

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF CANGKANG BIJI PALA  
(*Myristica fragrans* H.) DAN PASIR KUARSA TERHADAP  
PENURUNAN KADAR LOGAM TEMBAGA (Cu)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**DIANA MARDIANA**

**NIM. 180704029**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Kimia**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2023 M / 1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI  
**PEMANFAATAN KARBON AKTIF CANGKANG BIJI PALA (*Myristica fragrans* H. ) DAN PASIR KUARSA TERHADAP PENURUNAN KADAR LOGAM TEMBAGA (Cu)**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
dalam Ilmu/Prodi Kimia

Oleh:

**DIANA MARDIANA**  
**NIM. 180704029**  
Mahasiswa Program Studi Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

**Bhayu Gita Bernama, M.Si**  
**NIDN 2023018901**

Pembimbing II

**Febrina Arfi, M.Si**  
**NIDN 2021028601**

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Kimia**

**Muammar Yulian, M.Si**  
**NIDN 2030118401**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI  
PEMANFAATAN KARBON AKTIF CANGKANG BIJI PALA (*myristica  
fragrans* H.) DAN PASIR KUARSA TERHADAP PENURUNAN KADAR  
LOGAM TEMBAGA (Cu)**

**SKRIPSI**

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

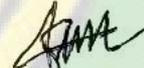
Pada hari/tanggal: Jum'at, 29 Desember 2023  
16 Jumadil Akhir 1445 H

Panitia Ujian Munuqasyah Skripsi

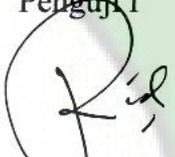
Ketua

  
Bhayu Gita Bernama, M.Si  
NIDN 2023018901

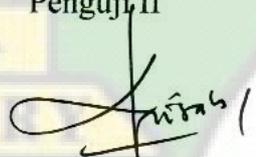
Sekretaris

  
Febrina Arfi, M. Si  
NIDN 2021028601

Penguji I

  
Muhammad Ridwan Harahap, M. Si  
NIDN 2027118603

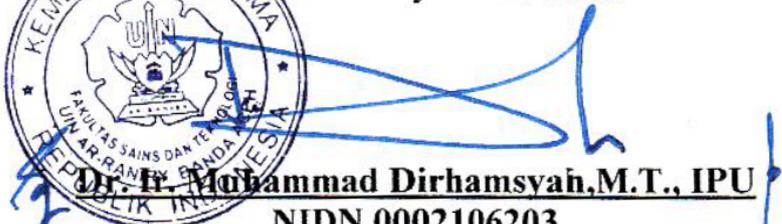
Penguji II

  
Dr. Khairun Nisah, S.T, M. Si  
NIDN 2016027902

Mengetahui

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



  
Dr. B. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU  
NIDN.0002106203

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diana Mardiana  
NIM : 180704029  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Karbon Aktif Cangkang Biji Pala  
(*Myristica fragrans* H.) Dan Pasir Kuarsa  
Terhadap Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu).

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi 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;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian 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 dikenakan sanksi berdasarkan aturan 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, 25 April 2024

Yang menyatakan,

  
Diana Mardiana

## ABSTRAK

Nama : Diana Mardiana  
NIM : 180704029  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Karbon Aktif Cangkang Biji Pala (*Myristica fragrans* H.) dan Pasir Kuarsa Terhadap Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu)  
Tanggal Sidang : 29 Desember 2023  
Jumlah Halaman : 59  
Pembimbing I : Bhayu Gita Bernama, M.,Si  
Pembimbing II : Febrina Arfi, M.,Si  
Kata Kunci : Cangkang biji pala, Karbon aktif, Pasir kuarsa, Karbonisasi, dan Logam tembaga (Cu)

Penelitian ini menggunakan karbon aktif dari cangkang biji pala yang diaktivasi HCl, dikombinasikan dengan pasir kuarsa, untuk efisiensi penurunan kadar logam tembaga dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kombinasi karbon aktif dan pasir kuarsa berdasarkan variasi massa yang digunakan sebagai adsorben dalam penurunan kadar logam tembaga (Cu). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode analisis kualitatif dan kuantitatif. Karbon aktif diperoleh dari proses karbonisasi pada suhu 250°C yang diaktivasi dengan asam klorida (HCl) 1 M dan pasir kuarsa diaktivasi dengan natrium hidroksida (NaOH) 0,5 M. Massa adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0,5 g, 1 g dan 1,5 g, dengan waktu pengadukan 30 menit dan kecepatan pengadukannya 200 rpm. Hasil menunjukkan bahwa karbon aktif dari cangkang biji pala efektif menyerap logam Cu, dengan tingkat penyerapan optimal pada massa 1,5 g (45,28%). Adsorben pasir menunjukkan daya serap tertinggi pada massa 0,5 g (57,63%), sementara kombinasi kedua adsorben pada massa 1 : 1,5 g mencapai 32,52%, menunjukkan kinerja optimum. Jadi, karbon aktif dari cangkang biji pala dapat digunakan karena efektif untuk menurunkan kadar logam Cu dalam larutan.

## ABSTRACT

*Name* : Diana Mardiana  
*NIM* : 180704029  
*Study Program* : Chemistry  
*Faculty* : Science and Technology  
*Thesis Title* : Utilization of Activated Carbon of Nutmeg Seed Shell (*Myristica fragrans* H.) and Quartz Sand to Reduce Copper (Cu) Metal Content.  
*Date Of Session* : 29 Desember 2023  
*Number Of Page* : 59  
*Advisor I* : Bhayu Gita Bernama, M.,Si  
*Supervisor II* : Febrina Arfi, M.,Si  
*Keywords* : Nutmeg Shell, Activated Carbon, Quartz Sand, Carbonization, and Copper Metal (Cu).

*This study used activated carbon from HCl-activated nutmeg seed shells, combined with quartz sand, for efficient reduction of copper metal levels in water. This study aims to determine how the effect of the combination of activated carbon and quartz sand based on mass variations used as adsorbents in reducing copper metal (Cu) levels. The methods used in this study are qualitative and quantitative analysis methods. Activated carbon is obtained from the carbonization process at 250°C which is activated with hydrochloric acid (HCl) 1 M and quartz sand is activated with sodium hydroxide (NaOH) 0.5 M. The mass of adsorbents used in this study was 0.5 g, 1 g and 1.5 g, with a stirring time of 30 minutes and a stirring speed of 200 rpm. The results showed that activated carbon from nutmeg seed shells effectively absorbed Cu metal, with an optimal absorption rate at a mass of 1.5 g (45.28%). The sand adsorbent showed the highest absorption at a mass of 0.5 g (57.63%), while the combination of both adsorbents at a mass of 1 : 1.5 g reached 32.52%, indicating optimum performance. So, activated carbon from nutmeg seed shells can be used because it is effective for lowering Cu metal levels in solution.*

