

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN METODE  
*MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DENGAN PENAMBAHAN  
MEDIA KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan oleh:**

**ZULHILMI**

**NIM. 190702085**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM BANDA ACEH  
2024 M/1445 H**

**LEMBARAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN METODE  
*MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DENGAN PENAMBAHAN  
MEDIA KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh  
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

**ZULHILMI**

**NIM. 190702085**

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

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

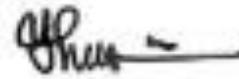
  
**Aulia Rohendi, S. T., M. Sc.**

NIDN. 2010048202

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

NIDN. 2009118301

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Lingkungan**

  
**Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.**

NIDN. 2009118301

## LEMBARAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU MENGGUNAKAN METODE *MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DENGAN PENAMBAHAN MEDIA KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT

#### 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 Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Jum'at, 22 Maret 2024  
11 Ramadhan 1445 H

di Darussalam, Banda Aceh  
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



Aulia Rohendi, S. T., M. Sc.  
NIDN. 2010048202

Sekretaris,



Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
NIDN. 2009118301

Penguji I,



Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.  
NIDN. 2016067801

Penguji II,



Arief Rahman, M.T.  
NIDN. 2010038901

Mengetahui,

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



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulhilmi  
NIM : 190702085  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Metode *Multi Soil Layering* (MSL) Dengan Penambahan Media Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 21 Maret 2024  
Menyatakan,

Zulhilmi

## ABSTRAK

Nama : Zulhilmi  
NIM : 190702085  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Metode *Multi Soil Layering* (MSL) Dengan Penambahan Media Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit  
Tanggal Sidang : 22 Maret 2024  
Jumlah Halaman : Halaman  
Pembimbing I : Aulia Rohendi, S. T., M. Sc.  
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
Kata Kunci : Limbah cair tahu, *Multi Soil Layering* (MSL), Waktu kontak

Industri tahu merupakan salah satu industri pangan yang berkembang pesat di Indonesia. Saat ini tahu sendiri sangat banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dengan harganya yang terjangkau membuat makanan ini banyak diminati. Limbah industri tahu memiliki 2 jenis limbah yang dihasilkan yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah padat berasal dari proses pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut ampas tahu. Sedangkan limbah cair tahu berasal dari hasil produksi tahu berupa dari hasil perendaman, pencucian kedelai, penyaring dan pencetakan tahu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana efektivitas metode *Multi Soil Layering* (MSL) dengan penambahan media karbon aktif dari cangkang kelapa dalam pengolahan limbah cair tahu untuk menetralkan pH dan menurunkan parameter COD dan TSS. Pada prosedur eksperimen yang dilakukan didapatkan waktu kontak dalam pengolahan limbah cair tahu selama 2 jam. Hasil dari pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode MSL pada parameter COD sebelum dilakukan proses pengolahan memiliki nilai awal 350 mg/L, dan setelah dilakukan proses pengolahan dengan reaktor MSL parameter COD berhasil terdegradasi menjadi 59 mg/L dengan persentase efektivitas 83,14%. Parameter TSS sebelum dilakukan proses pengolahan memiliki nilai awal 639 mg/L, dan setelah dilakukan proses pengolahan dengan reaktor MSL parameter TSS berhasil turun menjadi 21 mg/L dengan persentase efektivitas 96,71%. Oleh karena itu, metode MSL dengan memanfaatkan media karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dapat dijadikan alternatif baru pada pengolahan limbah cair tahu.

## **ABSTRACT**

*Name* : Zulhilmi  
*Student ID Number* : 190702085  
*Department* : Environmental Engginering  
*Titel* : *Processing Tofu Liquid Waste Using the Multi Soil Layering (MSL) Method with the Addition of Activated Carbon Media from Palm Oil Shells.*  
*Date of Session* : 22 March 2024  
*Number of page* : 77 page  
*Advisor I* : Aulia Rohendi, S. T., M. Sc.  
*Advisor II* : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.  
*Keywords* : *Tofu liquid waste, palm oil shells, Multi Soil Layering (MSL), Contact time.*

*The tofu industry is one of the food industries that is growing rapidly in Indonesia. Currently, tofu is widely consumed by Indonesian people and the affordable price makes this food much sought after. Tofu industry waste produces 2 types of waste, namely liquid waste and solid waste. Solid waste comes from the tofu processing process in the form of dirt from cleaning the soybeans and the remaining soybean slurry filter which is called tofu dregs. Meanwhile, tofu liquid waste comes from tofu production in the form of soaking, washing soybeans, filtering and molding tofu. This research aims to determine the effectiveness of the Multi Soil Layering (MSL) method with the addition of activated carbon media from coconut shells in processing tofu liquid waste to neutralize pH and reduce COD and TSS parameters. In the experimental procedure carried out, it was found that the contact time for processing tofu liquid waste was 2 hours. The results of processing tofu liquid waste using the MSL method on the COD parameter before the processing process was carried out had an initial value of 350 mg/L, and after the processing process using the MSL reactor the COD parameter was successfully degraded. up to 59 mg/L with an effectiveness percentage of 83.14%. The TSS parameter before the processing was carried out had an initial value of 639 mg/L, and after the processing was carried out with the MSL reactor the TSS parameter was successfully reduced to 21 mg/L with an effectiveness percentage of 96.71%. . Therefore, the MSL method using activated carbon media from palm oil shells can be used as a new alternative in processing tofu liquid waste.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia nya yang tak terhingga, khususnya nikmat Iman dan Islam. *Sholawat* dan Salam semoga selalu tercurah kepada baginda Nabi Muhammad SAW, dan juga keluarga, sahabat beliau serta orang-orang yang mengikuti jejak langkah mereka hingga akhir zaman.

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT skripsi ini telah dapat saya selesaikan, dengan judul “Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Metode *Multi Soil Layering* (MSL) Dengan Penambahan Media Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit” sebagai salah satu syarat untuk kelulusan mata kuliah skripsi tugas akhir pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Maka dari itu penyusun mengucapkan terima kasih banyak kepada orang tua saya yang selalu mendoakan dan memberikan semangat yang sangat tulus kepada saya selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Kemudian penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Kepala Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan sekaligus Pembimbing I skripsi yang telah memberikan arahan, dukungan maupun solusi dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing II skripsi yang sudah memberikan masukan dan arahan yang baik dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, S.T., M.Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Firda Elvisa, S.Pd., yang telah membantu dalam proses administrasi.

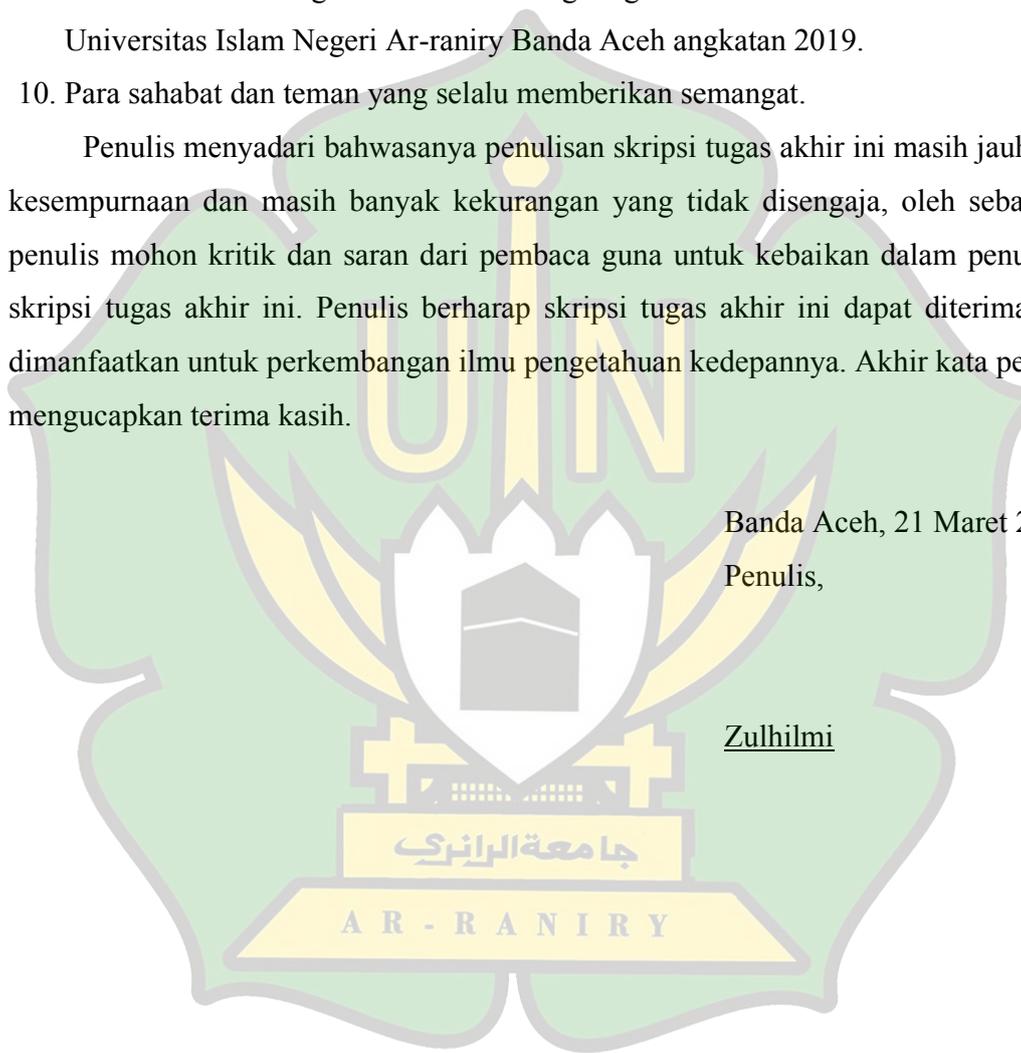
7. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku laboran Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
8. Ama Mullah dan Aisha Shakira yang selalu membantu dan memberikan semangat.
9. Teman-teman seangkatan Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh angkatan 2019.
10. Para sahabat dan teman yang selalu memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwasanya penulisan skripsi tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan yang tidak disengaja, oleh sebab itu penulis mohon kritik dan saran dari pembaca guna untuk kebaikan dalam penulisan skripsi tugas akhir ini. Penulis berharap skripsi tugas akhir ini dapat diterima dan dimanfaatkan untuk perkembangan ilmu pengetahuan kedepannya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 21 Maret 2024

Penulis,

Zulhilmi

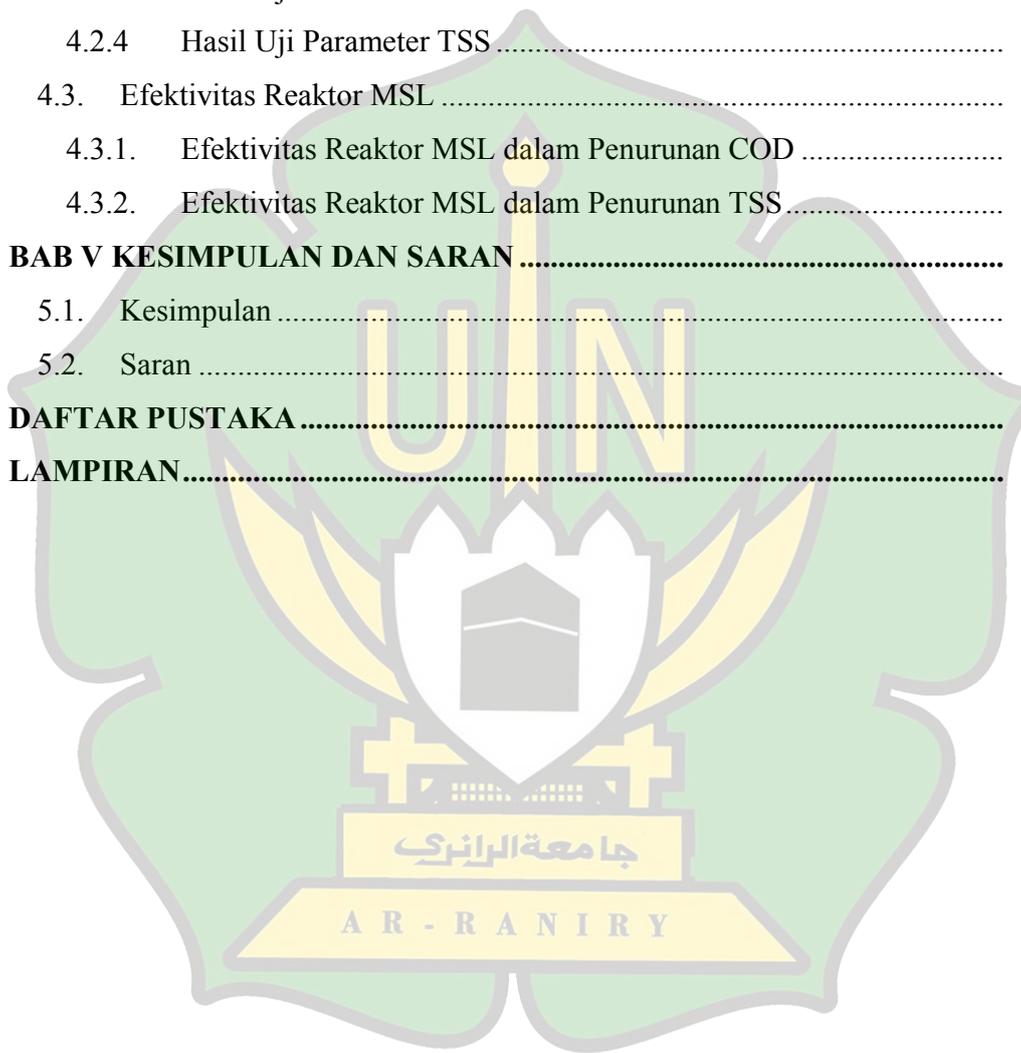


## DAFTAR ISI

<b>LEMBARAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBARAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Karakteristik Air Limbah .....	4
2.1.1. Karakteristik Fisik .....	4
2.1.2. Karakteristik Kimia .....	5
2.1.3. Karakteristik Biologi .....	5
2.2. Standar Baku Mutu Air Limbah .....	6
2.3. Parameter Air Limbah .....	6
2.4. Pengolahan Air Limbah .....	7
2.5. Metode <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) .....	8
2.6. Material MSL .....	8
2.6.1. Zeolit .....	9

2.6.2.	Kerikil .....	9
2.6.3.	<i>Soil Mixture Block</i> (SMB).....	9
2.6.4.	Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit.....	10
2.7.	Prinsip Kerja <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) .....	10
2.8.	Siklus Operasi <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).....	11
2.8.1.	Debit Air Limbah .....	11
2.8.2.	<i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR) .....	12
2.8.3.	Waktu Detensi .....	12
2.9.	Penelitian Terdahulu .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>16</b>
3.1.	Tahapan Penelitian.....	16
3.2.	Jenis Penelitian.....	19
3.3.	Jadwal dan Lokasi Penelitian.....	19
3.3.1.	Lokasi Penelitian.....	19
3.3.2.	Waktu Penelitian.....	21
3.4.	Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.5.	Metode Sampling Air Limbah .....	25
3.6.	Desain Reaktor <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).....	26
3.7.	Prosedur Pembuatan <i>Soil Mix Block</i> (SMB).....	28
3.8.	Prosedur Eksperimen .....	28
3.9.	Prosedur Pengujian Sampel .....	29
3.10.	Penentuan <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HLR) .....	33
3.11.	Analisis Efektivitas Metode MSL.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>35</b>
4.1.	Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah .....	35
4.1.2	<i>Specific Gravity</i> (SG) .....	35
4.1.2	<i>Unit Weight Determination</i> (UWD).....	36
4.1.3	<i>Coefficient of Permeability</i> .....	36

4.2	Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Metode MSL .....	37
4.2.1	Penampakan Fisik Limbah Cair Tahu.....	37
4.2.2	Hasil Uji pH .....	38
4.2.3	Hasil Uji Parameter COD.....	39
4.2.4	Hasil Uji Parameter TSS .....	41
4.3.	Efektivitas Reaktor MSL .....	42
4.3.1.	Efektivitas Reaktor MSL dalam Penurunan COD .....	42
4.3.2.	Efektivitas Reaktor MSL dalam Penurunan TSS.....	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>46</b>
5.1.	Kesimpulan .....	46
5.2.	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>51</b>



