

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF CANGKANG PALA  
(*Myristica fragrans houtt*) SEBAGAI ADSORBEN DALAM  
PENYISIHAN COD DAN BOD PADA LIMBAH CAIR TAHU**

**TUGAS AKHIR**

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

**Diajukan Oleh:**

**NUZULLA UMMUL AL HUDHA**

**NIM. 170702016**

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



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

### PEMANFAATAN ARANG AKTIF CANGKANG PALA (*Myristica fragrans houtt*) SEBAGAI ADSORBEN DALAM PENYISIHAN COD DAN BOD PADA LIMBAH CAIR TAHU

#### TUGAS AKHIR

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

Diajukan Oleh:

**NUZULLA UMMUL AL HUDHA**

**NIM. 170702016**

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

Banda Aceh, 14 Januari 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
Arief Rahman, M.T  
NIDN. 2010038901

  
Teuku Muhammad Ashari, M. Sc  
NIDN. 2002028301

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF CANGKANG PALA (*Myristica fragrans houtii*) SEBAGAI ADSORBEN DALAM PENYISIHAN KADAR COD DAN BOD PADA LIMBAH CAIR TAHU**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal : Jumat, 14 Januari 2022

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

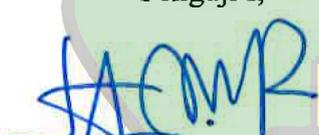
Sekretaris,

  
Arief Rahman, M.T.  
NIDN. 2010038901

  
Teuku Muhammad Ashari, M.Sc  
NIDN. 2002028301

Penguji I,

Penguji II,

  
Dr. Muhammad Nizar, M.T.  
NIDN. 0122057502

  
Vera Viena, M.T.  
NIDN. 0123067802

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

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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nuzulla Ummul Al Hudha  
NIM : 170702016  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Proposal : Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Pala (*Myristica fragrans houtt*) Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD dan BOD Pada Limbah Cair Tahu.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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

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

Banda Aceh, 14 Januari 2022

Yang Menyatakan,



Nuzulla Ummul Al Hudha

NIM. 170702016

## ABSTRACT

*Name* : Nuzulla Ummul Al Hudha  
*NIM* : 170702016  
*Study Program* : Environmental Engineering  
*Title* : Utilization of Nutmeg Shell Activated Charcoal (*Myristica fragrans houtt*) as an Adsorbent in the Removal of COD and BOD in Tofu Waste Water.  
*Date of Sesion* :  
*Advisor I* : Arief Rahman, M.T  
*Advisor II* : Teuku Muhammad Ashari, M. Sc  
*Keywords* : Tofu Waste Water, Adsorption, and Nutmeg Shell

*Tofu waste water contains high levels of COD and BOD can be treatment by adsorption using activated charcoal. This study aims to determine the effect of variations in adsorbent stirring speed in the removal of COD and BOD levels in tofu waste water and to determine the adsorption capacity of nutmeg shell activated charcoal in the removal of COD and BOD using Freundlich and Langmuir isotherms. The adsorbent used in this study was nutmeg shell activated charcoal (*Myristica fragrans houtt*) resulting from carbonization at 350°C and activation using 1M HCL. The adsorption process in this study used a mass of activated charcoal 2; 4; 6; 8 grams and stirring speed variations of 60 rpm and 120 rpm. The results of this study showed that activated charcoal of nutmeg shell which had been activated with 1M HCL was able to reduce COD levels from 6261 mg/L to 1127 mg/L and BOD from 3000 mg/L to 1834 mg/L. The efficiency value obtained is for COD of 82.00% and BOD efficiency of 38.87%. This value was obtained from the adsorption process using 8 grams of nutmeg shell activated charcoal with a stirring speed of 120 rpm. The maximum adsorption capacity was 1069 mg/g of COD and 245 mg/g of BOD.*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji hanya kepada Allah SWT yang telah memberi anugerah Al-Qur'an sebagai rahmat bagi segenap alam. Selawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya yang telah membawa kita ke dalam dunia yang penuh ilmu pengetahuan. Atas berkah dan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Pala (*Myristica fragrans houtt*) Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD dan BOD Pada Limbah Cair Tahu". Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis mendapat banyak bantuan serta dukungan. Oleh karena itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis selama ini.
2. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh serta selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan.

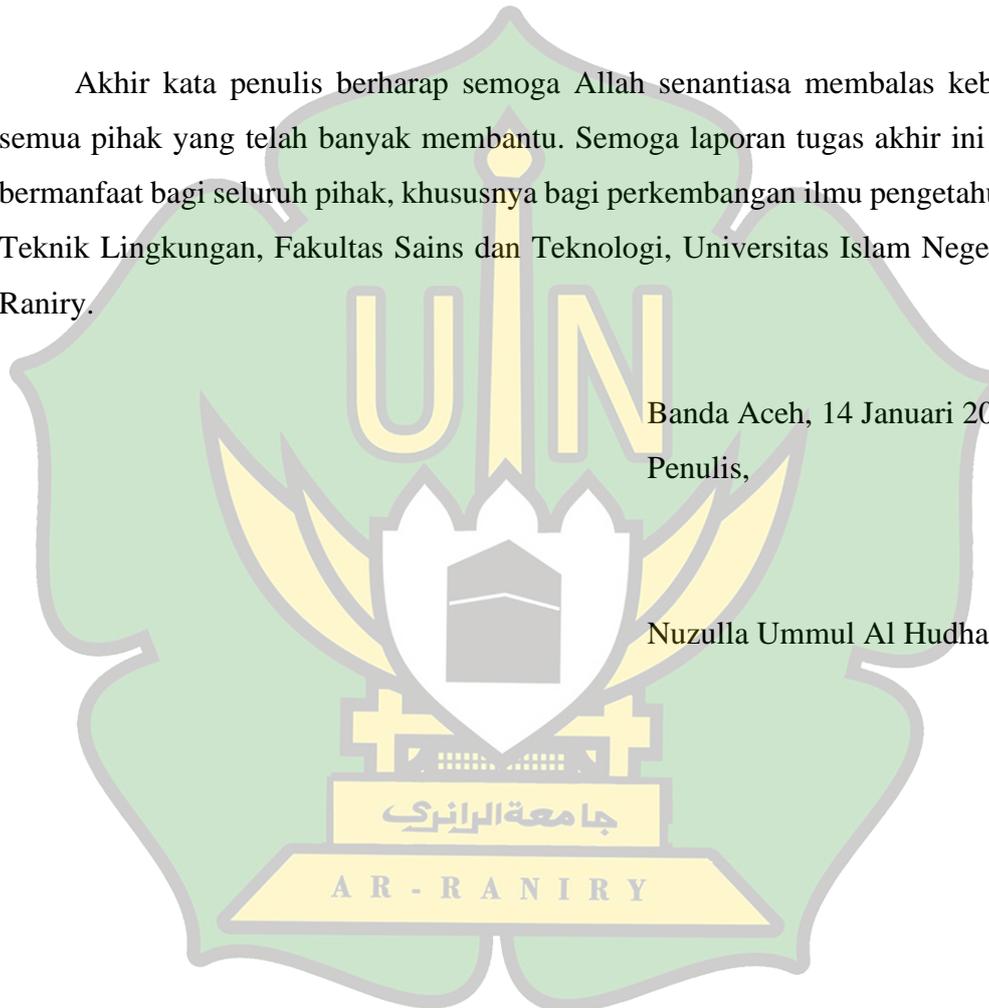
5. Teuku Muhammad Ashari, M. Sc., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Bapak M. Faisi Ikhwal, M. Eng., selaku pembimbing akademik yang telah menyemangati penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh pihak yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis berharap semoga Allah senantiasa membalas kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Banda Aceh, 14 Januari 2022

Penulis,

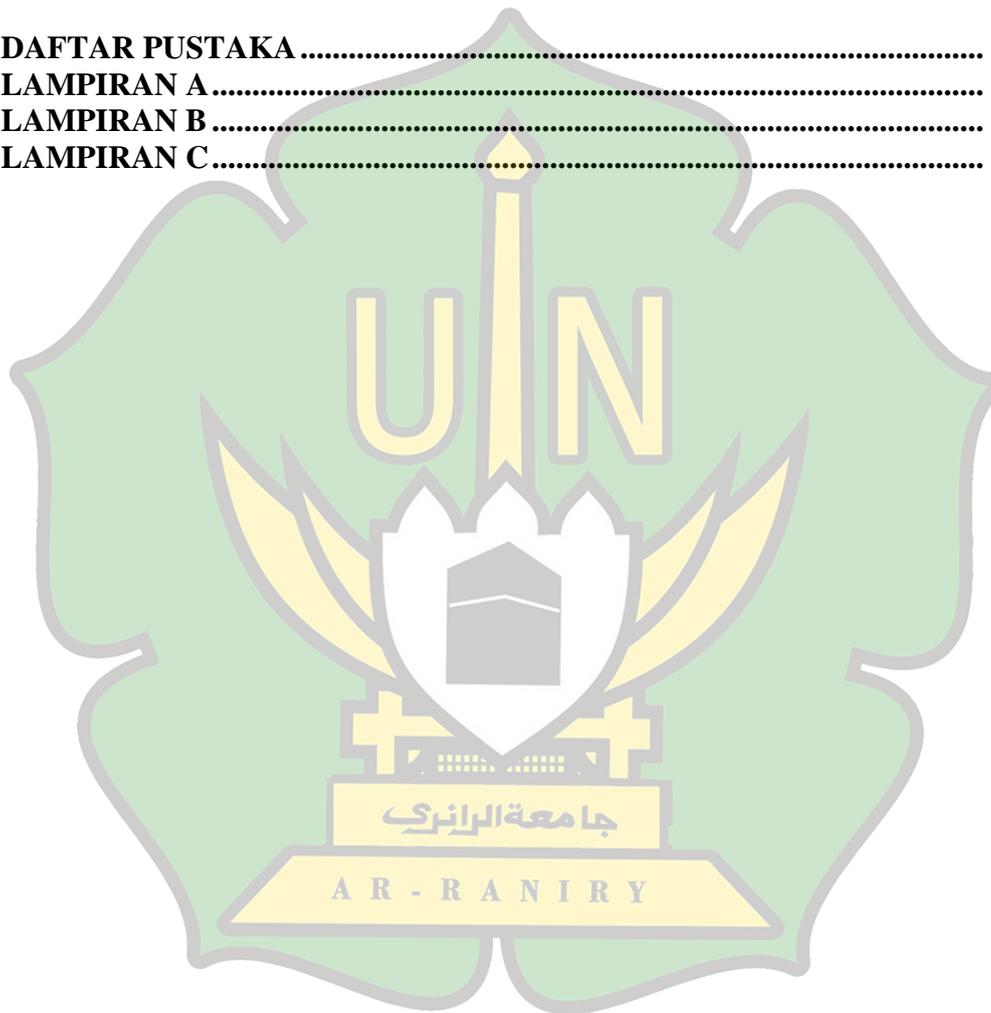
Nuzulla Ummul Al Hudha



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Penelitian.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Limbah cair.....	5
2.1.1. Limbah Cair Tahu.....	5
2.1.2. Baku Mutu Limbah Cair Tahu.....	6
2.2. Adsorpsi.....	7
2.2.1. Kapasitas Adsorpsi.....	7
2.2.2. Isoterm Adsorpsi.....	7
2.2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	8
2.3. Adsorben.....	9
2.3.1. Arang Aktif.....	9
2.3.2. Pembuatan Arang Aktif.....	10
2.4. Tanaman Pala ( <i>Myristica Fragrans houtt</i> ).....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
3.1. Tempat Penelitian.....	13
3.2. Waktu Penelitian.....	13
3.3. Bahan.....	14
3.4. Teknik Pengambilan Data.....	14
3.5. Prosedur Penelitian.....	14
3.5.1. Identifikasi dan Studi Literatur.....	15
3.5.2. Observasi Lapangan.....	16
3.5.3. Pengambilan Data Sampel.....	16
3.5.4. Pengujian Awal.....	16
3.5.5. Pembuatan Adsorben.....	16
3.5.6. Pengujian Arang aktif Pada Limbah Tahu.....	17
3.5.7. Analisa Hasil Pengujian.....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
4.1. Hasil Eksprimen.....	20

4.2. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Kadar COD.....	22
4.3. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Kadar BOD.....	23
4.4. Kapasitas Adsorpsi .....	25
4.5. Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD .....	29
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>33</b>
5.1. Kesimpulan.....	33
5.2. Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN A.....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN C.....</b>	<b>42</b>