## KATA PENGANTAR

*Bismillah hirahmannirrahim*

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulisan dapat menyelesaikan Tugas Skripsi. Shalawat beserta salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi kita yaitu Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, parasahabatnya dan serta umatnya yang senantiasa beriman kepada-Nya hingga akhir zaman. Pada kesempatan kali ini penulis mengambil judul Skripsi **“Pemanfaatan Karbon Aktif Cangkang Biji Pala (*Myristica fragrans Houtt*) Dan Pasir Kuarsa Terhadap Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu)”**. Penulis skripsi bertujuan untuk menyelesaikan tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan untaian doa nya selama ini. penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Bapak Muammar Yulian, M.Si., selaku ketua Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Bhayu Gita Bhernama, M.Si., selaku dosen pembimbing I Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Febrina Arfi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, nasehat serta bimbingan kepada penulis.
5. Seluruh Dosen dan Staf Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Seluruh teman-teman seperjuangan kimia leting 2018 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dorongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala bantuan dan do'a yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini telah dibuat semaksimal mungkin dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Banda Aceh, 28 Desember 2023

Penulis,

Diana Mardiana

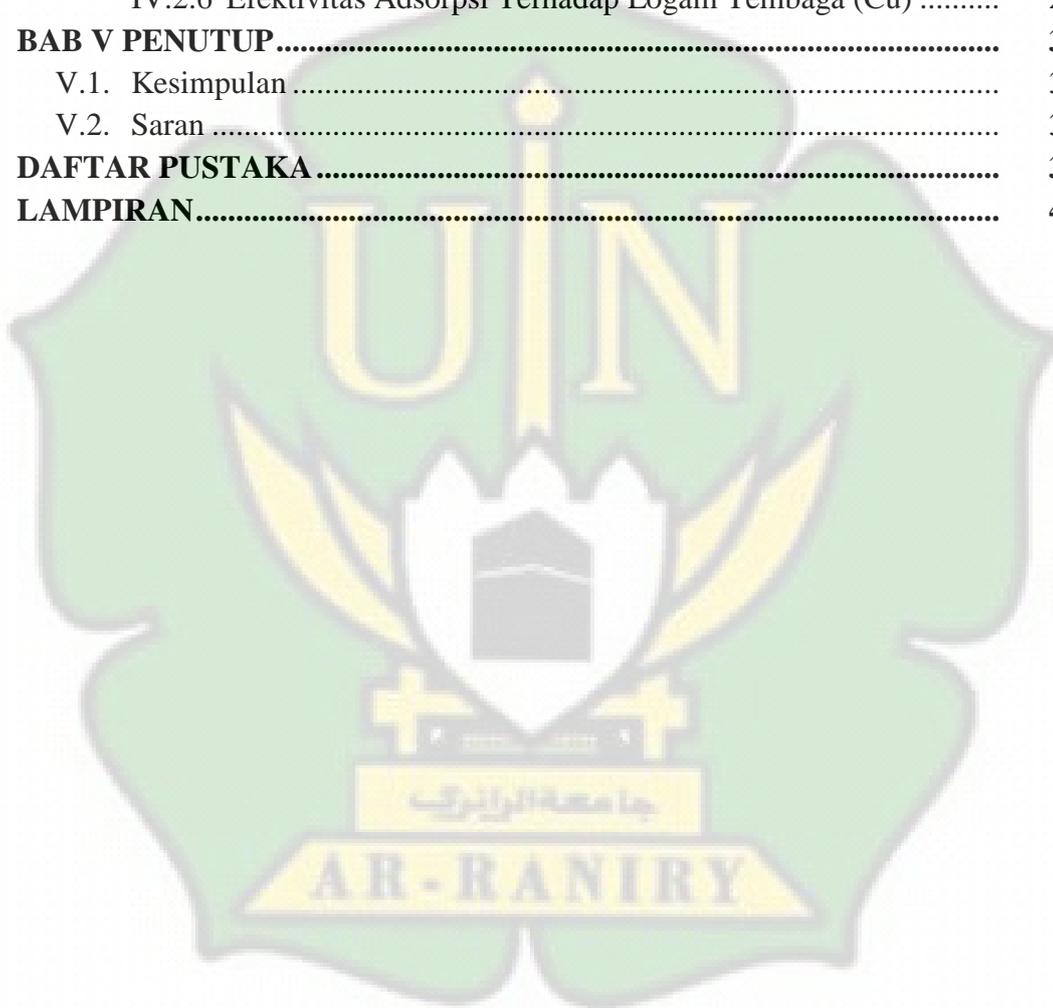


## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUATAN SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI</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>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
I.4 Manfaat Penelitian .....	3
I.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
II.1 Definisi Dan Konsep Dasar .....	4
II.2 Karbon Aktif .....	5
II.3 Pasir Kuarsa .....	7
II.4 Proses Aktivasi.....	7
II.5 Logam Tembaga (Cu).....	7
II.6 Adsorpsi .....	8
II.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi .....	9
II.8 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	10
II.9 <i>Scanning Elektron Mikroskope</i> (SEM) .....	10
II.10 Spektrofotometri Serapan Atom .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>13</b>
III.1 Waktu Dan Tempat .....	13
III.2 Alat Dan Bahan.....	13
III.2.1 Alat.....	13
III.2.2 Bahan .....	13
III.3 Prosedur Kerja .....	13
III.3.1 Preparasi Sampel.....	13
III.3.2 Rendemen.....	14
III.3.3 Proses Aktivasi Karbon Menggunakan Larutan HCl 1 M ....	14
III.3.4 Karakteristik Morfologi Permukaan Menggunakan SEM .....	14
III.3.5 Kadar Air.....	14
III.3.6 Kadar Abu .....	15
III.3.7 Pasir Kuarsa .....	15

III.3.8	Proses Aktivasi Pasir Kuarsa Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 0,5 M.....	15
III.3.9	Karakterisasi Karbon dan Pasir Menggunakan FTIR .....	16
III.3.10	Karakterisasi Morfologi Permukaan Menggunakan SEM...	16
III.3.11	Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga Cu .....	16
	1. Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu) .....	16
	2. Pembuatan Larutan Logam Berat Tembaga (Cu) Dengan Konsentrasi 10 mg/L .....	17
III.3.12	Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) .....	17
	1. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Biji Pala .....	17
	2. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Pasir Kuarsa .....	17
III.3.13	Modifikasi Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Dengan Asam Sitrat 2 M.....	18
III.3.14	Modifikasi Pasir Kuarsa Dengan Asam Sitrat 2 M .....	18
III.3.15	Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) .....	18
	1. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Karbon Aktif Yang Termodifikasi Cangkang Biji Pala	18
	2. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Pasir Kuarsa Yang Termodifikasi.....	19
	3. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Dengan Kombinasi Karbon Aktif Termodifikasi Dan Pasir Yang Termodifikasi.....	19
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
IV.1.	Data Hasil Penelitian .....	19
IV.1.1	Hasil Analisis Rendemen Dari Cangkang Biji Pala .....	19
IV.1.2	Hasil Analisis SEM .....	20
IV.1.3	Hasil Analisis Kadar Air Dan Kadar Abu Sesuai Mutu SNI 06- 3730-1995 .....	21
IV.1.4	Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif Dan Pasir Menggunakan FTIR .....	21
IV.1.5	Hasil Analisis Pengujian Pengaruh Adsorben Dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Logam (Cu) Dengan Karbon Aktif Termodifikasi Dan Pasir Yang Termodifikasi	22
IV.1.6	Efektivitas Adsorpsi Terhadap Logam Tembaga (Cu) .....	22
IV.2.	Pembahasan.....	23
IV.2.1	Preparasi Karbon.....	23
IV.2.2	Karakterisasi SEM Pada Morfologi Permukaan Karbon Aktif Dan Pasir.....	23

