Fitoremediasi .....                                 | 25 |
| Persamaan 3.11 | Perhitungan Pengecekan <i>Hydraulic-Loading Rate</i> .....                  | 25 |
| Persamaan 3.12 | Perhitungan Penentuan Kualitas Efluen pada Bak<br>Fitoremediasi .....       | 26 |
| Persamaan 3.13 | Perhitungan Penentuan Kualitas Efluen pada Bak<br>Fitoremediasi .....       | 26 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Lampiran 1 : Hasil Uji Laboratorium .....   | 65 |
| Lampiran 2 : Baku Mutu Air Limbah.....      | 67 |
| Lampiran 3 : Foto Dokumentasi .....         | 69 |
| Lampiran 4 : Detail Engineering Design..... | 73 |





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tahu menjadi salah satu industri rumahan di seluruh Indonesia, salah satunya terletak di kota Banda Aceh. Kota Banda Aceh merupakan kota di Provinsi Aceh dengan kegiatan industri kecil. Pada tahun 2019 terdapat 12.012 Usaha Kecil Menengah (UKM) dengan 16 industri tahu, antara lain 4 di Kecamatan Meuraxa, 1 di Jaya Baru, 1 di Banda Raya, dan 3 di industri Baiturrahman, 1 industri tahu di Kuta Alam, 2 industri tahu di Kuta Raja, 2 industri tahu di Syiah Kuala dan 2 industri tahu di Ulee Kareng (BPS Kota Banda Aceh, 2020).

Sebagian besar industri tahu telah menyatu dengan kawasan permukiman, sehingga limbah yang dihasilkan selama proses produksi bisa menimbulkan masalah bagi warga sekitar. Industri tahu menghasilkan limbah cair dan limbah padat selama proses produksinya. Limbah padat berupa ampas tahu telah diatasi dengan dimanfaatkan sebagai pakan ternak, namun limbah cair belum diatasi dengan baik. Sebagian besar industri tahu belum memiliki fasilitas pengolahan air limbah. Limbah cair langsung dibuang ke selokan, sungai atau badan air penerima lainnya tanpa ada pengolahan terlebih dahulu (Haslinah, 2020).

Limbah cair industri tahu berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu. Limbah industri tahu mengandung berbagai polutan utama berupa bahan organik tersuspensi, seperti 25-50% karbohidrat, 10% lemak dan sekitar 40-60% protein (Saputroh, Priscilla dan Susilowati, 2020). Kandungan polutan organik pada limbah cair industri tahu relatif tinggi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) limbah cair industri tahu berkisar antara 5.000-10.000 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) mencapai 7.000-10.000 mg/L dan mempunyai keasaman yang rendah 4-5 (Marhadi, 2016). Dilihat dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016, batas kandungan BOD adalah 30 mg/L, COD 100 mg/L dan pH 6-9, hasil limbah cair industri tahu tersebut telah melebihi baku mutu yang ditentukan. Mengingat potensi pencemaran limbah cair

industri tahu terhadap lingkungan, maka perlu dilakukan pengolahan limbah tahu secara tepat dan benar. Proses koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji kelor dan fitoremediasi tanaman eceng gondok merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri tahu.

Telah dilakukan penelitian oleh Faryandi (2020) dalam menurunkan kadar air limbah tahu dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji kelor dan fitoremediasi tanaman eceng gondok. Berdasarkan penelitian tersebut, menjelaskan bahwa proses koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji kelor dan fitoremediasi tanaman eceng gondok efektif dalam menurunkan kadar air limbah tahu. Air limbah tahu sebelum diolah memiliki nilai COD 1.266 mg/l, pH 4,1 dan turbiditas 908 NTU, dan setelah diolah nilai COD 190 mg/l, pH 6,9 dan turbiditas 12,78 NTU. Oleh karena itu dari latar belakang diatas, maka metode tersebut digunakan untuk perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo di Desa Punge Blang Cut. Agar limbah cair dari proses pembuatan tahu dapat terolah dengan tepat dan benar sebelum dibuang ke lingkungan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana kualitas dan kuantitas limbah cair Industri Tahu Solo?
2. Bagaimana unit proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik limbah Industri Tahu Solo?
3. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo?

### **1.3 Tujuan Perencanaan**

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Mengetahui kualitas dan kuantitas limbah cair Industri Tahu Solo;
2. Mengetahui unit proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik limbah Industri Tahu Solo;

3. Mengetahui Rencana Anggaran Biaya (RAB) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo.

#### 1.4 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan ini adalah memberikan rekomendasi kepada pemilik industri Tahu Solo, desain IPAL yang telah disesuaikan dengan karakteristik air limbah. Air limbah tahu yang diolah terlebih dahulu sebelum dibuang dapat meminimalisasi terjadinya pencemaran lingkungan yang akan berdampak pula bagi kesehatan manusia.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perencanaan ini adalah:

1. Parameter yang diuji yaitu *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan pH;
2. Perencanaan yang dilakukan meliputi perhitungan dimensi pada masing-masing unit IPAL, menghitung *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB);
3. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01 tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
4. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

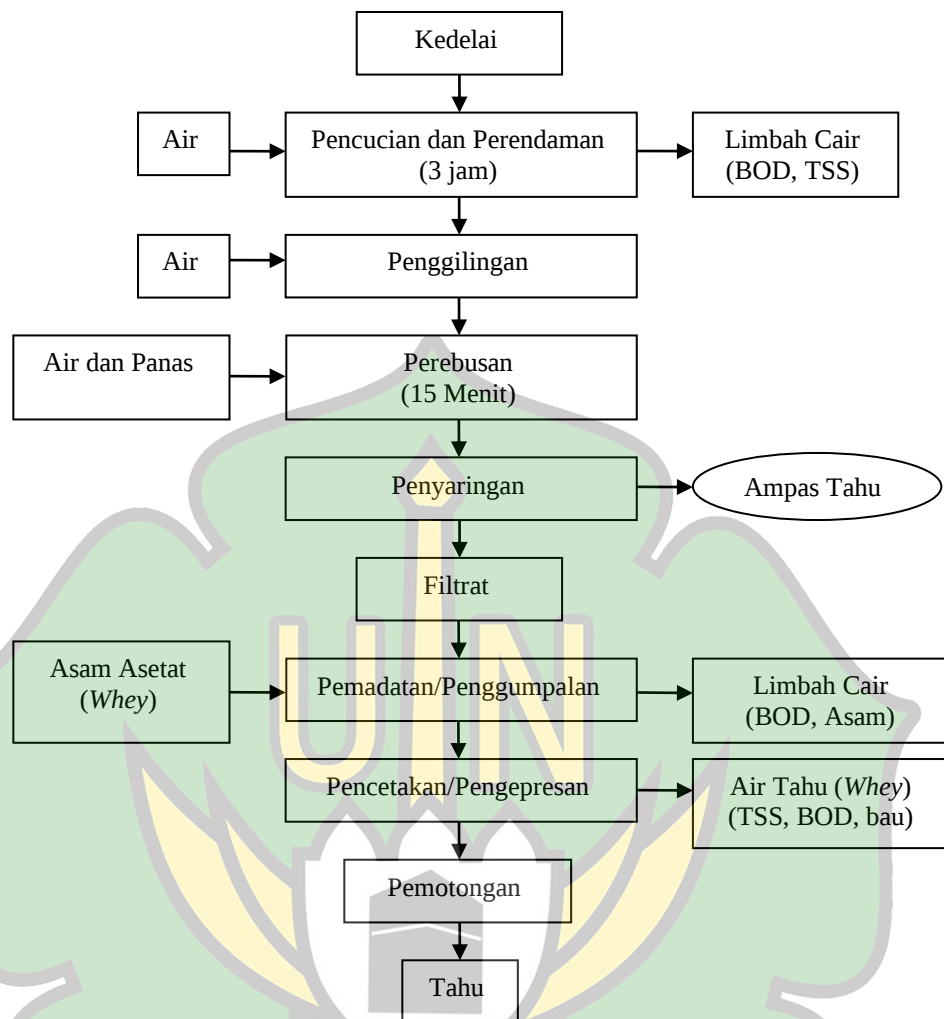
#### **2.1 Industri Tahu**

Industri tahu merupakan sebuah usaha yang bergerak di bidang pengolahan kedelai, dimana memanfaatkan kedelai sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan tahu (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014). Rata-rata industri tahu dikembangkan pada sektor rumah tangga, sehingga disebut sebagai Industri Rumah Tangga (IRT) pembuatan tahu. Peralatan produksi yang digunakan bersifat manual hingga semi otomatis (Wignyanto, 2020) dalam (Setyaningsih, 2021). Kawasan industri tahu biasanya berada di daerah permukiman penduduk yang dikelola pribadi oleh keluarga. Industri tahu rumahan merupakan industri dengan tenaga kerja dan modal yang kecil serta menggunakan peralatan produksi yang sederhana. Industri tersebut digerakkan secara mandiri oleh perorangan, sehingga laba dan rugi ditanggung sendiri oleh pemilik (Holle and Dewi, 2014) dalam (Setyaningsih, 2021). Rata-rata jumlah pekerja berkisar 1-5 orang, sehingga disebut sebagai industri skala rumah tangga. Hal ini didasarkan pada jenis industri berdasarkan jumlah tenaga kerjanya (BPS, 2020) dalam (Setyaningsih, 2021).

##### **2.1.1 Limbah Cair Industri Tahu**

Industri tahu menghasilkan limbah cair selama proses produksi, limbah cair tersebut dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, hasil penggumpalan, pengepresan, tumpahan proses serta dari pembersihan tempat (Disyamto, Elystia, dan Andesgur, 2014). Limbah cair industri tahu dapat menimbulkan pencemaran karena mengandung polutan organik yang cukup tinggi (Marhadi, 2016). Senyawa organik tersebut antara lain 25-50% karbohidrat, 40-60% protein, 8-12% lemak, dan sisanya berupa kalsium, besi dan fosfor yang menyebabkan limbah cair mengandung *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi serta keasaman yang rendah (Haerun, Mallongi, dan Natsir, 2018).

Proses pembuatan tahu yang menghasilkan air limbah tahu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Diagram Alir Proses Pembuatan Tahu  
(Sumber: Simanjuntak, 2020)

### 2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Karakteristik air limbah industri tahu meliputi dua aspek, yaitu karakteristik fisika dan karakteristik kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan tersuspensi, padatan total, suhu, warna dan bau sedangkan karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Karakteristik limbah cair industri tahu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Karakteristik Fisika dan Kimia Limbah Cair Tahu

| Karakteristik | Parameter | Nilai             |
|---------------|-----------|-------------------|
| Fisika        | Suhu      | 37-45°C           |
|               | Kekeruhan | 535-585 FTU       |
|               | Warna     | 2.225-2250 Pt. Co |
| Kimia         | BOD       | 6.000-8.000 mg/l  |
|               | COD       | 7.500-14.000 mg/l |
|               | Amonia    | 23,3-23,5 mg/l    |

(Sumber: Disyamto, Elystia, dan Andesgur, 2014)

Beberapa karakteristik limbah cair industri tahu yang penting, antara lain (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Sayow dkk, 2020):

1. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi jumlah bahan organik terlarut dan menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik secara biologi dalam air limbah (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Sayow dkk, 2020).

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD mengacu pada jumlah oksigen yang dibutuhkan agar limbah dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Sayow dkk, 2020).

3. *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS atau padatan tersuspensi adalah bahan yang tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan di dalam air (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Sayow dkk, 2020).

4. Derajat Keasaman (pH)

pH limbah cair industri tahu cenderung bersifat asam, sehingga terjadi pelepasan zat volatil dan menimbulkan bau tak sedap (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Sayow dkk, 2020).

### 2.1.3 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair industri tahu bisa dibuang dan dialirkan langsung ke badan air apabila telah sesuai dengan standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Baku mutu limbah cair dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Baku Mutu Air limbah

| <b>Parameter</b> | <b>Satuan</b> | <b>Kadar Maksimum*</b> |
|------------------|---------------|------------------------|
| pH               | -             | 6-9                    |
| BOD              | mg/L          | 30                     |
| COD              | mg/L          | 100                    |
| TSS              | mg/L          | 30                     |
| Minyak & Lemak   | mg/L          | 5                      |
| Amoniak          | mg/L          | 10                     |
| Total Coliform   | Jumlah/100 mL | 3000                   |
| Debit            | L/orang/hari  | 100                    |

(Sumber: PerMen LHK No. 68 Tahun 2016)

Keterangan:

\*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

## **2.2 Dampak Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu**

Limbah cair yang dihasilkan berupa bahan organik padatan tersuspensi. Warna keruh pada air limbah cair berasal dari pembuangan air rendaman dan pengelupasan kulit kedelai yang masih mengandung banyak pati serta berasal dari air bekas pencucian peralatan proses produksi. Bau yang dihasilkan disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang menguraikan bahan organik dan reaksi kimia yang terjadi dan menghasilkan gas tertentu (Sayow dkk, 2020).

Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu pada umumnya langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik dan turunnya kualitas air akibat meningkatnya kandungan bahan organik (Disyamto, Elystia, dan Andesgur, 2014). Menurut penelitian Rismawati, Thohari, dan Rochmalia (2020) badan air yang tercemar oleh limbah cair industri tahu akan menyebabkan eutrofikasi, memperkaya badan air dengan nutrisi terlarut, mengurangi kandungan oksigen, dan hilangnya kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air.

## **2.3 Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**

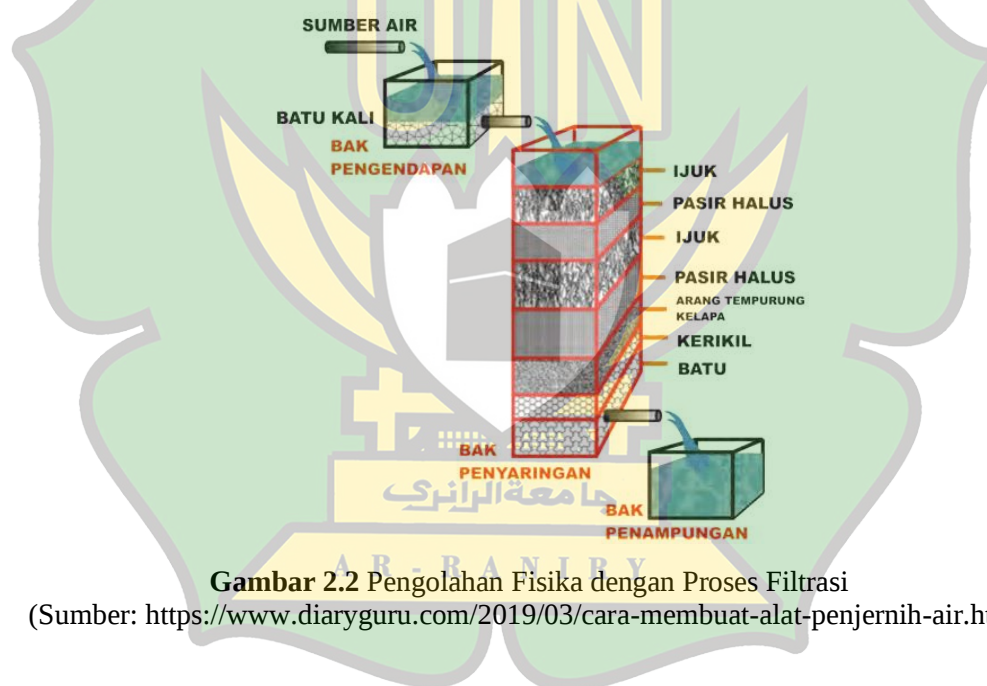
Menurut Kusumadewi (2016) pengolahan air limbah secara umum terdiri dari pengolahan fisika, kimia dan biologi yang dapat diaplikasikan secara bersamaan maupun terpisah, diantaranya yaitu:

## 1. Pengolahan Fisika

Pengolahan secara fisika merupakan proses menghilangkan benda-benda terapung kasar dan partikel-partikel mineral yang berat (seperti pasir dan kerikil). Umumnya proses ini dilakukan dengan menggunakan penyaring kasar (*screening*) dan bak pengumpul/bak ekualisasi (Kusumadewi, 2016). Pengolahan limbah secara fisika juga dapat dilakukan dengan proses filtrasi dan flotasi.

### a. Filtrasi (Penyaringan)

Pengolahan air limbah dalam proses filtrasi digunakan untuk pemisahan partikel dalam air limbah secara kimia dan biologi. Proses filtrasi dilakukan dengan menggunakan media filter. Media filter yang dapat digunakan adalah material padat seperti pasir, batu bara, kerikil, dan lain-lain yang disusun sedemikian rupa sehingga padatan yang terpisah tertahan antara permukaan dan media filter (Said, 2017).

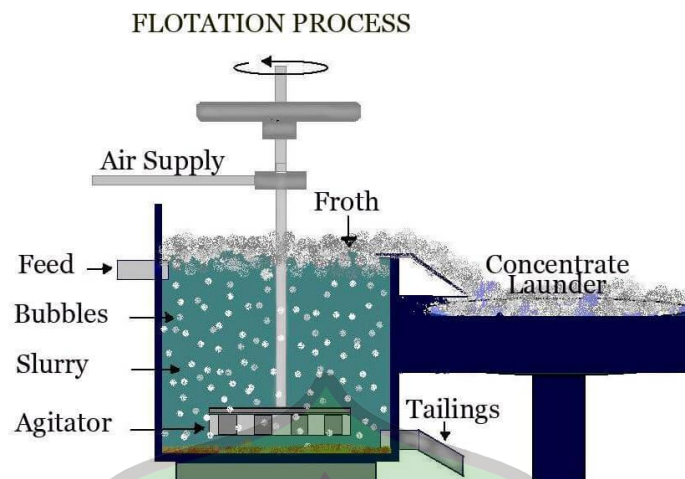


**Gambar 2.2** Pengolahan Fisika dengan Proses Filtrasi

(Sumber: <https://www.diaryguru.com/2019/03/cara-membuat-alat-penjernih-air.html>)

### b. Flotasi (Pengapungan)

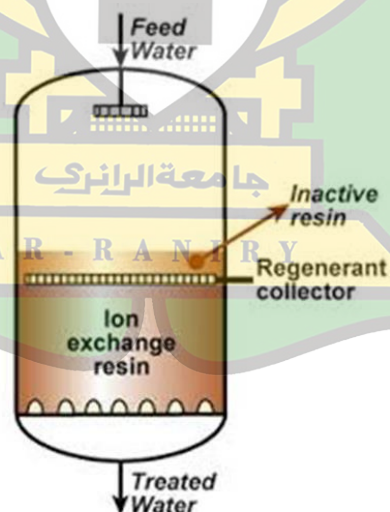
Flotasi adalah proses pemisahan padatan-cairan atau cairan-cairan yang dalam hal ini partikel atau cairan yang dipisahkan mempunyai berat jenis yang lebih kecil daripada cairan. Apabila perbedaan berat jenis secara alamiah cukup untuk dilakukan pemisahan, maka proses flotasi tersebut dinamakan “flotasi alamiah”. Apabila ditambahkan sesuatu dari luar untuk mempercepat pemisahan partikel dinamakan “flotasi dibantu” (Said, 2017).



**Gambar 2.3** Pengolahan Fisika dengan Proses Flotasi  
(Sumber: <https://www.radarhijau.com/2017/09/pengendalian-limbah-cair-dengan-proses.html>)

## 2. Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia atau reaksi kimia lainnya yang bertujuan menghilangkan atau mengkonversi senyawa-senyawa polutan dalam limbah cair (Metcalf dan Eddy, 2003) dalam (Pohan, 2008). Pengolahan air limbah secara kimia dapat dilakukan dengan koagulasi-flokulasi, pertukaran ion, dan klorinasi (Kusumadewi, 2016).