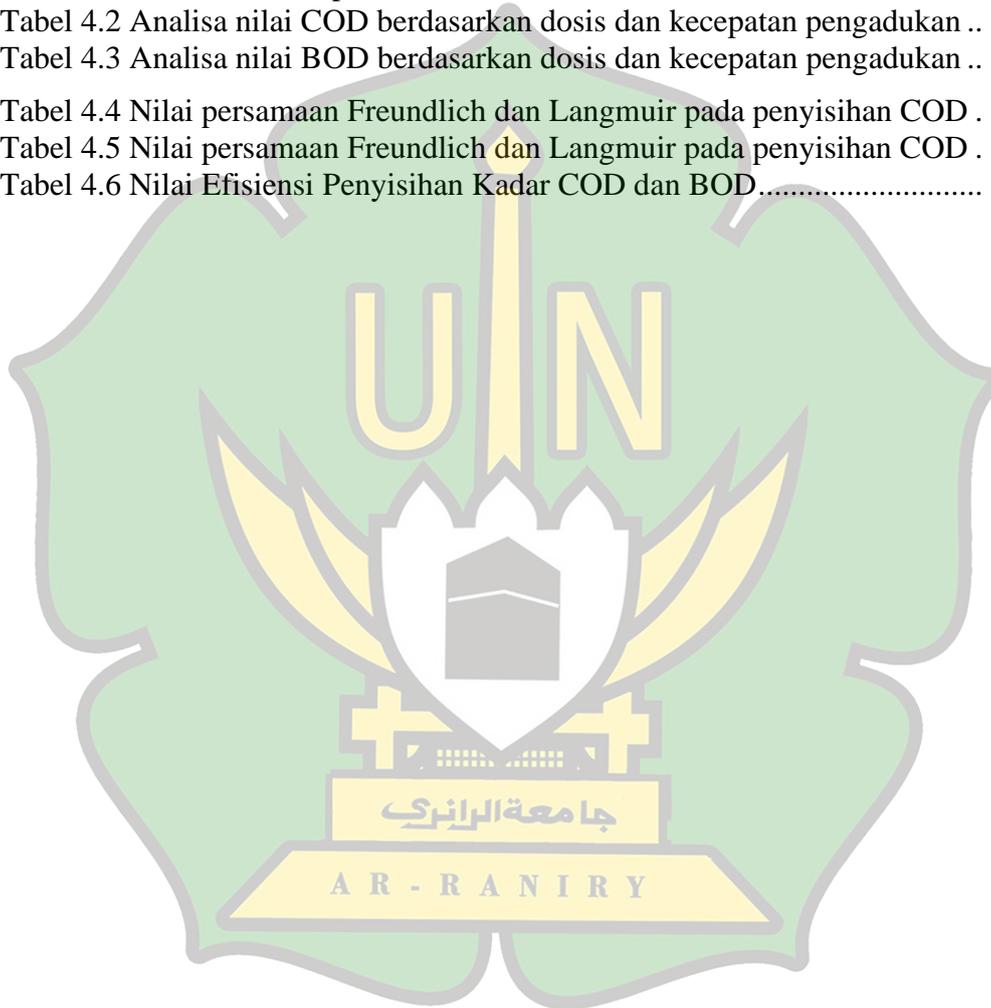
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Pala .....	11
Gambar 2.2 Cangkang Pala.....	12
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	15
Gambar 4.1 Grafik perbandingan variasi dosis arang aktif dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar COD .....	23
Gambar 4.2 Grafik perbandingan variasi dosis arang aktif dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar BOD. ....	25
Gambar 4.3 Grafik isoterm freundlich pada penyisihan COD.....	26
Gambar 4.4 Grafik isoterm langmuir pada penyisihan COD.....	27
Gambar 4.5 Grafik isoterm freundlich pada penyisihan BOD.....	28
Gambar 4.6 Grafik isoterm langmuir pada penyisihan BOD.....	28
Gambar 4.7 Efisiensi Penyisihan Kadar COD .....	31
Gambar 4.8 Efisiensi Penyisihan Kadar BOD .....	32



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah usaha atau kegiatan pengolahan kedelai .....	6
Tabel 2.2 Kualitas Arang Aktif.....	10
Tabel 3.1 Bahan Dalam Penelitian.....	14
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kadar COD, BOD, dan pH serta Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi.....	21
Tabel 4.2 Analisa nilai COD berdasarkan dosis dan kecepatan pengadukan ..	22
Tabel 4.3 Analisa nilai BOD berdasarkan dosis dan kecepatan pengadukan ..	24
Tabel 4.4 Nilai persamaan Freundlich dan Langmuir pada penyisihan COD .	26
Tabel 4.5 Nilai persamaan Freundlich dan Langmuir pada penyisihan COD .	27
Tabel 4.6 Nilai Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD.....	29



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber kehidupan bagi seluruh makhluk hidup, air juga menjadi salah satu komponen terpenting dalam tubuh manusia, hewan dan tumbuhan. Di negara Indonesia air telah diatur dalam Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, dimana undang-undang tersebut menjelaskan tentang pengelolaan sumber daya air yang baik dan benar. Di era globalisasi sekarang badan air disalahgunakan menjadi tempat pembuangan, banyak air yang tercemar bahkan tidak bisa digunakan lagi, hal ini menyebabkan krisis air dunia (Widiyanto, dkk., 2015).

Permasalahan air yang sering terjadi pada saat ini adalah pencemaran air, pencemaran air terjadi akibat peningkatan aktivitas manusia, industri dan pelaku usaha yang menghasilkan limbah cair yang berdampak buruk bagi lingkungan perairan. Badan air disalahgunakan menjadi tempat pembuangan baik itu limbah maupun sampah tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, sehingga dapat menimbulkan beberapa dampak diantaranya krisis air bersih, rusaknya ekosistem air dan tercemarnya badan air (Yohannes, dkk., 2019).

Salah satu sumber pencemar air yang paling sering dijumpai adalah limbah dari hasil pembuatan tahu. Tahu merupakan makanan olahan dari kacang kedelai yang mengandung protein tinggi dan harganya yang relatif murah, sehingga banyak industri besar maupun Arumahan yang memproduksi tahu (Azhari.,2016). Pertumbuhan industri tahu berpotensi menghasilkan limbah, berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian, pengepresan, pencetakan dan perebusan, berupa padatan yang tersuspensi dan limbah organik yang banyak mengandung asam amino dan protein yang tinggi (Netty, dkk., 2017).

Limbah cair tahu mengandung senyawa-senyawa organik yang tinggi yang berdampak buruk bagi lingkungan perairan. Beberapa parameter yang dihasilkan oleh limbah cair tahu adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan pH (Yudhistira, dkk.,2016). Dengan adanya beberapa parameter pencemar dalam jumlah yang besar

dapat membunuh organisme air dan terganggunya keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu pengolahan limbah cair tahu perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya pencemaran dan untuk melakukan pengolahan agar limbah cair tahu tersebut layak dibuang ke lingkungan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Mengetahui adanya permasalahan pencemaran air maka perlu dilakukan upaya untuk pemulihan badan air. Banyak metode-metode yang telah teruji dalam pemulihan badan air dan penyerapan parameter-parameter pada limbah, salah satunya metode adsorben (Sayow, dkk., 2020). Adsorben merupakan zat padat yang memiliki pori yang dapat menyerap komponen tertentu dalam suatu fase fluida, adsorben dapat berupa arang aktif. Karbon aktif atau arang aktif adalah senyawa karbon yang daya adsorpsi dan aktivasinya telah ditingkatkan (Rahmayani dan Siswarni., 2013). Arang aktif juga merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi, karena arang aktif yang baik adalah yang memiliki daya adsorpsi yang tinggi dan luas permukaan yang besar (Ali, dkk., 2020). Adsorben yang baik untuk proses adsorpsi dapat dilihat dari segi waktu yaitu waktu penyerapan dan waktu pengeringan adsorben, semakin cepat waktu yang diperlukan untuk proses penyerapan dan pengeringan maka semakin baik adsorben tersebut (Alfiandy, dkk., 2013). Pembuatan arang aktif dapat dilakukan dari bahan yang mengandung karbon, dalam penelitian ini digunakan cangkang pala sebagai arang aktif untuk limbah tahu.

Pala (*Myristica fragrans houtt*) merupakan tanaman rempah yang memiliki nilai ekonomis, tanaman pala juga termasuk tanaman yang memiliki banyak kegunaan dan manfaat, terutama pada biji, daun dan daging buah yang bisa dimanfaatkan menjadi minyak, obat-obatan, makanan dan kosmetik (Rukmana, dkk., 2015). Hampir dari semua bagian pala dapat dimanfaatkan, begitu juga dengan cangkangnya. Banyak orang yang tidak tahu manfaat dan kegunaan cangkang pala yang dapat dijadikan sebagai arang aktif dalam penyerapan limbah. Cangkang pala tergolong dalam kayu keras atau bahan yang keras yang tinggi akan kadar hemiselulosa dan kadar lignin, kandungan kimia yang terdapat pada cangkang pala berupa hemiselulosa, selulos, serat kasar, lignin, abu dan kondensat cair yang berupa fenol, karbonil dan total asam (Patiung, dkk., 2014). Pembuatan cangkang pala menjadi arang aktif terdiri dari tiga tahapan, yang pertama proses

pengeringan dilakukan untuk menghilangkan kadar air pada bahan, yang kedua proses pemanasan yang dilakukan pada suhu tertentu dengan kadar oksigen yang terbatas, dan yang terakhir adalah proses aktivasi atau proses penghilangan zat-zat tertentu yang dapat menutupi pori pada permukaan arang (Sagita, dkk., 2020).

Pada penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa cangkang pala yang diaktivasi dengan  $H_3PO_4$  dapat meningkatkan kualitas minyak jelantah dari 44,3% menjadi 67,85% (Sagita, dkk., 2020). Selain itu cangkang pala juga dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan briket yang memiliki kalor optimum dengan cara pirolisis pada suhu  $450^\circ C$  dan penggunaan bahan perekat sebesar 20% (Rukmana, dkk., 2015). Pada penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwasanya kadar COD pada limbah cair tahu sebesar 8640 mg/L dan kadar BOD sebesar 6586 mg/L, sedangkan kadar COD dan BOD yang diperbolehkan pada air 300 mg/L dan 150 mg/L (Hakim, dkk., 2015). Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang dilakukan limbah cair tahu mengandung COD sebesar 8815 mg/L dan BOD sebesar 1836 mg/L.

Dari penelitian-penelitian terdahulu dan dari hasil uji pendahuluan, belum ada penelitian yang menggunakan arang aktif cangkang pala dalam menyisihkan kadar COD, BOD pada limbah cair tahu dan hasil uji pendahuluan terhadap COD dan BOD melebihi baku mutu. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode adsorben arang aktif cangkang pala untuk penyisihan kadar COD, BOD dan perubahan pH. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai efektivitas dan kapasitas adsorpsi dalam penyisihan kadar pencemar pada limbah cair tahu. Penggunaan cangkang pala sebagai arang aktif juga dapat mengurangi timbulan sampah dan pemanfaatan limbah cangkang pala kembali sehingga limbah tersebut memiliki nilai ekonomis.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pengadukan adsorben dalam penyisihan kadar COD dan BOD pada limbah cair tahu?

2. Bagaimana kapasitas adsorpsi arang aktif cangkang pala dalam penyisihan COD dan BOD menggunakan isoterm Freundlich dan Langmuir?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan adsorben dalam penyisihan kadar COD dan BOD pada limbah cair tahu.
2. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi arang aktif cangkang pala dalam penyisihan COD dan BOD menggunakan isoterm Freundlich dan Langmuir.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi limbah cangkang pala dan memanfaatkannya sebagai adsorben untuk penyisihan parameter pencemar pada limbah cair tahu.
2. Sebagai referensi untuk penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan cangkang pala sebagai arang aktif dalam penyisihan limbah cair tahu.
3. Memberikan solusi untuk menanggulangi pencemaran lingkungan akibat limbah cair tahu dan limbah cangkang pala.

### **1.5. Batasan Penelitian**

Penelitian ini hanya difokuskan pada penyisihan parameter COD dan BOD pada limbah cair tahu, dengan dosis adsorben yang digunakan 2;4;6;8 gr dengan kecepatan pengadukan 60 dan 120 rpm menggunakan persamaan isoterm Freundlich dan Langmuir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Limbah Cair**

Limbah cair merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri dan kegiatan rumah tangga, limbah cair menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Pengelolaan limbah cair bertujuan untuk meminimalkan limbah dan untuk menurunkan atau menghilangkan parameter pencemar yang terdapat pada limbah tersebut. Menurut (Agustira, dkk, 2013) terdapat beberapa parameter yang terdapat pada limbah cair untuk melihat kualitas limbah cair yaitu *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Total Suspended Solid (TSS)*, *Total Dissolved Solid (TDS)* dan pH.