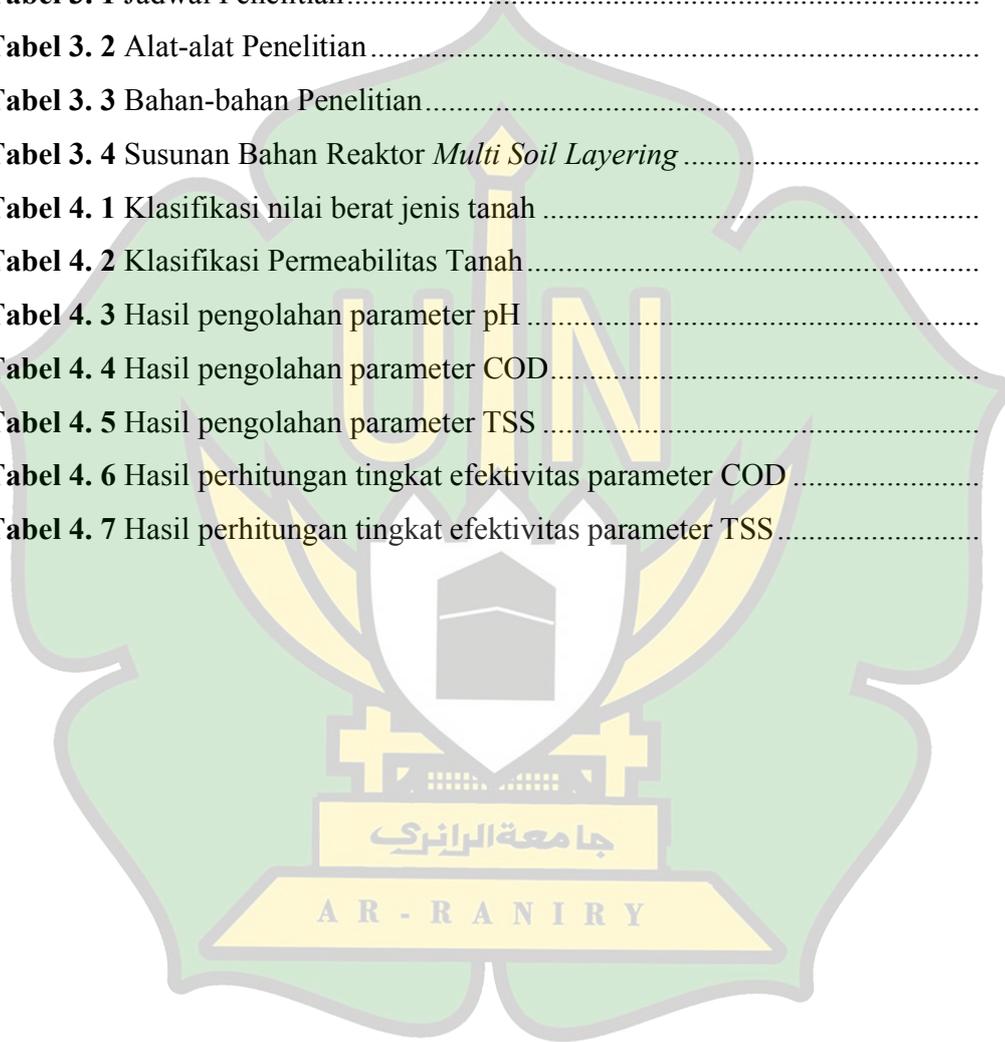
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Penelitian .....	18
<b>Gambar 3. 2</b> Lokasi Pengambilan Sampel.....	20
<b>Gambar 3. 3</b> Pengambilan sampel lapangan limbah cair tahu.....	26
<b>Gambar 3. 4</b> Desain reaktor <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).....	27
<b>Gambar 4. 1</b> Limbah cair tahu sebelum diolah.....	38
<b>Gambar 4. 2</b> Limbah cair tahu yang sudah diolah.....	38
<b>Gambar 4. 3</b> Hasil pengolahan parameter COD .....	40
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil pengolahan parameter TSS.....	41
<b>Gambar 4. 5</b> Efektivitas pengolahan parameter COD .....	43
<b>Gambar 4. 6</b> Efektivitas pengolahan parameter TSS.....	44



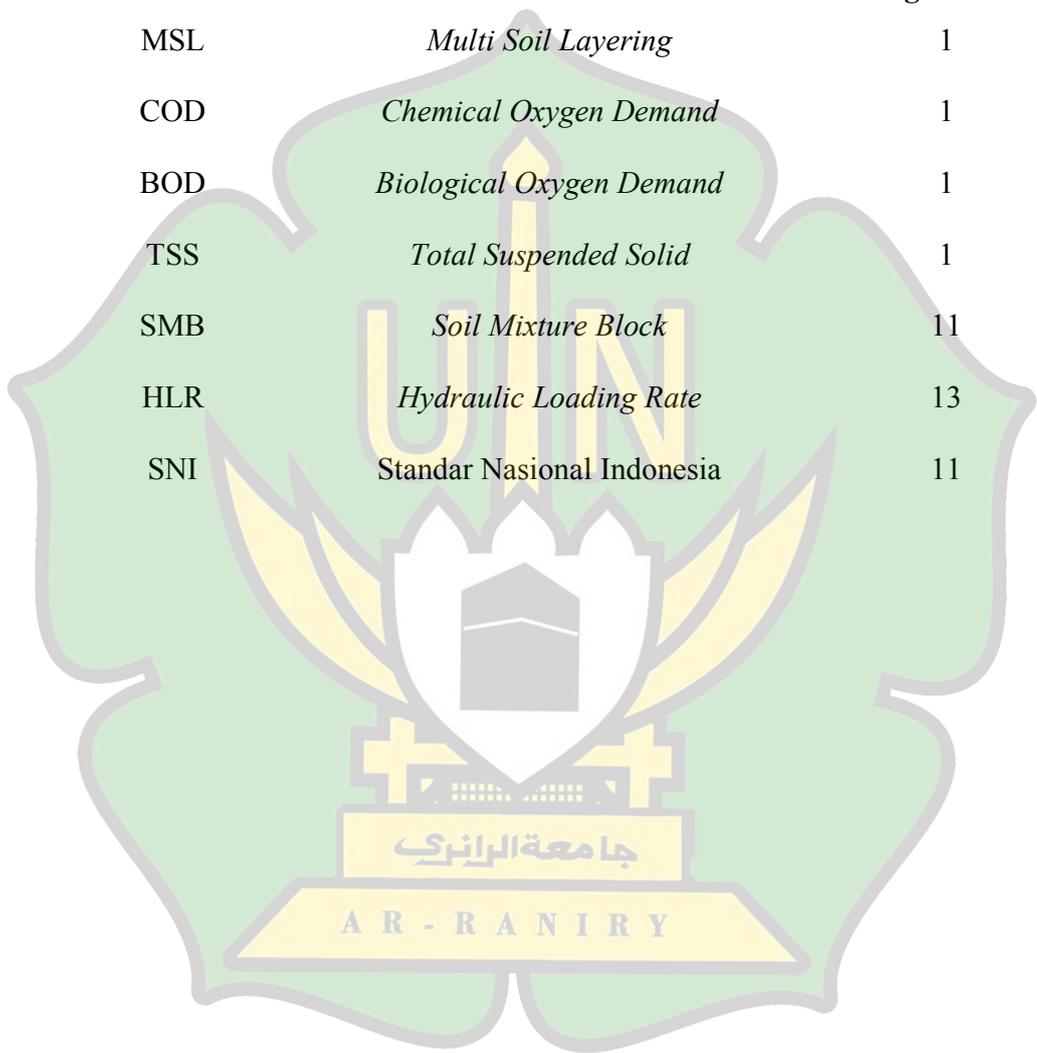
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Nilai Parameter Limbah Cair Tahu .....	6
<b>Tabel 2. 2</b> Hasil Uji Penelitian Terdahulu .....	14
<b>Tabel 3. 1</b> Jadwal Penelitian .....	22
<b>Tabel 3. 2</b> Alat-alat Penelitian .....	23
<b>Tabel 3. 3</b> Bahan-bahan Penelitian .....	24
<b>Tabel 3. 4</b> Susunan Bahan Reaktor <i>Multi Soil Layering</i> .....	28
<b>Tabel 4. 1</b> Klasifikasi nilai berat jenis tanah .....	35
<b>Tabel 4. 2</b> Klasifikasi Permeabilitas Tanah .....	37
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil pengolahan parameter pH .....	39
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil pengolahan parameter COD .....	39
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil pengolahan parameter TSS .....	41
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil perhitungan tingkat efektivitas parameter COD .....	43
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil perhitungan tingkat efektivitas parameter TSS .....	44



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<b>Singkatan/Lambang</b>	<b>Kepanjangan/Makna</b>	<b>Halaman Pertama Digunakan</b>
MSL	<i>Multi Soil Layering</i>	1
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	1
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	1
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	1
SMB	<i>Soil Mixture Block</i>	11
HLR	<i>Hydraulic Loading Rate</i>	13
SNI	Standar Nasional Indonesia	11



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Industri tahu merupakan salah satu industri pangan yang berkembang pesat di Indonesia. Saat ini tahu sendiri sangat banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dengan harganya yang terjangkau membuat makanan ini banyak diminati (Verawati dkk., 2019). Provinsi Aceh sendiri terdapat beberapa industri yang bergerak pada industri tahu salah satunya terdapat di kota Banda Aceh, menurut Purba dkk. (2020), produksi tahu di Banda Aceh setiap hari 500-600 kg atau setara dengan 45.360 papan.

Limbah industri tahu memiliki 2 jenis limbah yang dihasilkan yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah padat berasal dari proses pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut ampas tahu. Sedangkan limbah cair tahu berasal dari hasil produksi tahu berupa dari hasil perendaman, pencucian kedelai, penyaring dan pencetakan tahu. Perusahaan industri tahu Sebagian besar menghasilkan limbah dalam bentuk cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang biasa disebut dengan air dadih (Gustiana dan Widayatno, 2020). Limbah cair tahu mengandung senyawa organik dalam limbah cair tahu mencapai 40-60% protein, 25-50% karbohidrat, dan 10% lemak, yang menyebabkan limbah cair tahu memiliki nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi (Zein dkk., 2020).

Limbah cair tahu ketika melampaui standar baku mutu air limbah dapat mencemari lingkungan. Limbah cair tahu yang dibuang ke selokan, sungai atau badan air dapat meningkatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam. Limbah cair tahu memiliki kandungan zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor dan keruh (Pradana dan Apriansyah, 2018). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 standar baku mutu limbah cair tahu untuk pH adalah 6-9, BOD adalah 150 mg/L, COD adalah 300 mg/L, dan TSS adalah 200 mg/L. Hasil pengujian

awal yang dilakukan pada limbah cair tahu nilai pH yaitu 5,4, COD dengan nilai 350 mg/L, dan TSS dengan nilai 639 mg/L. Dengan demikian hasil uji limbah cair tahu dengan parameter pH, COD dan TSS nilainya sudah melebihi ambang batas standar baku mutu.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan terhadap pencemaran limbah cair tahu dalam skala penelitian yaitu dengan mengolah limbah cair menggunakan unit pengolahan limbah sederhana, dengan menggunakan bahan-bahan yang mudah didapatkan. Salah satu metode pengolahan limbah cair yang murah dari segi biaya, mudah dalam mengaplikasikan dan pengontrolan serta ramah lingkungan yang dapat dikembangkan adalah metode *Multi Soil Layering* (MSL) dengan memanfaatkan tanah sebagai bahan utama (Aba dkk., 2021).

*Multi Soil Layering* (MSL) adalah sebuah metode pengolahan memanfaatkan tanah sebagai media utama yang tersusun menyerupai batu bata memiliki beberapa lapisan campuran, tanah, partikel besi, bahan organik, zona aerob dan anaerob yang terdapat di lapisan tanah. Menurut penelitian dari Nadya dkk., (2022) menjelaskan zona aerob terjadi pada lapisan-lapisan kerikil, pasir dan lapisan tanah. Zona anaerob terjadi pada lapisan campuran tanah dengan arang aktif berupa tempurung kelapa sawit. Sistem *Multi Soil Layering* (MSL) pada zona aerob yang terjadi pada lapisan batuan seperti kerikil atau pasir dan juga di antara lapisan batuan seperti balok tanah, sedangkan pada zona anaerob terjadi pada proses campuran tanah. Zona aerob berfungsi sebagai pengurai material organik, juga mengoksidasi ion pada proses dekomposisi material organik, nitrifikasi, fiksasi fosfat dan denitrifikasi yang terdapat pada zona aerob dan anaerob.

Pengaplikasian metode *Multi Soil Layering* (MSL) ini pernah dilakukan dalam mengolah suatu limbah seperti limbah cair domestik, limbah karet, industri makan, *leachate* dll. Limbah-limbah tersebut memiliki kemiripan karakteristik dengan limbah cair tahu. Salah satunya seperti kandungan organik dari proses pengolahan limbah cair dan memiliki beberapa parameter pencemar (Hadrah dkk., 2019).

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang menjelaskan bahwa metode *Multi Soil Layering* (MSL) merupakan alternatif baru dalam pengolahan limbah dan juga mudah dalam pengaplikasian, pengontrolan, serta ramah lingkungan. Maka dari itu penulis tertarik melakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas metode *Multi Soil Layering* (MSL) dalam pengolahan limbah cair tahu dengan penambahan media karbon aktif dari cangkang kelapa sawit untuk menetralkan pH dan menurunkan parameter pencemar COD dan TSS?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui efektivitas metode *Multi Soil Layering* (MSL) dalam pengolahan limbah cair tahu dengan penambahan media karbon aktif dari cangkang kelapa sawit untuk menetralkan pH dan menurunkan parameter pencemar COD dan TSS.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan mengetahui tujuan dari penelitian yang dilakukan, adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi dasar dalam melakukan penelitian terkait pengolahan limbah cair tahu.
2. Memberikan informasi baru terkait pengembangan pengolahan limbah tahu dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL).

## **1.5 Batasan Penelitian**

Penelitian ini hanya berfokus pada pengukuran penurunan nilai parameter pencemar pH, BOD, COD dan TSS.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Karakteristik Air Limbah**

Menurut Undang-undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang perindustrian, Industri adalah seluruh bentuk kegiatan berupa ekonomi yang dapat mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan yaitu sumber daya industri sehingga dapat menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambahan atau manfaat yang lebih tinggi, salah satunya termasuk jasa industri. Menurut penelitian Pawestri dkk., (2020) hampir seluruh kegiatan industri sangat banyak menggunakan air bersih untuk berbagai tahapan-tahapan produksi dan utilitas, sehingga dapat menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu jenis industri yang dapat menghasilkan limbah cair dan mempunyai sifat pencemaran yang memiliki potensi menimbulkan pencemaran lingkungan yaitu pabrik industri tahu.

Menurut penelitian dari Indrayani & Rahmah., (2018) limbah cair memiliki beberapa karakteristik yang sesuai dengan sumbernya. Adapun karakteristik limbah cair yang di maksud dapat digolongkan menjadi 3 yaitu, karakteristik fisik, kimia dan biologi.

##### **2.1.1. Karakteristik Fisik**

Karakteristik fisik air limbah dapat meliputi temperatur, warna, bau dan padatan dan kekeruhan, Berikut merupakan penjabaran karakteristik fisik limbah cair:

1. Temperatur menjelaskan bahwasanya derajat atau tingkatan panas air limbah yang ditunjukkan ke dalam skala tertentu dan dapat mempengaruhi kandungan oksigen pada limbah cair itu sendiri.
2. Warna dalam limbah cair biasanya disebabkan oleh adanya material pelarut yang tersuspensi dan senyawa-senyawa koloid yang dapat dilihat dari alat spektrum warna yang terjadi.

3. Padatan yang ada di dalam limbah cair dapat dibagi menjadi *suspended*, *floating*, *settleable*, berbau menyengat dan adanya kontaminan yang membuat air tersebut menjadi keruh.
4. Bau sendiri ditimbulkan adanya proses dekomposisi materi pada senyawa organik maupun anorganik pada limbah cair tersebut sehingga dapat menimbulkan bau yang sangat menyengat.

### **2.1.2. Karakteristik Kimia**

Karakteristik kimia pada limbah terdiri dari beberapa kandungan di antaranya yaitu kandungan organik, anorganik dan gas, Berikut merupakan penjabaran dari beberapa kandungan karakteristik kimia limbah cair:

1. Kandungan organik pada limbah pada dasarnya bersumber dari makhluk hidup yaitu tumbuhan, hewan dan aktivitas manusia. Karakteristik kimia dalam limbah cair di antaranya yaitu seperti *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, lemak, protein, karbohidrat dan minyak.
2. Bahan anorganik pada limbah biasanya berupa senyawa-senyawa seperti logam berat yaitu Fe, Mn, Pb, Cu, senyawa nitrogen dan derajat keasaman pH yang apabila semakin meningkat.
3. Gas yang terdapat pada limbah pada umumnya seperti oksigen, nitrogen, karbon dioksida, amonia dan metana yang berasal dari proses degradasi dan juga proses dekomposisi kandungan organik sekaligus anorganik yang terdapat di dalam air limbah serta berasal dari lingkungan sekitar.