IV.2.3 Karakterisasi Mutu Karbon aktif Berdasarkan (SNI 0637-1995) .....	24
IV.2.4 Hasil Analisis Pengukur Kadar Logam Tembaga (Cu) Dengan Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Termodifikasi, Pasir Termodifikasi dan Kombinasi Keduanya.....	24
IV.2.5 Hasil Analisis Pengujian Pengaruh Adsorben Dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Logam (Cu) Dengan Karbon Aktif Dan Pasir Yang Termodifikasi .....	26
IV.2.6 Efektivitas Adsorpsi Terhadap Logam Tembaga (Cu) .....	29
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>30</b>
V.1. Kesimpulan .....	30
V.2. Saran .....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>31</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>40</b>



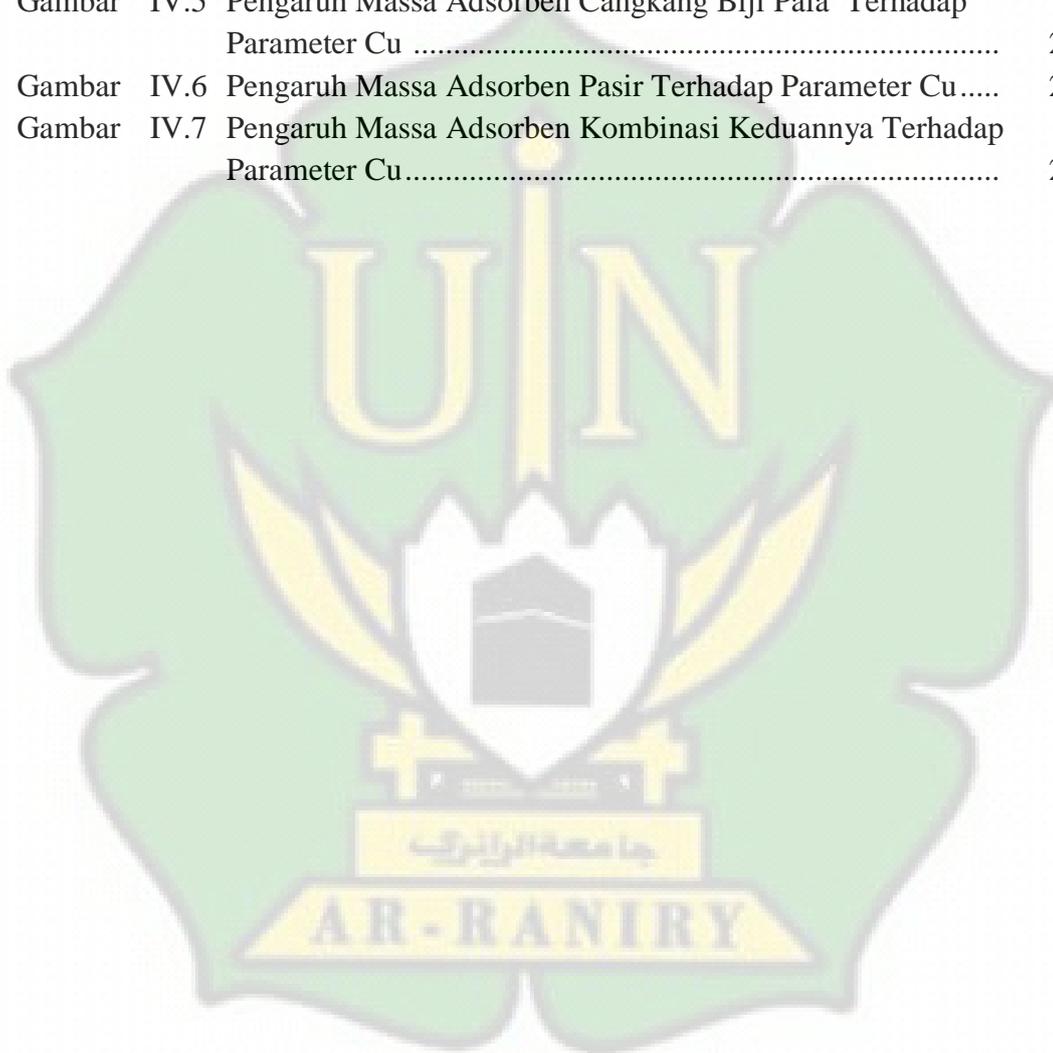
## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1.1	Hasil Analisi Rendemen.....	20
Tabel IV.1.3	Hasil Analisis Kadar Air Dan Kadar Abu Sesuai Mutu SNI 06-3730- 1995 .....	21
Tabel IV.1.3	Analisis Gugus Fungsi Karbon dan Pasir.....	22
Tabel IV.1.5	Hasil Pengujian Pengaruh Adsorben Dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsirpsi Ion Logam (Cu) Dengan Kaebon Aktif Termodifikasi Dan Pasir Termodifikasi.....	22
Tabel IV.1.6	Efektivitas Adsorpsi Tembaga Cu.....	22



## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Cangkang Biji Pala .....	4
Gambar II.2	Karbon Aktif .....	6
Gambar IV.1	Karbon Aktif .....	20
Gambar IV.2	Hasil Analisis Karbon .....	20
Gambar IV.3	Hasil Analisis Pasir .....	20
Gambar IV.4	Hasil Analisis Spektrum FTIR Karbon Aktif dan Pasir.....	21
Gambar IV.5	Pengaruh Massa Adsorben Cangkang Biji Pala Terhadap Parameter Cu .....	27
Gambar IV.6	Pengaruh Massa Adsorben Pasir Terhadap Parameter Cu.....	28
Gambar IV.7	Pengaruh Massa Adsorben Kombinasi Keduanya Terhadap Parameter Cu.....	29



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	1	Skema Kerja .....	40
Lampiran	2	Pembuatan Larutan.....	46
Lampiran	3	Perhitungan Rendemen, Kadar Air dan Kadar Abu.....	48
Lampiran	4	Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Cangkang Biji Pala.....	49
Lampiran	5	Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Pasir.....	50
Lampiran	6	Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Kombinasi Cangkang Biji Pala dan Pasir.....	51
Lampiran	7	Dokumentasi Pembuatan Karbon Aktif dan Pasir .....	52
Lampiran	8	Dokumentasi Pengaplikasian Kabon Aktif dan Pasir Dalam Penyerapan Kadar Logam Tembaga Cu .....	54
Lampiran	9	Identifikasi Taksonomi Cangkang Biji Pala .....	55
Lampiran	10	Uji Pengukuran Penyerapan Tembaga Cu .....	56
Lampiran	11	Uji Penggulangan Pada Penyerapan Tembaga Cu.....	57
Lampiran	12	Spektra FTIR.....	58



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Tanaman pala (*myristica fragrans*) tumbuh di Indonesia dengan baik di iklim tropis di bawah 700 meter, memiliki batang sedang dan daun hijau oval atau bulat. Biji pala, yang terdapat di dalam lapisan merah yang disebut fulli, dapat digunakan untuk memberikan rasa pada makanan (Hitijahubssy, 2019). Seringkali, tempurung pala dimanfaatkan sebagai bahan bakar sederhana, terutama di daerah dengan kelimpahan tempurung pala. Namun, penggunaan cangkang pala sebagai bahan bakar sederhana tidak efektif dalam meningkatkan kualitas limbah. Solusinya adalah mengubah tempurung pala menjadi karbon aktif, yang bertujuan meningkatkan nilai limbah tersebut. Karbon aktif, sebagai material poros dengan kemampuan adsorpsi tinggi, dapat digunakan sebagai agen pengadsorpsi yang efektif (Kakomole, 2012).