##### **2.1.1. Limbah Cair Tahu**

Pencemaran air menjadi salah satu permasalahan utama yang perlu mendapatkan perhatian lebih, karena kurangnya kesadaran masyarakat dalam mengelola limbah yang terus menerus dibuang ke lingkungan perairan. Berkembangnya pelaku usaha produksi tahu dikarenakan tahu merupakan produk makanan olahan dari kacang kedelai yang kaya akan sumber protein dan banyak digemari oleh masyarakat. Sebagian besar produk olahan tahu diproduksi oleh industri rumahan, industri tersebut berkembang pesat dikarenakan harga dari bahan pokok pembuatan tahu relatif murah. Proses pembuatan tahu selalu menghasilkan limbah, baik itu limbah padat maupun limbah cair, pada proses pengumpulan dan penyaringan dihasilkan limbah padat yang berupa ampas perasan kedelai dan kulit kedelai dan pada proses pencucian, pencetakan, perebusan dan pengepresan dihasilkan limbah cair, dimana limbah cair tersebut berupa padatan tersuspensi dan bahan organik yang mengandung asam amino dan protein (Netty, dkk., 2017). Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu volumenya cukup tinggi, diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang langsung ke lingkungan. Pengolahan limbah cair tahu bertujuan untuk membuat limbah cair tahu ini menjadi

aman dibuat ke lingkungan perairan dan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

### 2.1.2. Baku Mutu Limbah Cair Tahu

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu air limbah merupakan batasan, ukuran dari kadar zat pencemar dan/atau jumlah zat pencemar yang diperkenankan dalam air limbah yang akan dibuat ke badan air dari suatu kegiatan dan/atau usaha. Baku mutu air limbah usaha atau kegiatan pengolahan kedelai dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Usaha atau Kegiatan Pengolahan Kedelai

Parameter	Baku Mutu (mg/L)
COD	300
BOD	150
TSS	200
pH	6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

*Chemical Oxygen Demand (COD)* merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai atau mengoksidasi bahan organik yang terkandung di dalam air. Nilai dari BOD bisa saja sama dengan nilai dari COD, tetapi nilai BOD tidak bisa lebih besar dari nilai COD, hal ini menunjukkan bahwa COD merupakan jumlah total bahan organik yang ada (Sari, dkk, 2017).

*Biochemical Oxygen Demand (BOD)* merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi atau mengurai bahan organik pada air dalam kondisi aerobik. Nilai dari BOD ini tidak menentukan jumlah dari bahan organik yang sebenarnya pada air, BOD ini hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisikan bahan organik (Andika, dkk, 2020).

## 2.2. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut dalam sebuah larutan yang memiliki permukaan zat penyerap, dimana suatu bahan akan masuk dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Adsorpsi juga merupakan suatu cara yang paling efektif dalam penyerapan kandungan berbahaya yang terdapat pada air limbah, sehingga adsorpsi sering digunakan dalam proses penanganan limbah cair yang berasal dari sebuah industri. Pada adsorpsi terdapat adsorben dan adsorbat, dimana adsorben berfungsi sebagai zat penyerap dan adsorbat berfungsi sebagai zat yang diserap (Rahmayani dan Siswarni, 2013).

### 2.2.1. Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi merupakan banyaknya adsorbat yang mampu terkumpul pada permukaan adsorben, sehingga saat proses adsorpsi berlangsung secara optimum akan menghasilkan arang aktif dengan kapasitas adsorpsi yang maksimum (Aisyahlika, dkk, 2018).

### 2.2.2. Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan keseimbangan konsentrasi adsorbat dengan adsorbennya yang terjadi pada larutan yang sama dengan suhu yang konstan (Amanda, 2019). Isoterm adsorpsi terbagi atas beberapa jenis yaitu:

#### a. Isoterm Langmuir

Proses adsorpsi isoterm langmuir terjadi saat terbentuknya lapisan tunggal atau monolayer, dimana dinding *sites* terdistribusi secara homogen pada permukaan adsorben, sehingga partikel yang teradsorpsi hanya terdapat pada suatu tempat tertentu pada permukaan adsorben. Isoterm Langmuir biasanya digunakan untuk proses adsorpsi yang terjadi secara kimia dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = \frac{q_m bc}{1 + bc} \quad \frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m bc} + \frac{1}{q_m} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$x/m$  : Kapasitas adsorpsi (g/g)

$q_m$  : Nilai maksimum kapasitas adsorpsi

c : Konsentrasi (mg/L)

b : Koefisien langmuir

b. Isoterm Freundlich

Proses adsorpsi isoterm freundlich terjadi pada beberapa lapisan yang memiliki ikatan yang tidak kuat dan terdistribusi secara heterogen pada permukaan adsorben. Isoterm Freundlich biasanya digunakan untuk proses adsorpsi yang terjadi secara fisika dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = KC^{1/n} \qquad \ln \frac{x}{m} = \ln K + \frac{1}{n} \ln C \qquad (2.2)$$

Keterangan:

x/m : kapasitas adsorpsi (g/g)

K : Koefisien freundlich

C : Konsentrasi (mg/L)

n : Koefisien Freundlich

### 2.2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan

Luas permukaan adsorben sangat ditentukan oleh seberapa banyak adsorben yang digunakan dan ukuran dari partikel, semakin luas permukaan dari adsorben maka semakin banyak zat yang akan teradsorpsikan.

2. Jenis adsorbat

Adsorbat yang memiliki polarisabilitas yang tinggi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi pada sebuah molekul. Molekul dengan polarisabilitas tinggi lebih baik dibandingkan dengan molekul non polar.

3. Konsentrasi adsorbat

Semakin besar konsentrasi yang dimiliki adsorbat didalam sebuah larutan akan membuat substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben semakin banyak.

#### 4. Temperature

Pemanasan akan membuat pori-pori adsorben semakin terbuka sehingga meningkatkan daya serap adsorben, pemanasan yang terlalu tinggi pada adsorben menyebabkan kemampuan daya serap adsorben menurun.

#### 5. pH

Pada proses adsorpsi pH akan mempengaruhi kelarutan ion logam dan gugus fungsi pada biosorben.

#### 6. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh pada proses adsorpsi, bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi semakin lambat dan bila pengadukan terlalu cepat maka dapat merusak struktur dari adsorben.

#### 7. Waktu kontak

Dalam proses adsorpsi penentuan waktu kontak akan membuat kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu yang seimbang (Syauqiah., dkk, 2011).

### **2.3. Adsorben**

Adsorben adalah zat padat yang memiliki pori yang dapat menyerap suatu komponen tertentu dalam sebuah fase fluida. Biasanya adsorben menggunakan bahan yang memiliki struktur pori, pori-pori yang terdapat pada adsorben sangat kecil. Adsorben dapat berupa karbon aktif atau arang aktif, dimana arang aktif merupakan sebuah bahan karbon amorf yang memiliki luas permukaan yang besar yaitu 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/gr. Luas permukaan yang besar disebabkan oleh struktur pori, struktur pori tersebut yang membuat arang aktif memiliki kemampuan untuk menyerap suatu komponen tertentu (Haura, dkk., 2017). Arang aktif termasuk salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi, karena arang aktif yang baik adalah yang memiliki daya adsorpsi yang tinggi dan luas permukaan yang besar.

#### **2.3.1. Arang Aktif**

Arang aktif merupakan padatan berpori yang memiliki kandungan karbon yang telah melalui proses aktivasi sehingga memiliki daya serap yang lebih tinggi

dibandingkan dengan arang biasa. Pori-pori pada arang aktif berfungsi untuk menyerap partikel-partikel halus yang terdapat pada air limbah (Astari, dkk, 2018).

Penggunaan arang aktif terbagi atas dua yaitu arang aktif sebagai pemucat dan arang aktif sebagai penyerap uap. Arang aktif sebagai pemucat biasanya memiliki pori-pori 1000 Å, berbentuk tepung, digunakan dalam fase cair dan berfungsi untuk membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu. Arang aktif sebagai pemucat biasanya diperoleh dari serbuk kayu, ampas bekas pembuatan kertas, sekam padi atau bahan-bahan yang memiliki densitas yang kecil dan mempunyai struktur yang tidak keras. Sedangkan arang aktif sebagai penyerap uap memiliki pori 10 sampai 200 Å, biasanya berbentuk pellet atau granular yang sangat keras, berfungsi sebagai katalis, pemisah dan pemurnian gas. Arang aktif sebagai penyerap uap biasanya diperoleh dari tempurung kelapa, cangkang kemiri, cangkang pala, batu bara, tulang atau bahan yang memiliki struktur yang keras (Jariah dan Hernawati, 2019).

### 2.3.2. Pembuatan Arang Aktif

Pembuatan arang aktif biasanya melalui tiga tahapan yaitu tahap pengeringan, karbonisasi dan aktivasi, di Indonesia pembuatan arang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, kualitas arang aktif yang berbentuk serbuk dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kualitas Arang Aktif

Parameter	Syarat
Kadar zat mudah menguap	Maksimal 25%
Kadar air	Maksimal 15%
Kadar karbon	Minimal 65%
Kadar abu	Maksimal 10%

(Sumber: SNI 06-3730-1995)

### 2.4. Tanaman Pala (*Myristica Fragrans houtt*)

Tanaman pala atau *Myristica fragrans houtt* merupakan tanaman rempah yang kaya akan manfaat dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Tanaman pala berasal

dari kepulauan Banda, Maluku dan sekarang tanaman ini sudah tersebar luas di seluruh Indonesia (Fauziah, dkk., 2015). Tanaman pala sangat banyak tumbuh di wilayah Indonesia, karena Sebagian wilayah Indonesia merupakan daerah yang berlahan kering dan memiliki curah hujan yang tinggi, tanaman pala biasanya tumbuh didaerah pegunungan dengan ketinggian 700 meter dari permukaan laut. Tanaman ini dapat dipanen setelah 7 tahun, siklus hidup tanaman ini relatif lama, setelah berbuah tanaman pala dapat hidup 60 sampai 70 tahun dan dapat dipanen setiap tahunnya, oleh karena itu tanaman ini disebut tanaman tahunan (Deryanti, dkk., 2014).



Gambar 2.1. Tanaman Pala  
(Sumber: Goggle.com 2019)

Tanaman pala terdiri dari daun, daging buah (77,8%), fuil (4%), biji (13,1%) dan cangkang (5,1%). Biji pala, daun dan fuil banyak dimanfaatkan untuk pembuatan, mentega, minyak, kosmetik, obat-obatan dan parfum karena biji pala memiliki kandungan minyak atsiri sebanyak 7 sampai 14%. Daging pala yang kaya akan nutrisi sering dimanfaatkan untuk pembuatan bahan makanan, manisan dan minuman, dan daunnya juga dimanfaatkan untuk pembuatan makanan.

Cangkang pala merupakan bagian keras yang terdapat pada buah pala, cangkang pala sering kali menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan lagi karena tidak banyak orang yang tahu akan manfaat dari cangkang pala (Sunoyo, dkk., 2017).