### **2.1.3. Karakteristik Biologi**

Karakteristik biologi pada limbah biasanya adanya kandungan mikroorganisme yang terdapat di dalam limbah cair itu sendiri. Mikroorganisme tersebut berupa bakteri, alga, fungi, protozoa, virus dan cacing. Karakteristik biologi dalam air limbah biasanya digunakan sebagai dasar dalam mengontrol alur penyebaran penyakit yang terdapat di dalam air itu sendiri. Penyakit tersebut dalam menular dari dalam air melalui mikroorganisme biasanya patogen yang berasal dari dekomposisi senyawa organik.

## 2.2. Standar Baku Mutu Air Limbah

Standar baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan-kegiatan industri lainnya mengacu pada sebuah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Adapun nilai parameter limbah cair dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** Nilai Parameter Limbah Cair Tahu

Parameter	Pengolahan Kedelai	
	Tahu	
	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH	6-9	

Sumber: PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 Baku Mutu Air Limbah

## 2.3. Parameter Air Limbah

Parameter limbah cair merupakan sebuah komponen yang terdapat dalam sebuah air limbah yang dihasilkan dari proses pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam sebuah sistem prosesnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016, ada tujuh parameter yang harus dipenuhi sebelum limbah dapat dibuang, yaitu kadar COD, BOD, pH, amonia, minyak dan lemak, total padatan terlarut, dan total coliform. Penelitian ini hanya dilakukan pengujian terhadap parameter pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Berikut penjelasan terhadap parameter yang akan diuji:

1. pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman pada suatu larutan. pH dihitung berdasarkan kologaritma dari aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut dalam larutan tersebut (Basir, 2019).

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi pada zat-zat organik yang berada dalam limbah cair. COD sendiri memiliki angka atau ukuran bagi pencemaran air yang disebabkan oleh zat-zat organik yang secara alamiah yang dapat dioksidasi melalui salah satu tahapan proses yaitu mikrobiologis dan dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Ramadani dkk., 2021).
3. *Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah kebutuhan oksigen biologis yang sangat diperlukan oleh bakteri (mikroorganisme) yang berguna untuk memecahkan bahan organik secara aerobik. Proses dekomposisi pada bahan organik tersebut diartikan bahwasanya mikroorganisme dapat memperoleh berupa energi dari sebuah proses oksidasi dan memakan bahan organik yang terdapat di perairan (Hadrah dkk., 2019).
4. *Total Suspended Solid* (TSS) atau total padatan tersuspensi merupakan padatan yang terdapat di dalam air yang berupa bahan-bahan organik dan anorganik. Material yang tersuspensi akan berdampak buruk terhadap kualitas air dikarenakan dapat mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air, sehingga tingkat kekeruhan air tersebut dapat meningkat dan menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme tersebut (Indrayani & Rahmah, 2018).

#### **2.4. Pengolahan Air Limbah**

Pengolahan air limbah juga pada umumnya memiliki beberapa metode di antaranya meliputi 3 aspek pengolah yaitu pengolahan secara fisik, kimia dan biologi. Berikut merupakan penjelasan sebagai berikut:

1. Pengolahan secara fisika merupakan proses pengolahan limbah yang pada umumnya digunakan untuk air limbah yang tidak terlarut atau air limbah yang memiliki padatan (Kamaludin dkk., 2021).
2. Pengolahan secara kimia merupakan sebuah proses yang menggunakan zat kimia yang berguna untuk menghilangkan kontaminan yang terdapat pada air limbah itu sendiri. Adapun contoh metode pengolahan air limbah secara kimia yaitu terdapat pada proses flokulasi dan aerasi (Ramdhani dkk., 2021).

3. Pengolahan secara biologi merupakan pengolahan air limbah yang memanfaatkan mikroorganisme atau lumpur aktif, yang dimana mikroorganisme dan lumpur aktif ini berguna untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah yang menjadi bahan lebih sederhana dan tidak berbahaya (Utami dkk., 2019).

### **2.5. Metode *Multi Soil Layering* (MSL)**

Metode *Multi Soil Layering* (MSL) merupakan sebuah metode yang memiliki sistem pengolahan memanfaatkan tanah sebagai media utama dan dibentuk dalam sebuah susunan batu bata yang terdiri dari beberapa lapisan campuran tanah dengan nilai 10-35% partikel besi, bahan organik dan memiliki lapisan zeolit yang dilengkapi 2 buah zona pengolahan di antaranya yaitu zona aerob pada lapisan zeolit dan zona anaerob pada lapisan tanah. Pada zona aerobik yang terjadi yaitu adanya lapisan kerikil dan zeolit, serta antara muka lapisan zeolit dan lapisan tanah. Zona anaerobik sendiri terjadi pada lapisan campuran tanah dengan arang aktif tertentu (Nadya dkk, 2022).

Adapun beberapa kelebihan metode *Multi Soil layering* (MSL) di antaranya yaitu dapat menguraikan senyawa organik, menurunkan kadar parameter seperti COD, BOD, TSS, TDS, Nitrogen dll. MSL juga mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menerima dan menyerap air pada proses pengaliran air pada sebuah sistem, dapat mencegah terjadinya penyumbatan (Putra & Fitri, 2019). *Multi Soil Layering* (MSL) merupakan salah satu alternatif baru dalam mengolah berbagai macam limbah, MSL juga terbukti ekonomis dan tidak membutuhkan berupa lahan yang luas dan sangat mudah dioperasikan (Mairizki & Putra, 2021).

### **2.6. Material MSL**

Reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) memiliki material-material khusus di antaranya seperti zeolit, pasir, tanah, arang aktif, serbuk gergaji, bata *Soil Mixture Blok* (SMB), dll. Dalam proses pengolahan MSL sendiri memiliki sistem filtrasi, adsorpsi, serta proses membran dalam satu reaktor. Secara prinsipnya metode MSL terdiri dari

dua zona pengolahan utama diantaranya yaitu zona aerob dan zona anaerob. Zona aerob sendiri memiliki lapisan berupa zeolit dan ruang antara lapisan zeolit kemudian memiliki blok campuran tanah. Zona anaerob terdapat pada lapisan tanah. Pada proses pengolahan limbah cair dalam MSL pada umumnya terdiri atas dekomposisi, fiksasi, nitrifikasi, denitrifikasi, filtrasi, adsorpsi, dan absorpsi (Putra & Fitri, 2019).

#### **2.6.1. Zeolit**

Zeolit merupakan salah satu material yang terbentuk dengan komponen utamanya berupa susunan kation dan oksidasi yang saling terhubung dengan ion oksigen sehingga menjadi unit sekunder. Zeolit mampu untuk menghilangkan senyawa organik, anorganik, organometallic, serta berbagai gas, logam dan juga radionuklida dari zat cair dengan adsorpsi dan presipitasi permukaan (Enamia, 2023).

#### **2.6.2. Kerikil**

Kerikil mempunyai banyak peranan penting dalam sebuah proses pengolahan limbah cair, adapun manfaat kerikil pada umumnya yaitu untuk mereduksi bau, warna, rasa, serta mineral-mineral organik lainnya yang terdapat di dalam limbah cair (Prawirodigdo & Utomo, 2019). Menurut ukurannya kerikil sendiri memiliki beberapa klasifikasi atau jenisnya. Berikut penjelasan ukuran kerikil:

- a. Ukuran butir 5-10 mm dapat disebut sebagai kerikil halus.
- b. Ukuran butir: 10-20 mm disebut kerikil sedang.
- c. Ukuran butir: 20-40 mm disebut kerikil kasar.
- d. Ukuran butir: 40-70 mm disebut kerikil kasar sekali.
- e. Ukuran butir  $>70$  mm digunakan untuk konstruksi beton siklop (*cycloopen concreten*).

#### **2.6.3. Soil Mixture Block (SMB)**

*Soil Mix Block* (SMB) merupakan gabungan antara tanah dan material organik yang berbentuk susunan dengan pola seperti batu bata dibuat mengelilingi lapisan zeolit atau material bolak-balik yang ukurannya homogen yang berfungsi untuk dapat meningkatkan laju beban hidrolis (HLR). Adapun komponen-komponen yang ada

pada *Soil Mix Block* (SMB) yaitu gabungan tanah andosol, serbuk gergaji dan arang (Haribowo dkk., 2019).

#### **2.6.4. Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit**

Karbon aktif adalah salah satu dari berbagai macam adsorben yang sering digunakan. Karbon aktif juga dapat dilakukan proses pengolahan dari berbagai bahan salah satunya yaitu dapat dibuat dari binatang, tumbuh-tumbuhan dan juga barang-barang tambang. Salah satu contoh dari bahan baku yang terkait dengan karbon aktif itu sendiri yaitu jenis kayu, sekam padi, cangkang kelapa sawit dan lain sebagainya. (Pambayun dkk., 2013).

Karbon aktif sendiri memiliki kelebihan salah satunya yaitu memiliki ukuran luas permukaan yang sangat besar. Menurut penelitian terdahulu luas permukaan karbon aktif sendiri antara 300 – 3500 m<sup>2</sup>/g. Karbon aktif juga memiliki partikel berukuran kecil senilai 0,1-0,0000001 mm dan juga memiliki nilai daya serap yang sangat bagus senilai 25 – 100 % terhadap karbon aktif itu sendiri (Munandar, 2017).

#### **2.7. Prinsip Kerja *Multi Soil Layering* (MSL)**

Menurut penelitian dari Zein dkk., (2019) pengolahan air limbah dengan metode MSL meliputi beberapa prinsip kerja yaitu meliputi proses filtrasi, adsorpsi, dekomposisi, nitrifikasi dan denitrifikasi. Berikut ini merupakan penjelasan mekanisme cara kerja metode MSL:

##### **1. Filtrasi**

Tujuan dari tahap filtrasi sendiri dalam metode MSL ialah untuk mereduksi partikel-partikel padatan dan koloid dengan menggunakan media berupa penyaring. Pada umumnya media yang digunakan dalam proses filtrasi berupa zeolit, pasir, batuan, kerikil, ijuk dan dll. Filtrasi juga berguna untuk mereduksi kadar parameter COD, BOD, TSS, kekeruhan dan lain-lain.

##### **2. Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan peristiwa yang terjadi pada perubahan konsentrasi pada bidang batas antara dua fase, zat dari fase yang satu akan melekat pada fase yang lain dan fase tersebut terjadi pada permukaan zat.

### 3. Absorpsi

Absorpsi merupakan proses pemindahan dari sebuah fase fluida dari media satu ke media lainnya. Absorpsi tersebut akan terjadi jika proses penyerapan berlangsung pada lapisan dalam.

### 4. Dekomposisi

Proses dekomposisi melibatkan mikroorganisme aerob yang akan terjadi ketika material organik air limbah telah dilakukan dan sudah melalui proses adsorpsi sebelumnya. Dekomposisi juga berfungsi untuk penghancuran bahan organik dengan bantuan mikroorganisme secara fisika. Dekomposisi biasanya dapat dipengaruhi oleh oksigen, bakteri, nutrisi, kelembaban, suhu, pH, dan bahan organik.

### 5. Nitrifikasi

Nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi pembentukan nitrit dari amonia. Proses nitrifikasi berlangsung dengan cara kimia dan biologi. Proses ini sangat dipengaruhi dengan ketersediaan oksigen pada suatu limbah cair.

### 6. Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses pada reaksi reduksi kandungan pada nitrat dan akan menjadi nitrit, nitrit oksida dan gas nitrogen. Denitrifikasi terjadi apabila sebuah mikroorganisme (bakteri) yang terdapat dalam tanah tidak mencukupi.

## 2.8. Siklus Operasi *Multi Soil Layering* (MSL)

### 2.8.1. Debit Air Limbah

Berdasarkan jenisnya debit air limbah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

#### a. Debit rata-rata

- b. Debit infiltrasi yang berasal dari penambahan lapisan air hujan. Debit infiltrasi memiliki nilai dalam bentuk persentase yaitu senilai 10-20% dari besarnya debit air yang buangan.
- c. Debit Maksimum merupakan debit air limbah yang dihasilkan saat keadaan pemakaian air dengan maksimum.
- d. Debit minimum sangat berguna dalam penentuan kedalaman air dangkal, untuk menentukan apakah saluran yang akan diletakkan harus dibuat atau tidak.

### **2.8.2. Hydraulic Loading Rate (HLR)**

*Hydraulic Loading Rate* (HLR) adalah besaran laju pembebanan hidrolis pada air limbah yang ada pada permukaan dalam dengan satuan waktu tertentu. Laju HLR sangat berpengaruh terhadap waktu detensi air limbah cair pada sistem MSL yang diaman waktu detensi tersebut cukup akan memberikan kesempatan kontak antara air limbah cair dengan media-media dalam sistem MSL tersebut. Sehingga apabila semakin lama waktu yang tinggal maka semakin tinggi pula nilai efisiensi pemisahan. *Hydraulic Loading Rate* (HLR) juga dapat mempengaruhi persentase reduksi parameter seperti COD, BOD, TSS dan kekeruhan (Hidayah, 2020).

### **2.8.3. Waktu Detensi**

Waktu detensi merupakan waktu tinggal air limbah untuk proses pengolahan yang dilakukan. Waktu detensi yaitu waktu yang diperlukan oleh tahap pengolahan agar tujuan dapat tercapai secara optimal. Semakin lama waktu detensi yang terjadi pada proses pengolahan limbah maka hasil penyisihan kadar *pathogen* semakin besar (Anwar dkk., 2018).

## **2.9. Penelitian Terdahulu**

Adapun penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) yang telah diterapkan dengan sampel air limbah yang berbeda-beda dan menunjukkan tingkat hasil uji efektivitas yang berbeda-beda. Adapun penjelasan

singkat penelitian terdahulu dalam metode *Multi Soil Layering* (MSL) dapat dilihat pada Tabel 2.2.



**Tabel 2. 2 Hasil Uji Penelitian Terdahulu**

No	Penulis	Judul	Jenis Media	Jenis Sampel	Parameter yang Diuji	HLR	Nilai Awal	Nilai Akhir	% Efektivitas
1	Hadrah dkk., (2019)	Analisis Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Laundry dengan <i>Multi Soil Layering</i> (MSL)	Tanah, Zeolit, Perlite, Kerikil, Arang Aktif.	Limbah Cair Laundry	pH BOD COD TSS Total Fosfat MBAS	500 l/m <sup>2</sup> .hari 750 l/m <sup>2</sup> .hari 1000 l/m <sup>2</sup> .hari	6,81 73 mg/L 162 mg/L 68 mg/L 0,806 mg/L 1,56 mg/L	6,37 18 mg/L 42 mg/L 18 mg/L 0,191 mg/L 0,098 mg/L	- 75% 74% 73% 76% 94%
2	Adewirili dan Wiya, (2019)	Efektivitas <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) Dalam Mereduksi Limbah Cair Industri Kelapa	Tanah, Zeolit, Perlite, Kerikil, sekam padi, Arang Aktif kelapa.	Limbah cair industri kelapa	pH Phospat Nitrit Sulfat Klorida Mn Fe	5 ml/Menit 10 ml/Menit 20 ml/Menit 40 ml/Menit	5,50 481 mg/L 0,14 mg/L 347 mg/L 317,9 mg/L 2,14 mg/L 2,04 mg/L	7,18 0,95 mg/L 0,046 mg/L 8,75 mg/L 46,05 mg/L 0,44 mg/L 0,051 mg/L	- 99,80 % 68,80% 97,48% 85,51% 79,44% 97,50%

3	Dessy dan Indang, (2019)	Penurunan COD, BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Melalui Sistem <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) Menggunakan Arang Karbon Ampas Tebu	Tanah andosol, kerikil, serbuk arang aktif ampas tebu dan serbuk ampas tebu	Limbah Cair Industri Tahu	COD BOD TSS	500 l/m <sup>2</sup> .hari 750 l/m <sup>2</sup> .hari 1000 l/m <sup>2</sup> .hari	609 mg/L 198 mg/L 481 mg/L	62,4 mg/L 40,61 mg/L 63,2 mg/L	89,75% 78,87% 86,86%
4	Riyanto dkk., (2019)	Efisiensi Sistem Multi Soil Layering Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Perkotaan Padat Penduduk	Tanah andosol, kerikil, zeolit, arang tempurung kelapa, arang jerami padi dan serbuk gergaji	Limbah Domestik	pH TSS TDS DO Kekeruhan DHL	500 l/m <sup>2</sup> .hari 750 l/m <sup>2</sup> .hari 1000 l/m <sup>2</sup> .hari	6,60 138 mg/L 541 mg/L 0,87 mg/L 489 NTU 0,85 mS/cm	7,26 56,67 mg/L 454 mg/L 3,72 mg/L 163 NTU 0,68 mS/cm	- 64,55% 24,52% 81,88% 76,69% 31,77
5	Nadya dkk., (2022)	Penyisihan BOD dan COD dari Limbah Domestik dengan Metode <i>Multi Soil Layering</i> (MSL)	Tanah andosol, Zeolit, Perlite dan Kerikil.	Limbah Domestik	pH COD BOD	500 l/m <sup>2</sup> .hari 750 l/m <sup>2</sup> .hari 1000 l/m <sup>2</sup> .hari	6,63 46 mg/L 164 mg/L	6,43 25 mg/L 93 mg/L	- 70% 70%