Cangkang pala, bagian keras luar buah pala, dapat diubah menjadi karbon aktif melalui proses aktivasi. Karbon aktif, berwarna hitam dan berbentuk bulat atau bubuk, digunakan sebagai adsorben untuk membersihkan udara, gas, atau cairan. Dengan luas permukaan besar, karbon aktif efektif menyerap zat-zat dalam air, terutama logam, dalam pengolahan air (Antika dkk., 2019). Cangkang pala memiliki manfaat sebagai arang aktif untuk penyerapan limbah karena kandungan hemiselulosa, selulosa, serat kasar, lignin, abu, fenol, karbonil, dan total asam yang tinggi. Sebagai kayu keras, cangkang pala memiliki kadar hemiselulosa dan lignin yang tinggi, membuatnya efektif dalam proses penyerapan logam (Sagita dkk., 2020). Kadar lignin dalam cangkang pala (tempurung pala) secara umum dapat bervariasi, namun, biasanya berkisar antara 20% hingga 30%. Lignin merupakan komponen penting dalam struktur kayu dan tanaman yang memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap serangan mikroorganisme. Kandungan lignin yang tinggi dalam cangkang pala dapat memberikan manfaat dalam berbagai aplikasi, termasuk penggunaannya sebagai arang aktif untuk penyerapan (Al Hudha, 2022).

Proses karbonisasi dan aktivasi dengan HCl meningkatkan penyerapan karbon aktif. Aktivator HCl optimal karena melarutkan pengotor, membentuk pori-pori lebih banyak, dan meningkatkan adsorpsi (Chadijah dkk., 2013). Arang yang diaktivasi, disebut karbon aktif, berfungsi sebagai adsorben dengan perubahan sifat fisika dan kimia. Karbon aktif mengandung unsur organik dan dapat meningkatkan aktivitas katalitik dalam reaksi kimia dan biokimia. Adsorpsi tergantung pada struktur pori, luas permukaan, konsentrasi, dan sifat kimia bahan baku karbonisasi (Hitija hubessy., 2019).

Pasir kuarsa merupakan hasil alam yang melimpah dengan kandungan utama silika sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan silika gel (Susanti dkk., 2017). Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$  yang berwarna putih bening atau warna yang lain bergantung pada senyawa pengotornya ( Darmiston dkk., 2016). Pasir kuarsa berfungsi sebagai adsorben untuk menangkap logam-logam berat, khususnya logam transisi, guna mengatasi pencemaran lingkungan (Lesbani., 2011).

Penelitian sebelumnya dengan memanfaatkan cangkang pala sebagai adsorben dengan massa yang digunakan 1 g menunjukkan hasil terbaik dengan aktivator asam fosfat 9%, menghasilkan karbon aktif dengan kadar karbon terikat 83.4% dan meningkatkan transmitan minyak bekas pakai dari 44.3% menjadi 67.85% setelah adsorpsi (Sagita dkk., 2020). Struktur karbon aktif mengandung sedikit hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi, berperan penting dalam menyerap polutan seperti karboksil, karbonil, dan fenol. Modifikasi kimia dengan asam sitrat pada pembuatan karbon aktif dapat signifikan meningkatkan kemampuan adsorpsinya ( Bhatnagar dkk., 2013). Menurut asir putih teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan tersalut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebanyak 8 g mampu menyerap ion logam Cu (II) sebesar 2984,13 ppm, dengan tingkat teradsorpsi sebesar 92,56% (Pambudi dkk., 2014).

Berdasarkan uraian di atas pengaktifasian karbon aktif menggunakan asam klorida diharapkan dapat menghasilkan karbon aktif yang mampu menyerap lebih banyak logam Cu dari larutan. Hal ini akan membantu dalam meningkatkan daya penyerapan karbon aktif dan mengurangi konsentrasi logam berat Cu dalam air.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan dalam penelitian ini yaitu

1. Apa pengaruh kombinasi karbon aktif dan pasir kuarsa berdasarkan variasi massa yang digunakan sebagai adsorben dalam penurunan kadar logam tembaga (Cu) dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA)?
2. Berapa besar efektivitas dalam kombinasi karbon aktif dan pasir kuarsa dalam penurunan kadar logam tembaga (Cu)?

## **I.3 Tujuan Penelitian.**

Tujuan dari rumusan masalah yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh kombinasi karbon aktif dan pasir kuarsa berdasarkan variasi massa yang digunakan sebagai adsorben dalam penurunan kadar logam tembaga (Cu) dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA).

## **I.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui bagaimana pengaruh penyerapan logam Cu dari adsorben karbon aktif cangkang biji pala, pasir kuarsa dan kombinasi karbon aktif cangkang pala – pasir kuarsa berdasarkan variasi massa dalam penurunan kadar logam tembaga (Cu) dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA).

## **I.5 Batas Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Cangkang biji pala diambil dari Aceh Selatan
2. Pasir kuarsa diambil dari limbah hewan peliharaan
3. Variabel bebas : Variasi massa karbon aktif dan pasir kuarsa dan variabel terikatnya : Logam tembaga (Cu)
4. Menggunakan metode pengukuran AAS

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Definisi Dan Konsep Dasar

Karbon aktif merujuk pada bahan berbasis karbon dengan struktur pori internal yang luas, melibatkan pori mikro, meso, dan makro. Dengan luas permukaan yang tinggi, porositas besar, dan keberadaan gugus fungsi di permukaannya, karbon aktif efektif sebagai adsorben dalam proses adsorpsi (Kurniawan dkk., 2021). Dalam konteks ini, fokus penelitian ditujukan pada pemanfaatan cangkang biji pala sebagai bahan baku untuk membuat karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah cangkang biji pala dan menciptakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dengan nilai ekonomi yang tinggi (Rukmana dkk., 2015).

Taksonomi tanaman pala sebagaimana rinciannya adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Super divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Magnoliidae
Ordo	: Magnoliales
Famili	: Myristicaceae
Genus	: <i>Myristica</i>
Spesies	: <i>Myristica fragrans houtt</i>

Biji pala dan cangkang biji pala dapat dilihat pada Gambar II.1 di bawah ini :



**Gambar II.1.** cangkang biji pala

*Sumber : Pribadi*

Tanaman pala memiliki komponen utama: daun, daging buah, fuli, biji, dan cangkang. Biji, daun, dan fuli digunakan dalam produksi mentega, minyak, kosmetik, obat-obatan, dan parfum karena kandungan minyak atsiri biji pala. Biji dan fuli juga sering diaplikasikan dalam makanan manis, rempah, dan sebagai bumbu dalam berbagai masakan. Pala yang kaya nutrisi berguna dalam pembuatan makanan, manisan, dan minuman, sementara cangkang pala memiliki potensi manfaat yang sering terabaikan ( Windia., 2015).