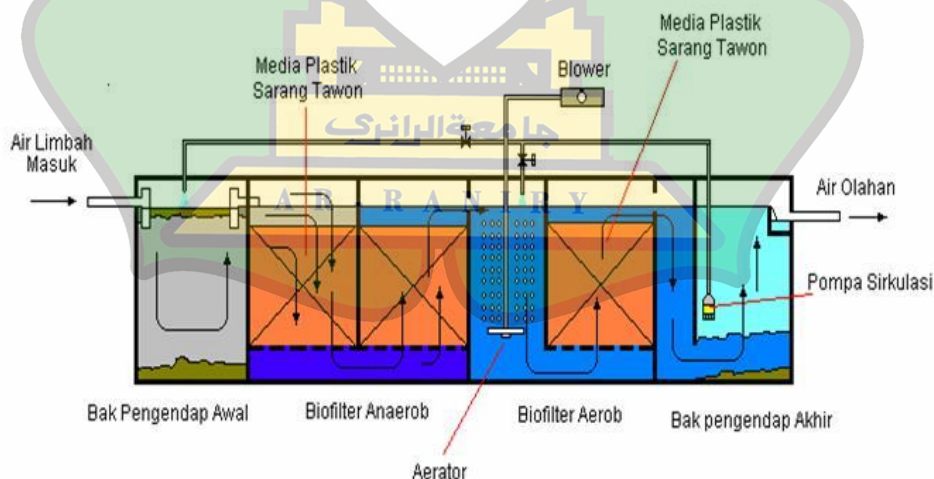
**Gambar 2.4** Pengolahan Kimia dengan Proses Pertukaran Ion  
(Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=PTunN3rWkrI>)

### 3. Pengolahan Biologi

Pengolahan secara biologi merupakan pengolahan yang memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan polutan yang ada di dalam air limbah. Pengolahan secara biologi bertujuan untuk menghilangkan zat padat organik terlarut yang *biodegradable* (Kusumadewi, 2016). Proses pengolahan secara biologi biasanya dilakukan dengan menggunakan aerobik, anaerobik, lumpur aktif, bioreaktor (Tchobanoglous dkk, 2014) dalam (Simanjuntak, 2020). Pengolahan limbah secara biologi juga dapat dilakukan dengan proses fitoremediasi.

#### a. Anaerobik dan Aerobik

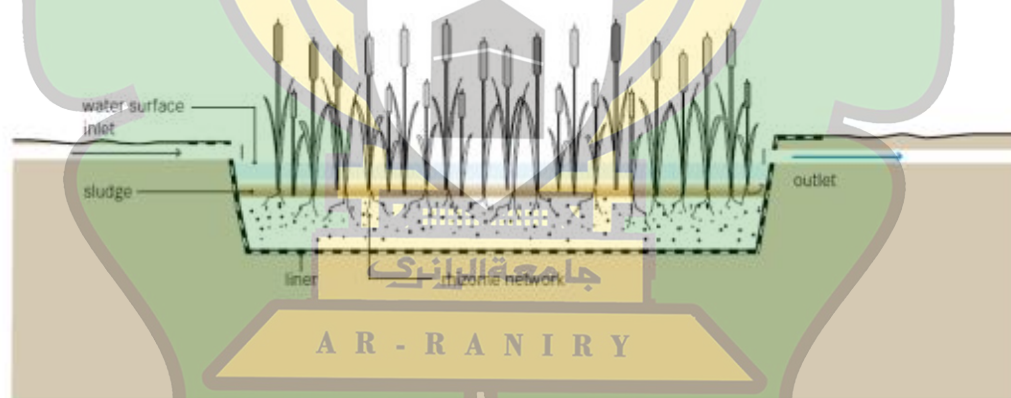
Pengolahan secara anaerobik dapat mengolah air limbah yang memiliki kandungan organik tinggi. Pengolahan secara anaerobik cocok untuk mengolah air limbah yang memiliki konsentrasi BOD sebesar 3.000 – 8.000 mg/L. Pengolahan secara anaerobik yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah tahu antara lain *anaerobic digester*, biofilter anaerobik dengan media sarang tawon, dan *anaerobic baffled reactor*. Pengolahan Aerobik efektif untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi organik yang tidak terlalu tinggi yaitu  $BOD < 3.000 \text{ mg/L}$ . Selain itu, pengolahan aerobik dapat membantu mengurangi bau yang ditimbulkan dari pengolahan secara aerobik (Simanjuntak, 2020).



**Gambar 2.5** Pengolahan Biologi dengan Proses Anaerobik dan Aerobik  
(Sumber: <https://bangazul.com/proses-biofilter-anaerob-aerob/>)

b. Fitoremediasi

Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air). Proses fitoremediasi dapat mengubah zat kontaminan atau pencemar menjadi tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Disyamto, Elystia, dan Andesgur, 2014). Menurut Hidayah dan Wahyu (2010) dalam Pamungkas (2017) ada beberapa tanaman yang bisa digunakan, namun menurut wahyu tanaman Cattail (*Typha latifolia*) memiliki efisiensi removal yang lebih baik. Cattail adalah jenis tumbuhan herba serta bersifat kolorfial. Tumbuhan ini mempunyai rizom serta berbentuk Panjang dan ramping. Cattail mempunyai jangka hayat selama beberapa musim dan akan terus membiak apabila mencapai tahap kematangan tumbuh secara rumpun. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayah dan Wahyu (2010) dalam Pamungkas (2017) menunjukkan efisiensi pengolahan dari fitoremediasi menggunakan tanaman Cattail. Efisiensi removal untuk parameter COD, BOD, TSS dengan jarak tanaman 15 cm dan waktu tinggal 1 hari adalah COD 77,6%, BOD 58% dan TSS 50%.



**Gambar 2.6** Pengolahan Biologi dengan Proses Fitoremediasi  
(Sumber: Pamungkas, 2017)

Menurut Suharto (2011) dalam Dhianti (2018) pengolahan air limbah dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengolahan Pendahuluan (*Pretreatment*)

Pengolahan pendahuluan merupakan pembersihan air limbah dari padatan kasar. Padatan kasar yang dibersihkan dari limbah cair adalah benda-benda

terapung dan pasir yang mengendap dengan cara melewatkan air limbah melalui saringan. Pengolahan pendahuluan dimaksudkan untuk mempercepat dan mempermudah proses pengolahan limbah cair selanjutnya (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

## 2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Limbah cair ditampung pada bak dan dilakukan proses pemisahan bahan organik dengan bahan anorganik. Jika limbah cair pada tahap ini sudah bersih dan memenuhi standar baku mutu yang berlaku, limbah cair dapat langsung dibuang ke tempat pembuangan. Apabila limbah cair tidak memenuhi baku mutu yang berlaku maka diperlukan tahapan proses pengolahan limbah cair selanjutnya (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

## 3. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Dalam pengolahan ini dilakukan pemisahan cairan dari *Total Suspended Solid* (TSS) yang terkandung dalam limbah cair. Zat kimia seperti tawas ditambahkan untuk memungkinkan partikel koloid mengendap dengan baik. Oksigen perlu ditambahkan kedalam proses ini agar dapat memenuhi kebutuhan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

## 4. Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pada pengolahan ini, limbah cair diharapkan sudah bersih agar dapat dibuang kembali ke lingkungan. Sering kali ditemukan bahwa pada proses ini, limbah cair masih mengandung bahan kimia berbahaya. Karenanya karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi bahan kimia berbahaya tersebut, sehingga menjadikan limbah cair lebih netral (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

## 2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo

Instalasi Pengolahan Air Limbah merupakan seperangkat alat teknis/ bangunan yang berfungsi menampung air limbah, yang dialirkan dari sistem perpipaan untuk diolah agar menghasilkan air buangan (*effluent*) yang aman bagi lingkungan (Syukma, 2019). Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo yang direncanakan terdiri dari bak ekualisasi, bak koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi dan bak fitoremediasi.

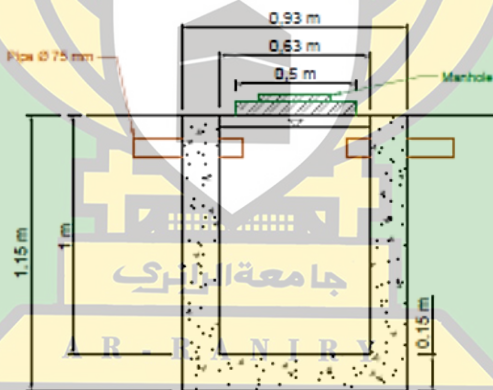
#### 2.4.1 Bak Ekualisasi (Bak penampungan awal)

Seluruh air limbah tahu yang berasal dari proses pencucian, perendaman, pemasakan dan lain-lain dialirkan melalui saluran menuju bak ekualisasi. Bak ekualisasi berfungsi sebagai penampung limbah dan kontrol debit air limbah (Hidayati, 2017). Bak ekualisasi didesain berdasarkan debit air limbah tahu yang dihasilkan setiap harinya, serta diasumsikan berapa lama waktu tinggal air limbah di dalam bak. Biasanya waktu tinggal di bak ekualisasi berkisar antara 4-8 jam (Hutagalung, 2018). Kriteria desain pada bak ekualisasi sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Kriteria Desain Bak Ekualisasi

| Parameter               | Satuan             | Nilai        |
|-------------------------|--------------------|--------------|
| Waktu Tinggal ( $T_d$ ) | Jam                | 4-8          |
| Kedalaman Minimum       | m                  | 1,5 – 2      |
| Ambang Bebas            | m                  | 1            |
| Laju Pemompaan Udara    | $m^3/\text{menit}$ | 0,01 – 0,015 |

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)



**Gambar 2.7** Bak Ekualisasi  
(Sumber: Rahardiyan, 2016)

#### 2.4.2 Bak Koagulasi-Flokulasi

Setelah dari bak ekualisasi limbah cair industri tahu akan dialirkan menuju bak koagulasi-flokulasi. Said (2017) koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dengan penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Melalui proses koagulasi terjadi destabilisasi, sehingga partikel koloid bersatu dan menjadi besar. Dengan demikian partikel-partikel koloid yang awalnya sukar dipisahkan dari air,

dan setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan partikel yang lebih besar sehingga dapat dipisahkan. Zat koagulan digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel pada tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang lebih besar (flok).

Di dalam bak koagulasi-flokulasi air limbah akan diolah dengan menggunakan bahan koagulan berupa serbuk biji kelor. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Faryandi (2020) proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan serbuk biji kelor dilakukan dengan pengadukan cepat 180 rpm selama 5 menit dan pengadukan lambat 80 rpm selama 20 menit. Koagulan yang digunakan sebanyak 500 mg/1000 ml air limbah tahu. Kriteria desain bak koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

**Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Koagulasi**

| Unit                       | Kriteria                                                                                                                                               |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pengaduk Cepat<br>- Tipe   | Hidrolis:<br>- terjunan<br>- saluran bersekat<br>- dalam pinstalasi pengolahan air bersekat<br>Mekanis:<br>- Bilah (Blade), pedal (padle)<br>- Flotasi |
| - Waktu pengadukan (detik) | 1 - 5                                                                                                                                                  |
| - Nilai G/detik            | > 750                                                                                                                                                  |

(Sumber: SNI 6774:2008)

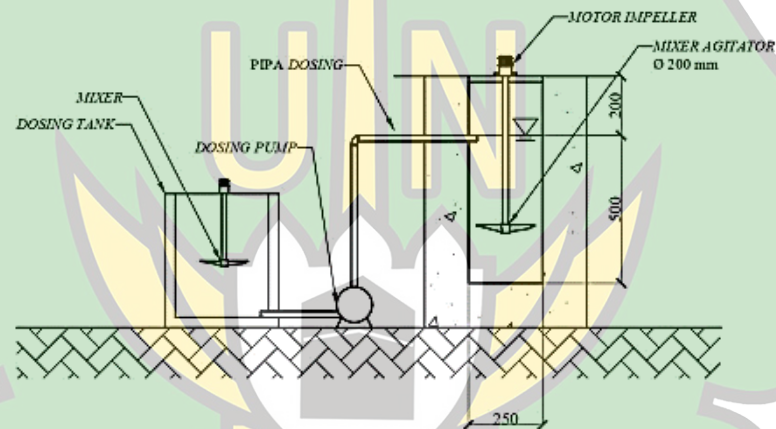
**Tabel 2.5 Kriteria Desain Bak Flokulasi**

| Kriteria Umum                 | Flokulator hidrolis | Flokulator mekanis            |                             | Flokulator Clarifier |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|                               |                     | Sumbu horizontal dengan pedal | Sumbu vertical dengan bilah |                      |
| G (gradien kecepatan) 1/detik | 60 (menurun) - 5    | 60 (menurun) - 10             | 70 (menurun) - 10           | 100 - 10             |
| Waktu tinggal (menit)         | 30 – 45             | 30 - 40                       | 20 - 40                     | 20 - 100             |
| Tahap flokulasi (buah)        | 6 – 10              | 3 - 6                         | 2 - 4                       | 1                    |
| Pengendalian energi           | Bukaan pintu/sekat  | Kecepatan putaran             | Kecepatan putaran           | Kecepatan aliran air |
| Kecepatan aliran max. (m/det) | 0,9                 | 0,9                           | 1,8 – 2,7                   | 1,5 – 0,5            |

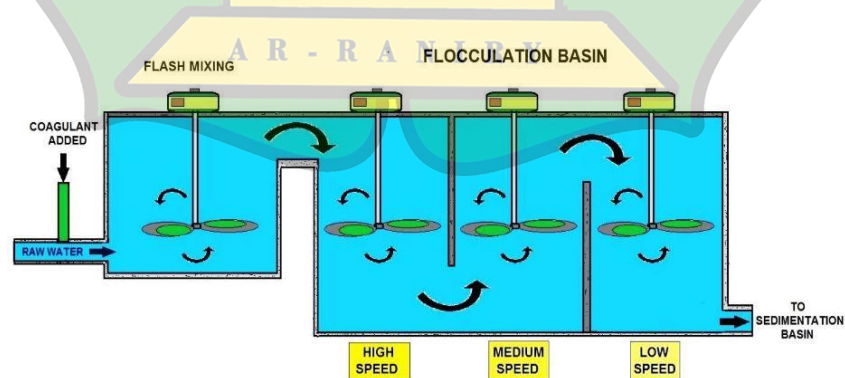
Lanjutan Tabel 2.5

| Kriteria Umum                              | Flokulator hidrolis | Flokulator mekanis            |                             | Flokulator Clarifier |
|--------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|                                            |                     | Sumbu horizontal dengan pedal | Sumbu vertical dengan bilah |                      |
| Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%) | -                   | 5 - 20                        | 0,1 – 0,2                   | -                    |
| Kecepatan perputaran sumbu (rpm)           | -                   | 1 - 5                         | 8 - 25                      | -                    |
| Tinggi (m)                                 |                     |                               |                             | 2 – 4 *              |

Keterangan: \*termasuk ruang *sludge blanket*  
(Sumber: SNI 6774:2008)



**Gambar 2.8** Bak Koagulasi  
(Sumber: Hutagalung, 2020)



### FLASH FLOCCULATION

**Gambar 2.9** Bak Flokulasi

(Sumber: <https://www.caesarvery.com/2017/07/koagulasikoagulan-flokulasiflokulan.html>)

### 2.4.3 Bak Sedimentasi

Setelah air limbah tahu mengalami proses koagulasi-flokulasi, dilanjutkan dengan proses sedimentasi. Bak sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flok dari proses koagulasi-flokulasi, pengendapan terjadi secara gravitasi (Rosidi dan Razif, 2017). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Faryandi (2020) air limbah tahu yang telah mengalami proses koagulasi-flokulasi, diendapkan selama 30 menit. Kriteria desain bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Kriteria Desain Bak Sedimentasi

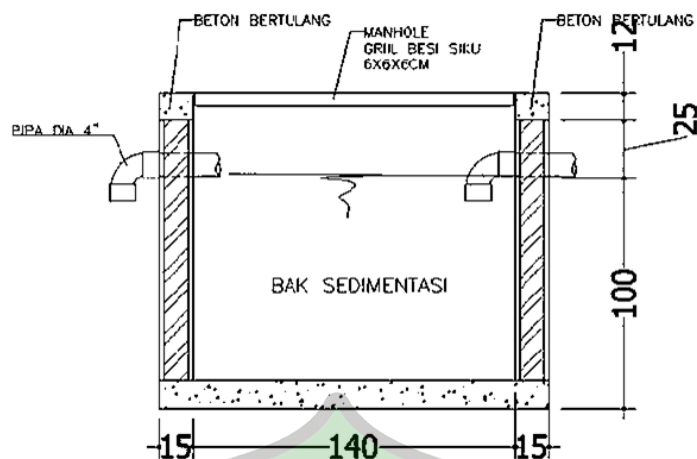
| Kriteria umum                                          | Bak persegi (aliran horizontal) | Bak persegi aliran vertical (menggunakan pelat/tabung pengendap) | Bak bundar - (aliran vertikal-radial) | Bak bundar - (kontak padatan) | Clarifier   |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Beban permukaan ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ ) | 0,8 – 2,5                       | 3,8 – 7,5*)                                                      | 1,3 – 1,9                             | 2 - 3                         | 0,5 – 1,5   |
| Kedalaman (m)                                          | 3 - 6                           | 3 - 6                                                            | 3 - 5                                 | 3 - 6                         | 0,5 – 1,0   |
| Waktu tinggal (jam)                                    | 1,5 - 3                         | 0,07**)                                                          | 1 - 3                                 | 1 - 2                         | 2 - 2,5     |
| Lebar/panjang                                          | > 1/5                           | -                                                                | -                                     | -                             | -           |
| Beban pelimpah ( $\text{m}^3/\text{m}/\text{jam}$ )    | < 11                            | < 11                                                             | 3,8 - 15                              | 7 - 15                        | 7.2 - 10    |
| Bilangan Reynold                                       | < 2000                          | < 2000                                                           | -                                     | -                             | < 2000      |
| Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)        | -                               | max 0,15                                                         | -                                     | -                             | -           |
| Bilangan Fraude                                        | > $10^{-5}$                     | > $10^{-5}$                                                      | -                                     | -                             | > $10^{-5}$ |
| Kecepatan vertical (cm/menit)                          | -                               | -                                                                | -                                     | < 1                           | < 1         |
| Sirkulasi lumpur                                       | -                               | -                                                                | -                                     | 3 – 5% dari input             | -           |
| Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)                   | 45° - 60°                       | 45° - 60°                                                        | 45° - 60°                             | > 60°                         | 45° - 60°   |

Catatan: \*) luas bak yang tertutupi oleh plat/tabung pengendap

\*\*) waktu retensi pada pelat/ tabung pengendap

\*\*\*) pembuangan lumpur sebagian

(Sumber: SNI 6774:2008)



**Gambar 2.10** Bak Sedimentasi  
(Sumber: Kholif, 2014)

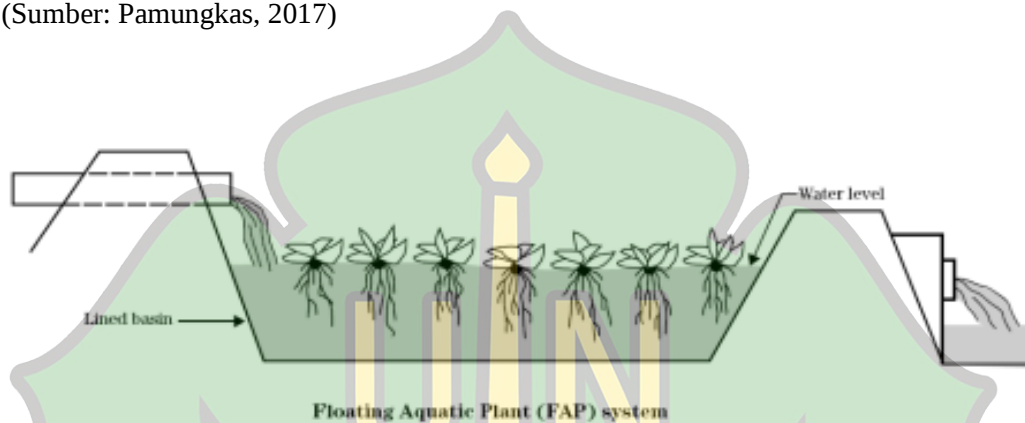
#### 2.4.4 Bak Fitoremediasi

Air limbah yang telah diolah di bak koagulasi-flokulasi dan sedimentasi akan dialirkan menuju bak fitoremediasi yang diisi dengan tanaman eceng gondok. Sari (2019) fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk mengekstrak, mengakumulasi dan detoksifikasi polutan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Faryandi (2020) reaktor penampungan tanaman eceng gondok untuk pengolahan limbah industri tahu dibuat dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm. Reaktor dengan ukuran volume tersebut dapat menampung air limbah sebanyak 36 Liter dan mampu menampung tanaman eceng gondok sebanyak 8 kg. Tanaman eceng gondok yang digunakan memiliki spesifikasi dengan kriteria: tinggi tanaman 70-100 cm, jumlah batang 9-12 batang, jumlah daun 9-12 daun, lebar daun 12-16 cm, panjang akar 10-20 cm, dan berat tanaman yaitu 1 kg. Biasanya waktu tinggal di bak fitoremediasi berkisar antara 1-15 hari dan media yang digunakan yaitu kerikil, pasir, bambu, dan lain-lain (Pamungkas, 2017). Kriteria desain bak fitoremediasi dapat dilihat pada Tabel 2.7.