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Tahapan Penelitian

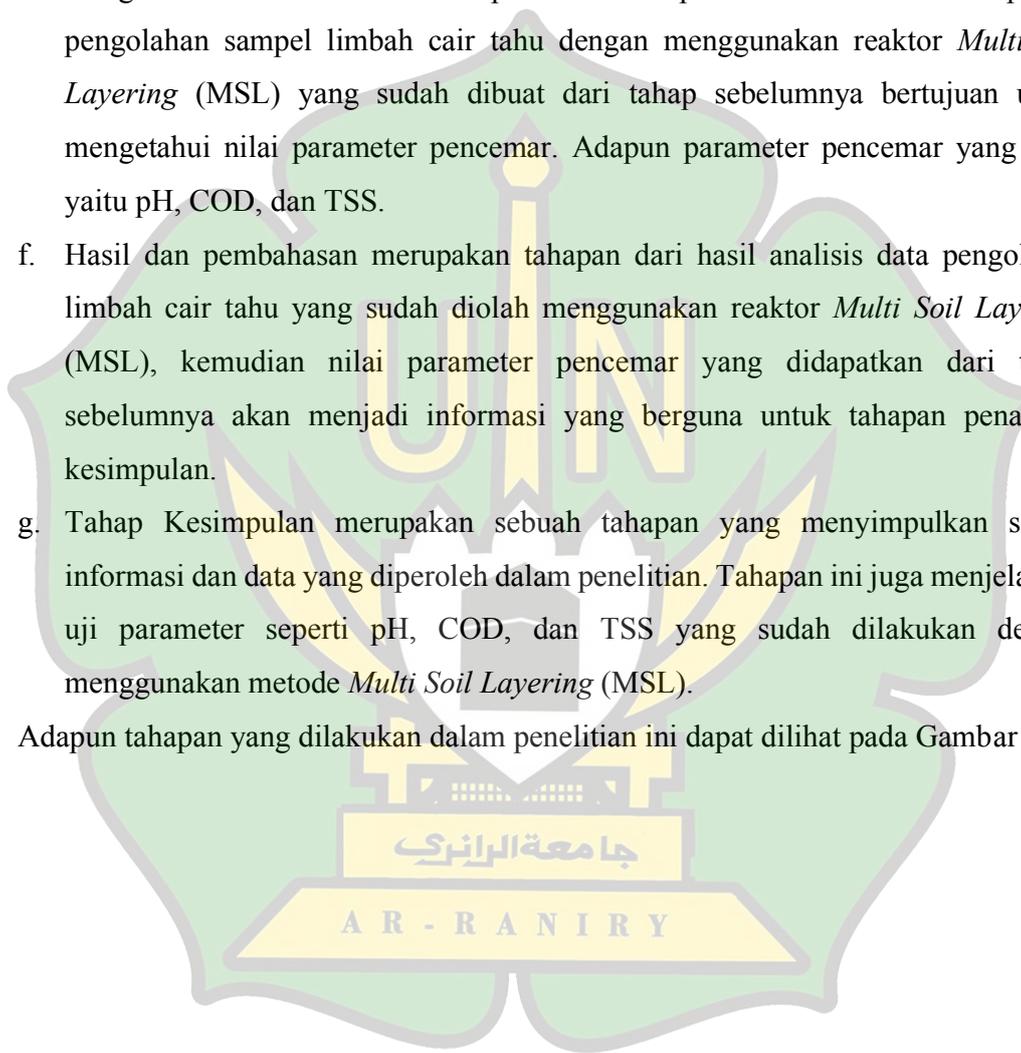
Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan di antaranya yaitu: studi literatur, observasi lapangan, tahapan persiapan, tahapan pembuatan reaktor *Multi Soil Layering* (MSL), tahapan eksperimen, tahapan analisis data dan terakhir tahapan penarikan kesimpulan. Berikut merupakan penjelasan terkait tentang beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

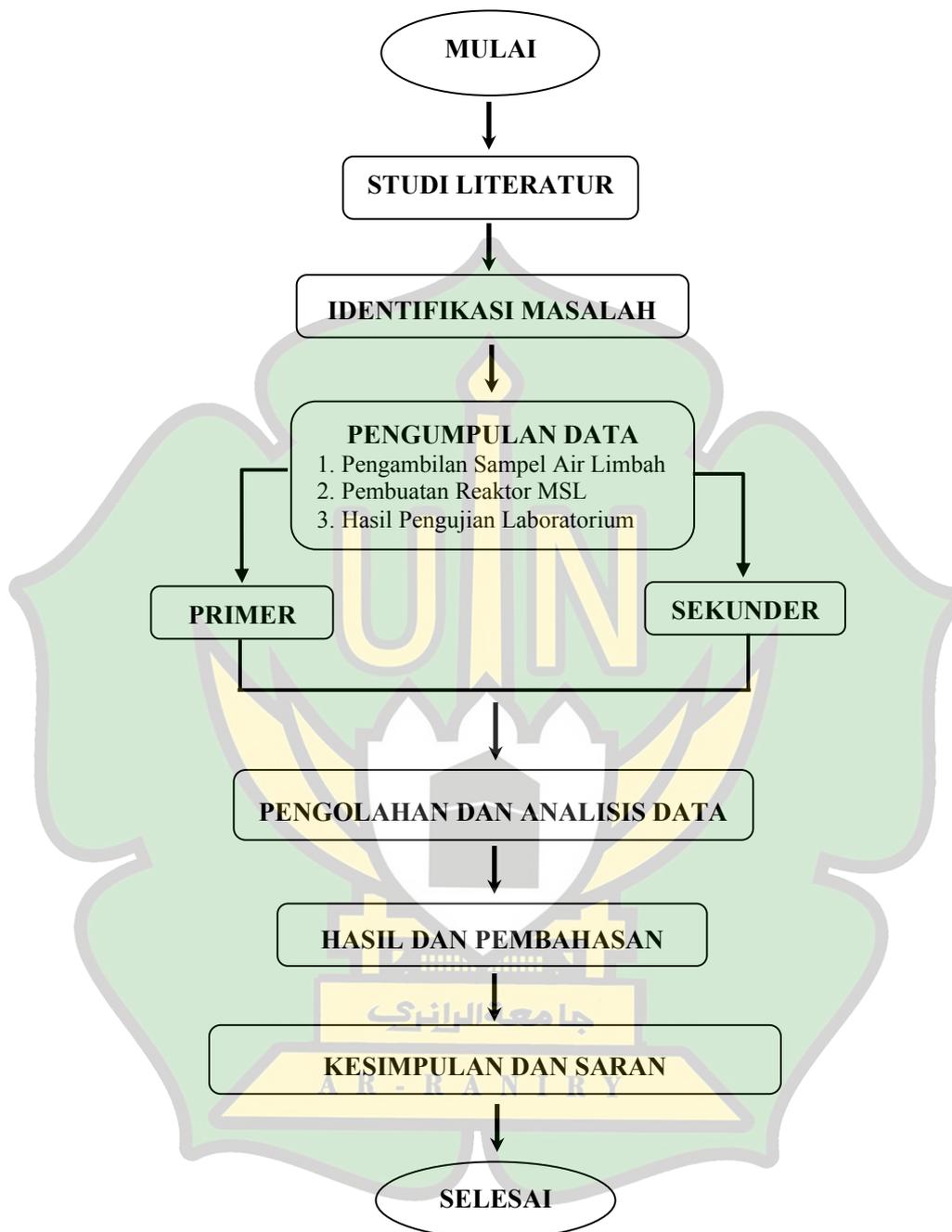
- a. Studi Literatur merupakan sebuah tahapan mencari berbagai macam informasi mengenai sebuah penelitian yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair tahu dan informasi mengenai metode *Multi Soil Layering* (MSL) dalam pengolahan limbah tertentu. Referensi yang digunakan dalam pencarian informasi berupa jurnal, buku dan skripsi.
- b. Identifikasi masalah merupakan suatu tahap untuk mengetahui sebuah masalah di suatu kawasan salah satunya dapat melakukan observasi lapangan. Observasi lapangan bertujuan untuk peninjauan lokasi agar mengetahui kondisi di lapangan sekaligus mencari berbagai macam informasi dan data-data yang diperlukan berguna untuk memasuki tahapan selanjutnya. Observasi lapangan sendiri dilakukannya pengambilan sampel lapangan berupa limbah cair tahu.
- c. Tahap persiapan merupakan sebuah tahapan yang mempersiapkan berbagai macam alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian. Adapun alat-alat dan bahan-bahan yang dipersiapkan dalam penelitian salah satunya yaitu mempersiapkan alat pengujian di dalam laboratorium dan mempersiapkan sampel lapangan yang sebelumnya sudah diambil di lokasi pengambilan sampel.
- d. Pengumpulan data merupakan tahapan yang mempersiapkan segala data-data salah satunya ketika melakukan observasi ke lapangan, tahapan pengumpulan data juga termasuk ke dalam tahapan pembuatan Reaktor *Multi Soil Layering* (MSL)

nantinya akan memasuki proses eksperimen dan pengujian parameter limbah cair tahu di dalam laboratorium.

- e. Pengolahan dan analisis data merupakan sebuah tahapan yang mengolah dan menganalisis data dari hasil eksperimen. Tahapan ini akan memasuki proses pengolahan sampel limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) yang sudah dibuat dari tahap sebelumnya bertujuan untuk mengetahui nilai parameter pencemar. Adapun parameter pencemar yang diuji yaitu pH, COD, dan TSS.
- f. Hasil dan pembahasan merupakan tahapan dari hasil analisis data pengolahan limbah cair tahu yang sudah diolah menggunakan reaktor *Multi Soil Layering* (MSL), kemudian nilai parameter pencemar yang didapatkan dari tahap sebelumnya akan menjadi informasi yang berguna untuk tahapan penarikan kesimpulan.
- g. Tahap Kesimpulan merupakan sebuah tahapan yang menyimpulkan segala informasi dan data yang diperoleh dalam penelitian. Tahapan ini juga menjelaskan uji parameter seperti pH, COD, dan TSS yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL).

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram Penelitian

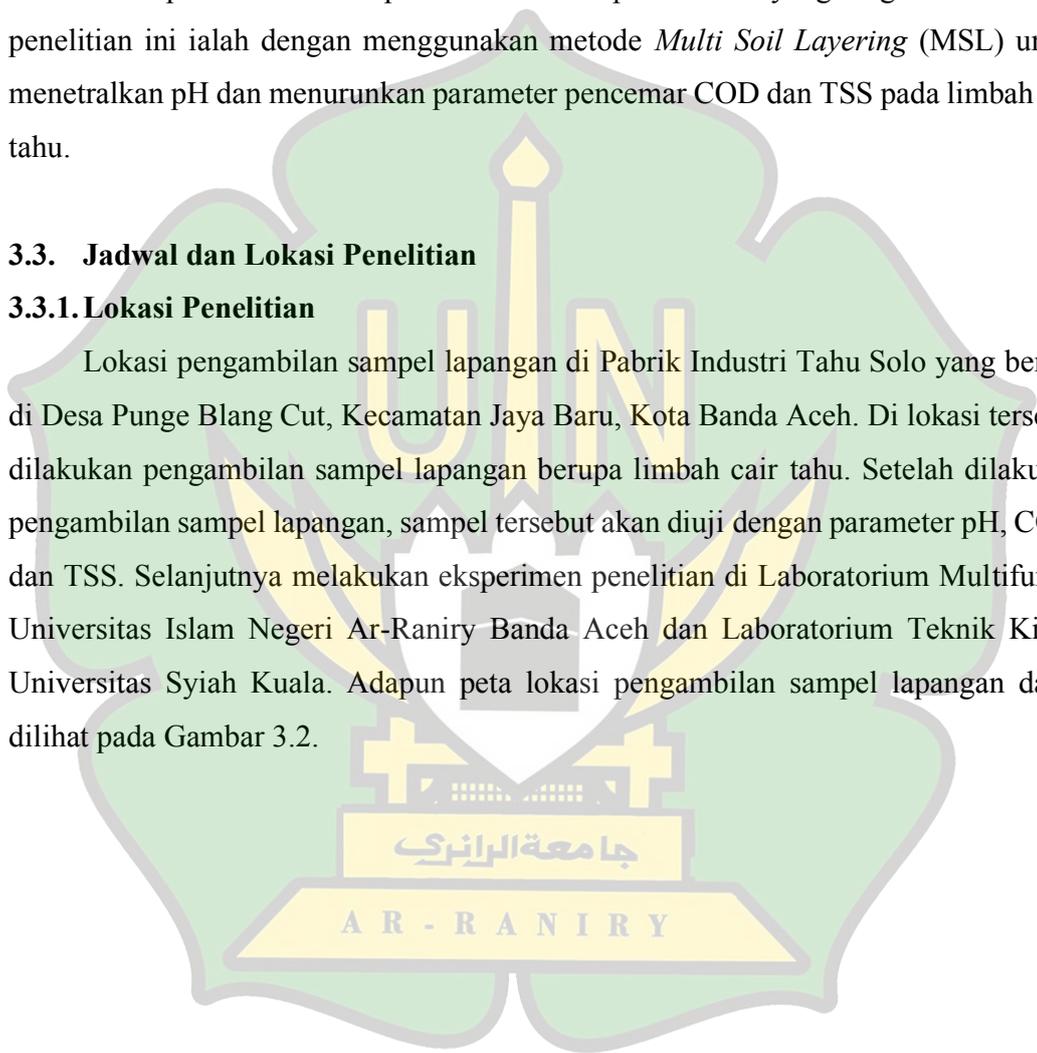
### 3.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif yang menggunakan metode eksperimental. Adapun metode eksperimental yang digunakan dalam penelitian ini ialah dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) untuk menetralkan pH dan menurunkan parameter pencemar COD dan TSS pada limbah cair tahu.

### 3.3. Jadwal dan Lokasi Penelitian

#### 3.3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel lapangan di Pabrik Industri Tahu Solo yang berada di Desa Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh. Di lokasi tersebut dilakukan pengambilan sampel lapangan berupa limbah cair tahu. Setelah dilakukan pengambilan sampel lapangan, sampel tersebut akan diuji dengan parameter pH, COD, dan TSS. Selanjutnya melakukan eksperimen penelitian di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan Laboratorium Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala. Adapun peta lokasi pengambilan sampel lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.2.





**Gambar 3. 2** Lokasi Pengambilan Sampel

### 3.3.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan kurang lebih selama 7 bulan dari awal bulan September 2023 - Maret 2024. Tahap awal dilakukannya penelitian ini di bulan September s.d November dilakukan penulisan awal proposal tugas akhir dan sekaligus melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing. Setelah itu memasuki bulan Desember dilakukan observasi lapangan untuk pengambilan sampel yang nantinya akan memasuki proses eksperimen penelitian di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh. Selanjutnya pada awal bulan Januari dilakukan pembuatan alat reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) dan pengisian material-material ke dalam alat tersebut, setelah itu di pertengahan bulan Januari akan langsung memasuki proses pengolahan limbah cair tahu dan melakukan pengujian parameter dan analisis data pH, COD, dan TSS di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh dan Laboratorium Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala. Setelah itu pada bagian pelaporan hasil penelitian dilakukan dari awal keluarnya nilai uji parameter dan analisis data, nilai tersebut akan langsung dicatat dan memasuki tahap penyusunan proposal tugas akhir. Pada bulan Februari s.d Maret akan dilakukannya penulisan dan penyusunan proposal tugas akhir dari hasil penelitian yang dilakukan. Adapun jadwal penelitian terperinci dapat dilihat pada Tabel 3.1.





### 3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun Alat-alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2. dan Tabel 3.3.