Kandungan yang terdapat pada cangkang pala terdiri dari :

- |    |                                 |                                 |
|----|---------------------------------|---------------------------------|
| a. | Hemiselulosa                    | : 46,82%                        |
| b. | Selulosa                        | : 21,34%                        |
| c. | Lignin                          | : 12,93%                        |
| d. | Serat kasar                     | : 53,67%                        |
| e. | Abu                             | : 6,16%                         |
| f. | Kondensat asap cair yang berupa |                                 |
|    | • Fenol                         | : 0,11%                         |
|    | • Karbonil                      | : 0,38%                         |
|    | • Total Asam                    | : 0,46% (Kurniawan dkk., 2021). |

Pemanfaatan cangkang pala sebagai bahan untuk pembuatan arang aktif, cangkang pala diberi kategorisasi sebagai kayu keras karena memiliki kandungan lignin dan hemiselulosa yang tinggi (Sagita, dkk., 2020).

## II.2 Karbon Aktif

Karbon aktif, atau arang aktif, memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap anion, kation, senyawa organik, dan anorganik baik dalam bentuk larutan maupun gas. Proses pembuatannya melibatkan karbonisasi dan aktivasi, yang menghilangkan hidrogen, gas, dan air dari permukaan karbon, mengubah fisik permukaan dan meningkatkan daya adsorpsinya. Ini membuatnya efektif dalam menangkap berbagai zat (Darajat dkk., 2023). Cangkang pala berpotensi sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat dan zat organik dalam air dan udara. Penggunaannya sebagai bahan baku karbon aktif dapat mengurangi limbah pertanian, meningkatkan nilai tambah produk, dan memiliki berbagai aplikasi seperti pemisahan gas, pendinginan, elektrokatalisis, perangkat reaksi kimia.

Karbon aktif dari cangkang pala, dengan kandungan karbon 90-99%, penting dalam industri makanan, minuman, obat-obatan, terutama dalam pemurnian air (Ghiffari, 2020).



**Gambar II.2.** Karbon Aktif  
(Sumber : Eddyanto Winoto)

Karbon adalah padatan dengan komponen seperti karbon terikat, abu, air, nitrogen, dan sulfur. Karbon aktif memiliki daya serap tinggi yang dipengaruhi oleh luas permukaan dan aktivasi melalui bahan kimia atau pemanasan pada suhu tinggi. Hasil dari proses karbonisasi dan aktivasi, karbon aktif memiliki struktur bebas ikatan unsur lain dan pori bersih. Pembuatan melibatkan dua tahap utama: karbonasi, menghilangkan oksigen dan hidrogen, dan aktivasi, meningkatkan sifat adsorpsi dengan pemanasan tinggi dan oksidasi. Tujuan aktivasi adalah memperluas dan menciptakan pori baru, meningkatkan kemampuan karbon aktif menyerap molekul dan senyawa kimia dari lingkungan sekitar. (Wibowo dkk., 2011).

Proses aktivasi juga meningkatkan keberagaman struktur pori karbon aktif, memungkinkan aplikasi luas seperti pengolahan air, pemurnian gas, serta penggunaan dalam industri farmasi dan kosmetik. Selain memecahkan ikatan hidrokarbon dan mengoksidasi molekul permukaan, mekanisme aktivasi melibatkan interaksi antara zat pengaktif dengan struktur atom hasil karbonasi (Prabarini & Okayadnya, 2014). Keseluruhan proses ini, yang mencakup karbonasi dan aktivasi, membentuk karbon aktif dengan sifat fisika dan kimia yang dioptimalkan untuk berbagai keperluan.

### **II.3 Pasir Kuarsa**

Pasir kuarsa dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan dalam pembuatan adsorben yang diaplikasikan untuk menurunkan kadar air yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Pasir kuarsa kering dan teraktivasi dapat berfungsi sebagai adsorben yang

baik, sehingga air yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  dapat diturunkan kadarnya menggunakan dari silika pasir kuarsa (Susanti dkk., 2017).

Warna pasir kuarsa bergantung pada senyawa pengotornya, umumnya terdiri dari oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, dan zat organik dari pelapukan sisa-sisa hewan dan tumbuhan (Indo dkk., 2019). Pasir kuarsa dengan pengotor harus diubah menjadi senyawa alkali silikat yang larut dalam air. Proses ini melibatkan reaksi pasir kuarsa dengan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) atau pelarut lain (Firdiyono dkk., 2012). Pasir kuarsa, sebagai sumberdaya alam non-logam, memiliki potensi pengembangan untuk berbagai keperluan manusia, namun perlu diketahui komposisi unsur di dalamnya sebelum dimanfaatkan (Bakruddin dkk., 2020).

#### **II.4 Proses Aktivasi**

Peningkatan kemampuan adsorpsi cangkang biji pala dapat dilakukan melalui proses aktivasi, yang melibatkan perluasan pori arang aktif menggunakan panas, uap, dan gas  $\text{CO}_2$ . Terdapat dua pendekatan, yaitu aktivasi fisika dengan bantuan panas, uap, dan  $\text{CO}_2$ , serta aktivasi kimia yang menggunakan bahan kimia untuk memutus rantai karbon dari senyawa organik. Proses ini krusial dan perlu diperhatikan selain dari bahan baku yang digunakan. Aktivasi adalah langkah krusial untuk menghilangkan senyawa pengotor pada permukaan dan pori-pori adsorben, baik secara fisika maupun kimia. Tujuannya adalah memperbesar pori dan memperluas permukaan arang dengan memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan. Hasilnya adalah perubahan sifat fisika dan kimia arang yang meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Aktivasi kimia ataupun aktivator yang digunakan biasanya bahan-bahan kimia seperti garam-garam karbonat, klorida, fosfat dari logam alkali tanah, sulfat dan khususnya  $\text{ZnCl}_2$ , asam-asam anorganik seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (Wulandari, 2015).

#### **II.5 Logam Tembaga (Cu)**

Tembaga adalah logam yang sangat penting di dunia dan dapat diolah dalam beberapa keadaan, termasuk dalam bentuk murni, campuran-campuran, dan sebagai elemen tambahan untuk mengubah sifat logam lainnya. Tembaga memiliki sifat-sifat unik seperti kelembutan, keuletan, konduktivitas panas dan

listrik yang tinggi. Selain itu, tembaga memiliki kemampuan untuk membentuk campuran dengan lebih merata pada saat pendinginan, dapat diolah dalam keadaan panas maupun dingin, serta memiliki ketahanan terhadap efek korosi dari udara melalui pembentukan lapisan oksida pelindung yang berwarna biru yaitu  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Rudianto dkk., 2022)

## **II.6 Adsorpsi**

Adsorpsi adalah ketertarikan molekul suatu zat pada permukaan bahan adsorben, disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau interaksi kimia. Arang aktif efektif sebagai adsorben karena luas permukaannya yang besar, namun harganya tinggi, mendorong pencarian alternatif adsorben terjangkau. (Indah dkk., 2020). Proses adsorpsi terjadi saat molekul dari suatu materi menyerap zat, ion, atau molekul pada permukaan bahan adsorben. Proses ini digunakan dalam penjernihan air dan pemurnian bahan dari pengotor. Faktor-faktor seperti waktu kontak, sifat adsorben dan adsorbat, pH, dan suhu memengaruhi tingkat adsorpsi. Sebagai contoh, adsorpsi basa organik optimal pada pH tinggi, sementara asam organik lebih teradsorpsi pada pH rendah. Suhu juga berpengaruh, dengan penurunan suhu dapat menurunkan tingkat adsorpsi. (Desiyani, 2021). Pentingnya pemahaman terhadap proses adsorpsi dan pengembangan adsorben alternatif yang terjangkau menjadi fokus utama dalam penelitian ini, menunjukkan upaya untuk memahami dan meningkatkan aplikasi teknologi adsorpsi.