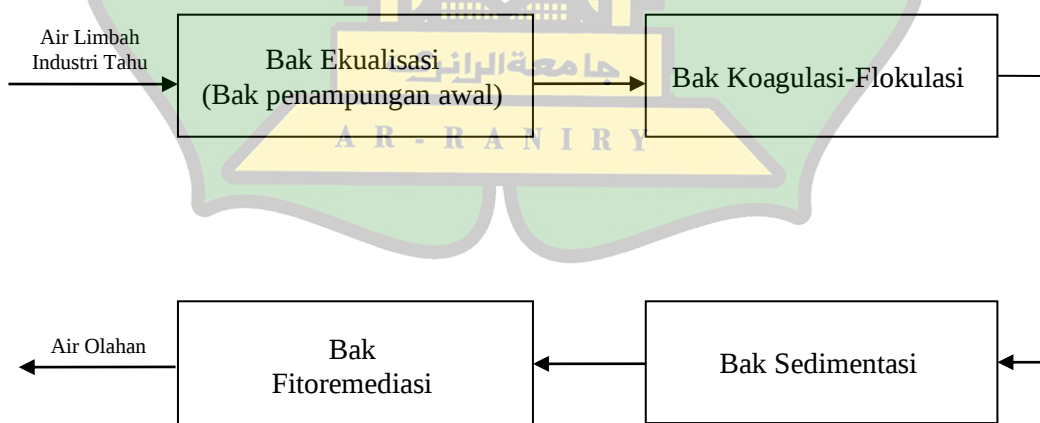
**Tabel 2.7** Kriteria Desain Bak Fitoremediasi

| Parameter Desain                    | Unit    | Tipe Sistem               |                                |
|-------------------------------------|---------|---------------------------|--------------------------------|
|                                     |         | <i>Free Water Surface</i> | <i>Sub-Surface Flow System</i> |
| <i>Water Depth</i>                  | ft      | 0.3 – 2.0                 | 1.0 – 2.5                      |
| <i>BOD<sub>5</sub> Loading Rate</i> | lb/acre | < 60                      | < 60                           |
| <i>Hidraulic Loading Rate</i>       |         | 0.015 – 0.050             | 0.015 – 0.050                  |
| <i>Specific Area</i>                |         | 67 - 20                   | 67 - 20                        |

(Sumber: Pamungkas, 2017)

**Gambar 2.11** Bak Fitoremediasi  
(Sumber: Purnama, 2017)

Model Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo dapat dilihat seperti pada Gambar 2.12.

**Gambar 2.12** Model IPAL Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu, dapat dilihat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8** Penelitian Terdahulu Terkait Perencanaan IPAL Industri Tahu

| No. | Nama dan Tahun Peneliti                                          | Judul                                                                                                                                                     | Hasil                                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Marhadi (2016)                                                   | Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur.                                     | Mampu menurunkan kadar BOD dari 581 mg/l menjadi 26 mg/l.                        |
| 2.  | Anggi Prana Dhianti (2018)                                       | Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri (Studi Kasus: Industri Tahu UD Sumber Agung di Kabupaten Mojokerto)                            | Mampu menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS.                                        |
| 3.  | Andi Haslinah (2020)                                             | Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan serbuk Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> ) Terhadap Penurunan Persentase COD dalam Limbah Cair Industri Tahu. | Mampu menurunkan kadar COD berturut-turut sebesar 70,2%, 86,4% dan 61,2%, 78,6%. |
| 4.  | Shafiya Sausan Hidayati (2017)                                   | Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu FIT Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik-Aerobik                 | Mampu menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS.                                        |
| 5.  | Nurhasmawaty Pohan (2008)                                        | Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik.                                                                                     | Mampu mereduksi COD sebesar 72,93%.                                              |
| 6.  | Ridwan Haerun, Anwar Mallongi, dan Muh. Fajaruddin Natsir (2018) | Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem <i>Upflow</i> dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4.                     | Mampu menurunkan kadar BOD sebesar 62% dan COD 29%.                              |
| 7.  | Agus Fayandi (2020)                                              | Proses Koagulasi-Flokulasi dan Fitoremediasi dalam Mendegradasi Polutan pada Limbah Cair Industri Tahu                                                    | Mampu menurunkan kadar COD, kekeruhan, dan meningkatkan nilai pH.                |
| 8.  | Naomi Aurora Margareth Br. Simanjuntak (2020)                    | Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Industri Pembuatan Tahu                                                                           | Mampu menurunkan kadar BOD, COD, TSS serta meningkatkan nilai pH.                |
| 9.  | Agung Wahyu Pamungkas (2017)                                     | Perancangan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri                                                                                              | Mampu menurunkan kadar                                                           |

---

|     |                                  |                                                                                               |                                                  |                                     |
|-----|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------|
|     |                                  |                                                                                               | Kecil Rumah Tangga (IKRT) Tahu di Kota Surabaya. | COD, BOD, dan TSS.                  |
| 10. | Rahani Yunanda Kusumadewi (2016) | Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu. |                                                  | Mampu menurunkan kadar BOD dan COD. |

---

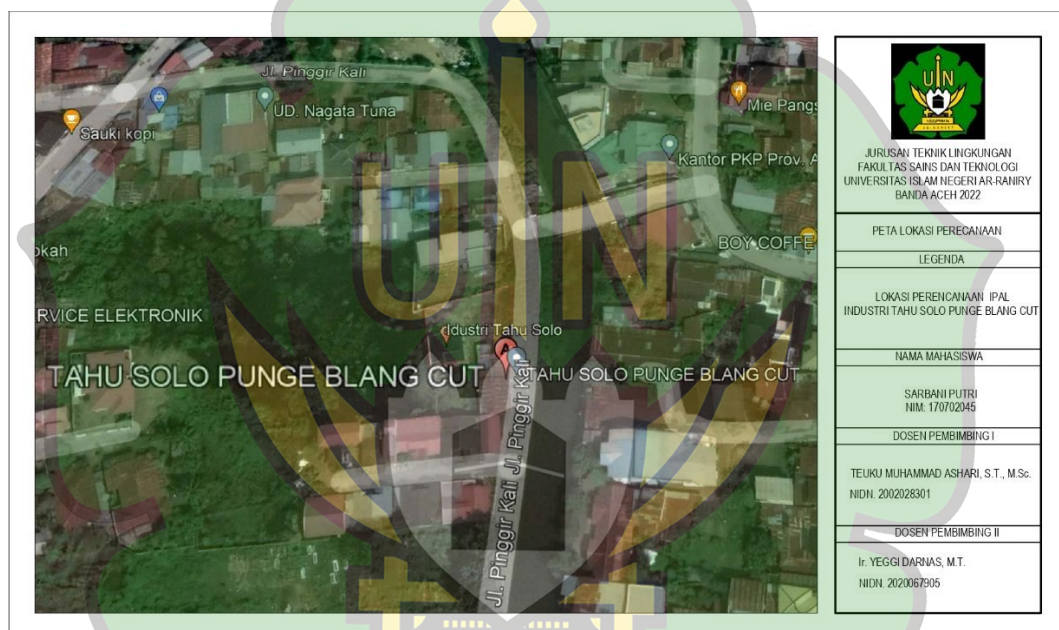


## BAB III

### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Lokasi Perencanaan IPAL Industri Tahu

Lokasi perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu adalah di Industri Tahu Solo yang beralamatkan di Jalan Pinggir Kali, Desa Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh. Jam operasional Industri Tahu 08.00-17.00 WIB. Lokasi perencanaan berjarak 0,6 km dari pusat Kota Banda Aceh. Lokasi perencanaan IPAL dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Peta Lokasi Perencanaan IPAL Industri Tahu

#### 3.2 Metode Perencanaan

##### 3.2.1 Pengumpulan Data Perencanaan

Dalam perencanaan ini diperlukan data-data yang mendukung, baik data primer maupun data sekunder.

##### 3.2.1.1 Data Primer

Data primer yaitu data yang diperoleh melalui observasi lapangan secara langsung pada industri tahu solo. Data primer yang diperlukan dalam melakukan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu ini adalah:

1. Debit air limbah tahu yang dihasilkan dari proses produksi tahu;
2. Data Kualitas Air Limbah Tahu (parameter BOD, COD, TSS, dan pH).

### 3.2.1.2 Data Sekunder

Data sekunder dibutuhkan sebagai pelengkap data dalam perencanaan di luar data-data yang didapat melalui observasi lapangan secara langsung. Data sekunder pada perencanaan ini didapat dari pengkajian teori dari berbagai sumber: jurnal, artikel yang didapat dari website yang berkaitan dengan topik perencanaan. Data sekunder yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah:

1. Jam operasional industri mulai 08.00 - 17.00 WIB;
2. Luas lahan yang tersedia sebagai tempat pembangunan IPAL 11 m<sup>2</sup> dan luas lahan Industri Tahu Solo 524,29 m<sup>2</sup>;
3. Baku mutu air limbah untuk industri tahu Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016;
4. Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01 tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

### 3.2.2 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data yang dilakukan meliputi:

1. Parameter Kualitas Air Limbah Tahu Solo

Hasil uji kualitas air limbah tahu dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 68 Tahun 2016. Hasil perbandingan akan menunjukkan parameter yang sudah memenuhi dan belum memenuhi baku mutu. Pengambilan sampel air limbah industri tahu mengikuti metode SNI 6989.59:2008. Data penelitian ini dianalisis dengan analisis efektivitas unit pengolahan yang dilihat dari nilai parameter pH, penurunan BOD, COD dan TSS. Penurunan tersebut dihitung dengan membandingkan nilai pada *influent* dan *effluent* yang akan dinyatakan dalam persen (%). Perhitungan efektivitas ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Faryandi, 2020):

$$\text{Reduksi (E)} = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

$C_o$  = Nilai tiap parameter dari air limbah sebelum perlakuan (*Influent*)

$C_t$  = Nilai tiap parameter dari air limbah setelah perlakuan (*Efluent*)

## 2. Perhitungan Debit Air Limbah Tahu Solo

Data kuantitas air limbah tahu berupa debit air limbah yang dihasilkan dari produksi tahu per harinya. Debit merupakan volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan debit air limbah dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Mines, 2014) dalam (Simanjuntak, 2020):

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

$V$  = volume air ( $m^3$ )

$t$  = waktu (s)

## 3. Perhitungan detail dimensi unit IPAL Industri Tahu Solo

Perhitungan detail dimensi unit IPAL industri tahu ini dilakukan untuk menentukan dimensi setiap unit pengolahan agar berfungsi secara optimum. Penentuan dimensi disesuaikan dengan kriteria desain, perhitungan detail dimensi masing-masing unit dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

### a. Bak Ekualisasi (Bak penampungan awal)

Untuk menentukan volume bak ekualisasi maka diperlukan asumsi waktu tinggal yang direncanakan yaitu 4 jam,

- Perhitungan dimensi bak ekualisasi dapat ditentukan dengan persamaan (Batubara, 2017):

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

$V$  = Volume bak ekulisasi ( $m^3$ )

$Q$  = Debit air limbah ( $m^3/jam$ )

$t_d$  = Waktu tinggal (jam)

Sehingga:

Dimensi = p x l x t

Pengecekan waktu tinggal (td) dapat ditentukan dengan persamaan (Marhadi, 2016):

$$td = \frac{\text{Volume bak (m}^3\text{)}}{\text{Debit (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam/hari} \dots\dots\dots(3.4)$$

b. Bak Koagulasi-Flokulasi

Bak koagulasi-flokulasi yang direncanakan berupa tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis. Perhitungan dimensi bak koagulasi-flokulasi dapat ditentukan dengan persamaan (SNI 6774:2008):

$$P = \frac{K}{g_c} \rho n^3 D^5 \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana:

P = Tenaga yang diperlukan (g.cm/s)

n = Putaran (rpm)

$g_c$  = Faktor konversi newton

D = Diameter impeller (cm)

K = Konstanta experiment (1,0-5,0)

$\rho$  = Massa jenis air (gr/cm<sup>3</sup>)

- Perhitungan volume bak koagulasi-flokulasi:

$$V = Q \times td \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana:

V = Volume bak koagulasi-flokulasi (m<sup>3</sup>)

Q = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/s)

td = Waktu tinggal (s)

- Perhitungan penentuan kualitas efluen pada bak koagulasi-flokulasi (Dhianti, 2018):

Efisiensi penurunan COD: %

$$COD_{\text{removed}} = \text{Efisiensi removal (\%)} \times COD_{\text{in}} \text{ (mg/L)} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$COD_{\text{tersisa}} = COD_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - COD_{\text{removed}} \text{ (mg/L)} \dots\dots\dots(3.8)$$

c. Bak Sedimentasi

Air limbah tahu yang telah mengalami proses koagulasi-flokulasi, diendapkan selama 3 jam.

- Perhitungan dimensi unit sedimentasi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Marhadi, 2016):

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana:

$V$  = Volume bak sedimentasi ( $m^3$ )

$Q$  = Debit air limbah ( $m^3/jam$ )

$t_d$  = Waktu tinggal (jam)

d. Kolam Fitoremediasi

Kolam fitoremediasi yang direncanakan berupa sistem tanaman air mengambang (*Floating Aquatic Plant System*), menggunakan tanaman eceng gondok dengan waktu tinggal 1 hari. Dimensi kolam fitoremediasi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 1991) dalam (Pamungkas, 2017):

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana:

$V$  = Volume bak fitoremediasi ( $m^3$ )

$Q$  = Debit air limbah ( $m^3/hari$ )

$t_d$  = Waktu tinggal (hari)

- Pengecekan *Hydraulic-loading rate* (HLR):

$$HLR = \frac{Q}{A_s} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana:

$HLR$  = Laju pembebanan hidrolis air limbah ( $m^3/m^2.hari$ )

$Q$  = Debit air limbah ( $m^3/hari$ )

$A_s$  = Luas permukaan ( $m^2$ )

- Perhitungan penentuan kualitas effluent pada kolam fitoremediasi (Pamungkas, 2017):

Efisiensi penurunan COD: %

$$\text{COD}_{\text{removed}} = \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{COD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} \dots\dots\dots(3.12)$$

$$\text{COD}_{\text{tersisa}} = \text{COD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - \text{COD}_{\text{removed}} \text{ (mg/L)} \dots\dots\dots(3.13)$$

#### 4. *Detail Engineering Design (DED)* Unit IPAL Industri Tahu Solo

*Detail Engineering Design (DED)* unit IPAL Industri Desa Punge Blang Cut dibuat menggunakan software AutoCAD. Gambar dibuat sesuai dengan hasil perhitungan detail dimensi unit pengolahan yang telah direncanakan.

#### 5. Perhitungan *Bill of Quantity (BOQ)* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

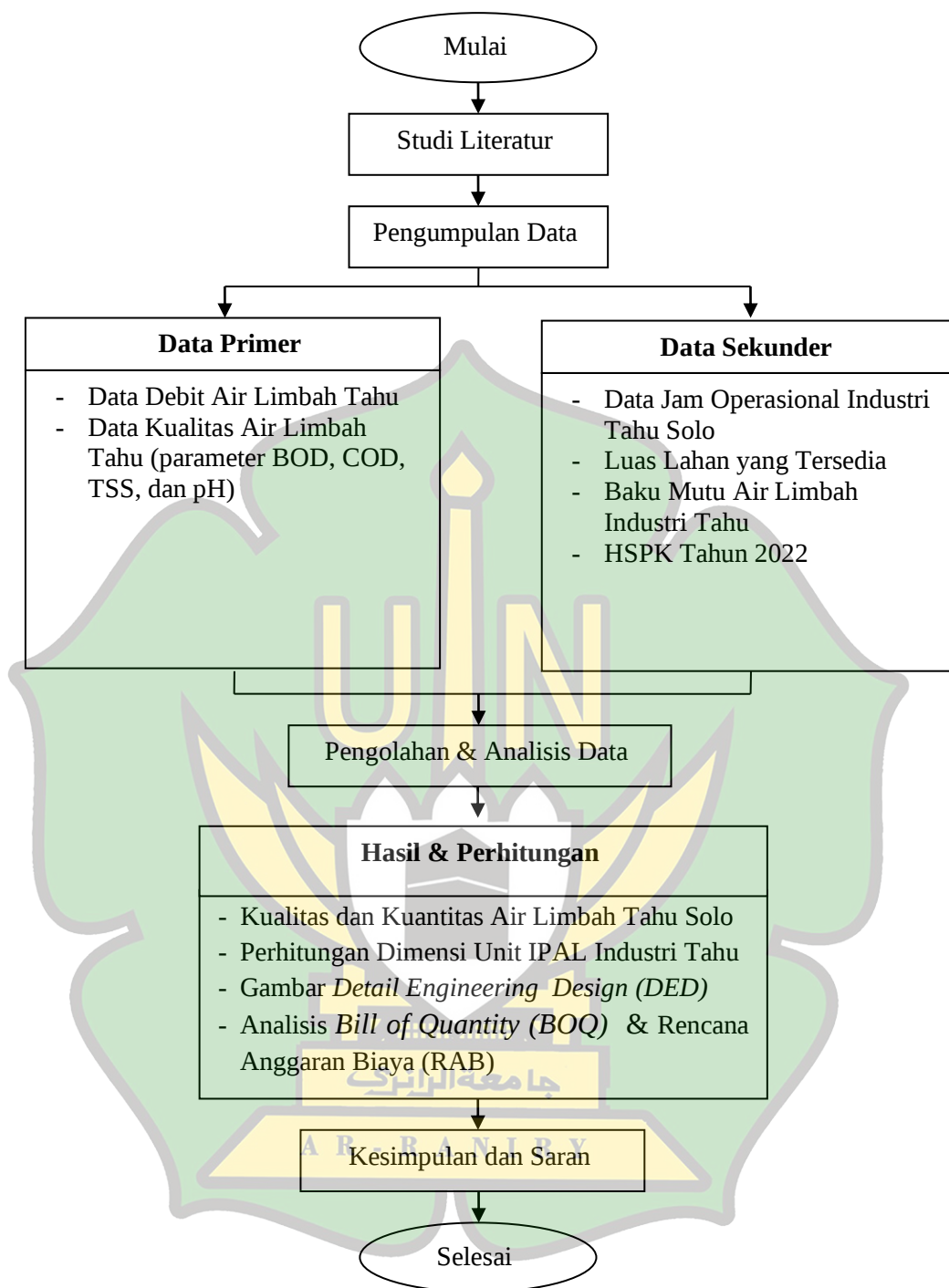
Perhitungan *Bill of Quantity (BOQ)* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) merujuk kepada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01 tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Hasil perhitungan BOQ dan RAB selanjutnya dianalisa, analisa berkaitan dengan jumlah masing-masing volume pekerjaan serta biaya yang diperlukan untuk perencanaan IPAL Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut.