**Tabel 3. 2** Alat-alat Penelitian

No	Alat	Jumlah	Satuan	Kegunaan
1	Reaktor MSL	1	Unit	Pengolahan Limbah Cair Tahu
2	Kamera	1	Unit	Dokumentasi Penelitian
3	Sarung Tangan	1	Pasang	Melindungi Tangan
4	Masker	1	Unit	Melindungi Area Wajah
5	Kotak <i>Fiber</i>	1	Unit	Penyimpanan Sampel Uji
6	Gelas Ukur	1	Unit	Penampung Sampel Limbah Cair
7	<i>Beaker Glass</i>	2	Unit	Tempat pelarutan limbah cair tahu sebelum dan sesudah proses
8	Pipet Tetes	3	Unit	Pengambilan dan Pemindahan Sampel
9	Pipet Ukur	1	Unit	Pengukuran pengambilan sampel
10	<i>Stirrer</i>	1	Unit	Memanaskan sekaligus mencampurkan atau menghomogenkan sampel
11	Corong	1	Unit	Memasukkan sampel ke gelas ukur agar lebih mudah dalam proses penuangan

12	Kertas Saring	1	Unit	Sebagai media penyaring/filtrasi
13	Penjepit	1	Unit	Pengambilan sampel/kertas saring
14	Desikator	1	Unit	Tempat peletakan wadah kertas saring/sampel uji
16	COD Meter	1	Unit	Alat ukur parameter COD
17	Tabung Kultur	1	Unit	Wadah penyimpanan sampel uji
18	Vakum Filtrasi	1	Unit	Proses pengujian TSS
19	<i>Beaker Glass</i>	1	Unit	Wadah untuk mengukur sampel
20	Neraca Analitik	1	Unit	Penimbangan sampel/kertas
21	<i>Stopwatch</i>	1	Unit	Pengukuran waktu pengujian sampel

**Tabel 3. 3** Bahan-bahan Penelitian

No	Bahan	Jumlah	Satuan	Kegunaan
1	Limbah Cair Tahu	30	Liter	Sampel Uji
2	Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit	1	kg	Media filtrasi untuk limbah cair tahu
3	Es Batu	3	Blok	Pengawet Sampel
4	Kertas saring <i>whatman</i> no 42	10	Lembar	Pemisahan partikel suspensi dari sampel

5	<i>Aluminium Foil</i>	20	cm	Lapisan untuk kertas saring
6	<i>Aquadest</i>	1	Liter	Membersihkan alat
7	<i>Kalium Dikromat</i> (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	50	ml	Pengujian COD
8	<i>Asam Sulfat</i> (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	70	ml	Pengujian COD
9	<i>Natrium hidrolis</i> (NaOH)	50	ml	Zat pelarut

### 3.5. Metode Sampling Air Limbah

Sampel limbah cair tahu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Pabrik Industri Tahu Solo yang berada di Desa Punge Blang Cut, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh. Metode pengambilan sampel limbah cair tahu dilakukan sesuai dengan standar SNI 6989.59.2008 yang menjelaskan tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Berikut merupakan tahapan-tahapan pengambilan sampel limbah cair tahu sebagai berikut:

- a. Sampel limbah cair diambil langsung dari Perusahaan pengolahan limbah cair tahu pada waktu pagi hari. Pemilihan waktu tersebut berdasarkan intensitas aktivitas awal mulai memasuki pekerjaan.
- b. Sampel diambil dengan menggunakan gayung bertangkai panjang. Kemudian sampel tersebut dimasukkan ke dalam jeriken sebanyak 30 liter yang kategorinya dijelaskan dengan rinci pada Lampiran 2.

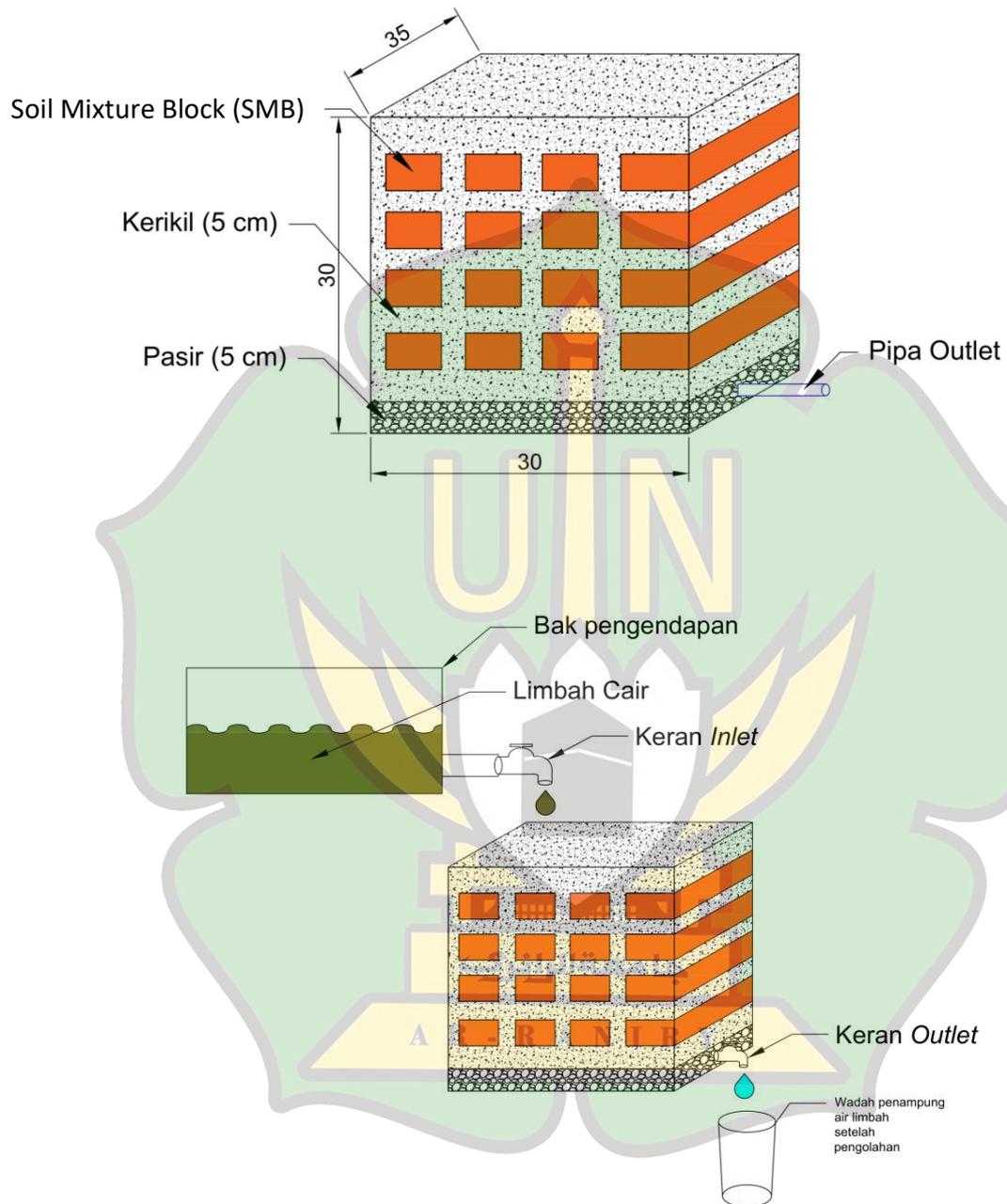
Adapun hasil dokumentasi pengambilan sampel limbah cair tahu dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3. 3** Pengambilan sampel lapangan limbah cair tahu  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### 3.6. Desain Reaktor *Multi Soil Layering* (MSL)

Reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) terbagi dua zona, yang pertama zona anaerob yaitu campuran tanah andosol, serbuk gergaji, serbuk besi dan arang aktif cangkang kelapa sawit pada SMB dan selanjutnya pada zona aerob berupa lapisan-lapisan kerikil dan pasir. Reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) direncanakan bahan utama berupa kaca dengan ukuran  $30 \times 35 \times 30$  cm. Susunan Reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) memiliki beberapa lapisan diantaranya lapisan pertama batu pasir dengan ketinggian 5 cm. Lapisan kedua dilapisi dengan kerikil dengan tinggi 5 cm. Lapisan selanjutnya *Soil Mixture Block* (SMB) yang berbentuk blok berisi campuran tanah dengan ukuran  $5 \times 5 \times 5$  cm (Nadya dkk., 2022). Adapun desain alat *Multi Soil Layering* (MSL) dan susunan reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.4. dan Tabel 3.4.



**Gambar 3. 4** Desain reaktor Multi Soil Layering (MSL)

**Tabel 3. 4** Susunan Bahan Reaktor *Multi Soil Layering*

<b>Bahan</b>	<b>Besar</b>	<b>Satuan</b>
Tanah Andosol	5	kg
Serbuk Gergaji	1	kg
Serbuk Besi	1	kg
Sekam Padi	1	kg
Cangkang Kelapa Sawit	1	kg
Kerikil	5	cm
Pasir	5	cm
Air Limbah Cair Tahu	50	Liter

### 3.7. Prosedur Pembuatan *Soil Mix Block* (SMB)

Prosedur pembuatan *Soil Mix Block* (SMB) bahan utamanya yaitu tanah andosol dan dicampurkan dengan beberapa bahan-bahan seperti serbuk gergaji, serbuk besi, sekam padi dan arang aktif cangkang kelapa sawit. Adapun perbandingan yang dilakukan dalam tahap pembuatan SMB yaitu 6:1:1:1:1 dan memiliki ukuran 5 x 5 x 5cm yang berbentuk balok. Adapun penjelasan tahapan Prosedur pembuatan *Soil Mix Block* (SMB) sebagai berikut:

1. Siapkan material dasar SMB yaitu tanah andosol.
2. Tanah andosol dicampurkan dengan serbuk gergaji, serbuk besi, sekam padi Dan arang aktif cangkang kelapa sawit dengan perbandingan 6:1:1:1:1.
3. Masukkan kedalam cetakan kayu dengan ukuran 5 x 5 x 5cm berbentuk balok.
4. Panaskan di dalam oven dengan temperatur 100°C sampai teksturnya keras.
5. SMB masukkan ke dalam alat MSL susun dan beri jarak pada tiap blok.

### 3.8. Prosedur Eksperimen

Prosedur eksperimen yang akan dilakukan dalam proses pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) dapat dilakukan dengan

menentukan variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) ketika limbah cair tahu sudah memasuki proses filtrasi di dalam alat MSL.

Adapun tahapan prosedur kerja yang dilakukan dalam pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) sebagai berikut:

- a. Siapkan sampel limbah cair tahu ke dalam sebuah wadah.
- b. Limbah cair tahu diendapkan terlebih dahulu agar partikel-partikel kental yang terdapat di dalam limbah cair tahu mengendap ke bawah, sehingga nantinya ketika masuk ke dalam proses filtrasi tidak terjadi penyumbatan.
- c. Masukkan limbah cair tahu ke dalam reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) melalui pipa *inlet* sekaligus menghitung waktu air limbah cair tahu yang mengalir di dalam reaktor MSL. Tuangkan secara perlahan sampai limbah keluar melalui pipa *outlet* yang ada di reaktor MSL. Adapun waktu kontak yang diperoleh dari hasil eksperimen selama 2 jam.
- d. Limbah cair tahu yang sudah diolah di dalam reaktor MSL, kemudian dimasukkan ke dalam wadah botol plastik dan selanjutnya dilakukan proses pendinginan di dalam kotak *fiber* dengan penambahan es batu berguna untuk mengawetkan limbah yang sudah diolah dan nantinya akan dilakukan pengujian parameter pH, COD, dan TSS pada laboratorium.

### 3.9. Prosedur Pengujian Sampel

Adapun prosedur pengujian sampel limbah cair tahu dalam penelitian ini yaitu pengujian parameter pH, COD, dan TSS. Pengujian sampel limbah cair tahu tersebut mengacu berdasarkan SNI yang sudah ditetapkan.

#### 1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengujian parameter COD mengacu pada SNI 6989.72 2009 yang menjelaskan tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (COD).

##### a. Bahan

- Limbah cair tahu

- *Digestion Solution*
- Kalium Dikromat ( $K_2CrO_7$ )
- Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ )
- Merkuri Sulfat ( $HgSO_4$ )
- Perak Sulfat ( $Ag_2SO_4$ )

b. Alat

- COD Meter
- *Digestion vessel*, kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm bertutup ulir.
- Pipet volumetrik 5,0 ml; 10,0 ml; 15,0 ml; 20,0 ml dan 25,0 ml.
- Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg.
- Kuvet

c. Prosedur Pengujian

- Sediakan pipet volume dan kemudian tambahkan larutan pada *digestion solution*, selanjutnya tambahkan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung kultur sebanyak 16 x 100 mm, dan selanjutnya ditambahkan kadar zat sebagai berikut:
  - Sampel limbah cair tahu (2,50 ml)
  - *Digestion Solution* (1,50 ml)
  - Larutan pereaksi asam sulfat (3,5 ml)
  - Kalium dikromat (1,5 ml)
- Langkah selanjutnya tutup tabung reaksi dan kemudian kocok perlahan hingga homogen.
- Selanjutnya panaskan tabung yang sudah dihomogenkan dengan suhu  $150^{\circ}C$  dan tunggu selama 2 jam.
- Setelah dilakukannya proses pemanasan, kemudian tabung tersebut dimasukkan ke dalam COD meter untuk melihat kadar nilai sampel limbah tersebut.

- Apabila nilainya sudah keluar, kemudian catat dan rapikan kembali alat ke tempat semula.

### 3. *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengujian parameter TSS dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.3:2004 yang menjelaskan tentang cara uji padatan tersuspensi *Total Suspended Solid* (TSS). Berikut penjelasan langkah-langkah prosedur pengujiannya:

#### 1. Prinsip awal

Sampel limbah yang sudah dihomogenkan kemudian disaring dengan kertas yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada kertas saring kemudian dikeringkan dengan mencapai berat 103°C – 105°C. Kenaikan berat saringan menandakan adanya padatan tersuspensi total (TSS).

#### 2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan di antaranya sebagai berikut:

##### 1. Kertas saring dengan jenis:

- *Whatman Grade 934 AH*, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,5 µm.
- *Gelman type A/E*, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,0 µm.
- *E-D Scientific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161)* dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,1 µm.
- Saringan dengan ukuran pori 0,45 µm.

##### 2. Air Suling

#### 3. Peralatan

Adapun alat-alat yang dibutuhkan dalam pengujian sebagai berikut:

1. Desikator (Berisi silika gel)
2. Oven (Temperatur 103°C-105°C)
3. Timbangan Analitik (Ketelitian 0,1 mg)
4. Pengaduk magnetik
5. Pipet volume
6. Gelas ukur

7. Cawan aluminium
  8. Cawan porselen
  9. Kaca arloji
  10. Pompa vacuum
4. Langkah-langkah pengujian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian TSS sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

- Siapkan kertas saring dan letakkan pada alat filtrasi.
- Pasang vakum dan wadah pencuci dengan menggunakan air suling sebanyak 20 ml.
- Lanjutkan proses penyedotan berguna untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- Kertas saring yang sudah dipakai dari peralatan filtrasi kemudian ke dalam wadah timbangan aluminium.
- Ambil cawan porselen bersihkan terlebih dahulu dan keringkan dalam oven dengan temperatur suhu senilai  $103^{\circ}\text{C}$ - $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.
- Kemudian didinginkan dalam desikator dan selanjutnya timbang.
- Langkah pengeringan diulang-ulangi sampai diperoleh hasil berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

2. Tahap prosedur

- Siapkan vakum terlebih dahulu.
- Basahi saringan dengan sedikit air suling, kemudian diaduk sampel dengan menggunakan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- Pipet sampel dengan volume tertentu, pada proses pengadukan magnetik.
- Cuci kertas saring atau saringan dengan  $3 \times 10$  ml air suling dan biarkan kering.