## **II.7 Faktor-Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Daya Adsorpsi**

Adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor adalah sebagai berikut:

1. Jenis adsorbat : a) Ukuran molekul adsorbat, rongga tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melalui ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang bisa di adsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben. b) Polaritas molekul adsorbat, apabila diameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat di adsorpsi dari pada molekul-molekul yang kurang polar, sehingga molekul-

molekul yang lebih polar bisa menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah terserap.

2. Sifat adsorben, dapat ditinjau dari : a) Kemurnian adsorben : Adsorben yang lebih murni memiliki daya serap lebih baik. b) Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan. Semakin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.
3. Temperatur : Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur lebih kecil.
4. Waktu kontak, yang merupakan periode saat adsorben berinteraksi dengan cairan, memiliki korelasi dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan. Waktu ini berbanding terbalik dengan jumlah adsorben yang digunakan, dan selain dipengaruhi oleh dosis adsorben, pengadukan juga memainkan peran penting dalam menentukan waktu singgung. Pengadukan diatur untuk memberikan kesempatan kepada partikel adsorben agar bersinggungan dengan senyawa yang akan diserap.
5. Kecepatan pengadukan menjadi faktor kunci yang menentukan sejauh mana waktu kontak antara adsorben dan adsorbat. Jika pengadukan dilakukan terlalu lambat, proses adsorpsi akan berlangsung dengan lambat pula. Sebaliknya, jika pengadukan terlalu cepat, ada kemungkinan struktur adsorben dapat rusak dengan cepat, mengakibatkan proses adsorpsi yang kurang optimal (Nurliza, 2020).

## **II.8 *Fourier Transform Infrared (FTIR)***

*Fourier Transform Infrared (FTIR)* atau spektroskopi inframerah adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dan senyawa dalam suatu sampel. Metode ini juga berguna untuk menentukan struktur

molekul, memeriksa kemurnian sampel, dan mempelajari reaksi kimia yang terjadi. Prinsip dasar FTIR melibatkan penggunaan energi inframerah yang dipancarkan dari sumber, lalu melewati bagian optik spektrometer. Energi inframerah yang melalui sampel kemudian dideteksi dan dianalisis untuk mengungkap karakteristik vibrasi pada gugus fungsional. Ketika sampel terkena sinar inframerah, ikatan kimia di dalam molekulnya akan mengalami vibrasi, seperti *stretching* atau *bending*. Vibrasi ini memberikan informasi spesifik tentang gugus fungsional yang terkandung dalam sampel tersebut. Dengan kata lain, FTIR memanfaatkan sifat unik dari vibrasi molekuler ini untuk menghasilkan data yang dapat diinterpretasikan secara kimia (Azmiyani., 2018).

## **II.9 Scanning Elektron Mikroskope (SEM)**

SEM adalah alat karakterisasi yang digunakan untuk mengidentifikasi morfologi senyawa padat dan komposisi unsur di dalamnya. Metode ini menggunakan berkas elektron energi tinggi yang dipindai secara raster untuk merepresentasikan permukaan sampel. Dengan bantuan SEM, kita dapat melihat gambaran morfologi permukaan karbon aktif yang mengandung berbagai rongga pori-pori. Selain itu, SEM juga memungkinkan kita mengetahui struktur dan bentuk permukaan yang sangat halus (Yulianti dkk., 2019).

SEM (Scanning Electron Microscope) adalah mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan objek material. Prinsip kerja SEM melibatkan penembakan berkas elektron berenergi tinggi ke permukaan objek, di mana sebagian besar dipantulkan kembali, sementara beberapa menghasilkan elektron sekunder yang tersebar. Detektor dalam SEM berfungsi mendeteksi dan menentukan lokasi pantulan berkas elektron dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberikan informasi tentang profil permukaan objek yang diamati (Didik dkk., 2014).

## **II.10 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi. Dalam konteks kimia, spektroskopi digunakan untuk identifikasi dan kuantifikasi spesies analit dengan menggunakan gelombang cahaya. Salah satu teknikya adalah Spektrometri Serapan Atom (SSA), yang

menggunakan nyala api untuk mengubah logam dalam sampel menjadi atom logam gas. Metode ini memungkinkan analisis kuantitatif atom logam dalam fasa gas pada suhu tinggi, sekitar 2300°C, melalui interaksi radiasi elektromagnetik dengan sampel (Fatimah dkk., 2015).

Spektrometer serapan atom (*Atomic Absorption Spectrometer/AAS*) *PerkinElmer PinAAcle 900T* adalah alat analisis laboratorium yang digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur logam dalam sampel cair atau padat. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kelemahan dari *PerkinElmer PinAAcle 900T* :

#### 1. Kelebihan

- Sensitivitas Tinggi : dimana dapat menentukan suatu unsur dengan kadar di bawah 1 ppm
- Selektivitasnya : Cukup tinggi sehingga dapat menentukan berapa unsur sekaligus dalam suatu cuplikan tanpa perlu memisahkan.
- Presisi Tinggi : Menghasilkan hasil analisis yang konsisten dan akurat, sehingga cocok untuk aplikasi laboratorium yang membutuhkan tingkat presisi tinggi.
- Desain Modular : Memungkinkan pengguna untuk mengonfigurasi sistem sesuai dengan kebutuhan aplikasi mereka.
- Rentang Analisis yang Luas: Dapat digunakan untuk menganalisis berbagai unsur logam, mencakup rentang panjang gelombang yang luas.
- Kecepatan Analisis : Memiliki kemampuan untuk melakukan analisis dengan cepat, meningkatkan efisiensi dalam laboratorium.

#### 2. Kelemahan

- Beberapa unsur uap tidak mudah menghasilkan uap atom dalam keadaan dasar ketika mencapai nyala seperti tidak terdisosiasinya senyawa stabil sehingga menghalangi deteksi dan penetapan.
- Beberapa nyala lebih tepat untuk unsur-unsur tertentu, maka bertambahnya contoh yang akan ditentukan memerlukan tidak hanya satu penukar sumber cahaya, tetapi juga penukar terhadap nyala pembakar dan sumber gas.

- Gangguan spektral juga kadang-kadang memberikan kesulitan yang cukup berarti. Gangguan spektral timbul bila serapan atau emisi zat pengganggu mempengaruhi atau dekat sekali dengan serapan atau emisi dari zat yang akan diukur (Anggraeni., 2014)



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### III.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus hingga November 2023 di Laboratorium Kimia Multifungsi UIN Ar-Raniry Darussalam, Banda Aceh dan melakukan pengujian di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Kota Bandung.