### 3.3 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan yang dilakukan pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu ini adalah:

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Pengolahan dan Analisis Data
4. Hasil dan Perhitungan
5. Kesimpulan dan Saran

Adapun rangkaian tahapan perencanaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Tahapan Perencanaan IPAL Industri Tahu Solo

## BAB IV

### HASIL DAN PERHITUNGAN

#### 4.1 Kualitas dan Kuantitas Limbah Cair Industri Tahu Solo

##### 4.1.1 Kualitas Air Limbah Tahu Solo

Data kualitas air limbah tahu diperoleh dari pengujian sampel. Sampel air limbah tahu diambil menggunakan metode *grab sampling*, sesuai dengan SNI 6989.59:2008. Metode *grab sampling* dilakukan dengan cara mengambil sampel sesaat pada satu waktu dan lokasi tertentu. Pengambilan sampel dilakukan pada hari Jum'at, 27 Mei 2022 jam 10.00 WIB sebanyak 3 liter. Hasil uji sampel air limbah Industri Tahu Solo dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

**Tabel 4.1** Hasil Uji Sampel Air Limbah Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut

| No. | Parameter | Hasil Uji | Baku Mutu |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| 1   | BOD       | 48,8      | 30 mg/L   |
| 2   | COD       | 115       | 100 mg/L  |
| 3   | TSS       | 293       | 30 mg/L   |
| 4   | pH        | 5,45      | 6-9       |

**Tabel 4.2** Hasil Uji Sampel Air Limbah Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut setelah didiamkan selama 4 Jam

| No. | Parameter | Hasil Uji | Baku Mutu |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| 1   | BOD       | 58,7      | 30 mg/L   |
| 2   | COD       | 110       | 100 mg/L  |
| 3   | TSS       | 281       | 30 mg/L   |
| 4   | pH        | 5,65      | 6-9       |

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dan 4.2 dapat diketahui bahwa limbah cair Industri Tahu Solo belum layak untuk dibuang langsung ke perairan. Nilai kadar parameter BOD, COD, TSS dan pH belum sesuai dengan standar baku mutu limbah cair tahu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Maka dari itu limbah cair tahu perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan.

##### 4.1.2 Kuantitas Air Limbah Tahu Solo

Data kuantitas air limbah tahu diperoleh dari hasil wawancara dengan pemilik industri tahu Solo Desa Punge Blang Cut. Pak Sugeng Widodo selaku pemilik industri tahu Solo mengatakan, bahwa selama beberapa tahun terakhir industri ini menggunakan bahan baku kacang kedelai sebanyak 400 kg setiap

harinya. Kegiatan produksi tahu setiap harinya sama sehingga diasumsikan air limbah yang dihasilkan pun konstan. Total volume air limbah yang dihasilkan dari proses produksi adalah 8.000 liter/hari atau 8 m<sup>3</sup>/hari. Industri ini memproduksi tahu mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. Sehingga diketahui bahwa jam operasional Industri Tahu Solo yaitu selama 9 jam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Simanjuntak (2020) produksi tahu dengan menggunakan bahan baku kacang kedelai sebanyak 400 kg/hari, menghasilkan volume air limbah sebanyak 6.924 L/hari. Sehingga data dari pemilik Industri Tahu Solo bisa digunakan dalam perhitungan debit air limbah. Pada penelitian sebelumnya, IPAL industri tahu direncanakan menggunakan debit rata-rata (Mufida, Sholichin, & Cahyani, 2014) dalam (Simanjuntak, 2020). Oleh karena itu, volume air limbah digunakan untuk menghitung debit air limbah. Perhitungan debit air limbah tahu secara rinci adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air limbah } (Q) &= \frac{V}{t} \\
 &= \frac{8.000 \text{ liter}}{\text{hari}} \\
 &= 8.000 \text{ liter/hari} \\
 &= 8 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit rerata harian (dengan jam operasional selama 9 jam):} \\
 &= \frac{\text{Debit air limbah (m}^3/\text{hari)}}{\text{Jumlah jam operasional Industri}} \\
 &= \frac{8 \text{ m}^3/\text{hari}}{9 \text{ jam}} \\
 &= 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

## 4.2 Perencanaan dan Perhitungan DED IPAL Industri Tahu Solo

### 4.2.1 Kapasitas IPAL yang Direncanakan

Kapasitas rencana untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Solo menggunakan data debit air limbah tahu dan nilai beban polutan yang terdapat dalam air limbah tahu, sebagai berikut:

$$\text{a. Debit air limbah tahu} = 8.000 \text{ l/hari} = 8 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,9 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- b. BOD dalam air limbah tahu = 48,8 mg/L
- c. COD dalam air limbah tahu = 115 mg/L
- d. TSS dalam air limbah tahu = 293 mg/L
- e. pH dalam air limbah tahu = 5,45

#### 4.2.2 Perhitungan *Detail Engeneering Desain (DED)* Unit IPAL

Desain IPAL yang direncanakan berdasarkan pada data-data yang telah diperoleh sebelumnya. Dengan memperhatikan nilai beban polutan yang terdapat dalam air limbah tahu, maka perencanaan yang dilakukan terdiri dari bak ekualisasi, bak koagulasi-flokulasi, bak sedimentasi, dan bak fitoremediasi.

##### 4.2.2.1 Bak Ekualisasi

###### a. Direncanakan

- Jumlah bak = 1 bak
- Debit (Q) = 8 m<sup>3</sup>/hari = 0,9 m<sup>3</sup>/jam
- Waktu Tinggal (td) = 4 jam

###### b. Perhitungan

- Volume bak (V):

$$V = Q \times t_d$$

$$= 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ jam}$$

$$V = 3,6 \text{ m}^3$$

Maka dimensi:

$$\text{Panjang (p)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (l)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman (h)} = \frac{V}{p \times l} = \frac{3,6 \text{ m}^3}{2 \text{ m} \times 1 \text{ m}} = 1,8 \text{ m}$$

Untuk tinggi jagaan diambil 0,5 m, sehingga total kedalaman bak:

$$\begin{aligned} \text{Total kedalaman bak} &= h_{\text{air}} + h_{\text{jagaan}} \\ &= 1,8 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 2,3 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Pengecekan waktu tinggal (td):**

$$td = \frac{\text{Volume bak (m}^3\text{)}}{\text{Debit (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

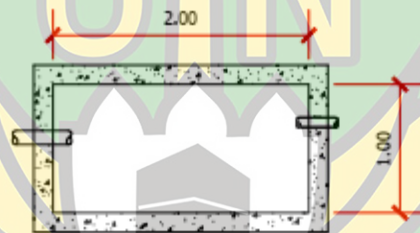
$$td = \frac{3,6 \text{ m}^3}{8 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 9 \text{ jam/hari}$$

$$td = 4 \text{ jam (memenuhi kriteria)}$$

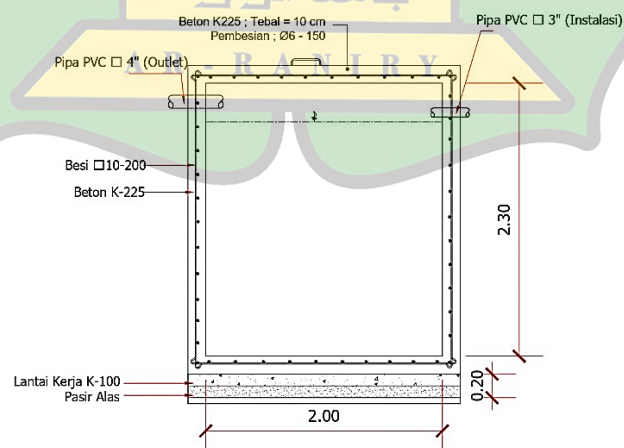
Rekap hasil rancangan bak ekualisasi ditunjukkan pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Rekap Hasil Rancangan Bak Ekualisasi

| Uraian                       |     |
|------------------------------|-----|
| Jumlah Bak                   | 1   |
| Volume Bak (m <sup>3</sup> ) | 3,6 |
| Panjang Bak (m)              | 2   |
| Lebar Bak (m)                | 1   |
| Tinggi Bak (m)               | 2,3 |



**Gambar 4.1** Tampak Atas Bak Ekualisasi



**Gambar 4.2** Potongan A-A Bak Ekualisasi

#### 4.2.2.2 Bak Koagulasi-Flokulasi

##### a. Direncanakan

Koagulasi:

- Jumlah bak = Bak terdiri dari 2 kompartemen
- Bentuk bak = Persegi Panjang
- Koagulan = Serbuk biji kelor
- Type Pengaduk = Agiator mixer kimia SS316
- Diameter Impeller = 0,20 m = 20 cm
- Debit (Q) =  $8 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} = 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- Waktu tinggal (td) = 40 menit = 2400 s
- n = 180 rpm
- $g_c = 32,17 \text{ ft.lb/det}^2.\text{lb} = 444.767,84 \text{ gr.cm/s}^2$
- K = 1,0 - 5,0
- G = 70 - 1.000  $\text{detik}^{-1}$
- $\rho = 1 \text{ gr/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$

Flokulasi:

- Jumlah bak = Bak terdiri dari 2 kompartemen
- Bentuk bak = Persegi Panjang
- Type Pengaduk = Agiator mixer kimia SS316
- Ukuran Impeller = 0,25 m = 25 cm
- Debit (Q) =  $8 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,9 \text{ m}^3/\text{jam} = 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- Waktu tinggal (td) = 40 menit = 2400 s
- n = 80 rpm
- $g_c = 32,17 \text{ ft.lb/det}^2.\text{lb} = 444.767,84 \text{ gr.cm/s}^2$
- K = 1,0 - 5,0
- G = 10 - 75  $\text{detik}^{-1}$
- $\rho = 1 \text{ gr/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$

##### b. Perhitungan

Koagulasi:

- Tenaga/power yang diperlukan:

$$P = \frac{K}{g_c} \rho n^3 D^5$$

$$P = \frac{1,0}{444.767,84 \text{ gr.cm/s}^2} \left(1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) (180 \text{ rpm})^3 (20 \text{ cm})^5$$

$$P = 41.959.868 \text{ g.cm/s} = 4.115 \text{ N.m/s} = 4 \text{ kw}$$

- Volume bak:

$$\text{Volume bak} = 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 2400 \text{ s}$$

$$= 0,7 \text{ m}^3 = 1 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ tiap unit bak} = \frac{Q}{\text{Jumlah unit}}$$

$$= \frac{2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2}$$

$$= 1,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_d \text{ total} = T_d \text{ kompartemen I} + T_d \text{ kompartemen II}$$

$$= 1200 \text{ s} + 1200 \text{ s}$$

$$= 2400 \text{ s} = 40 \text{ menit}$$

$$\text{Volume tiap bak} = Q \times t_d \text{ total}$$

$$= 1,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 2400 \text{ s}$$

$$= 0,4 \text{ m}^3 = 0,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang dan lebar tiap kompartemen} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang total dan lebar total bak koagulasi} = 0,5 + 0,5 = 1$$

$$\text{Tinggi (H)} = 0,5 \text{ meter} + \text{freeboard } 0,5 \text{ m}$$

$$= 1 \text{ m}$$

- Gradien Kecepatan:

$$G = \left(\frac{P}{V\mu}\right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{4.115 \text{ N.m/s}}{1 \text{ m}^3 \cdot 0,801 \text{ N.s/m}^2}\right)^{1/2}$$

$$G = 72 \text{ detik}^{-1} \text{ (memenuhi kriteria desain)}$$

- Pembubuh Koagulan:

$$\text{Kebutuhan Koagulan} = Q \times \text{Kadar Pembubuh}$$

$$= 8.000 \text{ L/hari} \times 500 \text{ mg/L}$$

$$= 4.000.000 \text{ mg/L}$$

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

$$\text{Kebutuhan Koagulan} = 4 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume Koagulan} = \text{Kebutuhan koagulan} / \rho \text{ serbuk biji kelor}$$

$$= 4 \text{ kg/hari} / 1,906 \text{ kg/L}$$

$$= 2,1 \text{ L/hari} = 0,0021 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume Air Pelarut} = (\text{persentase pelarut} / \text{persentase serbuk biji kelor})$$

$$\times \text{kebutuhan koagulan}$$

$$= (95\%/5\%) \times 4 \text{ kg/hari}$$

$$= 76 \text{ L/hari} = 0,076 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume Larutan Total} = \text{Volume koagulan} + \text{Volume air pelarut}$$

$$= 2,1 \text{ L/hari} + 76 \text{ L/hari}$$

$$= 78,1 \text{ L/hari}$$

$$= 0,0781 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit Pembubuhan (Q}_p\text{)} = 78,1 \text{ L/hari} / 9 \text{ jam}$$

$$= 8,678 \text{ L/jam} = 0,0087 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pembubuhan koagulan dilakukan menggunakan dosing tank Jieming MC-100 L.

Flokulasi:

- Tenaga yang diperlukan:

$$P = \frac{K}{g_c} \rho n^3 D^5$$

$$P = \frac{1,0}{444.767,84 \text{ gr.cm/s}^2} \left(1 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3}\right) (80 \text{ rpm})^3 (20 \text{ cm})^5$$

$$P = 3.683.720 \text{ g.cm/s} = 361,25 \text{ N.m/s} = 0,36 \text{ kw}$$

- Perhitungan volume bak:

$$\text{Volume bak} = 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 2400 \text{ s}$$

$$= 0,7 \text{ m}^3 = 1 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ tiap unit bak} = \frac{Q}{\text{Jumlah unit}}$$

$$= \frac{2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2}$$

$$= 1,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Td total} = \text{Td kompartemen I} + \text{Td kompartemen II}$$

$$= 1200 \text{ s} + 1200 \text{ s}$$

$$= 2400 \text{ s} = 40 \text{ menit}$$

$$\text{Volume tiap bak} = Q \times \text{td total}$$

$$= 1,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 2400 \text{ s}$$

$$= 0,4 \text{ m}^3 = 0,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang dan lebar tiap kompartemen} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang total dan lebar total bak flokulasi} = 0,5 + 0,5 = 1,1$$

$$\text{Tinggi (H)} = 0,5 \text{ meter} + \text{freeboard } 0,5 \text{ m}$$

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

- Gradien Kecepatan:

$$G = \left( \frac{P}{V\mu} \right)^{1/2}$$

$$= \left( \frac{361,25 \text{ N.m/s}}{0,336 \text{ m}^3 \cdot 0,801 \text{ N.s/m}^2} \right)^{1/2}$$

$$G = 37 \text{ detik}^{-1} \text{ (memenuhi kriteria desain)}$$

- Perhitungan penentuan kualitas efluen

Efisiensi penurunan COD: 39,33%

$$\text{COD}_{\text{removed}} = \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{COD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)}$$

$$= 39,33\% \times 110 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{removed}} = 43,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisa}} = \text{COD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - \text{COD}_{\text{removed}} \text{ (mg/L)}$$

$$= 110 \text{ mg/L} - 43,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisa}} = 66,7 \text{ mg/L}$$

Efisiensi penurunan BOD: 39,33%

$$\text{BOD}_{\text{removed}} = \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{BOD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)}$$

$$= 39,33\% \times 58,7 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_{\text{removed}} = 23,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_{\text{tersisa}} = \text{BOD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - \text{BOD}_{\text{removed}} \text{ (mg/L)}$$

$$= 58,7 \text{ mg/L} - 23,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_{\text{tersisa}} = 35,6 \text{ mg/L}$$

Efisiensi penurunan TSS: 39,33%

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{TSS}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} \\ &= 39,33\% \times 281 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{TSS}_{\text{removed}} = 110,52 \text{ mg/L}$$

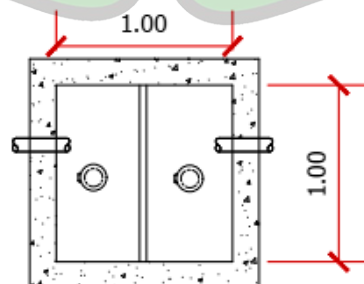
$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{tersisa}} &= \text{TSS}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - \text{TSS}_{\text{removed}} \text{ (mg/L)} \\ &= 281 \text{ mg/L} - 110,52 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{TSS}_{\text{tersisa}} = 170,48 \text{ mg/L}$$

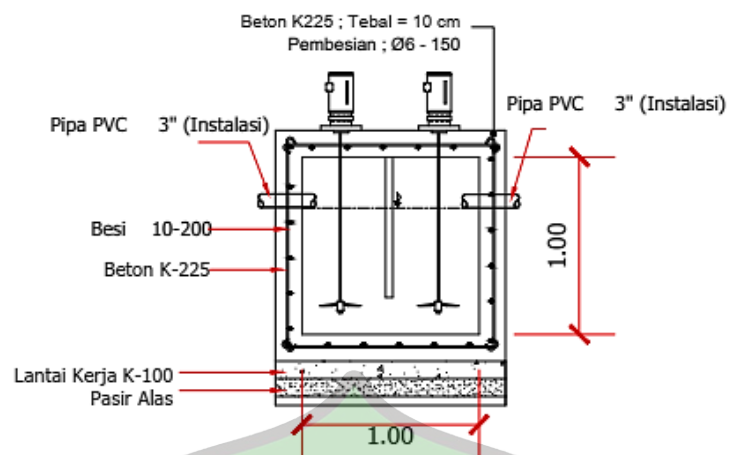
Rekap hasil rancangan bak koagulasi-flokulasi ditunjukkan pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Rekap Hasil Rancangan Bak Koagulasi-Flokulasi

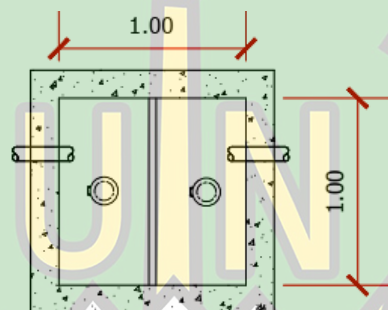
| Bak Koagulasi                                   |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Jumlah Bak                                      | 2   |
| Volume Bak (m <sup>3</sup> )                    | 1   |
| Panjang Tiap Bak (m)                            | 0,5 |
| Lebar Tiap Bak (m)                              | 0,5 |
| Panjang Total dan Lebar Total Bak Koagulasi (m) | 1   |
| Tinggi Bak (m)                                  | 1   |
| Bak Flokulasi                                   |     |
| Jumlah Bak                                      | 2   |
| Volume Bak (m <sup>3</sup> )                    | 1   |
| Panjang Tiap Bak (m)                            | 0,5 |
| Lebar Tiap Bak (m)                              | 0,5 |
| Panjang Total dan Lebar Total Bak Koagulasi (m) | 1   |
| Tinggi Bak (m)                                  | 1   |



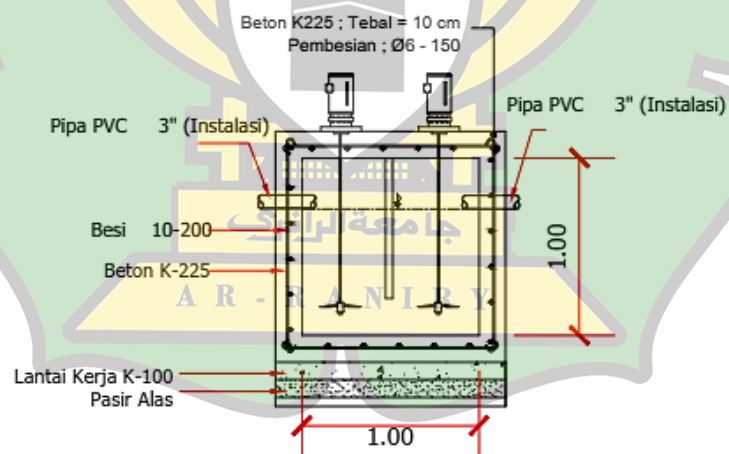
**Gambar 4.3** Tampak Atas Bak Koagulasi



**Gambar 4.4** Potongan A-A Bak Koagulasi



**Gambar 4.5** Tampak Atas Bak Flokulasi



**Gambar 4.6** Potongan A-A Bak Flokulasi

Spesifikasi tambahan dari unit koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada Tabel