- Lanjutkan penyaringan dengan menggunakan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan yang efektif, apabila nilai uji dengan padatan terlarut terlalu tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- Kemudian pindahkan kertas saring dari alat filtrasi ke dalam wadah timbangan aluminium sebagai penyangga.
- Sampel dikeringkan dalam oven selama 1 jam dengan temperatur suhu senilai 103°C-105°C.
- Sampel kemudian didinginkan di dalam alat desikator berguna untuk menyeimbangkan temperatur suhu dan sampel ditimbang dengan alat neraca analitik.
- Lakukan pengulangan pada tahap pengeringan, pendinginan dalam desikator dan lakukan kembali penimbangan sampai hasil diperoleh berat konstan lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

#### 5. Rumus Perhitungan

Berikut merupakan rumus perhitungan dalam pengujian TSS sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring + Residu kering, mg

B = Berat kertas saring, mg

### 3.10. Penentuan *Hydraulic Loading Rate* (HLR)

*Hydraulic Loading Rate* (HLR) sangat diperlukan dalam penentuan debit aliran air limbah ke dalam sebuah sistem. HLR merupakan laju alir pembebanan hidrolis dalam air limbah terhadap suatu bidang permukaan dalam satuan waktu tertentu. Dalam pengaplikasian HLR sendiri pembeban hidrolis digunakan untuk menentukan debit atau beban air limbah yang akan dialirkan ke reaktor *Multi Soil Layering* (MSL)

dalam satuan waktu tertentu (Nadya dkk., 2022). Untuk mengetahui nilai besaran suatu HLR, dapat menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{HLR} = \frac{\text{Volume air (m}^3\text{)} / \text{Waktu tinggal (jam)}}{\text{Luas Permukaan (m}^2\text{)}}$$

### 3.11. Analisis Efektivitas Metode MSL

Analisis dan pengolahan data dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh terhadap analisis parameter pH, COD, dan TSS. Adapun hasil penelitian yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibahas untuk menentukan efektivitas *Multi Soil Layering* (MSL) pada pengolahan limbah cair tahu terhadap baku mutu yang sudah ditetapkan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 tahun 2014, yang bertepatan pada pembahasan baku mutu air limbah tahu. Analisis Efektivitas Metode MSL dapat ditentukan menggunakan rumus efektivitas sebagai berikut:

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

- a = Hasil Pengukuran Awal
- b = Hasil Pengukuran Setelah Pengolahan

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah

#### 4.1.2 *Specific Gravity* (SG)

Berat jenis tanah sering juga disebut *specific gravity*, dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Nilai dari berat isi butir tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volumenya. Sedangkan berat isi air adalah perbandingan antara berat air dengan volume airnya, biasanya mendekati nilai  $1 \text{ g/cm}^3$ . Jika terdapat keadaan di mana volume butiran tanah sama dengan volume air, maka dengan demikian berat jenis tanah dapat diambil sebagai perbandingan, diukur pada suhu tertentu, antara berat butir tanah dengan berat air suling.

Adapun hasil uji *Specific Gravity* (SG) terhadap sampel tanah yang digunakan dalam reaktor MSL yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil USK menunjukkan berat jenis rata-rata tanah padatan tanah adalah 2,495. Hasil perhitungan *Specific Gravity* (SG) secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 7. Nilai tersebut masuk ke dalam kategori tanah organik yang mempunyai berat jenis yang kecil dan mengandung berat lainnya seperti zat besi yang ditunjukkan dari berat jenis tanah yang sudah dilakukan pengujian. Nilai-nilai berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Klasifikasi nilai berat jenis tanah

JENIS TANAH	SG ( <i>SPECIFIC GRAVITY</i> )
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,67
Pasir Kelanau	2,67 – 2,70
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,70 – 2,75

Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Tanah dengan Mika atau Besi	2,75 – 3,00
Tanah Organik	> 2,00
Humus	1,37

Sumber: Anwar, (2016)

#### 4.1.2 Unit Weight Determination (UWD)

Berat satuan tanah adalah berat sampel tanah terhadap volume sampel tersebut. Berat satuan diperlukan untuk menghitung tekanan lapisan penutup pada partikel tanah pada kedalaman berapa pun di dalam tanah. Ada beberapa metode untuk menentukan berat satuan tanah dalam keadaan alami atau keadaan padatnya. Sebelum dilakukan proses pencarian nilai berat satuan tanah terlebih dahulu mencari nilai penentuan kadar air, karena kadar air tanah bertujuan untuk mengetahui kadar air dari suatu sampel tanah. Kadar air tanah juga merupakan perbandingan antara massa (berat) air yang terkandung tanah dan massa (berat) kering tanah dan dinyatakan dalam satuan % (Khoirunisa dkk., 2021). Adapun hasil nilai kadar air tanah yang sudah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil USK adalah 5.00%. Kemudian ruang kosong yang terdapat dalam proses pengujian berat satuan tanah adalah 458 cm<sup>3</sup> dan memiliki kepadatan tanah adalah 542 cm<sup>3</sup>. Sehingga hasil dari keseluruhan nilai berat satuan tanah adalah 1000 Volume (cm<sup>3</sup>) dan memiliki berat 1419 gr. Hasil uji laboratorium lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran 8.

#### 4.1.3 Coefficient of Permeability

Koefisien permeabilitas suatu tanah menggambarkan betapa mudahnya suatu zat cair bergerak melalui suatu tanah. Hal ini juga biasa disebut sebagai konduktivitas hidrolik suatu tanah. Faktor ini dapat dipengaruhi oleh kekentalan, atau kekentalan (*fluiditas*) suatu zat cair dan massa jenisnya. Jumlahnya juga dapat dipengaruhi oleh ukuran rongga, atau wilayah non-tanah, kontinuitas rongga, dan bentuk partikel tanah serta kekasaran permukaan. Ini merupakan faktor penting ketika menentukan laju aliran fluida melalui jenis tanah tertentu. Adapun nilai Permeabilitas tanah yang

diperoleh dari pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil USK didapatkan 2,45 cm/sec. Nilai tersebut menunjukkan bahwa permeabilitas tanah yang terdapat di dalam SMB memiliki daya laju zat cair dalam kategori sedang yang berdampak pada aliran limbah cair tahu (Putri, 2019). Hasil perhitungan secara keseluruhan dalam menentukan nilai *Coefficient of Permeability* dapat dilihat pada Lampiran 4 dan klasifikasi permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Klasifikasi Permeabilitas Tanah

<b>Kelas</b>	<b>Permeabilitas (cm/sec)</b>
Sangat Lambat	< 0,125
Lambat	0,125 – 0,50
Agak Lambat	0,50 – 2,00
Sedang	2,00 – 6,25
Agak Cepat	6,25 – 12,50
Cepat	12,50 – 25,00
Sangat Cepat	> 25,00

Sumber: Putri (2019)

## 4.2 Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Metode MSL

### 4.2.1 Penampakan Fisik Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu sebelum diolah dengan menggunakan metode MSL dapat dilihat pada Gambar 4.1. Terlihat bentuk fisik limbah cair tahu sebelum pengolahan tampak sangat keruh dan terdapat padatan-padatan tersuspensi di dalamnya. Setelah dilakukan proses pengolahan dengan variasi nilai HLR berubah menjadi jernih.



**Gambar 4. 1** Limbah cair tahu sebelum diolah

Adapun waktu kontak yang didapatkan setelah dilakukannya pengolahan pada metode MSL adalah 2 jam. Penampakan fisik limbah cair tahu dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Limbah cair tahu yang sudah diolah dengan waktu kontak selama 2 jam.

#### 4.2.2 Hasil Uji pH

Sebelum dilakukan proses pengolahan limbah cair tahu, nilai pH pada uji pendahuluan yaitu 5, limbah tahu tersebut bersifat asam. Tabel 4.3 menunjukkan hasil uji parameter COD dengan menggunakan metode MSL.

**Tabel 4. 3** Hasil pengolahan parameter pH

<b>Waktu Kontak (Jam)</b>	<b>Baku Mutu (mg/L)</b>	<b>Sebelum Pengolahan (mg/L)</b>	<b>pH (mg/L)</b>
2	6-9	5,4	7,5

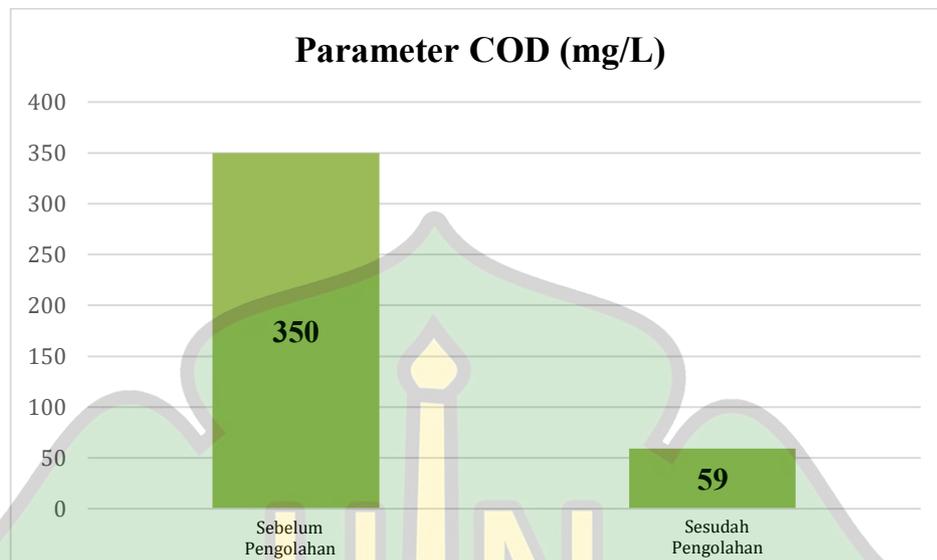
Dari tabel 4.3 penggunaan metode MSL dalam mengolah limbah mampu menetralkan nilai pH yaitu 7,5 mg/L dengan waktu kontak selama 2 jam. Hal tersebut diakibatkan karena adanya proses absorpsi pada lapisan SMB juga kemungkinan berperan dalam perubahan nilai pH. Hal ini terjadi karena tanah andosol memiliki kemampuan untuk menetralkan pH dengan menahan kation asam seperti  $H^+$  dan  $Al^{3+}$ . Ketika air limbah berada dalam kondisi basa, maka terjadi pertukaran kation basa dengan kation asam dan sebaliknya (Data dkk., 2006). Pertukaran tersebut dapat menyebabkan perubahan pH baik yang disebabkan oleh tanah itu sendiri maupun oleh zat lain yang terdapat atau melewati air limbah (Rukmana dkk., 2019).

#### 4.2.3 Hasil Uji Parameter COD

Sebelum dilakukan proses pengolahan limbah cair tahu, nilai parameter COD pada uji pendahuluan yaitu 350 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa limbah cair tahu yang belum diolah nilai parameter COD sudah melebihi standar baku mutu. Tingginya kadar parameter COD tersebut pada limbah cair tahu dipengaruhi oleh adanya zat-zat organik yang dihasilkan dari proses pengolahan pabrik industri tahu. Tabel 4.4 dan Gambar 4.3 menunjukkan hasil uji parameter COD dengan menggunakan metode MSL.

**Tabel 4. 4** Hasil pengolahan parameter COD

<b>Waktu Kontak (Jam)</b>	<b>Baku Mutu (mg/L)</b>	<b>Sebelum Pengolahan (mg/L)</b>	<b>COD (mg/L)</b>	<b>Efektivitas (%)</b>
2	300	350	59	83,14



**Gambar 4.3** Hasil pengolahan parameter COD

Dari tabel 4.4 dan Gambar 4.3, penggunaan metode MSL dalam mengolah limbah mampu mendegradasi nilai COD yaitu 59 mg/L dengan waktu kontak selama 2 jam. Hasil pengolahan limbah cair tahu untuk mendegradasi nilai COD tersebut memiliki efektivitas pengolahan sebesar 83,14% dengan waktu kontak selama 2 jam.

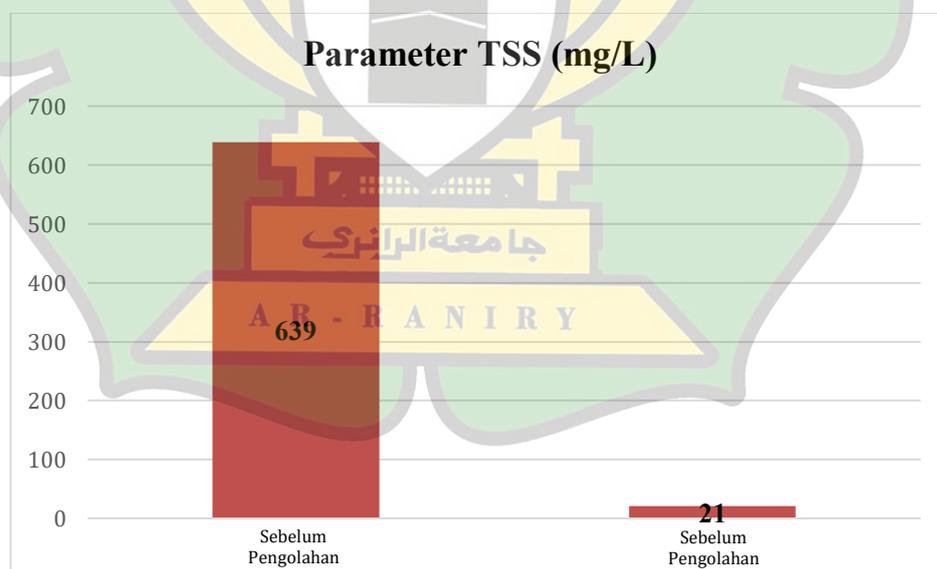
Adapun faktor yang mempengaruhi turunnya nilai parameter COD dalam limbah cair tahu salah satunya adalah kombinasi proses adsorpsi dan absorpsi dalam reaktor MSL. Proses tersebut terjadi pada lapisan pasir, kerikil dan SMB yang mampu mendegradasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair tahu. Penurunan parameter COD juga dapat dipengaruhi oleh proses denitrifikasi karena sampel tanah yang terdapat di dalam SMB memiliki kandungan logam besi yang dapat mendegradasi fosfat dan proses reduksi senyawa organik (Ivontianti dkk., 2022). Menurut penelitian dari Hadrah dkk., (2019) penurunan nilai parameter COD disebabkan karena di dalam sistem MSL terjadi bermacam-macam proses seperti adsorpsi, filtrasi dan dekomposisi. Penurunan parameter COD membutuhkan waktu kontak yang efektif antara limbah cair tahu dengan blok campuran tanah yang terdapat di SMB, hal tersebut mewakili lambatnya dekomposisi zat organik.

#### 4.2.4 Hasil Uji Parameter TSS

Berdasarkan hasil uji pendahuluan parameter TSS menunjukkan bahwa konsentrasi nilai TSS dalam limbah cair tahu sebelum memasuki proses pengolahan adalah 639 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2014 yang menjelaskan tentang standar baku mutu air limbah, kadar maksimal nilai parameter TSS dalam limbah cair tahu tersebut senilai 200 mg/L. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa sampel limbah cair tahu yang belum diolah dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* ini belum memenuhi standar baku mutu air limbah. Tabel 4.5 dan Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji pengolahan parameter TSS dengan menggunakan metode MSL.

**Tabel 4. 5** Hasil pengolahan parameter TSS

Waktu Kontak (Jam)	Baku Mutu (mg/L)	Sebelum Pengolahan (mg/L)	TSS (mg/L)	Efektivitas (%)
2	200	639	21	96,71



**Gambar 4. 4** Hasil pengolahan parameter TSS

Dari tabel 4.5 dan Gambar 4.4, penggunaan metode MSL dalam mengolah limbah dengan variasi nilai HLR mampu mendegradasi nilai TSS yaitu 21 mg/L dengan waktu kontak selama 2 jam. Hasil pengolahan limbah cair tahu untuk mendegradasi nilai TSS tersebut memiliki efektivitas pengolahan sebesar 96,71% dengan waktu kontak selama 2 jam.

Adapun faktor yang mempengaruhi turunnya nilai parameter TSS dalam limbah cair tahu adanya kerikil sebagai media penyaring molekul yang berukuran besar, kemudian pasir sebagai media filter yang mampu menyaring TSS sehingga bentuk fisik dari limbah cair tahu tidak terlihat adanya padatan-padatan seperti yang sebelumnya. Serbuk gergaji dan arang aktif cangkang kelapa sawit yang terdapat di dalam SMB juga berperan penting dalam penurunan parameter TSS yang berfungsi sebagai penyaring kotoran kecil yang terbawa air (Haribowo dkk., 2019).

### **4.3. Efektivitas Reaktor MSL**

#### **4.3.1. Efektivitas Reaktor MSL dalam Penurunan COD**

Tingkat efektivitas pengolahan limbah cair tahu dalam mendegradasi parameter COD sangat berpengaruh terhadap baku mutu air limbah. Pada uji pendahuluan yang dilakukan terhadap limbah cair tahu, parameter COD melebihi standar baku mutu air limbah senilai 350 mg/L. Oleh karena itu untuk mengetahui tingkat efektivitas parameter COD dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas nilai COD} = \frac{(\text{Kadar COD awal} - \text{Kadar COD akhir})}{\text{Kadar COD awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan tingkat efektivitas parameter COD limbah cair tahu setelah melalui proses pengolahan dengan menggunakan reaktor MSL dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.5.

**Tabel 4. 6** Hasil perhitungan tingkat efektivitas parameter COD

Parameter	Waktu Kontak (Jam)	Sebelum Pengolahan (mg/L)	Setelah Pengolahan (mg/L)	Efektivitas (%)
COD	2	350	59	83,14

**Gambar 4. 5** Efektivitas pengolahan parameter COD

Dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.5, pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor MSL mampu menurunkan nilai parameter COD. Tingkat persentase efektivitas yang terdapat dalam pengolahan limbah cair tahu pada waktu kontak selama 2 jam adalah 83,14%. Hasil tersebut menunjukkan setelah dilakukannya proses pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor MSL cukup efektif dalam mendegradasi parameter COD.