Gambar 2.2. Cangkang Pala  
(Sumber: Goggle.com 2015)

Kandungan yang terdapat pada cangkang pala terdiri dari:

- Hemiselulosa : 46,82%
- Selulosa : 21,34%
- Lignin : 12,93%
- Serat kasar : 53,67%
- Abu : 6,16%
- Kondensat asap cair yang berupa
  - Fenol : 0,11%
  - Karbonil : 0,38%
  - Total Asam : 0,46%

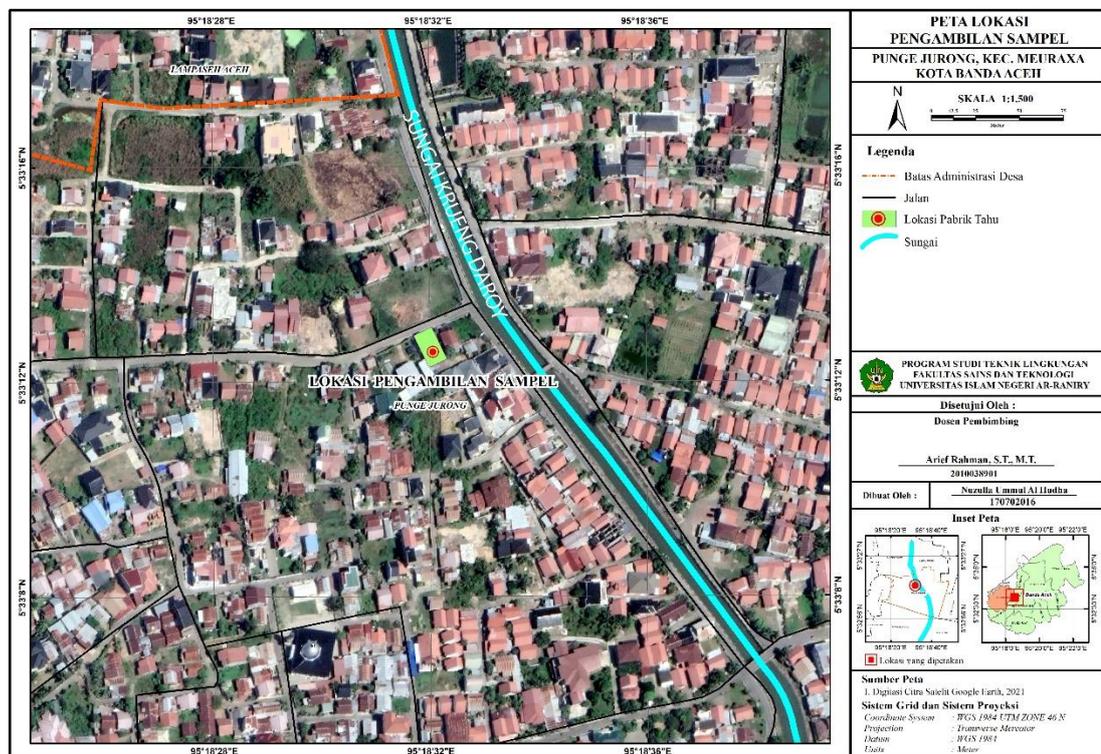
Sehingga cangkang pala bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan arang aktif, cangkang pala dikategorikan sebagai kayu keras karena memiliki kandungan lignin dan hemiselulosa yang tinggi (Sagita, dkk., 2020).

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry. Pengambilan sampel limbah tahu dilakukan di Pabrik Tahu, Jl. K. Ibrahim, Punge Jurong, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh. Lokasi pengambilan sampel limbah tahu dapat dilihat pada peta lokasi pengambilan sampel sebagai berikut.



Gambar. 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Tahu

### 3.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2021. Adapun beberapa kegiatan yang akan dilakukan diantaranya identifikasi masalah, studi literatur, observasi lapangan, pengambilan sampel, pembuatan arang aktif, pengujian adsorben cangkang pala dalam menyisihkan bahan tercemar yang ada pada limbah tahu dan analisa hasil pengujian.

### 3.3. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Bahan	Volume	Satuan	Kegunaan
1	Sampel limbah tahu	15	L	Sebagai bahan untuk diuji
2	Cangkang Pala	2	Kg	Sebagai arang aktif
3	HCl 1 M	250	ml	Sebagai activator
4	Aquades	2	L	Sebagai pelarut dan bahan untuk sterilisasi alat
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,5	ml	Reagen COD
6	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1,5	ml	Reagen COD

### 3.4. Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data terbagi atas dua yaitu:

1. Data Primer merupakan data yang didapat secara langsung baik itu data hasil eksperimen maupun data dari hasil observasi lapangan.
2. Data Sekunder merupakan data yang dikaji dari beberapa sumber seperti artikel, jurnal, buku, dan makalah yang berkaitan dengan topik yang sedang diteliti.

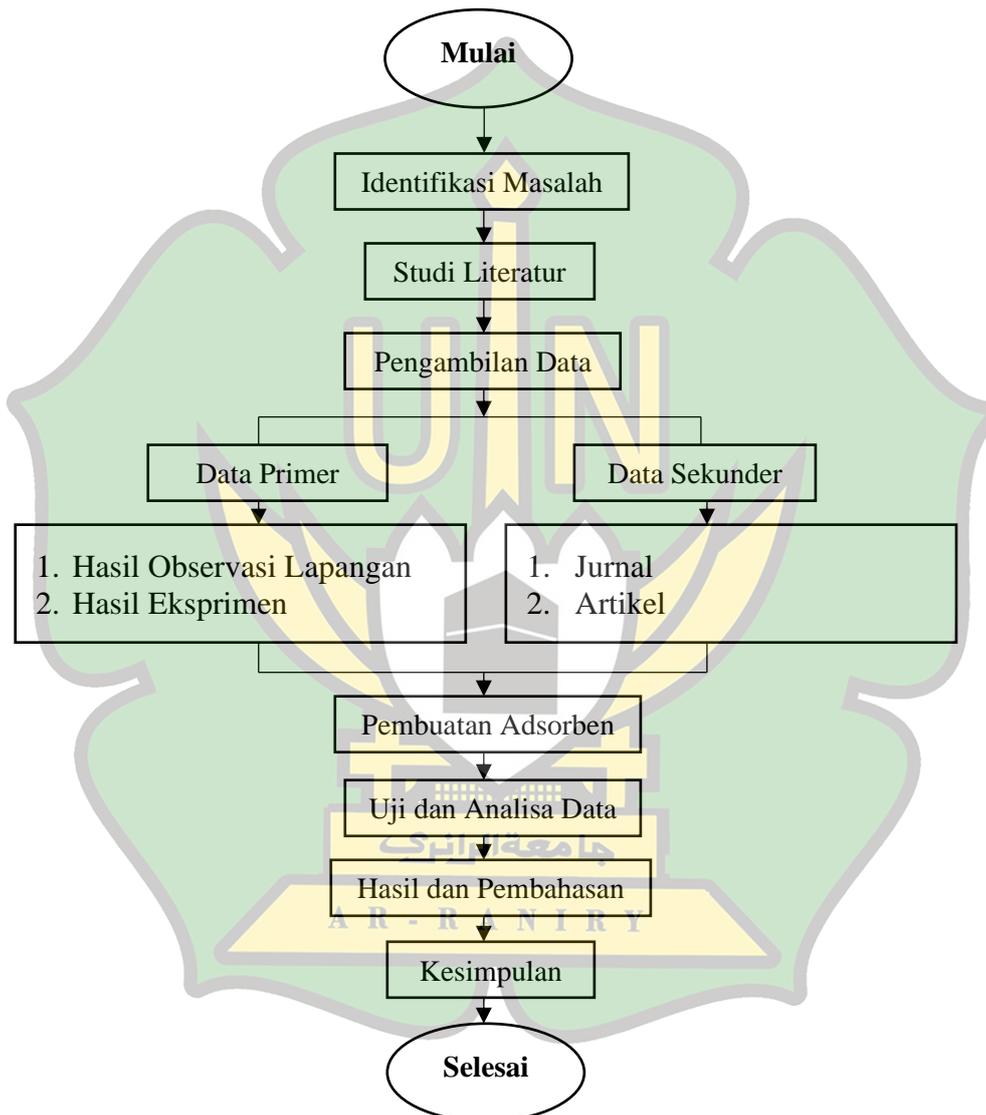
Pada penelitian ini pengambilan data sampel dilakukan secara primer di Pabrik Tahu Jl. K. Ibrahim, Punge Jurong, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh. Pengambilan sampel limbah tahu pada penelitian ini mengacu pada SNI 6989.57-2008 mengenai contoh pengambilan air permukaan. Pengambilan sampel limbah tahu dilakukan pada tempat pembuangan akhir limbah tahu pada pabrik sebanyak 15 Liter.

### 3.5. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan limbah tahu yang terus mencemari sungai di kawasan Jl. K. Ibrahim, Punge Jurong, dilanjutkan dengan membaca studi literatur tentang permasalahan limbah tahu dan bagaimana cara mengatasinya, dilakukan observasi lapangan, pengambilan data sampel,

pembuatan arang aktif, pengujian adsorben cangkang pala dan analisa hasil pengujian.

Alur dari penelitian Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Pala (*Myristica Fragrans houtt*) Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD dan BOD Pada Limbah Cair Tahu, dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

### 3.5.1. Identifikasi dan Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan pencemaran limbah tahu di sungai kawasan pabrik tahu dilanjutkan dengan membaca studi

literatur mengenai adsorben, pencemaran limbah tahu dan pemanfaatan cangkang pala. Literatur ini didapat dari jurnal, skripsi, buku, bahan kuliah dan sumber-sumber dari internet.

### 3.5.2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan yang dilakukan berupa datang langsung ke pabrik pembuatan tahu untuk melihat bagaimana cara pembuangan limbah dari pabrik tersebut dan melihat seberapa parah daerah sekitar pabrik tersebut tercemar.

### 3.5.3. Pengambilan Data Sampel

Pengambilan data sampel dilakukan secara primer, sampel yang diambil sebanyak 15 Liter. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.57.2008.

### 3.5.4. Pengujian Awal

Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter pada limbah cair tahu yang melebihi baku mutu. Dengan dilakukannya uji pendahuluan maka dapat diketahui permasalahan apa saja yang terdapat pada limbah tahu, sehingga dapat dilakukan pengolahan yang sesuai untuk permasalahan limbah tahu.

### 3.5.5. Pembuatan Adsorben

Pembuatan arang aktif dari cangkang pala berfungsi sebagai adsorben untuk penyisihan bahan tercemar pada limbah tahu. Proses pembuatan arang aktif meliputi 3 tahapan yaitu tahapan pengeringan, karbonisasi atau pemanasan dan tahapan penambahan aktivasi.

#### 1. Preprasi Sampel

Pembuatan arang aktif akan diawali dengan proses determinasi atau proses pemilihan cangkang pala yang baik. Selanjutnya cangkang pala yang terpilih akan dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 jam, kemudian cangkang pala dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 350°C selama 2 jam, lalu arang cangkang pala dihaluskan menggunakan alu, dan disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh (Sagita, dkk., 2020).

## 2. Aktivasi Arang Cangkang Pala

Disiapkan gelas ukur, kemudian dimasukkan 500 gr arang cangkang pala lalu ditambahkan 250 ml aktivator HCl 1M dan didiamkan selama 2 jam. Selanjutnya arang cangkang pala disaring dan dicuci menggunakan aquades hingga mencapai pH netral, lalu arang cangkang pala dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam dengan suhu 110°C, setelah itu arang dimasukkan kedalam desikator untuk didinginkan. Kemudian dihitung kadar air pada arang aktif cangkang pala sesuai dengan SNI 06-3730-1995.

### ➤ Analisa Kadar Air

Arang aktif sebanyak 5 gram ditimbang lalu diletakkan kedalam cawan porselen yang sudah diketahui beratnya dan dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Selanjutnya arang aktif dimasukkan kedalam desikator untuk didinginkan selama 15 menit, lalu ditimbang untuk menghitung kadar air dengan rumus sebagai berikut (Pelita, 2020).

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 \% \quad (3.1)$$

### 3.5.6. Pengujian Arang Aktif Pada Limbah Tahu

Disiapkan gelas ukur 1000 ml yang telah diberi nama sebanyak 12 buah, kemudian diisi dengan 500 ml limbah cair tahu. Selanjutnya ditambahkan arang aktif cangkang pala sebanyak 2; 4; 6; 8 gr. Kemudian dilakukan pengadukan dengan variasi kecepatan 60 dan 120 rpm selama 30 menit. Setelah 30 menit sampel didiamkan selama 1 jam sampai mengendap, lalu disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu dengan filtratnya (Cundari, dkk., 2016).

### 3.5.7. Analisa Hasil Pengujian

Setelah mendapatkan hasil dari analisa penambahan arang aktif cangkang pala pada limbah tahu, dilakukan pengukuran ulang terhadap COD, BOD dan pH. Hal ini dilakukan untuk melihat kemampuan arang aktif cangkang pala dalam menyisihkan parameter pencemar dan untuk mengetahui apakah parameter tersebut sudah sesuai atau belum dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

a. Pengukuran Kadar COD (SNI 6989.73.2009)

Disiapkan tabung kultur berukuran 16 x 10 mm, lalu dimasukkan 2,5 ml sampel limbah cair tahu, 3,5 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan 1,5 ml larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Selanjutnya tabung kultur ditutup dan dihomogenkan. Setelah homogen tabung diletakkan pada pemanas yang telah dipanaskan dengan suhu 150°C. Selanjutnya didinginkan sampai suhu ruang dan tutup tabung sesekali dibuka agar menghindari adanya tekanan gas yang berlebihan.

b. Pengukuran Kadar BOD (SNI 6989.72.2009)

Disiapkan 2 botol DO dan diberi tanda pada masing-masing botol A1 dan A2, lalu dimasukkan sampel limbah cair tahu kedalam botol sampai meluap, kemudian botol ditutup dengan hati-hati agar tidak terjadinya gelembung udara. Selanjutnya botol dihomogenkan dan ditambahkan air bebas mineral di sekitar mulut botol DO. Botol A2 disimpan di lemari inkubator dengan suhu 20°C - 1°C selama 5 hari. Kemudian dilakukan pengukuran oksigen terlarut pada botol A1, hasil dari pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut pada nol hari dari botol A1. Selanjutnya juga dilakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap botol A2 yang telah di inkubator selama 5 hari, hasil dari pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut pada 5 hari dari botol A2.