Tabel 4.5 Spesifikasi tambahan dari unit koagulasi-flokulasi

| No. | Nama                                                                                                              | Spesifikas                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Dosing Tank Jieming MC-100 L<br> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Size: Diameter 460, Height 795, Weight 4,5</li> <li>- Sudah dilengkapi dengan Dosing Pump dan Mixer</li> <li>- Size mixer: 1.270 mm atau 1,27 m, propeller 200 mm dan 150 mm</li> <li>- Size Pump: Diameter pump 126 mm</li> </ul> |
| 2   | Agiator mixer kimia SS316<br>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter: (as by request) 0,20 m atau 20 cm</li> <li>- Rotation: (as by request) 180 rpm (bak koagulasi) 80 rpm (bak flokulasi)</li> <li>- Type: Vertical Motor</li> <li>- Blade: Propeller</li> </ul>                             |

#### 4.2.2.3 Bak Sedimentasi

##### a. Direncanakan

- $T_d = 3 \text{ Jam}$

##### b. Perhitungan

- Perhitungan volume bak:

$$V = Q \times t_d$$

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

$$V = 2,7 \text{ m}^3$$

Maka dimensi:

$$\text{Panjang (p)} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (l)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman (h)} = \frac{V}{p \times l} = \frac{2,7 \text{ m}^3}{2,7 \text{ m} \times 1 \text{ m}} = 1 \text{ m}$$

Untuk tinggi jagaan diambil 0,5 m, sehingga total kedalaman bak:

$$\begin{aligned} \text{Total kedalaman bak} &= h_{\text{air}} + h_{\text{jagaan}} \\ &= 1 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Pengecekan waktu tinggal (td):**

$$td = \frac{\text{Volume bak (m}^3\text{)}}{\text{Debit (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$td = \frac{2,7 \text{ m}^3}{8 \text{ m}^3\text{/hari}} \times 9 \text{ jam/hari}$$

$$td = 3 \text{ Jam (memenuhi kriteria)}$$

- **Perhitungan penentuan kualitas efluen**

Efisiensi penurunan COD: 30%

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{COD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} \\ &= 30\% \times 66,7 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{removed}} = 20 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{tersisa}} &= \text{COD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - \text{COD}_{\text{removed}} \text{ (mg/L)} \\ &= 66,7 \text{ mg/L} - 20 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisa}} = 46,7 \text{ mg/L}$$

Efisiensi penurunan BOD: 30%

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{BOD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} \\ &= 30\% \times 35,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{BOD}_{\text{removed}} = 10,68 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{tersisa}} &= \text{BOD}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} - \text{BOD}_{\text{removed}} \text{ (mg/L)} \\ &= 35,6 \text{ mg/L} - 10,68 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{BOD}_{\text{tersisa}} = 25 \text{ mg/L}$$

Efisiensi penurunan TSS: 30%

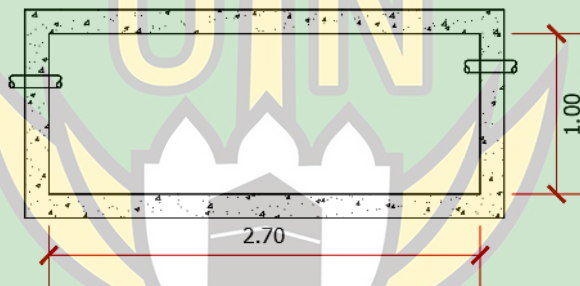
$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{TSS}_{\text{in}} \text{ (mg/L)} \\ &= 30\% \times 170,48 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{removed}} &= 51,14 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{tersisa}} &= \text{TSS}_{\text{in}} (\text{mg/L}) - \text{TSS}_{\text{removed}} (\text{mg/L}) \\
 &= 170,48 \text{ mg/L} - 51,14 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{tersisa}} &= 119,34 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

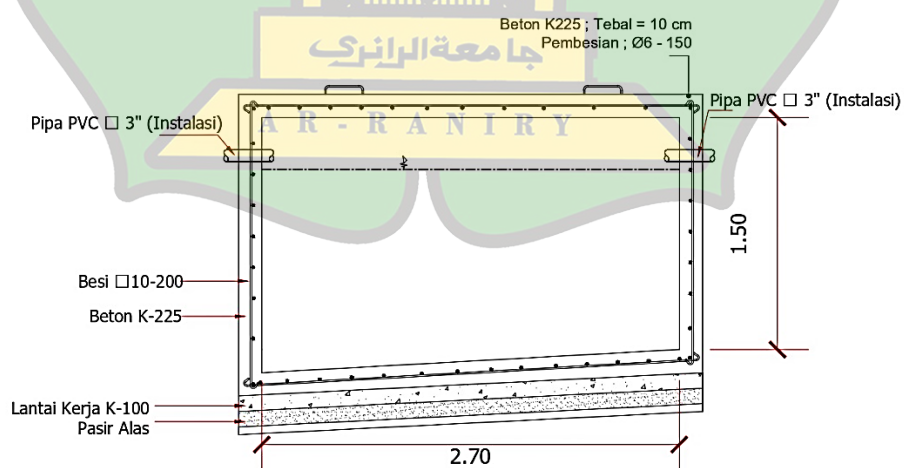
Rekap hasil rancangan bak sedimentasi ditunjukkan pada Tabel 4.6

**Tabel 4.6** Rekap Hasil Rancangan Bak Sedimentasi

| Uraian                       |     |
|------------------------------|-----|
| Jumlah Bak                   | 1   |
| Volume Bak (m <sup>3</sup> ) | 2,7 |
| Panjang Bak (m)              | 2,7 |
| Lebar Bak (m)                | 1   |
| Tinggi Bak (m)               | 1,5 |



**Gambar 4.7** Tampak Atas Bak Sedimentasi



**Gambar 4.8** Potongan A-A Bak Sedimentasi

#### 4.2.2.4 Kolam Fitoremediasi

##### a. Direncanakan

- Tanaman yang digunakan = Eceng gondok
- Media = Gravel Sand
- Jarak tanaman = 15 cm
- Kedalaman media (d) = 0,3 m
- Ketebalan dinding = 0,2 m
- Freeboard = 0,5 m
- Td = 1 hari

##### b. Perhitungan

- Perhitungan volume bak:

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 8 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari} \\ &= 8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka dimensi:

$$\text{Panjang (p)} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (l)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman (h)} = \frac{V}{p \times l} = \frac{8 \text{ m}^3}{4 \text{ m} \times 1 \text{ m}} = 2 \text{ m}$$

Untuk tinggi jagaan diambil 0,5 m, sehingga total kedalaman bak:

$$\begin{aligned}\text{Total kedalaman bak} &= h_{\text{air}} + h_{\text{jagaan}} \\ &= 2 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 2,5 \text{ m}\end{aligned}$$

- Pengecekan waktu tinggal (td):

$$td = \frac{\text{Volume bak (m}^3\text{)}}{\text{Debit (m}^3\text{/hari)}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$td = \frac{8 \text{ m}^3}{8 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$td = 24 \text{ Jam (memenuhi kriteria)}$$

- Menghitung luas permukaan (As):

$$As = p \times l$$

$$= 4 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$A_s = 4 \text{ m}^2$$

- Pengecekan *Hydraulic-loading rate* (HLR):

$$\begin{aligned} \text{HLR} &= \frac{Q}{A_s} \\ &= \frac{8 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

$$\text{HLR} = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

- Perhitungan penentuan kualitas efluen pada kolam fitoremediasi:

Efisiensi penurunan COD: 15,49 %

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{COD}_{\text{in}} (\text{mg/L}) \\ &= 15,49\% \times 46,7 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{removed}} = 7,23 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{tersisa}} &= \text{COD}_{\text{in}} (\text{mg/L}) - \text{COD}_{\text{removed}} (\text{mg/L}) \\ &= 46,7 \text{ mg/L} - 7,23 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisa}} = 39,47 \text{ mg/L}$$

Efisiensi penurunan BOD: 15,49%

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{BOD}_{\text{in}} (\text{mg/L}) \\ &= 15,49\% \times 25 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{BOD}_{\text{removed}} = 3,9 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{tersisa}} &= \text{BOD}_{\text{in}} (\text{mg/L}) - \text{BOD}_{\text{removed}} (\text{mg/L}) \\ &= 25 \text{ mg/L} - 3,9 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{BOD}_{\text{tersisa}} = 21,1 \text{ mg/L}$$

Efisiensi penurunan TSS: 15,49%

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{removed}} &= \text{Efisiensi removal (\%)} \times \text{TSS}_{\text{in}} (\text{mg/L}) \\ &= 15,49\% \times 119,34 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{TSS}_{\text{removed}} = 19 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{tersisa}} &= \text{TSS}_{\text{in}} (\text{mg/L}) - \text{TSS}_{\text{removed}} (\text{mg/L}) \\ &= 119,34 \text{ mg/L} - 19 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\text{TSS}_{\text{tersisa}} = 100 \text{ mg/L}$$

- Kebutuhan tanaman eceng gondok

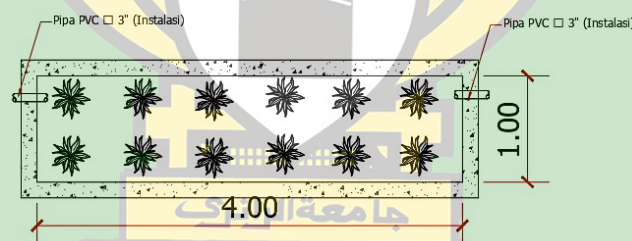
Dengan waktu tinggal 1 hari dan jarak antar tanaman 0,15 m. Luas reaktor yang digunakan adalah 1 m<sup>2</sup> yang terdiri dari 3 tanaman, sehingga jumlah tanaman eceng gondok yang dibutuhkan dalam bak ini adalah:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Tanaman} &= 3 \text{ tanaman} \times \text{luas bak fitoremediasi} / 1 \text{ m}^2 \\ &= 3 \times 4 \text{ m}^2 / 1 \text{ m}^2 \\ &= 12 \text{ tanaman}\end{aligned}$$

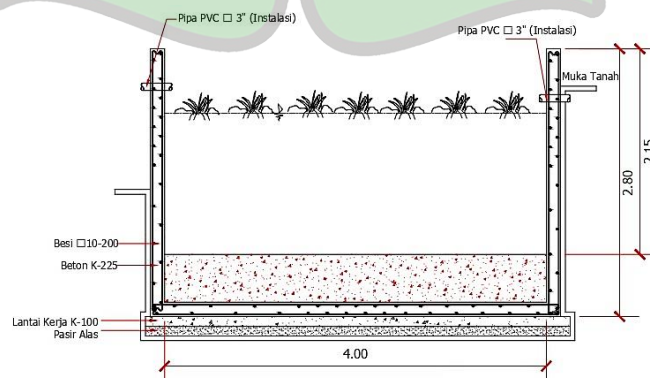
Rekap hasil rancangan kolam fitoremediasi ditunjukkan pada Tabel 4.7

**Tabel 4.7** Rekap Hasil Rancangan Kolam Fitoremediasi

| Uraian                        |      |
|-------------------------------|------|
| Jumlah Bak                    | 1    |
| Panjang Bak (m <sup>3</sup> ) | 4    |
| Lebar Bak (m)                 | 1    |
| Tinggi Bak (m)                | 2,5  |
| Jarak tanaman (m)             | 0,15 |
| Kedalaman media (m)           | 0,3  |



**Gambar 4.9** Tampak Atas Bak Fitoremediasi



**Gambar 4.10** Potongan A-A Bak Fitoremediasi

### 4.3 *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya bangunan berdasarkan *Bill of Quantity* (BOQ) dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun dan kebutuhan instalasi lainnya. RAB pada perencanaan ini mengacu pada Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK), yang didasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01 tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Setiap jenis pekerjaan dilakukan analisis harga satuan pekerjaan. Harga satuan (*basic price*) yang digunakan didasarkan pada harga pasar 2022.

#### 4.3.1 *Bill of Quantity* (BOQ)

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) pada perencanaan ini meliputi penggalian tanah biasa untuk konstruksi, pengurungan pasir dengan pemadatan. Terdapat pula pekerjaan beton K-225, pengurungan tanah kembali untuk konstruksi, pekerjaan pembesian dan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai dan dinding. Berikut ini perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ).

##### 1. BOQ Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi

Rumus = (panjang) x (lebar) x (kedalaman bangunan yang digali + tebal pasir + freeboard + tebal lantai kerja + tebal tutup)

##### Perhitungan:

##### Bak Ekualisasi

Tebal pasir = 0,1 m

Tebal Lantai Kerja = 0,1 m - R A N I R Y

Fb = 0,5 m

Tebal Tutup = 0,1 m

P = 2 m

L = 1 m

Tinggi = 2,3 m

Volume = 2 m x 1 m x 3,1 m  
= 6,2 m<sup>3</sup>

##### Bak Koagulasi

Tebal pasir = 0,1 m

Tebal Lantai Kerja = 0,1 m  
 Fb = 0,5 m  
 Tebal Tutup = 0,1 m  
 P = 1 m  
 L = 1 m  
 Tinggi = 1 m  
 Volume = 1 m x 1 m x 1,8 m  
 = 1,8 m<sup>3</sup>

#### **Bak Flokulasi**

Tebal pasir = 0,1 m  
 Tebal Lantai Kerja = 0,1 m  
 Fb = 0,5 m  
 Tebal Tutup = 0,1 m  
 P = 1 m  
 L = 1 m  
 Tinggi = 1 m  
 Volume = 1 m x 1 m x 1,8 m  
 = 1,8 m<sup>3</sup>

#### **Bak Sedimentasi**

Tebal pasir = 0,1 m  
 Tebal Lantai Kerja = 0,1 m  
 Fb = 0,5 m  
 Tebal Tutup = 0,1 m  
 P = 2,7 m  
 L = 1 m  
 Tinggi = 1,5 m  
 Volume = 2,7 m x 1 m x 2,3 m  
 = 6,21 m<sup>3</sup>

#### **Bak Fitoremediasi**

Tebal pasir = 0,1 m  
 Tebal Lantai Kerja = 0,1 m  
 Fb = 0,5 m

$$\begin{aligned}
 P &= 4 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \\
 &= 13,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume total galian tanah yaitu  $29,21 \text{ m}^3$ .

## 2. BOQ Pengurungan Pasir dengan Pemadatan

Rumus = (panjang) x (lebar) x tebal pasir

### Perhitungan:

#### Bak Ekualisasi

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 2,3 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\
 &= 0,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### Bak Koagulasi

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\
 &= 0,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### Bak Flokulasi

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 0,1 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\
 &= 0,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### Bak Sedimentasi

$$\begin{aligned}
 P &= 2,7 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 2,7 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 0,27 \text{ m}^3$$

#### **Bak Fitoremediasi**

$$P = 4 \text{ m}$$

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

$$\text{Tinggi} = 2,5 \text{ m}$$

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

Volume total urungan dengan pemadatan yaitu  $1,07 \text{ m}^3$ .

### **3. BOQ Pekerjaan Beton K-225**

- Beton Lantai Bangunan = Panjang x lebar x (tebal lantai kerja + tebal lantai bak)

Dimana tebal lantai kerja (0,1 m) + tebal lantai bak (0,2 m) adalah 0,3 m

#### **Perhitungan:**

##### **Bak Ekualisasi**

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

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

$$\text{Lantai bak + kerja} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

##### **Bak Koagulasi**

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

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

$$\text{Lantai bak + kerja} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

##### **Bak Flokulasi**

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

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

$$\text{Lantai bak + kerja} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Bak Sedimentasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 2,7 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Lantai bak + kerja} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 2,7 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 0,81 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

**Bak Fitoremediasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 4 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Lantai bak + kerja} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 1,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume beton lantai bangunan yaitu  $3,21 \text{ m}^3$ .

- Beton Dinding Bangunan = (Panjang total x lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + freeboard)

**Perhitungan:****Bak Ekualisasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman + fb} &= 2,3 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= (4 + 2) \times 0,2 \times 2,3 \\
 &= 2,76 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

**Bak Koagulasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman + fb} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= (2 + 2) \times 0,15 \times 1 \\
 &= 0,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

**Bak Flokulasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman + fb} &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (2 + 2) \times 0,15 \times 1 \\ &= 0,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### **Bak Sedimentasi**

$$\begin{aligned}P &= 2,7 \text{ m} \\ L &= 1 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} + fb &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (5,4 + 2) \times 0,15 \times 1,5 \\ &= 1,67 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### **Bak Fitoremediasi**

$$\begin{aligned}P &= 4 \text{ m} \\ L &= 1 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} + fb &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (8 + 2) \times 0,2 \times 1,5 \\ &= 3 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume beton dinding bangunan yaitu  $8,63 \text{ m}^3$

Volume pekerjaan beton didapatkan dari akumulasi volume pekerjaan lantai dan dinding bangunan.

$$\begin{aligned}\text{Volume beton lantai bangunan} &= 3,21 \text{ m}^3 \\ \text{Volume dinding bangunan} &= 8,63 \text{ m}^3 \\ \text{Volume beton total} &= 11,84 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

#### **4. BOQ Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos)**

Volume pekerjaan pembesian berdasarkan perhitungan volume pekerjaan beton dan lantai bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya didapatkan  $11,84 \text{ m}^3$ . Besi yang digunakan direncanakan memiliki  $15,97$  berat  $\text{kg/m}^3$  beton sehingga didapatkan berat besi adalah  $189,1 \text{ kg}$ .

#### **5. BOQ Bekisting Lantai**

Rumus = (Panjang total + lebar total)

**Perhitungan:**

##### **Bak Ekualisasi**

$$\begin{aligned}P &= 2 \text{ m} \\ L &= 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Luas} = 2 \text{ m}^2$$

#### **Bak Koagulasi**

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

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

$$\text{Luas} = 1 \text{ m}^2$$

#### **Bak Flokulasi**

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

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

$$\text{Luas} = 1 \text{ m}^2$$

#### **Bak Sedimentasi**

$$P = 2,7 \text{ m}$$

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

$$\text{Luas} = 2,7 \text{ m}^2$$

#### **Bak Fitoremediasi**

$$P = 4 \text{ m}$$

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

$$\text{Luas} = 4 \text{ m}^2$$

Luas bekisting lantai yaitu  $10,7 \text{ m}^3$ .