Kandungan organik yang terdapat di dalam limbah cair tahu sangat berpengaruh pada laju dekomposisi organik. Turunnya nilai parameter COD dalam limbah cair tahu yang sudah memasuki proses pengolahan dengan menggunakan reaktor MSL terjadi karena adanya kombinasi proses adsorpsi dan absorpsi dalam reaktor MSL. Proses adsorpsi terjadi pada lapisan permukaan *Soil Mixture Block* (SMB) mampu

mendegradasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair tahu. Lapisan pasir juga berpengaruh dalam mendegradasi parameter COD karena pasir memiliki kerapatan dan mampu menyaring zat-zat organik dalam limbah cair tahu (Ivontianti, dkk 2022).

#### 4.3.2. Efektivitas Reaktor MSL dalam Penurunan TSS

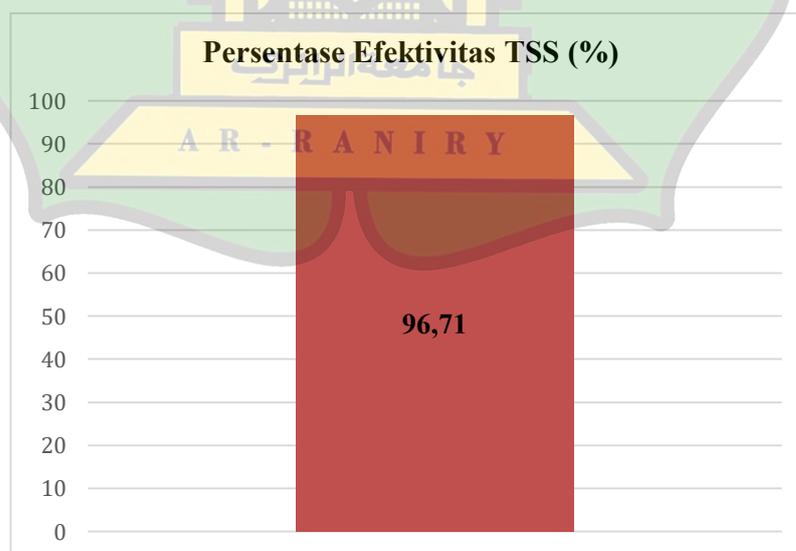
Tingkat efektivitas pengolahan limbah cair tahu dalam mendegradasi parameter TSS sangat berpengaruh terhadap baku mutu air limbah. Pada uji pendahuluan yang dilakukan terhadap limbah cair tahu, parameter TSS melebihi standar baku mutu air limbah yaitu 639 mg/l. Oleh karena itu untuk mengetahui tingkat efektivitas parameter TSS dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas nilai TSS} = \frac{(\text{Kadar TSS awal} - \text{Kadar TSS akhir})}{\text{Kadar TSS awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan tingkat efektivitas parameter TSS limbah cair tahu setelah melalui proses pengolahan dengan menggunakan reaktor MSL dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.6.

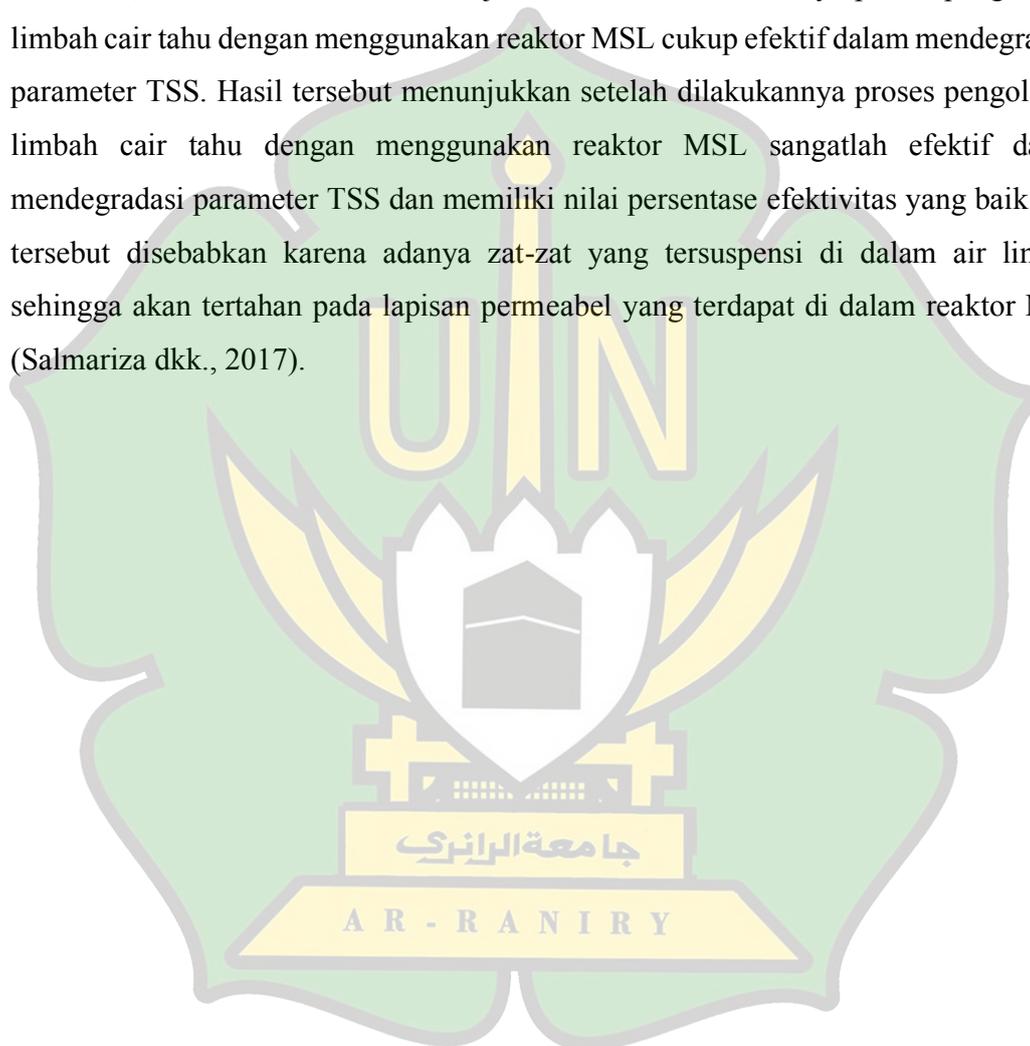
**Tabel 4. 7** Hasil perhitungan tingkat efektivitas parameter TSS

Parameter	Waktu Kontak (Jam)	Sebelum Pengolahan (mg/L)	Setelah Pengolahan (mg/L)	Efektivitas (%)
TSS	2	639	21	96,71



**Gambar 4. 6** Efektivitas pengolahan parameter TSS

Tabel 4.7 dan Gambar 4.6 pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor MSL mampu menurunkan nilai parameter TSS. Tingkat persentase efektivitas yang terdapat dalam pengolahan limbah cair tahu pada waktu kontak selama 2 jam adalah 96,71%. Hasil tersebut menunjukkan setelah dilakukannya proses pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor MSL cukup efektif dalam mendegradasi parameter TSS. Hasil tersebut menunjukkan setelah dilakukannya proses pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan reaktor MSL sangatlah efektif dalam mendegradasi parameter TSS dan memiliki nilai persentase efektivitas yang baik. Hal tersebut disebabkan karena adanya zat-zat yang tersuspensi di dalam air limbah sehingga akan tertahan pada lapisan permeabel yang terdapat di dalam reaktor MSL (Salmariza dkk., 2017).



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan mengenai pengolahan limbah cair kelapa sawit menggunakan metode Multi Soil Layering (MSL) yaitu:

1. Pengolahan limbah cair tahu dengan reaktor MSL dapat menetralkan pH dan menurunkan kadar pencemar parameter COD, dan TSS. Berdasarkan hasil pengolahan limbah cair tahu pada parameter pH dengan waktu kontak selama 2 jam adalah 7,5. Hasil pengolahan pada parameter COD dengan waktu kontak selama 2 jam adalah 59 mg/L. Hasil pengolahan pada parameter TSS dengan waktu kontak selama 2 adalah 21 mg/L.
2. Pengolahan limbah cair tahu menggunakan reaktor MSL untuk kadar pencemar parameter COD memiliki tingkat persentase efektivitas dengan waktu kontak selama 2 jam adalah 83,14%. Pada kadar pencemar parameter TSS memiliki tingkat persentase efektivitas dengan waktu kontak selama 2 jam adalah 96,71%.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, penulis mengajukan beberapa saran dan masukan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi penelitian lebih lanjut perihal metode MSL dengan menggunakan media-media filtrasi yang lainnya, jenis tanah dan bak ukur reaktor yang efektif dalam pengolahan limbah sehingga didapatkan perbandingan atau hasil yang baik.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan agar melakukan pengujian parameter lainnya yang belum dilakukan pada penelitian ini, pengujian parameter tersebut tergantung jenis limbah yang akan dilakukan proses pengujian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aba, R. P., Mugani, R., Hejjaj, A., Fraissinette, N. B. De, Oudra, B., Ouazzani, N., Campos, A., Vasconcelos, V., Carvalho, P. N., & Mandi, L. (2021). *First Report on Cyanotoxin (MC-LR) Removal from Surface Water by Multi-Soil-Layering (MSL) Eco-Technology: Preliminary Results*.
- Anwar, M. (2016). Model Pendekatan alat Uji Kepadatan ringan Untuk tanah di Laboratorium. *Jurnal Info Teknik*, 19(1), 53-68.
- Ardhiany, S. (2020). Pengaruh Ukuran Mesh Adsorben Zeolit dan Konsentrasi HCl Pada Pengolahan Limbah Pencelupan Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(02), 4-14.
- Enamia, C. (2023). Sintesis Zeolit Analsim dan Na-P Pori Hierarki Berbasis Silika Ampas Tebu Menggunakan Pati Sebagai Mesoporogen Serta Uji Aktivitas Katalik Pada Reaksi Isomerisasi Glukosa. 1-23.
- Firdaus, A. (2018). Pertanggungjawaban Pidana Korporasi Perkebunan Atas Pencemaran Limbah Kelapa Sawit. 223-233.
- Gustiana, E. G., dan Widayatno, T. (2020). Penurunan Kadar COD, BOD dan TSS Limbah Cair Pabrik Tahu. The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, 72-78.
- Hadrah, H., Kasman, M., & Septiani, K. T. (2019). Analisis Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Laundry dengan *Multi Soil Layering* (MSL). *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(1), 36.
- Haribowo, R., Megah, S., & Rosita, W. (2019). Efisiensi Sistem *Multi Soil Layering* Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Perkotaan Padat Penduduk. *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(1), 11-27.
- Ilmanafian, A. G., Lestari., E., & Khairunisa, F. (2020). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metode Filtrasi Dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) *Processing of Palm Oil Liquid Waste By Filtration and Phytoremediation Method Using Eichhornia Crassipes*

- Adzani Gha. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 244–253.
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41.
- Irmanto, I., & Suyata, S. (2019). Penurunan kadar amonia, nitrit, dan nitrat limbah cair industri tahu menggunakan arang aktif dari ampas kopi. *Molekul*, 4(2), 105-114.
- Ivontianti, W. D., Sitanggang, E. P. O., dan Rezeki, E. S. (2022). Pengolahan Limbah Cair Lindi Menggunakan Multi Soil Layering (MSL) Bebas Lumpur PDAM. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 5(3), 228–237.
- Khoirunisa, I., Budiman, B., & Kurniasih, R. (2022). Pengaruh Kadar Air Tanah Tersedia Dan Pengelolaan Pupuk Terhadap Pertumbuhan Meniran (*Phyllanthus niruri*). *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 5(2), 138-146.
- Mairizki, F., & Putra, A. Y. (2021). Efektifitas Arang Aktif Terhadap Peningkatan Kualitas Air Tanah dengan Metode *Multi Soil Layering* (MSL). 6(1), 74–86.
- Nadya, K., Ilyas, D. A. (2022). Penyisihan BOD dan COD dari Limbah Domestik Dengan Metode *Multi Soil Layering* (MSL). *Prosiding SAINTEK: Sains Dan Teknologi*, 1(1), 525–532.
- Novela, D., & Dewata, I. (2019). Penurunan COD, BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Melalui Sistem *Multi Soil Layering* (MSL) Menggunakan Arang Karbon Ampas Tebu. *Journal of Residu*, 3(21), 8–14.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. M. (2013). Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 116–120.
- Pawestri, D. S., Budiono, Z., & Abdullah, S. (2020). Efisiensi *Multi Soil Layering* (MSL) Dalam Menurunkan Kadar *Chromium Heksavalen* ( $Cr^{6+}$ ) Pada Limbah Cair Sablon Di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas Tahun 2020. *Buletin Keslingmas*, 39 (3), 131–137.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. (2014). Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. (2016). Jakarta.
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Kadar TSS dan BOD Abstrak Info Artikel. *Jurnal Vokasi Kesehatan, JVK* 4 (2), 56–62.
- Prawirodigdo, S., & Utomo, B. (2019). Inovasi Teknologi dekomposisi limbah organik dalam penyediaan pakan. *Wartazoa*, 21(2), 60–71.
- Purba, M. H. W., Hakim, L., dan Wardhana, M. Y. (2020). Strategi Pengembangan Industri Kecil Tahu Solo Di Desa Punge Blang Cut Kecamatan Meuraxa Kota Banda Aceh. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 4(4), 1–16.
- Putra, A., & Fitri, W. E. (2019). Efektivitas *Multi Soil Layering* Dalam Mereduksi Limbah Cair Industri Kelapa. *Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 1–15.
- Putri, K. Y. (2019). Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan Nitrogen Jangka Panjang Terhadap Permeabilitas Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea mays L.*) di Lahan Politeknik Negeri Lampung.
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Dalam Air Limbah Domestik Di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22.
- Anwar, R., Devia, Y. P., & Rahman, A. A. (2018). Studi Evaluasi Pengolahan Air Limbah Industri Secara Terpusat Di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER). *Rekayasa Sipil*, 2(3), 205-214.
- Salmariza, S. Y., Sofyan, H. M., & Kasman, M. (2017). Pengaruh laju alir inlet reaktor MSL terhadap reduksi BOD, COD, TSS, dan minyak/lemak limbah cair industri minyak goreng. *Jurnal Litbang Industri Vol*, 7(1), 41-51.
- Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis.

- Standar Nasional Indonesia 06-6989.3:2004 Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*, TSS).
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.30-2005 Cara uji kadar amonia dengan spektrofotometer secara fenat.
- Standar Nasional Indonesia 6989.59-2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Standar Nasional Indonesia 6989.72-2009 Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*/BOD).
- Tambunan, D. S., (2019). “Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metoda Biopori Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.).” *Jurnal Solum*, vol. 16, no. 1.
- Utami, L. I., Wahyusi, K. N., Utari, Y. K., & Wafiyah, K. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses *Batch*. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(2), 39–43.
- Verawati, N., Aida, N., & Aufa, R. (2021). Analisa Mikrobiologi Cemaran Bakteri Coliform Dan Salmonella Sp Pada Tahu Di Kecamatan Delta Pawan. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 6(1), 61.
- Viena, V., Bahagia, Nurlaini, & Juanda, R. (2023). Efektivitas Penurunan COD, BOD dan TSS Limbah Industri Sawit Menggunakan Koagulan Kimia dan Ekstrak Alami Pati Pelepah Sawit. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(1), 4931–4939.
- Wiharja., “Produksi Biogas Dari Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Reaktor Unggun Tetap Tanpa Proses Pretreatment.” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 22, no. 1, 2021, pp. 078–84.