### III.2 Alat dan Bahan

#### III.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven (*Memmert*), hotplate, neraca analitik, timbangan (Hwh), desikator (*Duran*), magnetik stirrer, beaker gelas, gelas ukur, stopwatch (*Casio*), cawan petri, pipet tetes, ayakan 50 mesh, kertas saring *whatman*, pipet ukur, pH meter, erlemeyer, pengaduk kaca, labu ukur, aluminium foil, spatula, corong kaca, cawan porselin, *furnace*, penjepit, *scanning electron microscopy (SEM)* dan spektrometri serapan atom (*Perkin Elmer*)

#### III.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang biji pala (*Myristica fragrans Houtt*), pasir kuarsa, logam ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), asam klorida ( $\text{HCl}$ ) 1 M, natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) 0,5 M, asam sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) 2 M dan akuades ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### III.3. Prosedur Kerja

#### III.3.1 Preparasi Sampel

Cangkang biji pala ditimbang sebanyak 400 gram, dibersihkan dengan cara dicuci menggunakan air bersih, lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 7 hari. Setelah itu di karbonisasikan dengan menggunakan dalam *furnace* dengan suhu  $250^\circ\text{C}$  selama  $\pm 15$  menit. Arang yang diperoleh dihaluskan menggunakan alat yaitu alu, kemudian diayak menggunakan ayakan 50 *mesh* ukuran (*Hitijahubessy, 2019*).

### III.3.2 Rendemen

Perhitungan rendemen dengan membandingkan berat bahan awal kering dengan berat bahan akhir setelah menjadi karbon aktif.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Karbon}}{\text{Berat Bahan Baku}} \times 100 \% \dots\dots\dots 3.1$$

### III.3.3 Proses Aktivasi Karbon Menggunakan Larutan HCl 1 M

Karbon cangkang biji pala yang telah dihasilkan selanjutnya direndam menggunakan aktivator asam klorida (HCl) 1 M selama 24 jam, setelah itu dibilas dengan akuades berulang kali hingga pH netral dan selanjutnya disaring menggunakan kertas saring *whatman*, kemudian residunya dioven dengan suhu 110°C selama ± 1 jam (Elvida, 2021).

### III.3.4 Karakterisasi Morfologi Permukaan Menggunakan SEM

Analisis morfologi permukaan adsorben cangkang biji pala dan pasir kuarsa menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan pada perbesaran 3000 x untuk sampel pasir kuarsa yang teraktivasi, agar dapat mengetahui mana yang mampu menyerap logam tembaga Cu dengan baik (Nurliza, 2020).

### III.3.5 Kadar Air

Karbon aktif sebanyak 2 g diukur beratnya. Kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sebelumnya telah dikeringkan di dalam oven dan memiliki bobot tetap. Cawan porselin yang berisi sampel dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam, lalu didinginkan. Setelah itu, sampel disimpan dalam desikator dan ditimbang untuk menentukan kadar airnya (Jubilate dkk, 2016).

$$\text{Kadar Air} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \% \dots\dots\dots 3.2$$

Dimana :

$m_1$  = Berat porselin (g)

$m_2$  = Berat porselin + sampel sebelum pemanasan (g)

$m_3$  = Berat porselin + sampel setelah pemanasan (g)

### III.3.6 Kadar Abu

Karbon aktif sebanyak 2 g diukur beratnya dan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang sudah ditimbang sebelumnya. Cawan porselin yang berisi sampel ditempatkan dalam furnace yang telah dipanaskan hingga mencapai suhu 400°C, kemudian dibiarkan selama 15 menit. Setelah adsorben berubah menjadi abu, sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali hingga mencapai berat konstan (Jubilate dkk, 2016).

$$\text{Kadar Abu} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana :

$m_1$  = massa porselin (g)

$m_2$  = massa porselin + sampel awal (g)

$m_3$  = massa porselin + abu (g)

### III.3.7 Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa di cuci bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari, setelah pasir kuarsa kering selanjutnya di ayak menggunakan ayakan dengan ukuran 50 *mesh*, Sampel pasir dicuci dengan akuades dan direndam dalam larutan asam klorida (HCl) 1 M selama 24 jam. setelah itu dilakukan pembilasan dengan 6 kali bilas dengan akuades dan diukur pH nya. Kemudian disaring menggunakan kertas saring *whatman* 01, lalu keringkan di oven dengan suhu 110°C selama ± 1 jam (Susanti, 2017).

### III.3.8 Proses Aktivasi Pasir Kuarsa Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 0,5 M

Pasir kuarsa ditimbang sebanyak 100 g, setelah itu dimasukkan kedalam beaker gelas yang beukuran 250 mL, lalu dilakukan perendaman dengan cara menambahkan larutan NaOH 0,5 M selama 2 hari, kemudian dilakukan penyaringan dan residu yang di dapatkan dicuci dengan akuades sebanyak 6 kali pencucian hingga pH netral. Setelah penyaringan selesai residu yang di peroleh

dapat dilakukan pemanasan dalam oven selama 1 jam dengan suhu 110°C. Setelah kering pasir kuarsanya disimpan di desikator (Aprilawati, dkk., 2021).

### **III.3.9 Karakterisasi Karbon dan Pasir Menggunakan FTIR**

Dilakukan uji karakteristik permukaan karbon aktif dan pasir menggunakan metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR) sesudah aktivasi untuk menganalisis gugus fungsi karbon aktif dari cangkang biji pala dan pasir. Hasil pembacaan berupa spektrum dari spektrofotometer *infra red* (FT-IR) digunakan dalam menentukan gugus fungsi yang terdapat pada sampel dengan melakukan interpretasi data spektrum FT-IR seperti bilangan gelombang dan persen transmitansinya (Wahyuni dkk., 2021).

### **III.3.10 Karakterisasi Morfologi Permukaan Menggunakan SEM**

Analisis morfologi permukaan adsorben cangkang biji pala dan pasir kuarsa menggunakan instrumen Scanning Electron Microscope (SEM) dilakukan pada perbesaran 3000 x untuk sampel pasir kuarsa yang teraktivasi, agar dapat mengetahui mana yang mampu menyerap logam tembaga Cu dengan baik (Nurliza, 2020).

### **III.3.11 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)**

#### **1. Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)**

Dilarutkan 3,929 gram  $\text{CuSO}_4$  dengan akuades, dimasukkan  $\text{CuSO}_4$  ke dalam labu takar dan diencerkan hingga tanda batas serta dikocok hingga homogen. Proses pengenceran dilakukan hingga mencapai tanda batas, sambil mencampur secara homogen. Selanjutnya, sejumlah 10 mL larutan standar tembaga (Cu) 1000 mg/L dipipet dan ditransfer ke dalam labu takar berukuran 1000 mL. Larutan ini kemudian diencerkan menggunakan akuades hingga mencapai tanda batas, lalu dihomogenkan dengan baik (Kristianigrum, 2020).