### **6. BOQ Bekisting Dinding**

Rumus = (Panjang total + lebar total) x (tinggi)

**Perhitungan:**

#### **Bak Ekualisasi**

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

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

$$\text{Kedalaman} + \text{fb} = 2,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (4 + 2) \times 2,3 \\ &= 13,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### **Bak Koagulasi**

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

$$\begin{aligned}
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Luas} &= (2 + 2) \times 1 \\
 &= 4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### **Bak Flokulasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 1 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Luas} &= (2 + 2) \times 1 \\
 &= 4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### **Bak Sedimentasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 2,7 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Luas} &= (5,4 + 2) \times 1,5 \\
 &= 11,1 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### **Bak Fitoremediasi**

$$\begin{aligned}
 P &= 4 \text{ m} \\
 L &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Luas} &= (8 + 2) \times 2,5 \\
 &= 25 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas bekisting dinding yaitu 57,9 m<sup>2</sup>

Rekap hasil perhitungan BOQ Perencanaan IPAL Tahu Solo dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Rekap Hasil perhitungan BOQ Perencanaan IPAL Tahu Solo

| No.                      | Uraian Pekerjaan                            | Satuan         | Volume |
|--------------------------|---------------------------------------------|----------------|--------|
| <b>Bak Ekualisasi</b>    |                                             |                |        |
| 1                        | Penggalian tanah biasa untuk konstruksi     | m <sup>3</sup> | 6,2    |
| 2                        | Pengurungan pasir dengan pemadatan          | m <sup>3</sup> | 0,2    |
| 3                        | Pekerjaan beton K-225                       | m <sup>3</sup> | 3,36   |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton Polos | Kg             | 44,4   |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                  | m <sup>2</sup> | 2      |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                 | m <sup>2</sup> | 13,8   |
| <b>Bak Koagulasi</b>     |                                             |                |        |
| 1                        | Penggalian tanah biasa untuk konstruksi     | m <sup>3</sup> | 1,8    |
| 2                        | Pengurungan pasir dengan pemadatan          | m <sup>3</sup> | 0,1    |
| 3                        | Pekerjaan beton K-225                       | m <sup>3</sup> | 0,9    |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton Polos | Kg             | 15     |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                  | m <sup>2</sup> | 1      |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                 | m <sup>2</sup> | 4      |
| <b>Bak Flokulasi</b>     |                                             |                |        |
| 1                        | Penggalian tanah biasa untuk konstruksi     | m <sup>3</sup> | 1,8    |
| 2                        | Pengurungan pasir dengan pemadatan          | m <sup>3</sup> | 0,1    |
| 3                        | Pekerjaan beton K-225                       | m <sup>3</sup> | 0,9    |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton Polos | Kg             | 15     |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                  | m <sup>2</sup> | 1      |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                 | m <sup>2</sup> | 4      |
| <b>Bak Sedimentasi</b>   |                                             |                |        |
| 1                        | Penggalian tanah biasa untuk konstruksi     | m <sup>3</sup> | 6,21   |
| 2                        | Pengurungan pasir dengan pemadatan          | m <sup>3</sup> | 0,27   |
| 3                        | Pekerjaan beton K-225                       | m <sup>3</sup> | 2,48   |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton Polos | Kg             | 33,3   |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                  | m <sup>2</sup> | 2,7    |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                 | m <sup>2</sup> | 11,1   |
| <b>Bak Fitoremediasi</b> |                                             |                |        |
| 1                        | Penggalian tanah biasa untuk konstruksi     | m <sup>3</sup> | 13,2   |
| 2                        | Pengurungan pasir dengan pemadatan          | m <sup>3</sup> | 0,4    |
| 3                        | Pekerjaan beton K-225                       | m <sup>3</sup> | 5,81   |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton Polos | Kg             | 81,4   |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                  | m <sup>2</sup> | 4,2    |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                 | m <sup>2</sup> | 25     |

#### 4.3.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan hasil perhitungan volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kota Banda Aceh melalui

penyesuaian dengan harga yang berlaku di pasar. Nilai satuan perhitungan RAB per jenis pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Harga Satuan Pekerjaan Unit

| No.       | Uraian Pekerjaan                                     | Koefisien | Satuan         | Harga Satuan (Rp) | Harga (Rp)     |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>I</b>  | <b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>                           |           |                |                   |                |
| <b>A</b>  | Papan Nama Proyek                                    | 1         | buah           | 250.000           | <b>250.000</b> |
| <b>B</b>  | Pembuatan Bouwplank/titik                            |           | titik          |                   |                |
|           | <b>Upah</b>                                          |           |                |                   |                |
|           | Pekerja                                              | 0,100     | O.H            | 131.300           | 13.130         |
|           | Tukang                                               | 0,100     | O.H            | 147.800           | 14.780         |
|           | Kepala Tukang                                        | 0,010     | O.H            | 163.800           | 1.638          |
|           | Mandor                                               | 0,005     | O.H            | 140.800           | 704            |
|           | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                           |           |                |                   | <b>30.252</b>  |
|           | <b>Bahan/Material</b>                                |           |                |                   |                |
|           | Kayu Balok 5/7                                       | 0,012     | m <sup>3</sup> | 1.000.000         | 12.000         |
|           | Paku Kayu 2"-3"                                      | 0,020     | Kg             | 20.000            | 400            |
|           | Kayu Papan 3/20                                      | 0,007     | m <sup>3</sup> | 1.000.000         | 7.000          |
|           | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                            |           |                |                   | <b>19.400</b>  |
|           | <b>Jumlah Total</b>                                  |           |                |                   | <b>49.652</b>  |
| <b>II</b> | <b>PEKERJAAN BETON</b>                               |           |                |                   |                |
|           | <b>Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b> |           | m <sup>3</sup> |                   |                |
| <b>A</b>  | <b>Upah</b>                                          |           |                |                   |                |
|           | Pekerja                                              | 0,675     | O.H            | 131.300           | 88.628         |
|           | Mandor                                               | 0,068     | O.H            | 140.800           | 9.504          |
|           | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                           |           |                |                   | <b>98.132</b>  |
|           | <b>Pengurungan Pasir (padat)</b>                     |           |                |                   |                |
|           | <b>Upah</b>                                          |           |                |                   |                |
|           | Pekerja                                              | 0,300     | O.H            | 131.300           | 39.390         |
|           | Mandor                                               | 0,010     | O.H            | 140.800           | 1.408          |
|           | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                           |           |                |                   | <b>40.798</b>  |
| <b>B</b>  | <b>Bahan</b>                                         |           |                |                   |                |
|           | Pasir Urug                                           | 1,200     | m <sup>3</sup> | 150.000           | 180.000        |
|           | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                            |           |                |                   | <b>180.000</b> |
|           | <b>Jumlah Total</b>                                  |           |                |                   | <b>220.798</b> |
|           | <b>Pekerjaan Beton K-225</b>                         |           | m <sup>3</sup> |                   |                |
| <b>C</b>  | <b>Upah</b>                                          |           |                |                   |                |
|           | Pekerja                                              | 1,650     | O.H            | 131.300           | 216.645        |
|           | Tukang                                               | 0,275     | O.H            | 147.800           | 40.645         |
|           | Kepala Tukang                                        | 0,028     | O.H            | 163.800           | 4.505          |
|           | Mandor                                               | 0,165     | O.H            | 140.800           | 23.232         |
|           | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                           |           |                |                   | <b>285.027</b> |
|           | <b>Bahan</b>                                         |           |                |                   |                |
|           | Semen PC 40 Kg                                       | 371       | Kg             | 1.675             | 621.425        |
|           | Pasir Cor/beton                                      | 698       | Kg             | 200               | 139.600        |
|           | Batu Pecah mesin ½ cm/kerikil                        | 1.047     | Kg             | 200               | 209.400        |

Lanjutan Tabel 4.9

| No. | Uraian Pekerjaan                                      | Koefisien | Satuan         | Harga Satuan (Rp) | Harga (Rp)       |
|-----|-------------------------------------------------------|-----------|----------------|-------------------|------------------|
| C   | <b>Pekerjaan Beton K-225</b>                          |           | m <sup>3</sup> |                   |                  |
|     | <b><u>Bahan</u></b>                                   |           |                |                   |                  |
|     | Air                                                   | 215       | Liter          | 100               | 21.500           |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                             |           |                |                   | <b>991.925</b>   |
|     | <b>Jumlah Total</b>                                   |           |                |                   | <b>1.276.952</b> |
| D   | <b>Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton Polos 10</b> |           | m <sup>3</sup> |                   |                  |
|     | <b><u>Upah</u></b>                                    |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                               | 0,070     | O.H            | 131.300           | 9.191            |
|     | Tukang                                                | 0,070     | O.H            | 147.800           | 10.346           |
|     | Kepala Tukang                                         | 0,007     | O.H            | 163.800           | 1.146,6          |
|     | Mandor                                                | 0,004     | O.H            | 140.800           | 563,2            |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                            |           |                |                   | <b>21.247</b>    |
|     | <b><u>Bahan</u></b>                                   |           |                |                   |                  |
|     | Besi Beton Polos                                      | 10,500    | Kg             | 14.500            | 152.250          |
|     | Kawat Ikat/ beton                                     | 0,150     | Kg             | 21.700            | 3.255            |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                             |           |                |                   | <b>155.505</b>   |
|     | <b>Jumlah Total</b>                                   |           |                |                   | <b>176.752</b>   |
| E   | <b>Pekerjaan Bekisting Lantai</b>                     |           | m <sup>2</sup> |                   |                  |
|     | <b><u>Upah</u></b>                                    |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                               | 0,660     | O.H            | 131.300           | 86.658           |
|     | Tukang                                                | 0,330     | O.H            | 147.800           | 48.774           |
|     | Kepala Tukang                                         | 0,033     | O.H            | 163.800           | 5.405            |
|     | Mandor                                                | 0,033     | O.H            | 140.800           | 4.646            |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                            |           |                |                   | <b>145.484</b>   |
|     | <b><u>Bahan</u></b>                                   |           |                |                   |                  |
|     | Paku Seng (5 cm -12 cm)                               | 0,400     | Kg             | 30.000            | 12.000           |
|     | Plywood uk 9 mm/ Multipleks                           | 0,350     | Lbr            | 150.000           | 52.500           |
|     | Kayu Klas III                                         | 0,030     | m <sup>3</sup> | 4.300.000         | 129.000          |
|     | Kayu Klas II (Kayu Balok)                             | 0,020     | m <sup>3</sup> | 5.300.000         | 106.000          |
|     | Kayu Dolken 8-10 cm, Panjang 4 m                      | 3,000     | Batang         | 23.700            | 71.100           |
|     | Minyak Bekisting                                      | 0,200     | Liter          | 5.600             | 1.120            |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                             |           |                |                   | <b>371.720</b>   |
|     | <b>Jumlah Total</b>                                   |           |                |                   | <b>517.204</b>   |
| F   | <b>Pekerjaan Bekisting Dinding</b>                    |           | m <sup>2</sup> |                   |                  |
|     | <b><u>Upah</u></b>                                    |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                               | 0,033     | O.H            | 131.300           | 86.658           |
|     | Tukang                                                | 0,033     | O.H            | 147.800           | 48.774           |
|     | Kepala Tukang                                         | 0,330     | O.H            | 163.800           | 5.405            |
|     | Mandor                                                | 0,660     | O.H            | 140.800           | 4.646            |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                            |           |                |                   | <b>145.484</b>   |
|     | <b><u>Bahan</u></b>                                   |           |                |                   |                  |
|     | Paku Seng (5 cm -12 cm)                               | 0,400     | Kg             | 30.000            | 12.000           |

Lanjutan Tabel 4.9

| No. | Uraian Pekerjaan                             | Koefisien | Satuan         | Harga Satuan (Rp) | Harga (Rp)       |
|-----|----------------------------------------------|-----------|----------------|-------------------|------------------|
| F   | <b>Pekerjaan Bekisting Dinding</b>           |           | m <sup>2</sup> |                   |                  |
|     | <b>Bahan</b>                                 |           |                |                   |                  |
|     | Plywood uk 9 mm/<br>Multipleks               | 0,350     | Lbr            | 150.000           | 52.500           |
|     | Kayu Klas III                                | 0,030     | m <sup>3</sup> | 4.300.000         | 129.000          |
|     | Kayu Klas II (Kayu Balok)                    | 0,020     | m <sup>3</sup> | 5.300.000         | 106.000          |
|     | Kayu Dolken 8-10 cm,<br>Panjang 4 m          | 2,000     | Batang         | 23.700            | 71.100           |
|     | Minyak Bekisting                             | 0,200     | Liter          | 5.600             | 1.120            |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                    |           |                |                   | <b>371.720</b>   |
|     | <b>Jumlah Total</b>                          |           |                |                   | <b>517.204</b>   |
| III | <b>FINISHING</b>                             |           |                |                   |                  |
| A   | <b>Pemasangan Pipa Inlet Air Limbah</b>      |           | m              |                   |                  |
|     | <b>Upah</b>                                  |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                      | 0,081     | O.H            | 131.300           | 10.635           |
|     | Tukang Pipa                                  | 0,135     | O.H            | 147.800           | 19.953           |
|     | Mandor                                       | 0,004     | O.H            | 140.800           | 563              |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                   |           |                |                   | <b>31.151</b>    |
|     | <b>Bahan</b>                                 |           |                |                   |                  |
|     | Pipa PVC Type AW 3"                          | 1,200     | m              | 30.900            | 37.080           |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                    |           |                |                   | <b>37.080</b>    |
|     | <b>Jumlah Total</b>                          |           |                |                   | <b>68.231</b>    |
| B   | <b>Pemasangan Pipa Outlet Air Limbah</b>     |           | m              |                   |                  |
|     | <b>Upah</b>                                  |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                      | 0,081     | O.H            | 131.300           | 10.635           |
|     | Tukang Pipa                                  | 0,135     | O.H            | 147.800           | 19.953           |
|     | Mandor                                       | 0,081     | O.H            | 140.800           | 563              |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                   |           |                |                   | <b>31.151</b>    |
|     | <b>Bahan</b>                                 |           |                |                   |                  |
|     | Pipa PVC Type AW 4"                          | 1,200     | m              | 83.333            | 99.999           |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                    |           |                |                   | <b>99.999</b>    |
|     | <b>Jumlah Total</b>                          |           |                |                   | <b>131.150</b>   |
| C   | <b>Pemasangan Aqitor Mixer Bak Koagulasi</b> |           | Unit           |                   |                  |
|     | <b>Upah</b>                                  |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                      | 0,400     | O.H            | 131.300           | 52.520           |
|     | Mandor                                       | 0,040     | O.H            | 140.800           | 5.632            |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                   |           |                |                   | <b>58.152</b>    |
|     | <b>Bahan</b>                                 |           |                |                   |                  |
|     | Agiator mixer kimia<br>SS316                 | 1         | Unit           | 5.000.000         | 5.000.000        |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                    |           |                |                   | <b>5.000.000</b> |
|     | <b>Jumlah Total</b>                          |           |                |                   | <b>5.058.152</b> |
| D   | <b>Pemasangan Aqitor Mixer Bak Flokulasi</b> |           | Unit           |                   |                  |
|     | <b>Upah</b>                                  |           |                |                   |                  |
|     | Pekerja                                      | 0,400     | O.H            | 131.300           | 52.520           |

Lanjutan Tabel 4.9

| No. | Uraian Pekerjaan                             | Koefisien | Satuan | Harga Satuan (Rp) | Harga (Rp)       |
|-----|----------------------------------------------|-----------|--------|-------------------|------------------|
| D   | <b>Pemasangan Aqitor Mixer Bak Flokulasi</b> |           | Unit   |                   |                  |
|     | <b>Upah</b>                                  |           |        |                   |                  |
|     | Mandor                                       | 0,040     | O.H    | 140.800           | 5.632            |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                   |           |        |                   | <b>58.152</b>    |
|     | <b>Bahan</b>                                 |           |        |                   |                  |
|     | Agiator mixer kimia SS316                    | 1         | Unit   | 5.000.000         | 5.000.000        |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                    |           |        |                   | <b>5.000.000</b> |
|     | <b>Jumlah Total</b>                          |           |        |                   | <b>5.058.152</b> |
| E   | <b>Pemasangan Dosing Tank</b>                |           | Unit   |                   |                  |
|     | <b>Upah</b>                                  |           |        |                   |                  |
|     | Pekerja                                      | 0,400     | O.H    | 131.300           | 52.520           |
|     | Mandor                                       | 0,040     | O.H    | 140.800           | 5.632            |
|     | <b>Jumlah Tenaga Kerja</b>                   |           |        |                   | <b>58.152</b>    |
|     | <b>Bahan</b>                                 |           |        |                   |                  |
|     | Dosing Tank (Jieming MC-100 L)               | 1         | Unit   | 5.383.000         | 5.383.000        |
|     | <b>Jumlah Harga Bahan</b>                    |           |        |                   | <b>5.383.000</b> |
|     | <b>Jumlah Total</b>                          |           |        |                   | <b>5.441.152</b> |
| F   | Tutup Plat Besi (Pabrikan)                   | 6         | buah   | 200.000           | <b>200.000</b>   |

Dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan unit-unit IPAL. Hasil rekapitulasi RAB dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10.** Rencana Anggaran Biaya (RAB) IPAL Industri Tahu Solo

| No.       | Uraian Pekerjaan                              | Satuan         | Volume Pekerjaan | Harga Satuan (Rp) | Jumlah         |
|-----------|-----------------------------------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|
| <b>I</b>  | <b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>                    |                |                  |                   |                |
| 1         | Papan Nama Proyek                             | buah           | 1                | 250.000           | 250.000        |
| 2         | Pembuatan Bouwplank/titik                     | titik          | 4                | 49.652            | 198.608        |
|           | <b>Jumlah</b>                                 |                |                  |                   | <b>448.608</b> |
| <b>II</b> | <b>PEKERJAAN BETON</b>                        |                |                  |                   |                |
|           | <b>Bak Ekualisasi</b>                         |                |                  |                   |                |
| 1         | Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk Konstruksi | m <sup>3</sup> | 6,2              | 98.132            | 608.418        |
| 2         | Pengurungan pasir (padat)                     | m <sup>3</sup> | 0,2              | 220.798           | 44.160         |
| 3         | Pekerjaan Beton K-225                         | m <sup>3</sup> | 3,36             | 1.276.952         | 4.290.559      |
| 4         | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton         | Kg             | 44,4             | 176.752           | 7.847.789      |

Lanjutan Tabel 4.10

| No.                    | Uraian Pekerjaan                              | Satuan         | Volume Pekerjaan | Harga Satuan (Rp) | Jumlah            |
|------------------------|-----------------------------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Bak Ekualisasi</b>  |                                               |                |                  |                   |                   |
| 5                      | Pekerjaan Bekisting Lantai                    | m <sup>2</sup> | 2                | 517.204           | 1.034.408         |
| 6                      | Pekerjaan Bekisting Dinding                   | m <sup>2</sup> | 13,8             | 517.204           | 7.137.415         |
| <b>Jumlah</b>          |                                               |                |                  |                   | <b>20.962.749</b> |
| <b>Bak Koagulasi</b>   |                                               |                |                  |                   |                   |
| 1                      | Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk Konstruksi | m <sup>3</sup> | 1,8              | 98.132            | 176.638           |
| 2                      | Pengurungan pasir (padat)                     | m <sup>3</sup> | 0,1              | 220.798           | 22.080            |
| 3                      | Pekerjaan Beton K-250                         | m <sup>3</sup> | 0,9              | 1.276.952         | 1.149.257         |
| 4                      | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton         | Kg             | 15               | 176.752           | 2.651.280         |
| 5                      | Pekerjaan Bekisting Lantai                    | m <sup>2</sup> | 1                | 517.204           | 517.204           |
| 6                      | Pekerjaan Bekisting Dinding                   | m <sup>2</sup> | 4                | 517.204           | 2.068.816         |
| <b>Jumlah</b>          |                                               |                |                  |                   | <b>6.585.274</b>  |
| <b>Bak Flokulasi</b>   |                                               |                |                  |                   |                   |
| 1                      | Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk Konstruksi | m <sup>3</sup> | 1,8              | 98.132            | 176.638           |
| 2                      | Pengurungan pasir (padat)                     | m <sup>3</sup> | 0,1              | 220.798           | 22.080            |
| 3                      | Pekerjaan Beton K-250                         | m <sup>3</sup> | 0,9              | 1.276.952         | 1.149.257         |
| 4                      | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton         | Kg             | 15               | 176.752           | 2.651.280         |
| 5                      | Pekerjaan Bekisting Lantai                    | m <sup>2</sup> | 1                | 517.204           | 517.204           |
| 6                      | Pekerjaan Bekisting Dinding                   | m <sup>2</sup> | 4                | 517.204           | 2.068.816         |
| <b>Jumlah</b>          |                                               |                |                  |                   | <b>6.585.274</b>  |
| <b>Bak Sedimentasi</b> |                                               |                |                  |                   |                   |
| 1                      | Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk Konstruksi | m <sup>3</sup> | 6,21             | 98.132            | 609.400           |
| 2                      | Pengurungan pasir (padat)                     | m <sup>3</sup> | 0,27             | 220.798           | 59.615            |
| 3                      | Pekerjaan Beton K-250                         | m <sup>3</sup> | 2,48             | 1.190.285         | 2.951.907         |