### 3.6. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

➤ Isoterm Freundlich

$$\ln \frac{x}{m} = \ln K + \frac{1}{n} \ln C \quad (3.2)$$

Keterangan:

x/m : kapasitas adsorpsi (g/g)

K : Koefisien freundlich

C : Konsentrasi (mg/L)

n : Koefisien Freundlich

➤ Isoterm Langmuir

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m b c} + \frac{1}{q_m} \quad (3.3)$$

Keterangan:

$x/m$  : Kapasitas adsorpsi (g/g)

$q_m$  : Nilai maksimum kapasitas adsorpsi

$c$  : Konsentrasi (mg/L)

$b$  : Koefisien langmuir

**3.7. Perhitungan Efisiensi**

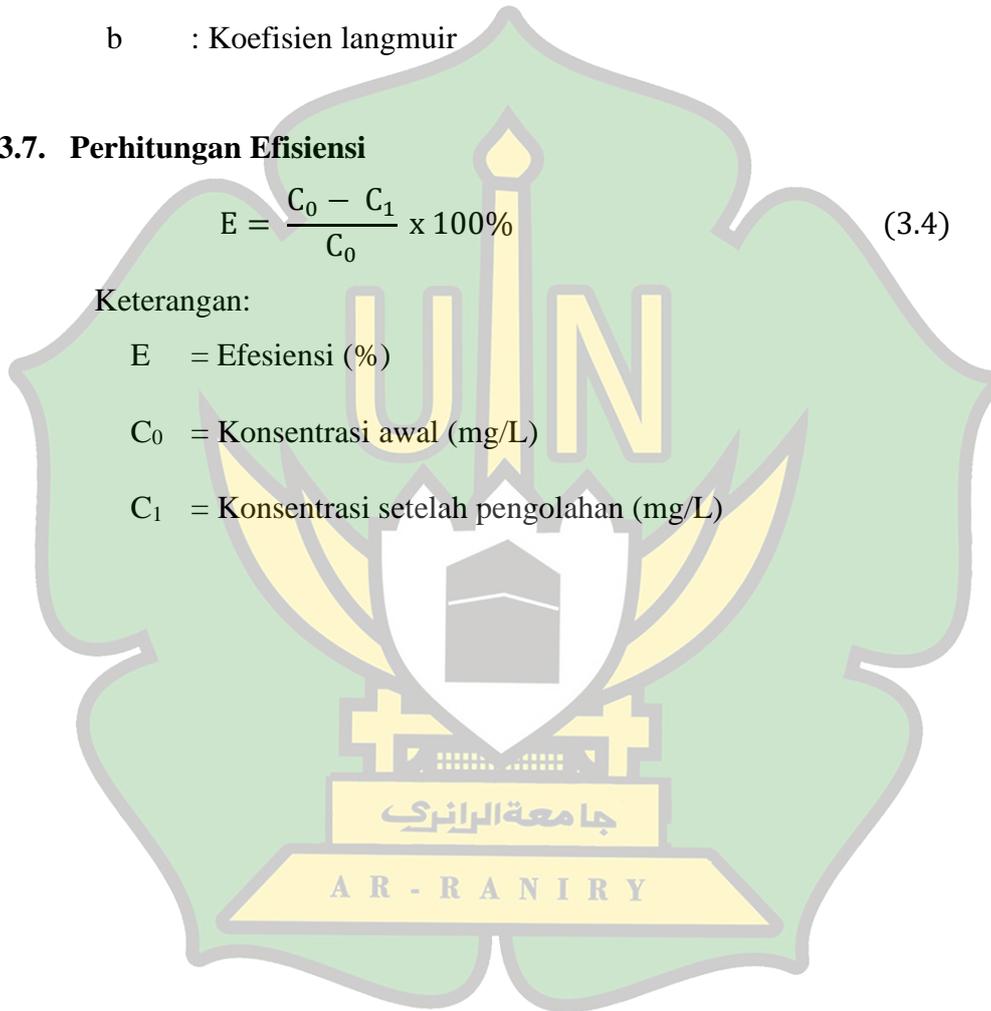
$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan:

$E$  = Efisiensi (%)

$C_0$  = Konsentrasi awal (mg/L)

$C_1$  = Konsentrasi setelah pengolahan (mg/L)



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

Pada penelitian ini limbah cair tahu diolah menggunakan metode adsorpsi dengan menggunakan arang aktif dari cangkang pala untuk mengetahui penyisihan kadar COD, BOD dan pH. Sampel limbah cair tahu yang akan diolah berasal dari usaha pabrik tahu di jalan K. Ibrahim, Punge Jurong, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh. Dalam penelitian ini, variasi dosis arang aktif yang digunakan yaitu, 2 gram, 4 gram, 6 gram dan 8 gram, dengan kecepatan pengadukan 60 dan 120 rpm dan sampel limbah tahu yang digunakan sebanyak 500 ml, pada masing-masing konsentrasi.

Pada penelitian ini juga dilakukan uji awal untuk melihat kadar dari parameter limbah tahu yang telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hasil dari pengujian awal limbah cair tahu sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1, dari hasil uji awal yang telah didapat menunjukkan parameter COD, BOD dan pH melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan arang aktif cangkang pala terhadap limbah cair tahu terjadi penurunan yang signifikan terhadap parameter COD dan BOD dan untuk kadar pH mengalami kenaikan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh variasi dosis arang aktif dan variasi kecepatan pengadukannya. Meskipun penurunannya tidak mencapai baku mutu yang telah ditetapkan, namun penurunan yang diperoleh sudah cukup terlihat. Penurunan kadar COD dan BOD yang signifikan terjadi pada dosis arang aktif 8 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 30 menit.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kadar COD, BOD, dan pH serta Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi

Variasi		pH		COD (mg/L)			BOD (mg/L)		
Kecepatan pengadukan (rpm)	Dosis Adsorben (gram)	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Efisiensi (%)	Awal	Akhir	Efisiensi (%)
60	2	4,1	4,5	6261	5140	17,90	3000	2667	11,10
	4		4,7		4031	35,62		2500	16,67
	6		4,9		3404	45,63		2234	25,53
	8		5,3		2785	55,52		2200	26,67
120	2		5,6		1985	68,30		2020	32,67
	4		5,8		1753	72,00		2000	33,33
	6		6,0		1520	75,72		1900	36,67
	8		6,6		1127	82,00		1834	38,87

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

#### 4.2. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Kadar COD

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai atau mengoksidasi bahan organik yang terkandung di dalam air secara kimiawi. Nilai dari COD mampu menunjukkan seberapa besar pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alami dapat teroksidasi melalui proses biologis sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Sari, dkk, 2017). Hasil dari analisa nilai COD berdasarkan variasi dosis dan variasi kecepatan pengadukan pada limbah cair tahu selama proses adsorpsi dapat dilihat pada tabel 4.2.

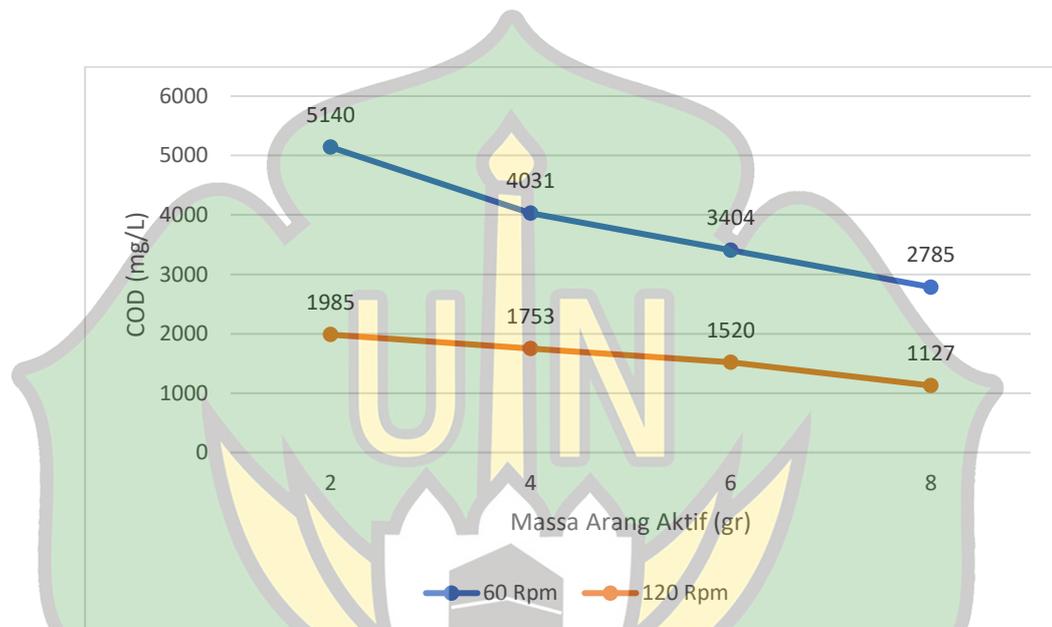
Tabel 4.2 Analisa nilai COD berdasarkan dosis dan kecepatan pengadukan

Variasi		COD (mg/L)	
Kecepatan Pengadukan (rpm)	Dosis Adsorben (gr)	Konsentrasi sebelum perlakuan (mg/L)	Konsentrasi sesudah perlakuan (mg/L)
60	2	6261	5140
	4		4031
	6		3404
	8		2785
120	2		1985
	4		1753
	6		1520
	8		1127

(Sumber. Hasil Pengujian Laboratorium, 2021)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwasanya konsentrasi awal kadar COD sebelum dilakukan perlakuan yaitu sebesar 6261 mg/L. Nilai tersebut masih melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah yaitu sebesar 300 mg/L. Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwasanya penurunan kadar COD beriringan dengan penambahan variasi dosis adsorben dan kecepatan pengadukannya, semakin besar dosis adsorben dan kecepatan pengadukannya semakin tinggi maka akan semakin besar penurunan kadar COD. Penurunan kadar

COD yang paling baik pada dosis adsorben 8 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm nilai konsentrasinya sebesar 1127 mg/L. Hasil analisa arang aktif cangkang pala dalam menurunkan kadar COD masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, namun penurunan yang cukup signifikan dalam penelitian ini sudah cukup menjamin bahwasanya arang aktif cangkang pala mampu menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu. Perbandingan variasi dosis arang aktif dan kecepatan pengadukan dalam menyisihkan kadar COD dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan variasi dosis arang aktif dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar COD.

Hasil analisa dari grafik diatas menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan arang aktif cangkang pala semakin meningkat seiring dengan penambahan dosis dan kecepatan pengadukan. Arang aktif memiliki pori-pori yang lebih terbuka setelah dilakukan proses aktivasi sehingga daya serapnya lebih besar. Pori-pori pada arang aktif berfungsi untuk menyerap partikel-partikel halus yang terdapat pada air limbah (Astari, dkk, 2018).

#### 4.3. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Kadar BOD

*Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi atau mengurai bahan

organik pada air dalam kondisi aerobik. Nilai dari BOD ini tidak menentukan jumlah dari bahan organik yang sebenarnya pada air, BOD ini hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisikan bahan organik (Andika, dkk, 2020). Hasil dari analisa nilai BOD berdasarkan variasi dosis dan variasi kecepatan pengadukan pada limbah cair tahu selama proses adsorpsi dapat dilihat pada tabel 4.3.