## LAMPIRAN

## Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian

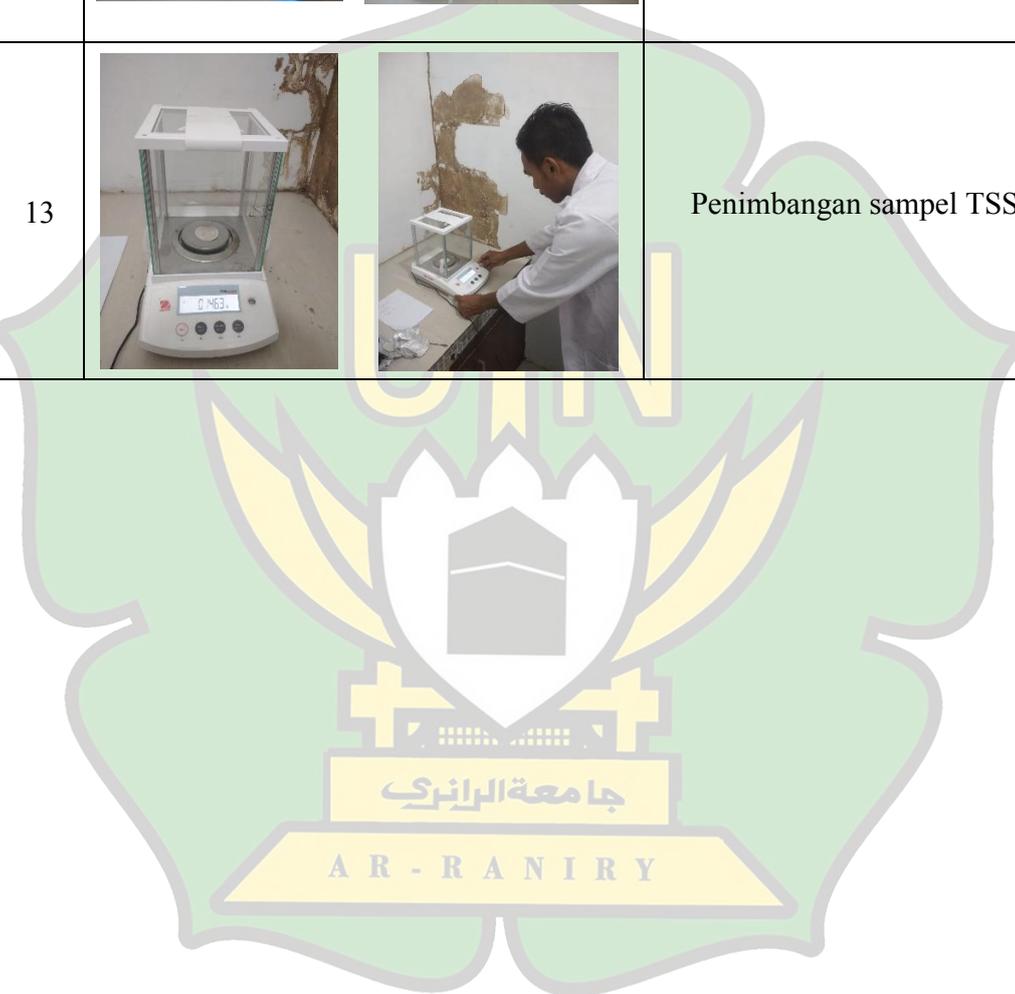
NO	GAMBAR	KETERANGAN
1	 A person wearing a blue long-sleeved uniform and a light blue face mask is standing in an industrial setting. They are using a green tool to take a sample from a large, cylindrical metal tank. The tank has a hose connected to it. The background shows other industrial equipment and a window.	Pengambilan Sampel Limbah Cair Tahu
2	 A person wearing a white lab coat is working in a laboratory. They are using their hands to arrange small, light-colored, irregular pieces of material inside a clear glass container. The container is placed on a dark surface. In the background, there are glass partitions and laboratory equipment.	Proses penyusunan material ke dalam alat MSL

3		Proses pengecilan cangkang kelapa sawit
4		Material SMB
5		Pembuatan SMB

6		Pencetak SMB
7		Pembungkusan SMB menggunakan <i>Aluminium Foil</i>
8		Proses pemanasan SMB menggunakan Oven

9		<p><i>Soil Mixture Block</i> (SMB)</p>
10		<p>Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu menggunakan reaktor MSL</p>
11		<p>Uji parameter COD</p>

12		Uji parameter TSS
13		Penimbangan sampel TSS



## Lampiran 2. Metode Pengambilan Contoh Sampel

Metode pengambilan contoh sampel menurut (SNI 6989.59:2008):

1. Persyaratan alat pengambil contoh sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
  - a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh.
  - b. Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya.
  - c. Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya.
  - d. Mudah dan aman di bawa.
  - e. Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.
2. Jenis alat pengambil contoh sampel
  - a. Alat pengambil contoh sampel sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang.
3. Pengambilan contoh sampel  
Cara pengambilan contoh sampel untuk pengujian kualitas air sebagai berikut:
  - a. Siapkan alat pengambil contoh sesuai dengan saluran pembuangan.
  - b. Bilas alat dengan contoh yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali.
  - c. Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung sementara, kemudian homogenkan.
  - d. Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis.
  - e. Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan.
  - f. Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus.
  - g. Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan.

### Lampiran 3. Standar Baku Mutu

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014

Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tahu

Parameter	Pengolahan Kedelai	
	Tahu	
	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH	6-9	



### Lampiran 5. Perhitungan parameter TSS Limbah Cair Kelapa Sawit

Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung nilai parameter TSS sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring + Residu kering, mg

B = Berat kertas saring, mg

Sehingga didapatkan perhitungan TSS yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Perlakuan pada variasi HLR 4 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} TSS_1 &= \frac{(0,1869 - 0,1801)}{0,1} \times 1000 \\ &= 68 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- b. Perlakuan pada variasi HLR 8 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} TSS_2 &= \frac{(0,1824 - 0,1801)}{0,1} \times 1000 \\ &= 23 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- c. Perlakuan pada variasi HLR 18 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} TSS_3 &= \frac{(0,1822 - 0,1801)}{0,1} \times 1000 \\ &= 21 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

### Lampiran 6. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Parameter

1. Efektivitas COD terhadap MSL

a. Perlakuan pada variasi HLR 4 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(a - b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(350 - 126)}{350} \times 100\% \\ &= 64,00\% \end{aligned}$$

b. Perlakuan pada variasi HLR 8 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(a - b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(350 - 61)}{350} \times 100\% \\ &= 82,57\% \end{aligned}$$

c. Perlakuan pada variasi HLR 18 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(a - b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(350 - 59)}{350} \times 100\% \\ &= 83,14\% \end{aligned}$$

2. Efektivitas TSS terhadap MSL

a. Perlakuan pada variasi HLR 4 L/m<sup>2</sup>/jam

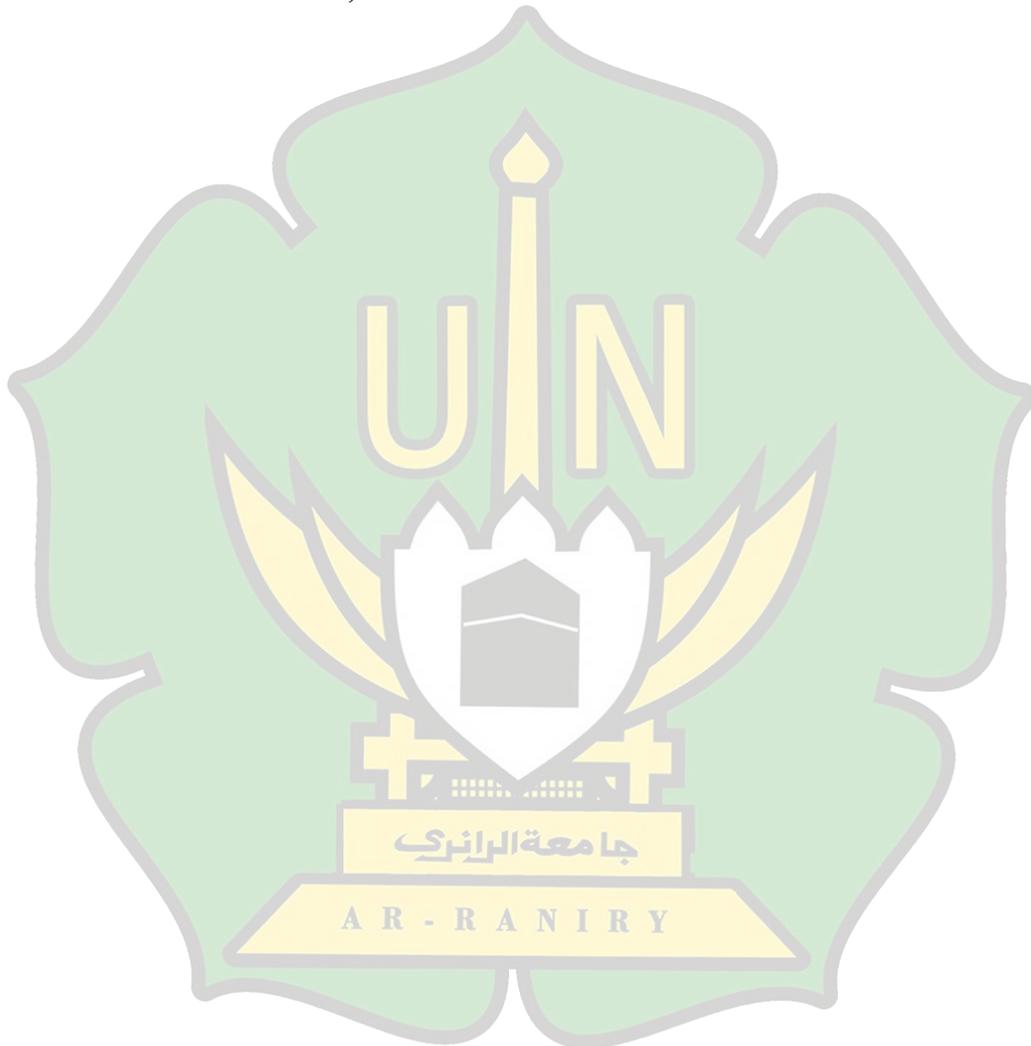
$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(a - b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(639 - 68)}{639} \times 100\% \\ &= 89,35\% \end{aligned}$$

b. Perlakuan pada variasi HLR 8 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(a - b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(639 - 23)}{639} \times 100\% \\ &= 96,40\% \end{aligned}$$

c. Perlakuan pada variasi HLR 18 L/m<sup>2</sup>/jam

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(a - b)}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(639 - 21)}{639} \times 100\% \\ &= 96,71\%\end{aligned}$$



### Lampiran 7. Perhitungan *Specific Gravity* (SG)

Form : SPG - 01 = 1 / 1	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SYIAH KUALA		Page :
<b>SPECIFIC GRAVITY (1)</b>			
Project	: Penelitian Mahasiswa UIN Teknik Lingkungan		
Location	: Gampong Neuheun, Kab Aceh Besar		
Location Code	: 1 (Tanah Andosol)	Date of Testing	: 20-Nov-23
Tested By	: SRY	Eq/Device/Method	: ***
Descript. Of Soil	: Pasir halus kelanauan , coklat muda		
Test no.		1	2
Flask No.		02	10
Vol. of flask at 20 °C	(cm <sup>3</sup> )	100	100
Method of air removal (a)		Vacuum	Vacuum
Wt. flask + water + soil =	Wbu (gr)	166.30	169.22
Temperature, °C =	T2	28.0	28.0
Wt. flask + water (b) =	Wb(*) (gr)	150.70	153.83
Temperature, °C =	T1	29.0	28.0
Wt. of flask + dry soil =	(gr)	77.32	80.16
Wt. of flask =	B (gr)	51.51	54.42
Wt. of dry soil =	Ws (gr)	25.81	25.74
Wu' = ( Ws + Wbu's - Wbu ) / Jwt2		10.277	10.389
Gs= Ws / Wu'		2.511	2.478
Average specific gravity of soil solids (GS)	=	<b>2.495</b>	
Remarks			
Unit Weight of water in temp. T2 =	Jwt2 (gr/cm <sup>3</sup> )	0.99626	0.99626
Unit Weight of water in temp. T1 =	Jwt1 (gr/cm <sup>3</sup> )	0.99597	0.99626
With temperature corection			
Wt. Flask + water + soil =	Wbu's (**)	(gr)	150.73
(*)Wb is the weight of the flask filled with water with the same volume of dispersing agent as added to the soil-water mixture (***) Wbu's = (Wb-B)*(Jwt2/Jwt1)*((1+F*T2)/(1+F*T1)) + B Correction for flask volume in different temperature : F = 0.00002			



### Lampiran 8. Perhitungan *Unit Weight Determination (UWD)*

Form : UWD - 01 = 1 / 1		LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SYIAH KUALA		Page :																					
UNIT WEIGHT DETERMINATION (1)																									
Project	: Penelitian Mahasiswa UIN Teknik Lingkungan																								
Location	: Gampong Neuheun, Kab Aceh Besar																								
Location Code	: 1 (Tanah Andosol)	Date of Testing	: 20-Nov-23																						
Tested By	: AMR	Eq/Device/Method	: ***																						
Descript. Of Soil	: Pasir halus kelanaun , coklat muda																								
Water content determination																									
Can no.		213	513																						
Wt. of wet soil + can	(gr)	59.50	55.64																						
Wt. of dry soil + can	(gr)	56.95	53.17																						
Wt. of can	(gr)	5.44	4.17																						
Wt. of dry soil	(gr)	51.51	49.00																						
Wt. of moisture	(gr)	2.55	2.47																						
water content, w	(%)	4.95	5.04																						
Average water content	(%)	5.00																							
Unit weight determination																									
Wt. of tube + wet soil	(gr)	1428.00																							
Wt. of tube + dry soil	(gr)	1386.42																							
Wt. of tube	(gr)	554.00																							
Wt. of dry soil	(gr)	832.42																							
Wt. of water	(gr)	41.58																							
Dia. of tube	(cm)	7.00																							
Area	(cm <sup>2</sup> )	38.48																							
Length of soil	(cm)	16.00																							
Volume of soil	(cm <sup>3</sup> )	615.75																							
Wet unit weight	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.419																							
Dry unit weight	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.352																							
Specific Gravity	2.495																								
For 1000 cm <sup>3</sup> soil	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>volume</th> <th>weight</th> </tr> <tr> <th></th> <th>cm<sup>3</sup></th> <th>gr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Air</td> <td>391</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Water</td> <td>68</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Void</td> <td>458</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Solid</td> <td>542</td> <td>1352</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>1000</td> <td>1419</td> </tr> </tbody> </table>			volume	weight		cm <sup>3</sup>	gr	Air	391	0	Water	68	68	Void	458	68	Solid	542	1352	Total	1000	1419		
	volume	weight																							
	cm <sup>3</sup>	gr																							
Air	391	0																							
Water	68	68																							
Void	458	68																							
Solid	542	1352																							
Total	1000	1419																							
Void ratio	0.845																								
Saturation (%)	14.74																								



### Lampiran 9. Perhitungan *Coefficient of Permeability*

Form :	LABORATORIUM MEKANIKA TANAH		Page :
PRM - 01 = 1 / 1	FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SYIAH KUALA		
COEFFICIENT OF PERMEABILITY (1)			
Project	: Penelitian Mahasiswa UIN Teknik Lingkungan		
Location	: Gampong Neuheun, Kab Aceh Besar		
Location Code	: 1 (Tanah Andosol)	Date of Testing	: 20-Nov-23
Tested By	: JUN	Eq/Device/Method	: ***
Descript. Of Soil	: Pasir halus kelanauan , coklat muda		
Mold Dimension	: Diameter = 6.42 cm	Area =	32.371 cm <sup>2</sup>
	: Length = 8.86 cm	Volume =	286.807 cm <sup>3</sup>
Sample Condition	: Undisturbed		
Wt. of mold+gasket+base	(gr) = 157.66	Initial water Content (%) =	5.31
Wt. of mold+gasket+base+soil	(gr) = 570.37	Final water Content (%) =	30.63
Wt. of soil	(gr) = 412.71		
Total Unit Weight	(gr/cm <sup>3</sup> ) = 1.44	Dry Unit Weight (gr/cm <sup>3</sup> ) =	1.37
Constant Head			
Device No.			
Falling Head			
Pipe No.	Dia. = 1.5 cm		Area (a) = 1.767 cm <sup>2</sup>
Test No.	h1	h2	Time
	(cm)	(cm)	(second)
1	145.00	113.90	3600
2	145.00	114.00	3600
3	145.00	114.10	3600
4	145.00	114.10	3600
5			
6			
			Qin
			(cm3)
			Qout
			(cm3)
			Temp.
			(°C)
			kT
			(cm/sec)
			nT/n20
			k20
			(cm/sec)
			3.24E-05
			8.47E-01
			2.75E-05
			3.23E-05
			7.29E-01
			2.35E-05
			3.22E-05
			7.29E-01
			2.35E-05
			3.22E-05
			7.29E-01
			2.35E-05
Average			3.22E-05
			7.59E-01
			2.45E-05
$kT = (2.3 a \cdot L) / [A \cdot t \cdot \{ \log (h1 / h2) \}]$			
t = elapsed time	Q = quantity	T = Temperature	h = head
L = length	A = Area	n = viscosity	n20 = 1.029 gr.sec/cm <sup>2</sup>
k = coefficient of permeability			