Lanjutan Tabel 4.10

| No.                      | Uraian Pekerjaan                              | Satuan         | Volume Pekerjaan | Harga Satuan (Rp) | Jumlah            |
|--------------------------|-----------------------------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Bak Sedimentasi</b>   |                                               |                |                  |                   |                   |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton         | Kg             | 33,3             | 176.752           | 5.885.842         |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                    | m <sup>2</sup> | 2,7              | 517.204           | 1.396.451         |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                   | m <sup>2</sup> | 11,1             | 517.204           | 5.740.964         |
| <b>Jumlah</b>            |                                               |                |                  |                   | <b>16.644.179</b> |
| <b>Bak Fitoremediasi</b> |                                               |                |                  |                   |                   |
| 1                        | Pekerjaan Galian Tanah Biasa untuk Konstruksi | m <sup>3</sup> | 13,2             | 98.132            | 1.295.342         |
| 2                        | Pengurungan pasir (padat)                     | m <sup>3</sup> | 0,4              | 220.798           | 88.319            |
| 3                        | Pekerjaan Beton K-250                         | m <sup>3</sup> | 5,81             | 1.190.285         | 6.915.556         |
| 4                        | Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton         | Kg             | 81,4             | 176.752           | 14.387.613        |
| 5                        | Pekerjaan Bekisting Lantai                    | m <sup>2</sup> | 4,2              | 517.204           | 2.172.257         |
| 6                        | Pekerjaan Bekisting Dinding                   | m <sup>2</sup> | 25               | 517.204           | 12.930.100        |
| <b>Jumlah</b>            |                                               |                |                  |                   | <b>37.789.187</b> |
| <b>III FINISHING</b>     |                                               |                |                  |                   |                   |
| 1                        | Pemasangan Pipa Inlet Air Limbah              | m              | 5,8              | 68.231            | 395.740           |
| 2                        | Pemasangan Pipa Outlet Air Limbah             | m              | 5,8              | 131.150           | 760.670           |
| 3                        | Pemasangan Agiator Mixer Bak Koagulasi        | Unit           | 2                | 5.058.152         | 10.116.304        |
| 4                        | Pemasangan Agiator Mixer Bak Flokulasi        | Unit           | 2                | 5.058.152         | 10.116.304        |
| 5                        | Pemasangan Dosing Tank (Jieming MC-100 L)     | Unit           | 1                | 5.441.152         | 5.441.152         |
| 6                        | Tutup Plat Besi (Pabrikan)                    | Buah           | 6                | 200.000           | 1.200.000         |
| <b>Jumlah</b>            |                                               |                |                  |                   | <b>28.030.170</b> |

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perencanaan IPAL Industri Tahu Solo dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Rekapitulasi RAB Perencanaan IPAL Industri Tahu Solo

| <b>No.</b>          | <b>Uraian Pekerjaan</b> | <b>Jumlah Total (Rp)</b> |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1                   | Pekerjaan Persiapan     | 448.608                  |
| 2                   | Pekerjaan Beton         | 88.566.663               |
| 3                   | Pekerjaan Finishing     | 28.030.170               |
| <b>Jumlah Total</b> |                         | <b>116.596.833</b>       |
| <b>Dibulatkan</b>   |                         | <b>116.597.000</b>       |



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan perhitungan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Industri Tahu Solo di Desa Punge Blang Cut Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuantitas air limbah Industri Tahu Solo yaitu 8.000 L/hari atau 8 m<sup>3</sup>/hari, didapat debit harian rata-rata dengan jam operasional selama 9 jam adalah 0,9 m<sup>3</sup>/jam atau  $2,8 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/s yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung *Detail Engineering Design* (DED) IPAL Industri Tahu Solo.
2. Kualitas air limbah yang dihasilkan Industri Tahu Solo sebelum dan sesudah pengolahan yaitu, BOD 48,8 mg/L menjadi 21,1 mg/L; COD 115 mg/L menjadi 39,47 mg/L; dan TSS 293 mg/L menjadi 100 mg/L.
3. *Detail Engineering Design* (DED) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terdiri dari Bak Ekualisasi dengan dimensi 2 m x 1 m x 2,3 m; Bak Koagulasi 1 m x 1 m x 1 m; Bak Flokulasi 1 m x 1 m x 1 m; Bak Sedimentasi 2,75 m x 1 m x 1,5 m; dan Kolam Fitoremediasi 4 m x 1 m x 2,5 m.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari perencanaan IPAL adalah sebesar Rp.116.597.000

#### **5.2 Saran**

Beberapa hal yang dapat disarankan dari penulis agar perencanaan selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik, diantaranya:

1. Diharapkan berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, penulis menyarankan kepada pihak industri tahu solo untuk melakukan pembangunan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), agar air limbah yang dihasilkan dapat terolah dan dapat mengurangi adanya pencemaran lingkungan.
2. Penentuan debit limbah cair untuk penelitian kedepan disarankan melalui pengukuran debit limbah harian sehingga didapat fluktuatif debit air limbah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh. (2020). *Kota Banda Aceh dalam Angka*. Banda Aceh: BPS Kota Banda Aceh.
- Badan Penelitian dan Pengembangan. (2018). *Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Tahu*. Taman Agung: Balitbang Kota Magelang.
- Batubara, G. O. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Medis dan Daur Ulang Efluen IPAL di Rumah Sakit Kelas C. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Dhianti, A. P. (2018). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri (Studi Kasus: Industri Tahu UD Sumber Agung di Kabupaten Mojokerto). *Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang*.
- Disyamto, D. A., Elystia, S., & Andesgur, I. (2020). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* dengan Proses Fitoremediasi. *Jom Fteknik*. 1 (2), 2.
- Faryandi, A (2020). Proses Koagulasi-Flokulasi dan Fitoremediasi dalam Mendegradasi Polutan pada Limbah Cair Industri Tahu. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh*.
- Haerun, R., Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). Efisiensi Pengolahan Limbah cair Industri Tahu menggunakan Biofilter Sistem Upflow dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK) LP2M Unhas*. 1 (2), 2.
- Haslinah, A. (2020). Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap Penurunan Persentase COD dalam Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknologi*. 15 (1), 51.

- Hidayati, S. S. (2017). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu Fit Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik-Aerobik. *Skripsi Jurusan Teknik Pengairan Konsentrasi Konservasi Sumber Daya Air Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang*.
- Hutagalung, R. F. (2018). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Kawasan Pelabuhan PT. Pelindo I Cabang Belawan, Kota Medan. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan*.
- Kholif, A.M. (2014). Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Biofilter Untuk Mengolah Air Limbah Poliklinik UNIPA Surabaya. *Jurnal Teknik Waktu*. 12 (2). 78.
- Kusumadewi, R. Y. (2016). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*.
- Marhadi. (2016). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 16 (1), 59.
- Pamungkas, A. W. (2017). Perancangan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Rumah Tangga (IKRT) Tahu di Kota Surabaya. *Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Tahun 2016 *Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.
- Pohan, N. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik. *Tesis Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara*.

- Priambodo, E. A & Indaryanto, H. (2017). Perancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Teknik ITS*. 6 (1). 53.
- Rahardiyana, S.D. (2019). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada pabrik Tahu Maju Jaya Piyungan Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia*.
- Rismawati, D., Thohari, I., & Rochmalia, F. (2020). Efektivitas Tanaman kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Menurunkan Kadar BOD<sub>5</sub>, dan COD Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 11 (2), 186.
- Rosidi, M & Razif, M. (2017). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Kertas Halus. *Jurnal Teknik ITS*. 6 (1), 42.
- Said, N. I. (2017). *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Erlangga.
- Saputroh, A. S. A., Priscilla, M, V., & Susilowati, T. (2020). Kajian Efektivitas Bioflokulan Pati Biji Asam Jawa Terhadap Penurunan Kadar COD Limbah Cair Tahu. *Journal of Chemical and Process Engineering*. 1 (1), 23.
- Sari, I. P. (2019). Fitoremediasi Limbah Tahu dengan Sistem Simulasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*). *Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung*.
- Sayow, F., & dkk. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Transdisiplin Pertanian (Budidaya Tanaman, Perkebunan, Kehutanan, Peternakan, Perikanan), Sosial dan Ekonomi*. 16 (2), 246-248.

Setyaningsih, A. I. (2021). Gambaran Sanitasi Sarana Produksi Industri Rumah Tangga Pembuatan Tahu di Dukuh Banjarsari Desa Leses Kecamatan Manisrenggo Klaten. *Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma Tiga Sanitasi Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta*.

SNI 6774.2008 *Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*.

Syukma, B. R. (2019). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Secara Komunal di Sentra Industri Tahu Pekon Gading Rejo Induk Kecamatan Gading Rejo Kabupaten Pringsewu. *Skripsi Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Tanjung Karang*.



# Lampiran 1. Hasil Uji Laboratorium



## PEMERINTAH ACEH DINAS KESEHATAN UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh  
E-mail: labkes\_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No Order : 252  
No. Sampel : 209/1/2022  
Nama Pengirim : Sarbani Putri  
Alamat : -  
Petugas Pengambil : Sarbani Putri  
Tanggal Ambil : 27 Mei 2022 Jam : 10.00 Wib  
Tanggal Terima : 27 Mei 2022 Jam : 11.35 Wib  
Tanggal Analisa : 27 Mei s/d 07 Juni 2022  
Jenis sampel : Air Limbah Tahu  
Lokasi : Desa Punge Blang Cut  
Pengawet : Tidak ada

| No            | Parameter                   | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa | MDL | Acuan Metode        | Keterangan                                                                                 |
|---------------|-----------------------------|--------|-----------|---------------|-----|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fisika</b> |                             |        |           |               |     |                     |                                                                                            |
| 1             | Zat Padat Tersuspensi (TSS) | mg/l   | 30        | 293           | -   | Manual Book         | PerMenLHK RI :<br>P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016<br>Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik |
| <b>Kimia</b>  |                             |        |           |               |     |                     |                                                                                            |
| 2             | pH                          | -      | -         | 5,45          | -   | SNI 06-6989.11-2004 | PerMenLHK RI :<br>P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016<br>Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik |
| 3             | BOD <sub>5</sub>            | mg/l   | 30        | 48,8          | -   | Manual Book         |                                                                                            |
| 4             | COD                         | mg/l   | 100       | 115           | -   | SNI 6989.73:2009    |                                                                                            |
| 5             | Amonia (NH <sub>3</sub> -N) | mg/l   | 10        | -             | -   | Merck 1.00599.0002  |                                                                                            |

FR.IV/LPK.02/ Rev: 3

Ket : - PH di analisa di Labkes atas permintaan pelanggan

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK-PNK

- Parameter pemeriksaan ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK-PNK, apabila hasil tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 09 Juni 2022  
Penanggung Jawab Teknis



جامعة الرانيري

AR - RANIRY



**PEMERINTAH ACEH  
DINAS KESEHATAN  
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN  
PENGUJIAN ALAT KESEHATAN**

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp. (0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh  
E-mail: labkes\_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**

No Order : 253  
No. Sampel : 210/2/V/2022  
Nama Pengirim : Sarbani Putri  
Alamat : -  
Petugas Pengambil : Sarbani Putri  
Tanggal Ambil : 27 Mei 2022 Jam : 10.00 Wib  
Tanggal Terima : 27 Mei 2022 Jam : 11.35 Wib  
Tanggal Analisa : 27 Mei s/d 07 Juni 2022  
Jenis sampel : Air Limbah Tahu  
Lokasi : Desa Punge Blang Cut  
Pengawet : Tidak ada

| No            | Parameter                   | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa | MDL | Acuan Metode        | Keterangan                                                                                 |
|---------------|-----------------------------|--------|-----------|---------------|-----|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fisika</b> |                             |        |           |               |     |                     |                                                                                            |
| 1             | Zat Padat Tersuspensi (TSS) | mg/l   | 30        | 281           | -   | Manual Book         | PerMenLHK RI :<br>P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016<br>Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik |
| <b>Kimia</b>  |                             |        |           |               |     |                     |                                                                                            |
| 2             | pH                          | -      | -         | 5,65          | -   | SNI 06-6989.11-2004 | PerMenLHK RI :<br>P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016<br>Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik |
| 3             | BOD <sub>5</sub>            | mg/l   | 30        | 58,7          | -   | Manual Book         |                                                                                            |
| 4             | COD                         | mg/l   | 100       | 110           | -   | SNI 6989.73:2009    |                                                                                            |
| 5             | Amonia (NH <sub>3</sub> -N) | mg/l   | 10        | -             | -   | Merck 1.00599.0002  |                                                                                            |

FR.IV/LPLK.02/ Rev: 3

Ket: - PH di analisa di Labkes atas permintaan pelanggan

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK-PAK
- Parameter pemeriksaan ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK-PAK, apabila terjadi tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 09 Juni 2022  
Penanggung Jawab Teknis

**Rekha Melati, AMd, AK, SKM**  
Nip. 19720602 199403 2 003

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## Lampiran 2. Baku Mutu Air Limbah



**MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA**

**PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA**  
NOMOR: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK  
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA  
MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : a. bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (2) huruf b Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Menteri mengatur ketentuan mengenai baku mutu air limbah;

b. bahwa air limbah domestik yang dihasilkan dari skala rumah tangga dan usaha dan/atau kegiatan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke media lingkungan;

c. bahwa berdasarkan ketentuan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik;

-11-

## LAMPIRAN I

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA

NOMOR P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

## TENTANG

## BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

## BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK TERSENDIRI

| Parameter      | Satuan       | Kadar maksimum* |
|----------------|--------------|-----------------|
| pH             | -            | 6 - 9           |
| BOD            | mg/L         | 30              |
| COD            | mg/L         | 100             |
| TSS            | mg/L         | 30              |
| Minyak & lemak | mg/L         | 5               |
| Amoniak        | mg/L         | 10              |
| Total Coliform | jumlah/100mL | 3000            |
| Debit          | L/orang/hari | 100             |

## Keterangan:

\*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Salinan sesuai dengan aslinya

KEPALA BIRO HUKUM,

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN  
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

KRISNA RYA

SITI NURBAYA

### Lampiran 3. Foto Dokumentasi



Industri Tahu Solo Desa Punge Blang Cut



Lokasi Perencanaan Bangunan IPAL



Tampak dalam dari Industri Tahu Solo



Kacang Kedelai yang sudah Direndam dan Dicuci Bersih



Proses Penggilingan Kacang Kedelai



Proses Penyaringan Bubur Kedelai yang sudah Direbus



Proses Penyaringan dan Pematatan filtrat tahu



Proses Pencetakan Tahu



Tahu yang sudah Dicetak dan Siap untuk Dijual



Gudang Penyimpanan Bahan Baku Kacang Kedelai



Tungku Pembakaran untuk Produksi Tahu



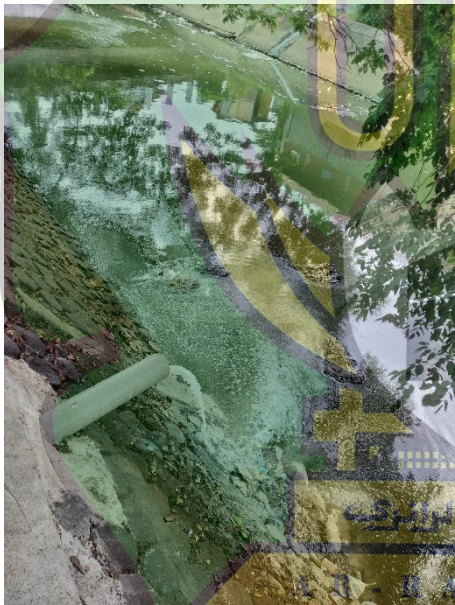
Wawancara dengan Pemilik Industri Tahu Solo