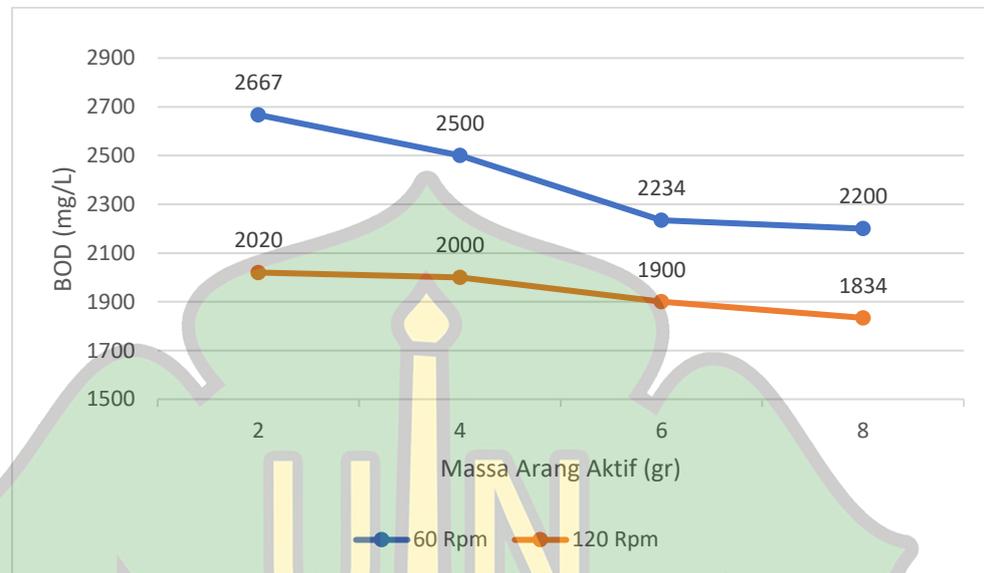
Tabel 4.3 Analisa nilai BOD berdasarkan dosis dan kecepatan pengadukan

Variasi		BOD (mg/L)	
Kecepatan Pengadukan (rpm)	Dosis Adsorben (gr)	Konsentrasi sebelum perlakuan (mg/L)	Konsentrasi sesudah perlakuan (mg/L)
60	2	3000	2667
	4		2500
	6		2234
	8		2200
120	2		2020
	4		2000
	6		1900
	8		1834

(Sumber. Hasil Pengujian Laboratorium, 2021)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwasanya konsentrasi awal kadar BOD sebelum dilakukan perlakuan yaitu sebesar 3000 mg/L. Nilai konsentrasi BOD tersebut masih melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah yaitu sebesar 150 mg/L. Pada Tabel 4.3 sama halnya dengan hasil COD penurunan kadar BOD juga beriringan dengan penambahan dosis adsorben dan penambahan kecepatan pengadukan. Penurunan kadar BOD yang baik juga pada variasi dosis 8 gram arang aktif dengan kecepatan pengadukan 120 rpm, penurunan nilai BOD nya sebesar 1834 mg/L. Hasil BOD setelah dilakukan perlakuan juga masih belum mencapai baku mutu yang telah ditetapkan, namun penurunan kadar BOD pada penelitian ini menjadikan arang aktif cangkang pala

sebagai adsorben yang cukup menjanjikan dalam penurunan kadar BOD pada limbah cair tahu. Perbandingan variasi dosis adsorben dan variasi kecepatan pengadukan dalam penyisihan BOD disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan variasi dosis arang aktif dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar BOD.

Hasil analisa ini membuktikan bahwa kemampuan penyerapan arang aktif cangkang pala semakin meningkat seiring dengan penambahan dosis dan kecepatan pengadukan pada limbah tahu. Nilai dari BOD selalu lebih kecil dari nilai COD karena BOD ini tidak menentukan jumlah dari bahan organik yang sebenarnya pada air, BOD hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (Andika, dkk, 2020).

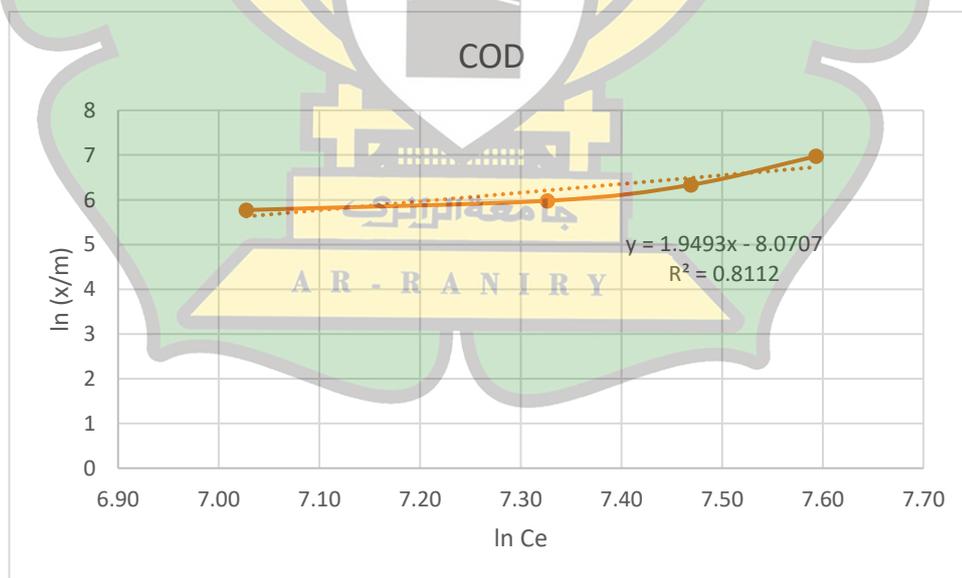
#### 4.4. Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi merupakan banyaknya adsorbat yang mampu terkumpul pada permukaan adsorben, sehingga saat proses adsorpsi berlangsung secara optimum akan menghasilkan arang aktif dengan kapasitas adsorpsi yang maksimum (Aisyahlita, dkk, 2018). Perhitungan kapasitas adsorpsi ini dapat menggunakan metode isoterm, dimana isoterm adsorpsi ini merupakan hubungan antara konsentrasi adsorbat dan adsorben dengan suhu yang konstan pada suatu larutan tertentu (Mashruhin, dkk, 2018).

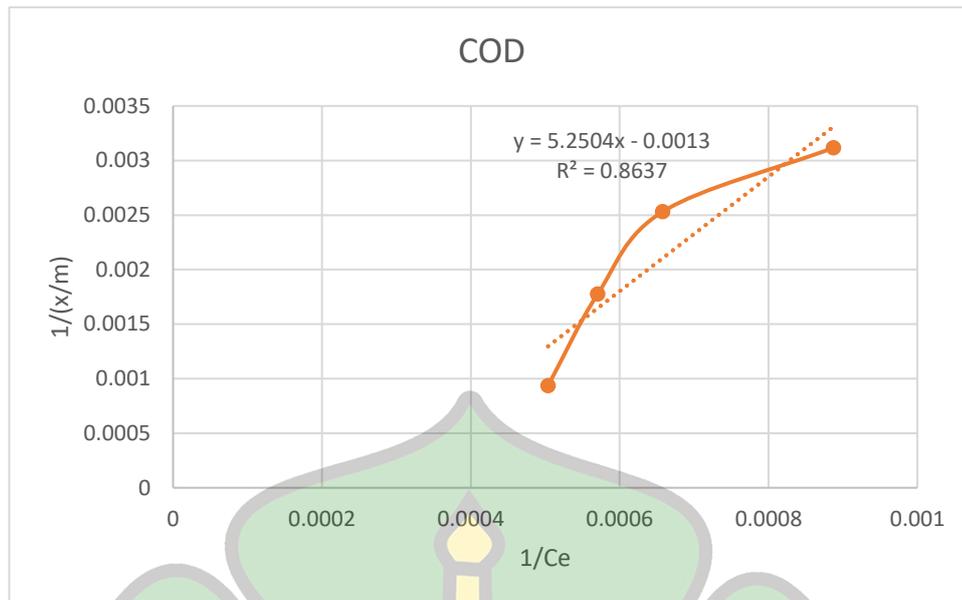
Perhitungan isoterm pada penelitian ini menggunakan 2 persamaan yaitu persamaan Freundlich dan Langmuir. Hasil dari perhitungan persamaan Freundlich dan Langmuir ditentukan dengan nilai determinasi  $R^2$  yang mendekati 1 yang digambarkan dalam bentuk grafik linear. Persamaan Freundlich ditentukan dengan mengetahui nilai dari  $C_e$ ,  $x$ ,  $x/m$ ,  $\ln(x/m)$  dan  $\ln C_e$  dan untuk persamaan Langmuir  $C_e$ ,  $x$ ,  $x/m$ ,  $1/(x/m)$ , dan  $1/C_e$ . Untuk hasil perhitungan menggunakan persamaan Freundlich dan Langmuir untuk penyisihan kadar COD dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Nilai persamaan Freundlich dan Langmuir pada penyisihan COD

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Dosis Adsorben (gr)	$C_e$	$x$	$\frac{x}{m}$	$\ln(\frac{x}{m})$	$\ln C_e$	$1/(\frac{x}{m})$	$1/C_e$
60	2	5140	560,5	280,25	5,64	8,54	0,00357	0,00019
	4	4031	1115	278,75	5,63	8,30	0,00359	0,00025
	6	3404	1428,5	238,08	5,47	8,13	0,00420	0,00029
	8	2785	1738	217,25	5,38	7,93	0,00460	0,00036
120	2	1985	2138	1069	6,97	7,59	0,00094	0,00050
	4	1753	2254	563,50	6,33	7,47	0,00177	0,00057
	6	1520	2370,5	395,08	5,98	7,33	0,00253	0,00066
	8	1127	2567	320,88	5,77	7,03	0,00312	0,00089



Gambar 4.3 Grafik isoterm Freundlich pada penyisihan COD



Gambar 4.4 Grafik isoterm langmuir pada penyisihan COD

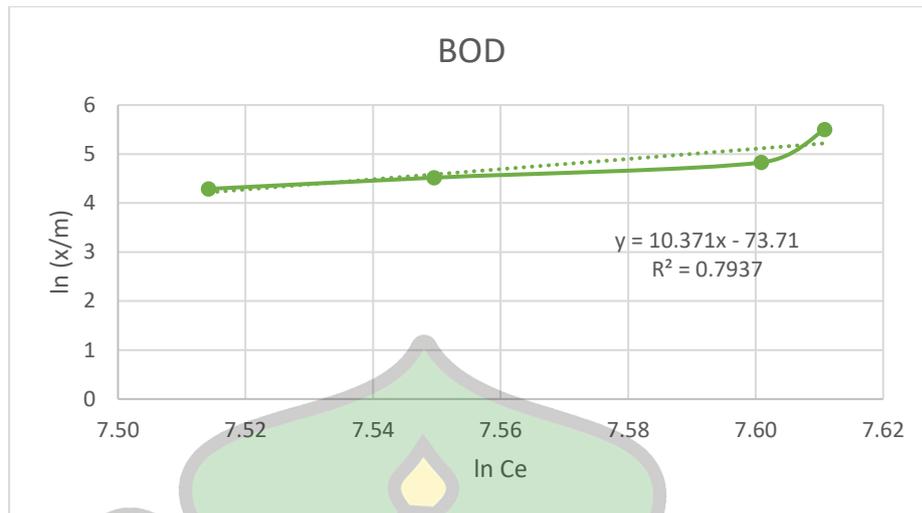
Berdasarkan gambar grafik 4.3 dan 4.4 nilai determinasi  $R^2$  pada persamaan freundlich sebesar 0,8112 dan nilai determinasi  $R^2$  pada persamaan Langmuir untuk penyisihan COD sebesar 0,8637. Sehingga pada penelitian ini digunakan isoterm langmuir karena persamaan langmuir ini nilai determinasi  $R^2$ nya mendekati 1. Kapasitas maksimum adsorpsi penyisihan COD pada limbah cair tahu sebesar 1069 mg/g. Oleh karena itu dapat ditentukan persamaan Langmuir dalam penyisihan COD yaitu.

$$\frac{x}{m} = \frac{0,19077 Ce}{1 - 0,000248 Ce}$$

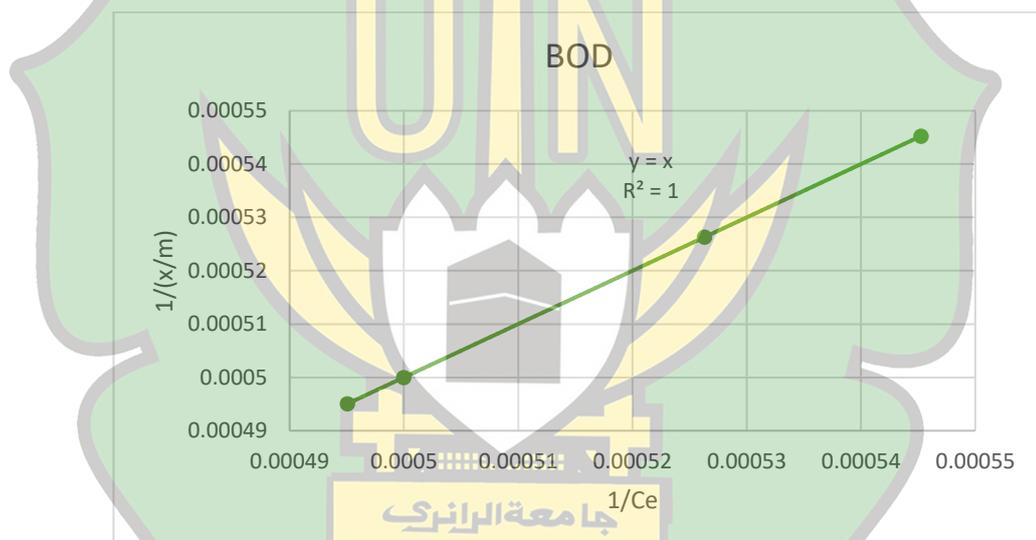
Untuk hasil perhitungan menggunakan persamaan freundlich dan langmuir untuk penyisihan kadar BOD dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Nilai persamaan Freundlich dan Langmuir pada penyisihan BOD