Proses Pengambilan Sampel Air Limbah Industri Tahu Solo



Proses Pemindahan Air Limbah Industri Tahu Solo kedalam Botol Sampel

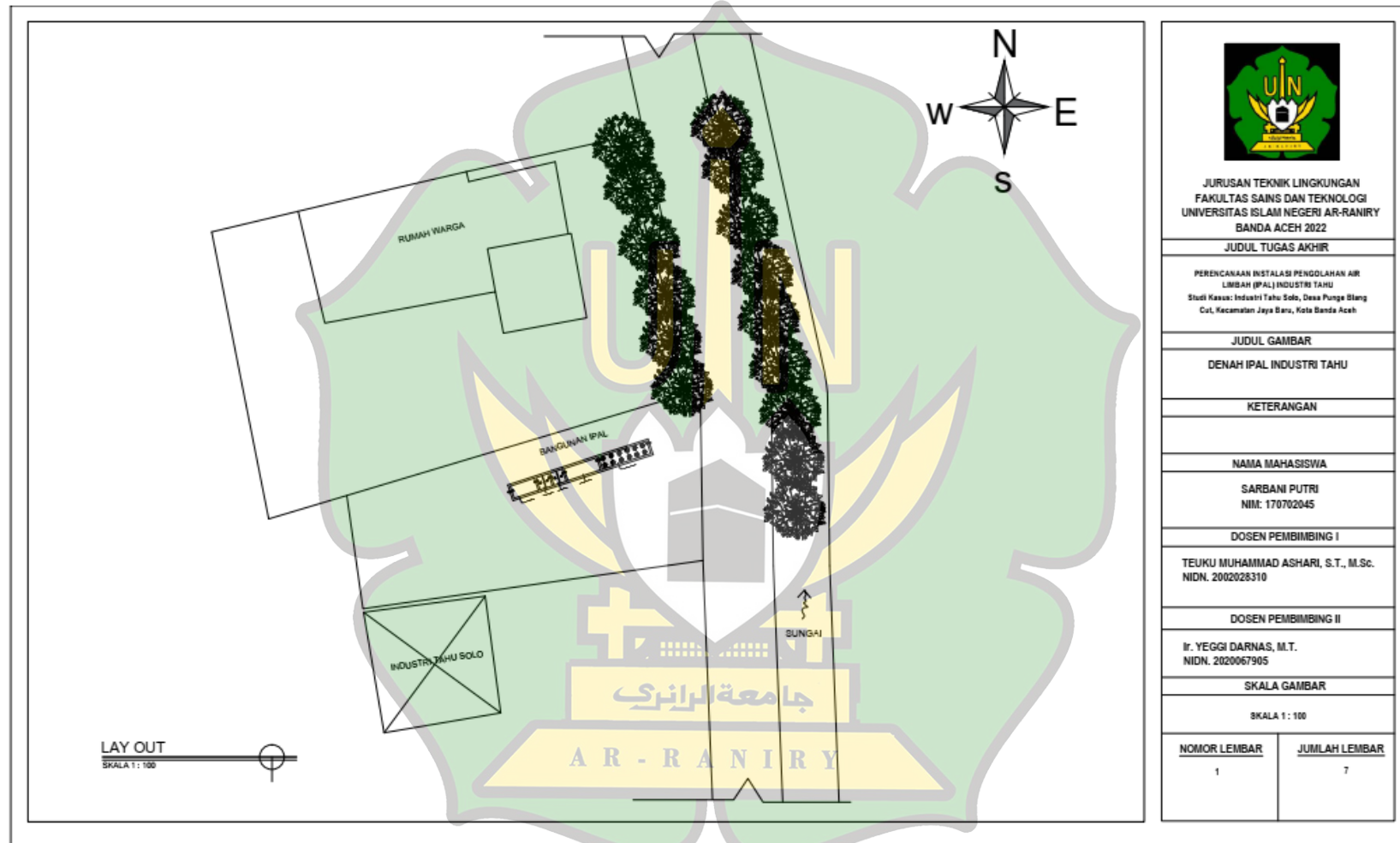


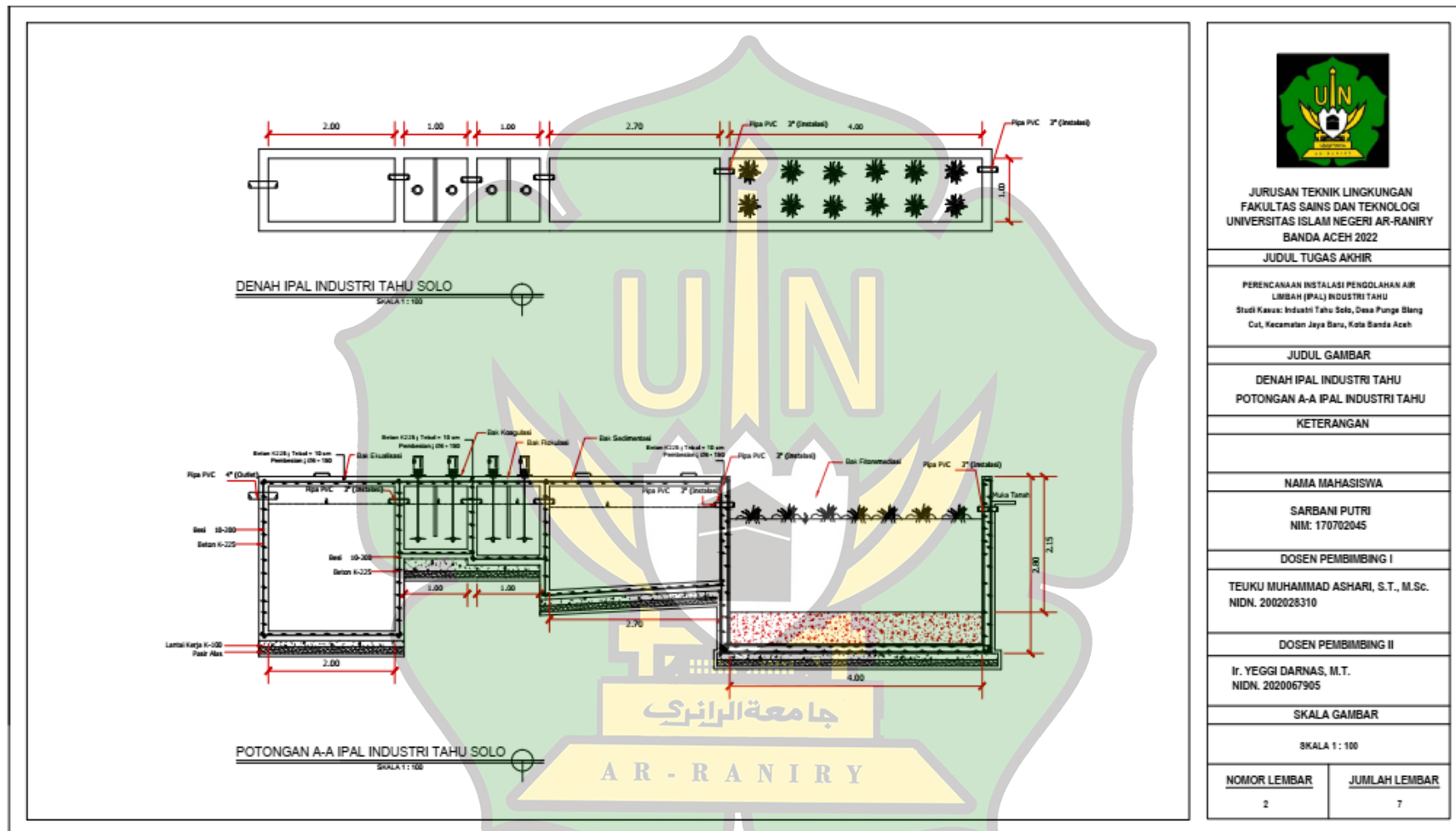
Kondisi Sungai/ Badan Air Penerima Limbah Industri Tahu Solo

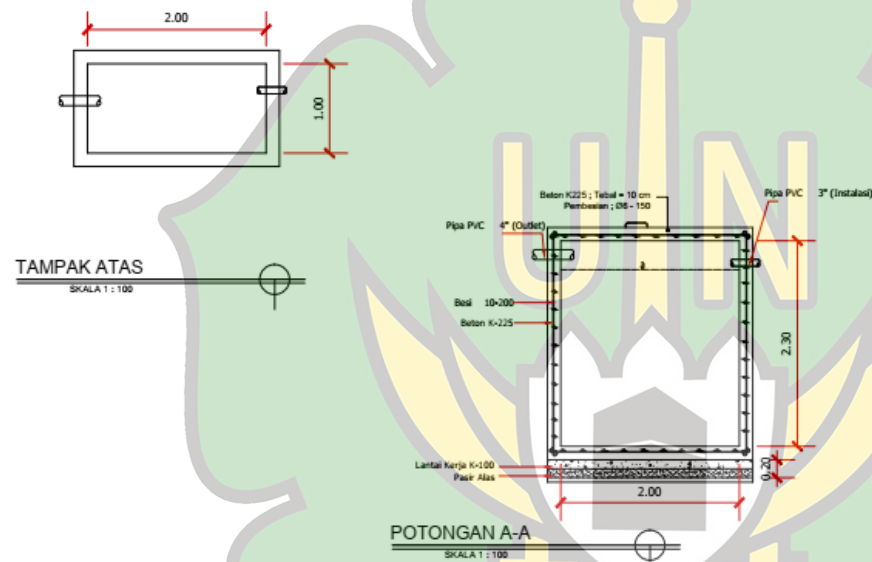


Saluran Aliran Air Limbah Industri Tahu Solo Menuju Sungai

# Lampiran 4. Detail Engineering Design







JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH 2022

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
(PAL) INDUSTRI TAHU  
Studi Kasus: Industri Tahu Solo, Desa Punge Blang Cut,  
Keamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh

JUDUL GAMBAR

BAK EKUALISASI

KETERANGAN

TAMPAK ATAS  
POTONGAN A-A

NAMA MAHASISWA

SARBANI PUTRI  
NIM: 170702045

DOSEN PEMBIMBING I

TEUKU MUHAMMAD ASHARI, S.T., M.Sc.  
NIDN. 2002028310

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. YEGGI DARNAS, M.T.  
NIDN. 2020067905

SKALA GAMBAR

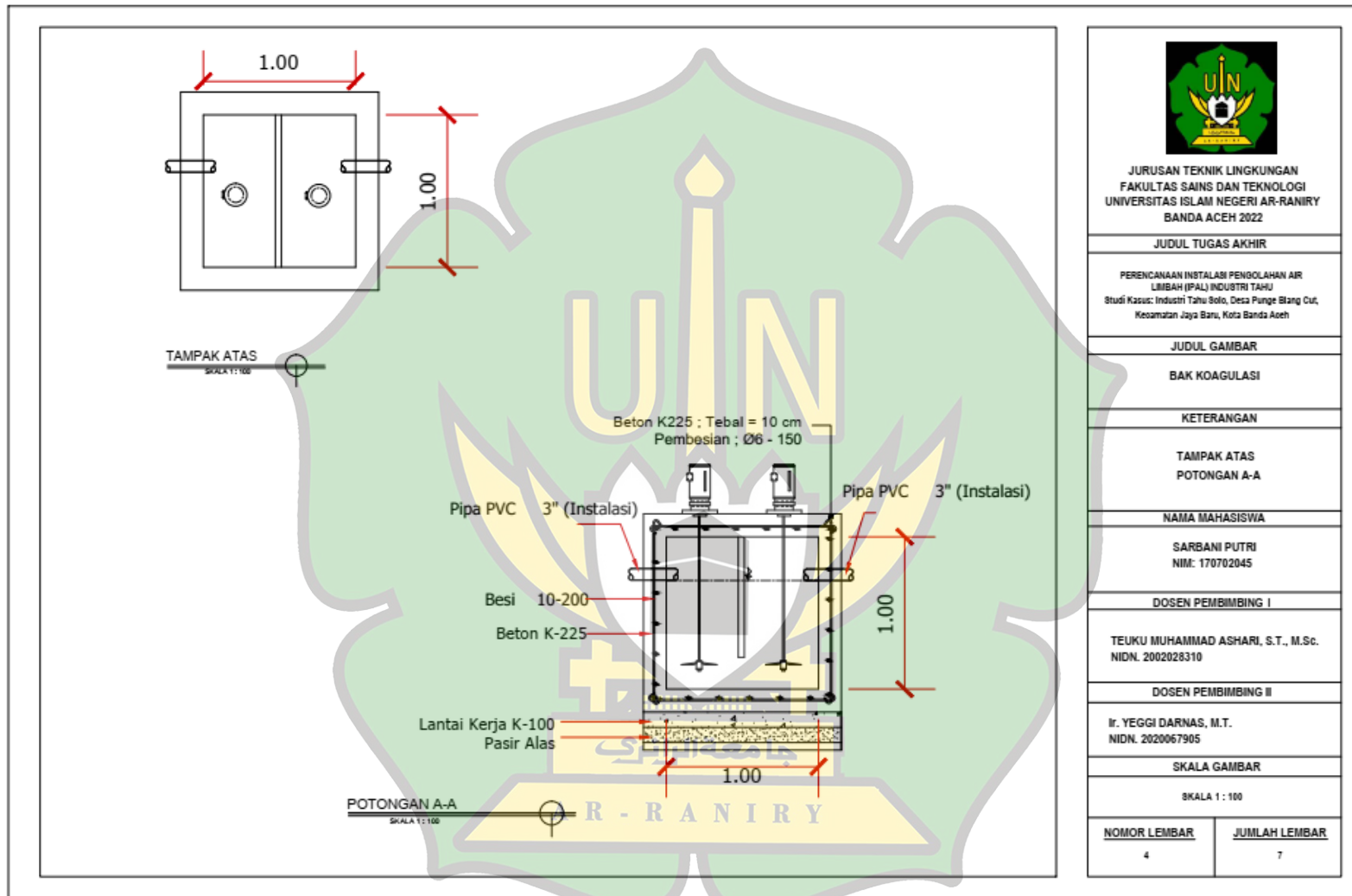
SKALA 1 : 100

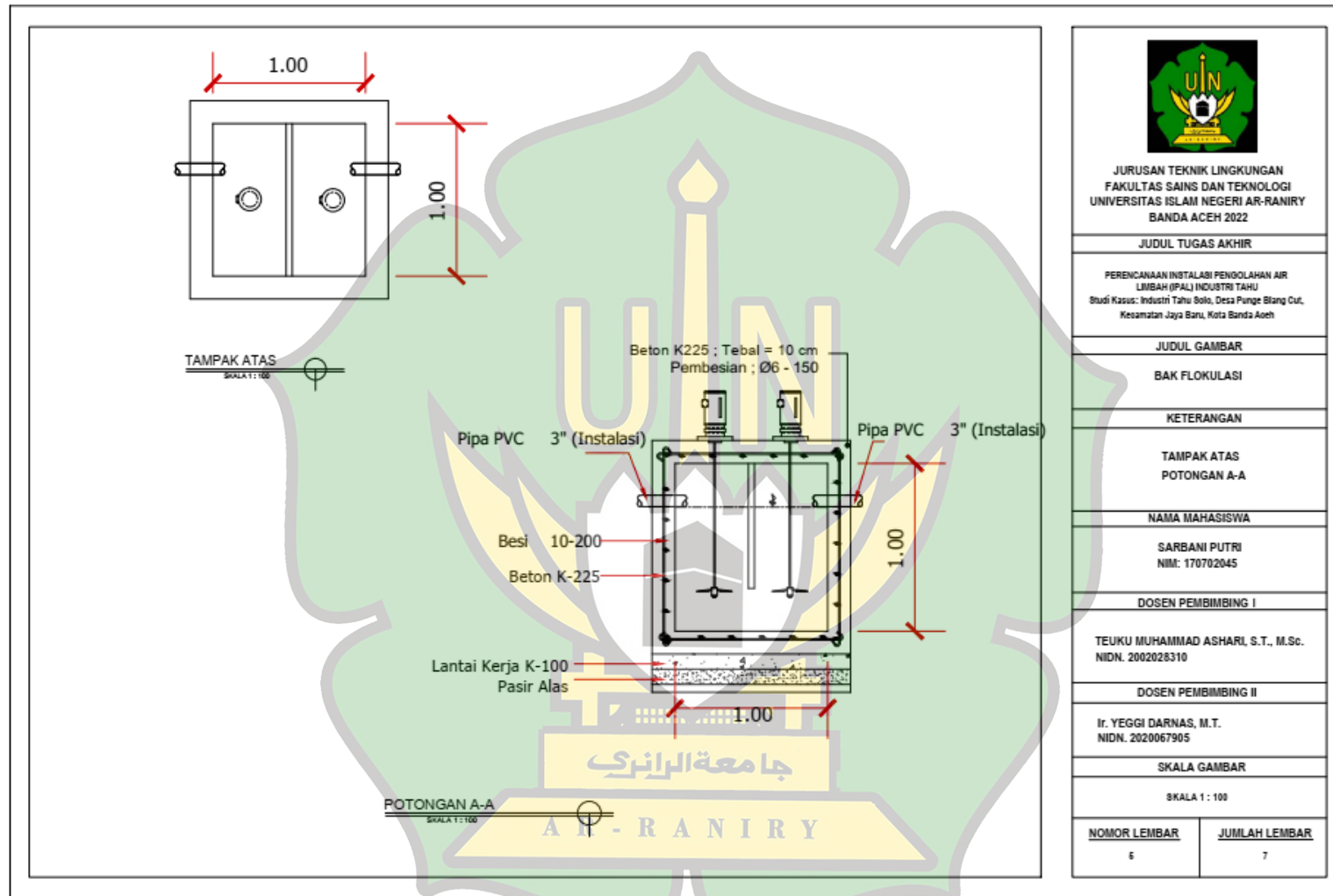
NOMOR LEMBAR

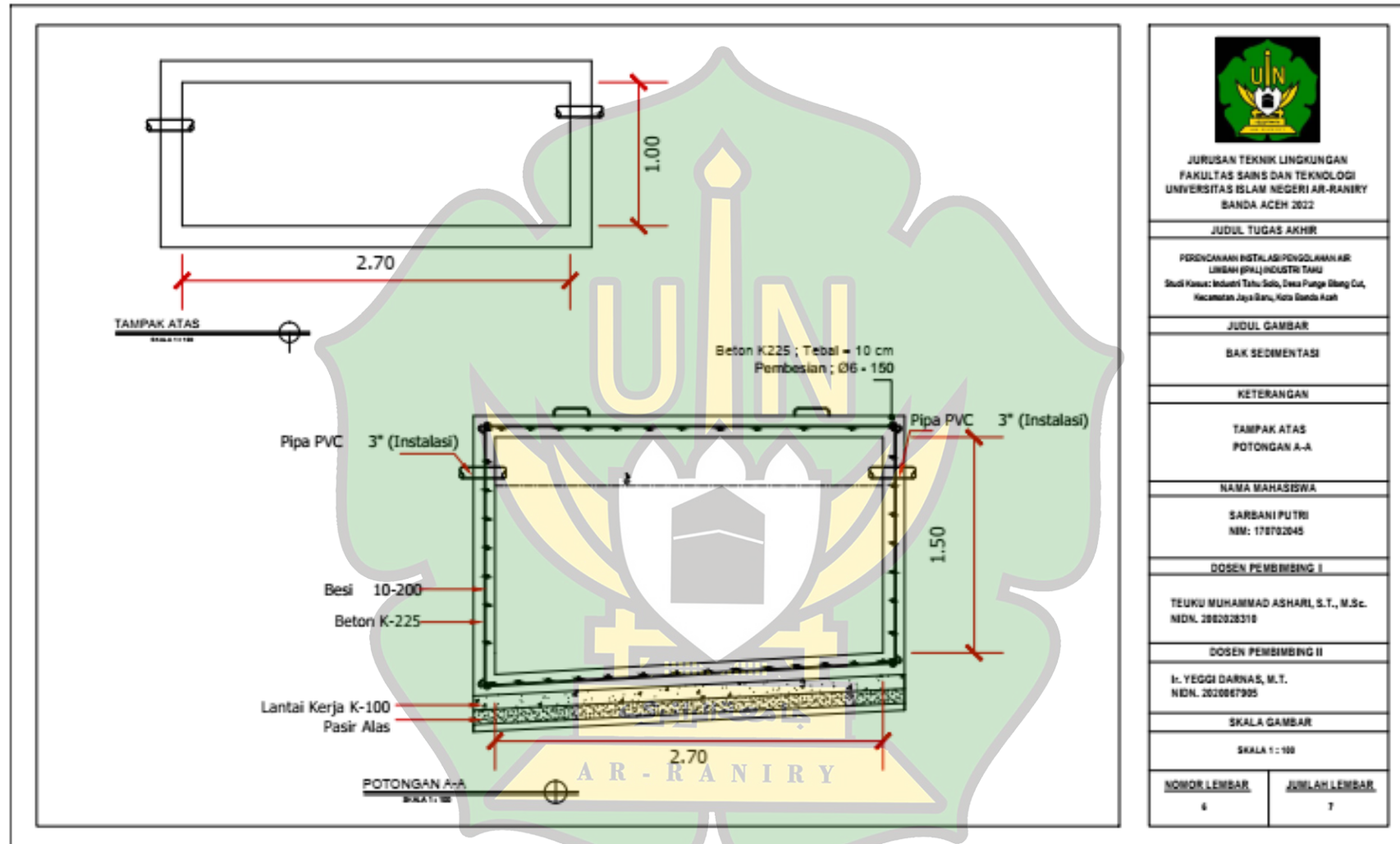
3

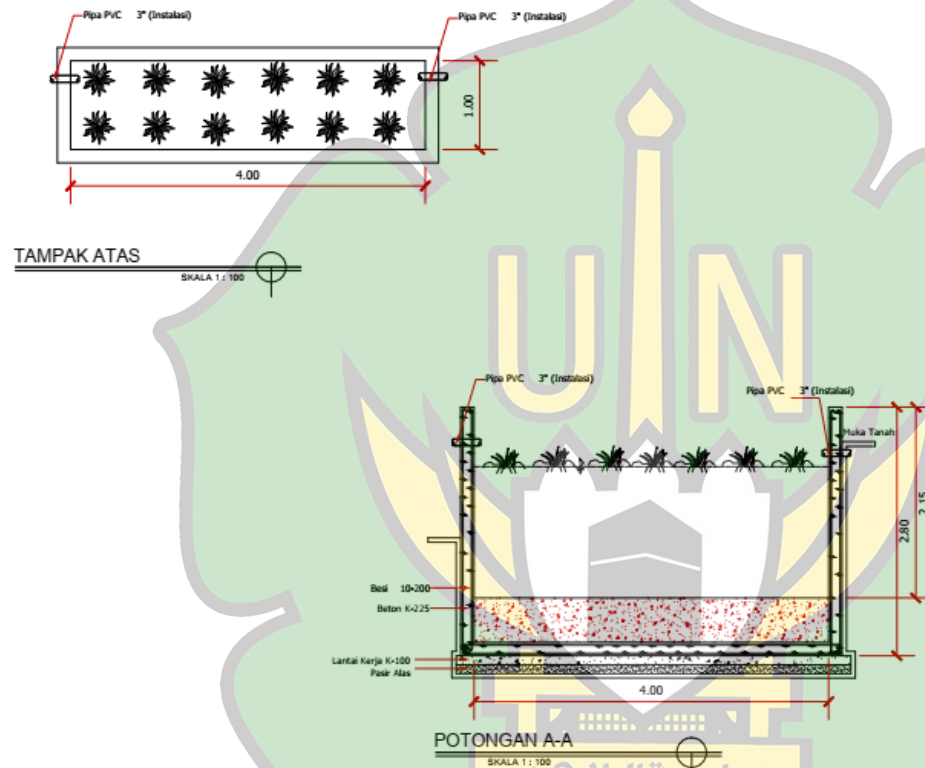
JUMLAH LEMBAR

7









JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH 2022

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
(IPAL) INDUSTRI TAHU  
Studi Kasus: Industri Tahu Solo, Desa Punge Blang Out,  
Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh

JUDUL GAMBAR

BAK FITOREMEDIASI

KETERANGAN

TAMPAK ATAS  
POTONGAN A-A

NAMA MAHASISWA

SARBANI PUTRI  
NIM: 170702045

DOSEN PEMBIMBING I

TEUKU MUHAMMAD ASHARI, S.T., M.Sc.  
NIDN. 2002028310

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. YEGGI DARNAS, M.T.  
NIDN. 2020067905

SKALA GAMBAR

SKALA 1 : 100

NOMOR LEMBAR

7

JUMLAH LEMBAR

7