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Dosis Adsorben (gr)	Ce	x	$\frac{x}{m}$	$\ln(\frac{x}{m})$	ln Ce	$1/(\frac{x}{m})$	1/Ce
60	2	2667	166,5	83.25	4,42	7,89	0,01201	0,00037
	4	2500	250	62.50	4,14	7,82	0,01600	0,00040
	6	2234	383	63.83	4,16	7,71	0,01567	0,00045
	8	2200	400	50.00	3,91	7,70	0,02000	0,00045
120	2	2020	490	245.00	5,50	7,61	0,00408	0,00050
	4	2000	500	125.00	4,83	7,60	0,00800	0,00050
	6	1900	550	91.67	4,52	7,55	0,01091	0,00053
	8	1834	583	72.88	4,29	7,51	0,01372	0,00055



Gambar 4.5 Grafik isoterm freundlich pada penyisihan BOD



Gambar 4.6 Grafik isoterm langmuir pada penyisihan BOD

Berdasarkan gambar grafik 4.5 dan 4.6 nilai determinasi  $R^2$  pada persamaan freundlich sebesar 0,7937 dan nilai determinasi  $R^2$  pada persamaan langmuir untuk penyisihan BOD sebesar 1. Sehingga pada penelitian ini digunakan isoterm langmuir karena persamaan langmuir ini nilai determinasi  $R^2$ nya mendekati 1. Nilai kapasitas maksimum adsorpsi penyisihan BOD pada limbah cair tahu sebesar 245 mg/g. Oleh karena itu dapat ditentukan persamaan langmuir dalam penyisihan BOD yaitu:

$$\frac{x}{m} = \frac{Ce}{1+Ce}$$

#### 4.5. Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD

Pengukuran kadar COD dan BOD yang didapatkan setelah dikontakkan dengan arang aktif cangkang pala teraktivasi HCl dengan ukuran partikel 100 mesh dan variasi dosis 2 gr, 4 gr, 6 gr, dan 8 gr menunjukkan kemampuan penyerapan yang meningkat seiring dengan penambahan dosis adsorbennya. Ukuran kontaminan dan partikel juga berpengaruh terhadap penyisihan polutan. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka peresentase penurunan polutan akan semakin besar, hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter arang aktif maka luas permukaan kontak antara arang aktif dengan polutan akan semakin besar sehingga proses adsorpsi semakin maksimal (Ratnawati., 2019). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan nilai efisiensi penyisihan kadar COD dan BOD menggunakan arang aktif cangkang pala dapat dilihat dari Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai Efisiensi Penyisihan Kadar COD dan BOD

Variasi		Efisiensi Penyisihan	
Kecepatan (Rpm)	Massa (Gram)	COD	Efisiensi Penyisihan BOD
60	2	17,90 %	11,10 %
	4	35,62 %	16,67 %
	6	45,63 %	25,53 %
	8	55,52 %	26,67 %
120	2	68,30 %	32,67 %
	4	72,00 %	33,33 %
	6	75,72 %	36,67 %
	8	82,00 %	38,87 %

Berdasarkan tabel 4.6 dapat diketahui efisiensi penyisihan kadar COD dan BOD paling besar dengan menggunakan massa adsorben 8 gram dengan kecepatan 120 rpm. Efisiensi penyisihan COD sebesar 82,00 % dan BOD 38,87 %. Semakin banyak tingkat adsorben yang dikontakkan dengan limbah cair tahu maka semakin

tinggi tingkat penurunannya efisiensinya. Selain itu hal ini juga dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan, kecepatan pengadukan 60 rpm tingkat efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm.

Penyisihan kadar COD pada limbah cair tahu paling efisien dengan metode adsorpsi dengan menggunakan arang aktif cangkang pala dengan dosis 8 gram dan menggunakan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 1 jam. Nilai efisiensi penurunan kadar COD didapat dari perhitungan menggunakan rumus efisiensi penyerapan adsorpsi.

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

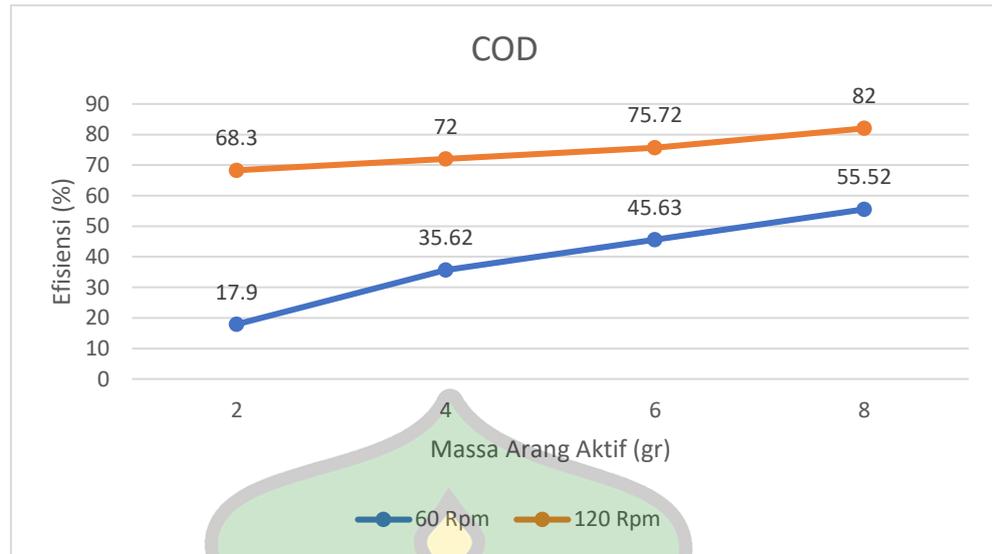
$$E = \frac{6261 - 1127}{6261} \times 100 \%$$

$$E = \frac{5134}{6261} \times 100 \%$$

$$E = 0,8199 \times 100 \%$$

$$E = 82,00 \%$$

Dimana  $C_0$  merupakan konsentrasi COD sebelum dilakukan pengolahan, dan  $C_1$  merupakan konsentrasi COD setelah dilakukan pengolahan dengan menambahkan 8 gram arang aktif cangkang pala dan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 82,00 %. Nilai efisiensi yang tinggi menunjukkan penurunan kadar COD yang tinggi. Peningkatan nilai efisiensi penyisihan kadar COD dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Efisiensi Penyisihan Kadar COD

Penyisihan kadar BOD pada limbah cair tahu paling efisien dengan metode adsorpsi menggunakan arang aktif cangkang pala dengan 8 gram dosis arang aktif dan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 1 jam. Nilai efisiensi penurunan kadar BOD didapat dari perhitungan menggunakan rumus efisiensi penyerapan adsorpsi.

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

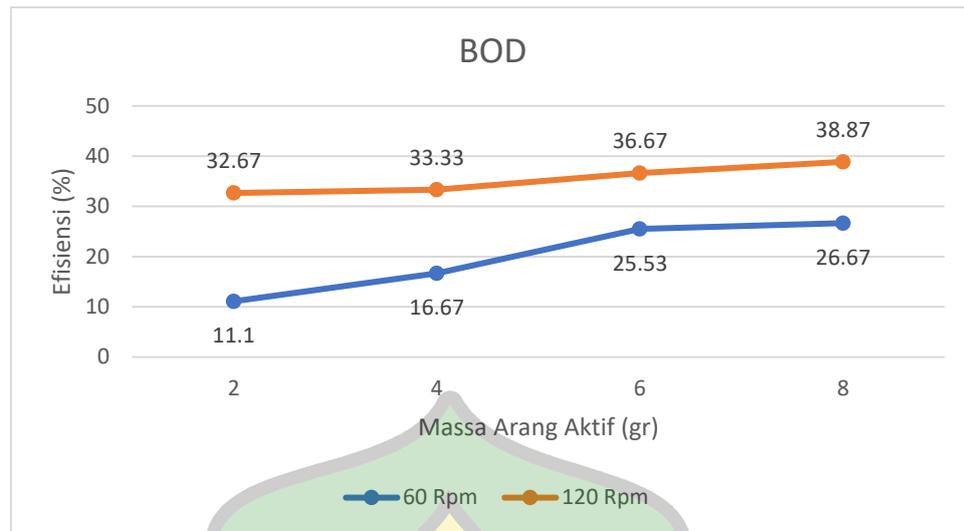
$$E = \frac{3000 - 1834}{3000} \times 100 \%$$

$$E = \frac{1166}{3000} \times 100 \%$$

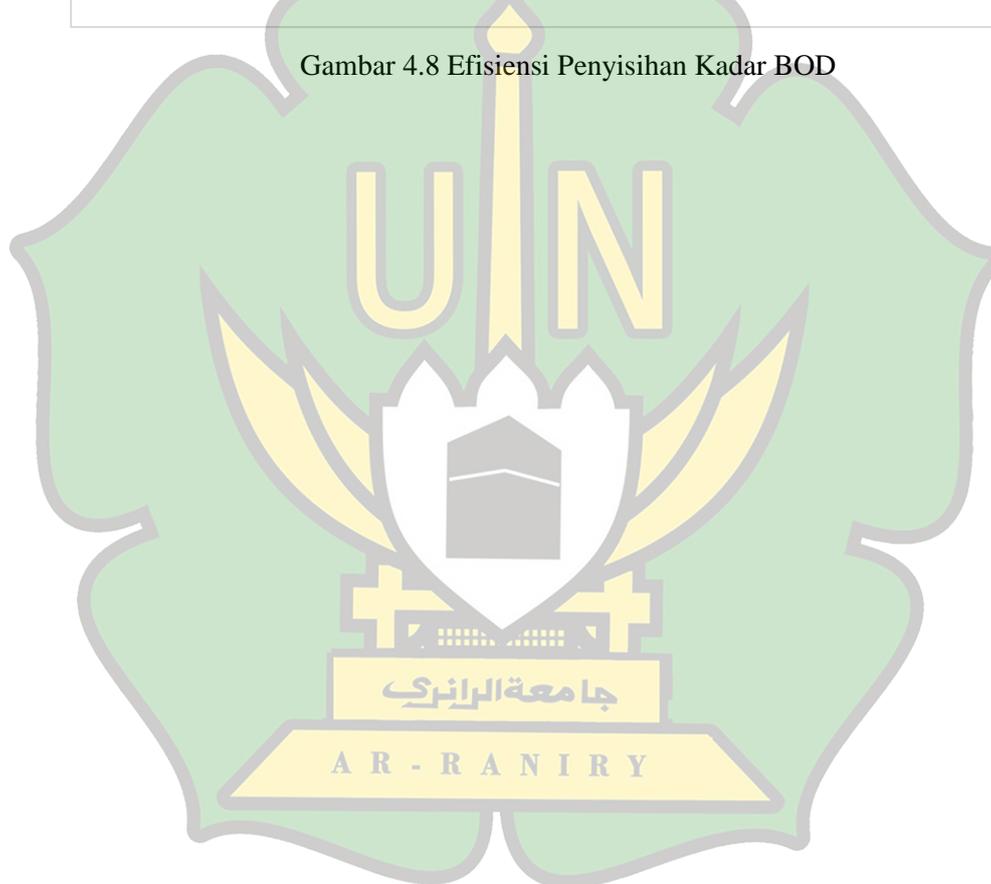
$$E = 0,3886 \times 100 \%$$

$$E = 38,87\%$$

Dimana  $C_0$  merupakan konsentrasi BOD sebelum dilakukan pengolahan, dan  $C_1$  merupakan konsentrasi BOD setelah dilakukan pengolahan dengan menambahkan 8 gram arang aktif cangkang pala dan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 38,87 %. Nilai efisiensi yang tinggi menunjukkan penurunan kadar BOD yang tinggi. Peningkatan nilai efisiensi penyisihan kadar BOD dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Efisiensi Penyisihan Kadar BOD



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan pengadukan 120 rpm lebih efektif dari pada kecepatan pengadukan 60 rpm dalam menyisihkan COD dan BOD pada limbah cair tahu.
2. Arang aktif cangkang pala mampu menyisihkan kadar COD hingga 1127 mg/L dan BOD hingga 1834 mg/L. Pada persamaan Langmuir untuk penyisihan COD sebesar 0,8637 dan BOD sebesar 1 dan pada persamaan freundlich untuk penyisihan COD dan BOD sebesar 0,7937 sebesar 0,8112. Kapasitas adsorpsi maksimum untuk penyisihan kadar COD sebesar 1069 mg/g dan BOD sebesar 245 mg/g dan untuk efisiensi COD 82,00% dan BOD 38,87%.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai parameter BOD menggunakan arang aktif cangkang pala dengan variasi dosis arang aktif yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, R., Lubis, K, S., dan J. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Aroekoteknologi*, 1(Februari), 3-10.
- Aisyahlika, S, Z., Firdaus, M, L., Elvira, R. 2018. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintetis *Reactive Red-120* dan *Reactive Blue-198*. *Jurnal Pendidikan dan ilmu Kimia*. 2 (2): 148-155.
- Alfiany, H., Bahri, S., Nurakhirawati. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Bongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*. 2 (3):75-86.
- Ali, R, M., Hendrawati, T, Y., Ismiyati., Fithriyah, N, H. 2020. Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Efektivitas Penurunan Kadar Timbal Limbah Cair Recycle Aki Bekas. *Jurnal Teknologi*. 12 (1): 87-92.
- Amanda, D. 2019. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Ion Logam Kobalt (II) Oleh Kitosan Dari Kulit Udang windu (*Penaeus monodon*). *Tugas Akhi*.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., Fajri, R. 2020. Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemar Air dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 2 (1): 14-22.
- Astari, M, A., dan Utami, B. 2018. Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash Untuk Menjerap logam Cu Pada Sistem Batch. *Jurnal Proceeding Biology Education Conference*. 15 (1): 766-774.
- Astuti, W, T, D., Joko, T., Dewanti, N, A, Y. 2016. Efektivitas Larutan Kapur Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair RSUD Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4 (3): 941-948.

- Azhari, M., 2016. Pengolahan Limbah Tahu dan Tempe Dengan Metode Teknologi Tepat Guna Saringan Pasir Sebagai Kajian Mata Kuliah Pengetahuan Lingkungan. *Jurnal Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. 1 (2):1-8.
- Cundari, L., Yanti, P., Syaputri, K, A. 2016. Pengolahan Limbah Cair Kain Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik. *Jurnal Teknik Kimia*. 22 (3): 26-33.
- Deryati, T., Zuhud, E, A, M., Soekmadi, R. 2014. Konservasi Pala (*Myristica Fragrans houtt*) Suatu Analisa Trimulus Amar Pro-Konservasi Kasus di Kabupaten Bogor. *Jurnal Media Konservasi*. 19 (1):47-56.
- Fauziah, E., Kuswantoro, D, P., Sanudin. 2015. Prospek Pengembangan Pala (*Myristica Fragrans houtt*) di Hutan Rakyat. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 9 (1): 32-39.
- Hakim, M, R, A, R., dan Widiyanti, W. 2015. Analisis Pengelolaan Limbah Tahu Di Kecamatan Adiwerna Kabupaten Tegal. *Journal of Politic and Government Studies*. 4 (1): 146-155.
- Haura, U., Razi, F., Meilina, H. 2017. Karakteristik Adsorben Dari Kulit Manggis dan Kinerjanya Pada Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI). *Jurnal Biopropal Industri*. 8 (1): 47-54.
- Jariah, A., dan Hernawati. 2019. Sintesis dan Analisis Hasil Uji Karbon Aktif Berbahan Dasar Organik Yang Berbeda-beda. *Jurnal Teknosains*. 13 (2):149-155.
- Masruhin, dkk. (2018). Penjerapan Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 03(01), 11-20.
- Netty, S., Chistine, F, M., Engel, V, P. 2017. Asap Cair Hasil Pirolisis Cangkang Pala dan Cangkang Kemiri. Unsrat Press: Jakarta: 3-24.
- Ningrum, S, O. 2018. Analisa Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 10 (1):1-12.

Patiung, G, A, B., Wuntu, A, D., Sangi, M, S. 2014. Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Pala – TiO<sub>2</sub> Untuk Fotodegradasi Zat Warna Metanil Yellow. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. 3 (2): 139-143.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

Rahmayani, F., dan Siswarni, M, Z. 2013. Pemanfaatan Limbah Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif Pada Pengurangan Kadar Kalorin Dalam Air Olahan (Treated Water). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2 (2): 1-5.

Rohman, T., Irwan, A., Rahmi, Z. 2018. Penurunan Kadar Amoniak dan Fosfat Limbah Cair Tahu Secara katalitik Menggunakan TiO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. 8 (2): 87-93.

Rukmana., Purwono, S., Yuliansyah, A, T. 2015. Pemanfaatan Cangkang Biji Pala Sebagai Briket Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Proses*. 9 (1): 44-50.

Sagita, N., Aprilia, H., Arumsari, A. 2020. Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (*Myristica Fragrans houtt*) Sebagai Adsorben Untuk Permurnian Minyak Goreng Bekas Pakai. *Jurnal Prosiding Farmasi*. 6 (1): 78-80.

Sari, K, L., As, Z, A., Hardiono. 2017. Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Tahu Menggunakan Efektive Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 14 (1): 450-457.

Sayow, F., Polii, B, F, J., Tilaar, W., Agustine, K, D. 2020. Analisa Kandungan Limbah Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoang Kabupaten Minahasa. *Jurnal Transdisiplin Pertanian*. 16 (2): 245-252.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 Tentang Arang Aktif Teknis.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989-57-2008 Tentang Air dan Air Limbah. Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989-72-2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical oxygen demand/ BOD*).

Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989-73-2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical oxygen demand/COD*) Dengan Refluks Tertutup Secara Titrimetri.

Sunoyo., Wati, R., Pratama, Y. 2017. Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kualitas Bibit Pala Menggunakan Metode SAW (Simple Additive Weighting). *Jurnal Management Sistem Informasi dan teknologi*. 7 (1): 1-6.

Syauqiah, I., Amalia, M., Kartini, H, A. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*. 12 (1): 11-20.

Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.

Widiyanto, A, F., Yuniarno, S., Kuswanto, K. 2015. Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 10 (2): 247-254.

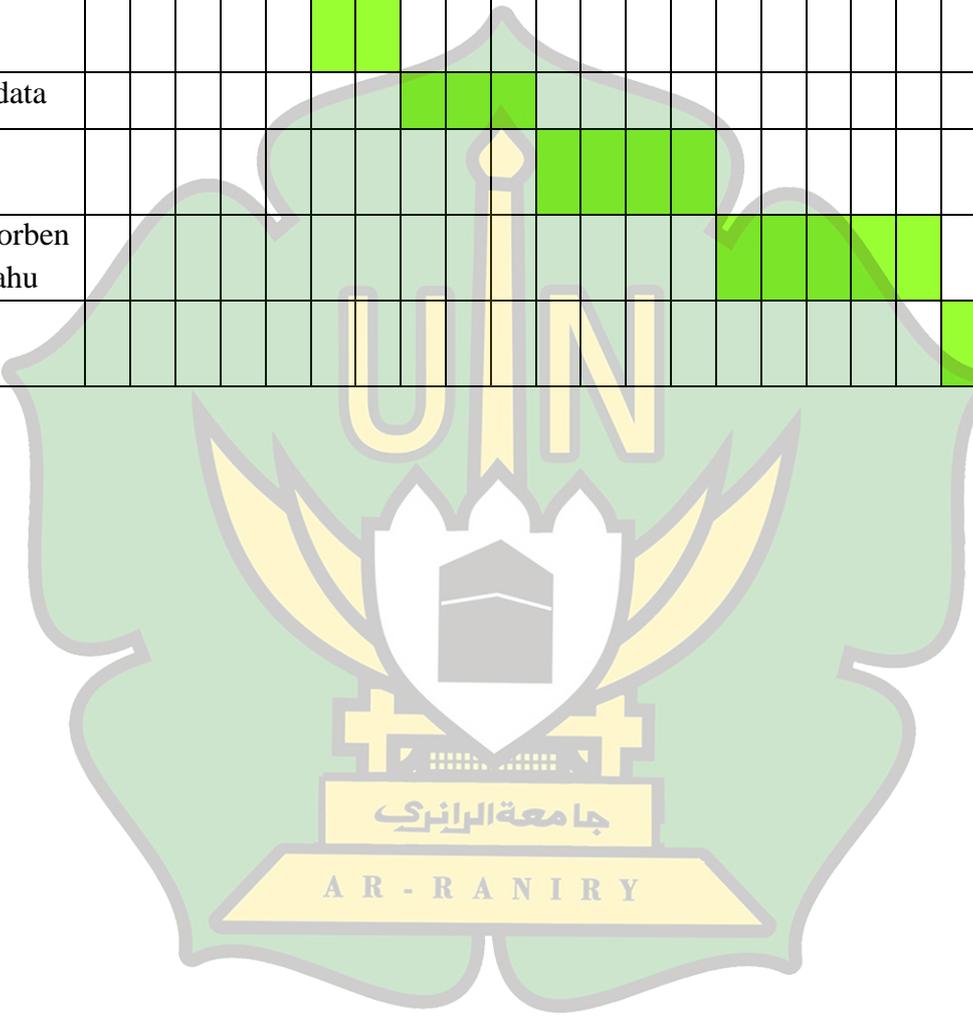
Yohannes, B., Utomo, S, W., Agustina, H. 2019. Kajian Kualitas air Sungai dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air (Studi Di Sungai Kerukut, Jakarta Selatan. *Indonesia Journal of Environmental Education and Management*. 4 (2): 136-155.

Yudhistira, B., Andriani, M., Utami, R. 2016. Karakterisasi Limbah Cair Industri Tahu Dengan Koagulan Yang Berbeda (Asam Asetat dan Kalsium Sulfat). *Journal of Sustainable Agriculture*. 31 (2): 137-145.

## LAMPIRAN A

Jadwal Penelitian

Jenis kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Identifikasi dan studi literatur	■	■	■	■	■																			
Observasi Lapangan						■	■																	
Pengambilan data									■	■	■	■												
Pembuatan adsorben									■	■	■	■	■	■										
Pengujian adsorben pada limbah tahu															■	■	■	■	■	■				
Analisa hasil pengujian																					■	■	■	■



## LAMPIRAN B



Sampel tahu



kondisi pabrik tahu



Saluran pembuangan limbah



Saluran aliran limbah ke sungai



Cangkang Pala



Proses karbonisasi



Proses pembukan arang



Proses pengayakan 100 Mesh



Proses aktivasi



Penimbangan massa adsorben



Pengadukan menggunakan jartes



Sedimentasi



Penyaringan



Pengukuran pH



Pengukuran COD



Proses Pengambilan Sampel

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## LAMPIRAN C

### Hasil pengujian BOD



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, DAN KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
JURUSAN KIMIA  
LABORATORIUM INSTRUMENTASI DAN PENELITIAN  
DARUSSALAM BANDA ACEH

LEMBAR HASIL UJI  
No : 110/B/LA/Kim/2021

Sampel ID : Limbah  
Permintaan : Nuzulla Ummul Al Hudha  
Tanggal Penerimaan : 9 November 2021  
Tanggal Analisa : 10 Nov – 6 Des 2021  
Hasil Analisa :

No	Sampel ID	Unit	Hasil Analisa BOD	Metoda Analisa
1	Limbah Tahu	mg/L	3000	Winkler
2	Limbah Tahu 2/60 rpm	mg/L	2667	
3	Limbah Tahu 4/60 rpm	mg/L	2500	
4	Limbah Tahu 6/60 rpm	mg/L	2234	
5	Limbah Tahu 8/60 rpm	mg/L	2200	
6	Limbah Tahu 2/120 rpm	mg/L	2020	
7	Limbah Tahu 4/120 rpm	mg/L	2000	
8	Limbah Tahu 6/120 rpm	mg/L	1900	
9	Limbah Tahu 8/120 rpm	mg/L	1834	

Darussalam 06 Desember 2021  
Laboratorium Analisis Instrumentasi Kimia  
Kepala



Dr. Lelifajri, M.Si  
Nip. 197002212000032002

AR-RANIRY