## **2. Pembuatan Larutan Logam Berat Tembaga (Cu) Dengan Konsentrasi 10 mg/L**

Larutan induk tembaga (Cu) dengan konsentrasi 1000 mg/L diencerkan menjadi konsentrasi 100 mg/L, pembuatan larutan standar tembaga (Cu) dimulai dengan melarutkan larutan induk tembaga 1000 mg/L menjadi konsentrasi 100 mg/L. Dalam proses ini, diambil 10 mL dari larutan Cu 1000 mg/L dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Akuades ditambahkan hingga mencapai tanda batas, menghasilkan larutan Cu 100 mg/L. Selanjutnya, untuk membuat larutan Cu 8,280 mg/L, diambil 10 mL dari larutan Cu 100 mg/L dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Akuades ditambahkan hingga tanda batas tera, memastikan kehomogenan, dan menghasilkan larutan standar Cu 8,280 mg/L. (Dermawan, 2017).

### **III.3.12 Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)**

#### **1. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Biji Pala**

Siapkan 3 erlemeyer 250 mL yang masing-masing erlemeyer ditambahkan karbon aktif yang telah diaktivasi dengan HCl 1 M, dengan variasi massa 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g, setelah itu ditambahkan larutan tembaga Cu 8,280 mg/L sebanyak 10 mL, Kemudian larutan tersebut di magnetik stirrer dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 30 menit. Setelah itu didiamkan selama  $\pm$  1 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dan diambil filtratnya untuk dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) (Misfadhila, 2018).

#### **2. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Pasir Kuarsa**

Siapkan 3 erlemeyer 250 mL yang masing-masing erlemeyer ditambahkan karbon aktif yang telah diaktivasi dengan HCl 1 M, dengan variasi massa 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g, setelah itu ditambahkan larutan tembaga Cu 8,280 mg/L sebanyak 10 mL, Kemudian larutan tersebut di magnetik stirrer dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 30 menit. Setelah itu didiamkan selama  $\pm$  1 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dan diambil filtratnya untuk dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) (Misfadhila, 2018).

### **III.3.13 Modifikasi Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Dengan Menggunakan Asam Sitrat 2 M**

Serbuk cangkang biji pala ditimbang sebanyak 50 gram dan dimasukkan kedalam gelas kimia ukuran 250 mL, dan ditambahkan larutan asam sitrat dengan konsentrasi 2 M sebanyak 50 mL. Setelah itu dipanaskan selama 2 jam dengan suhu 60°C dan kecepataannya 200 rpm. Selanjutnya didinginkan, setelah itu dilakukan pembilasan dengan akuades sampai pH netral = 7, lalu dipisahkan filtrat dan residunya. Residu yang diperoleh dioven dengan suhu 60°C selama 24 jam (Azmiyani, 2018).

### **III.3.14 Modifikasi Pasir Kuarsa Dengan Menggunakan Asam Sitrat 2 M**

Pasir kuarsa ditimbang sebanyak 50 gram dan dimasukkan kedalam gelas kimia ukuran 250 mL, dan ditambahkan larutan asam sitrat dengan konsentrasi 2 M sebanyak 50 mL. Setelah itu dipanaskan selama 2 jam dengan suhu 60°C dan kecepataannya 200 rpm. Selanjutnya didinginkan, setelah itu dilakukan pembilasan dengan akuades sampai pH netral = 7, lalu dipisahkan filtrat dan residunya. Residu yang diperoleh dioven dengan suhu 60°C selama 24 jam (Rosiaty dkk., 2019).

### **III.3.15 Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)**

#### **1. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Karbon Aktif Yang Termodifikaasi Cangkang Biji Pala**

Siapkan 3 erlemeyer 250 mL yang masing-masing erlemeyer ditambahkan karbon aktif yang telah dimodifikasi dengan asam sitrat 2 M, dengan variasi massa 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g, setelah itu ditambahkan larutan tembaga Cu 8,280 mg/L sebanyak 10 mL, Kemudian larutan tersebut di *magnetik stirrer* dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 30 menit. Setelah itu didiamkan selama  $\pm$  1 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dan diambil filtratnya untuk dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) (Misfadhila, 2018).

## **2. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Pasir Kuarsa Yang Termodifikasi.**

Siapkan 3 erlemeyer 250 mL yang masing-masing erlemeyer ditambahkan karbon aktif yang telah dimodifikasi dengan asam sitrat 2 M, dengan variasi massa 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g, setelah itu ditambahkan larutan tembaga Cu 8,280 mg/L sebanyak 10 mL, Kemudian larutan tersebut di *magnetik stirrer* dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 30 menit. Setelah itu didiamkan selama  $\pm$  1 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dan diambil filtratnya untuk dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA) (Misfadhila, 2018).

## **3. Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Dengan Kombinasi Karbon Aktif Termodifikasi Dan Pasir Kuarsa Yang Termodifikasi.**

Siapkan erlemeyer sebanyak 3 yang berukuran 250 mL, dimasukkan larutan logam Cu dengan konsentrasi 10 mg/L sebanyak 50 mL pada masing-masing erlemeyer. Karbon aktif cangkang biji pala dan pasir kuarsa dimasukkan kedalam larutan logam Cu 10 mg/L dengan variasi massanya 0,5 g : 0,5 g, pada erlemeyer pertama 1,5 g : 1 g, pada erlemeyer kedua dan yang ketiga ditambahkan 1 g : 1,5 g. Selanjutnya masing-masing larutan tersebut di *magnetik stirrer* dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 30 menit. Setelah pengadukan, sampel didiamkan selama 1 jam. Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas saring. Lalu diukur filtratnya dengan menggunakan AAS (Zilda, 2022).

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**IV.1. Data Hasil Penelitian**

**IV.1.1 Hasil Analisis Rendemen Dari Cangkang Biji Pala**

Tabel IV.1.1 Hasil Analisis Rendemen Dari Cangkang Biji Pala

Jenis Sampel	Berat Awal	Berat Karbon	Rendemen (%)
Cangkang Biji Pala	400 gram	213,8 gram	53,45%

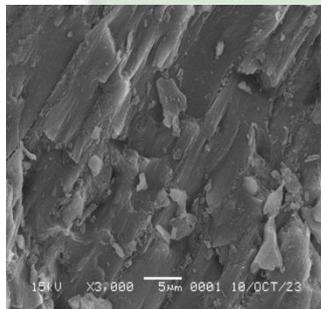
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi karbon aktif yang dihasilkan cangkang biji pala serta kemampuannya dalam mengadsorpsi logam Cu. Hasil karbon aktif dari cangkang biji pala dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar IV.1 Karbon Aktif  
*Sumber : Pribadi*

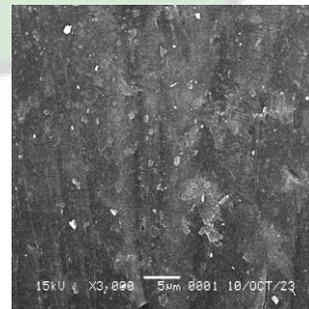
**IV.1.2 Hasil Analisis SEM**

Hasil uji *Scanning Elektron Mikroskope* (SEM) pada karbon aktif cangkang biji pala dan pasir dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



(a) Perbesaran 3000x

Gambar IV.2 Karbon Aktif



(b) Perbesaran 3000x

Gambar IV.3 Pasir

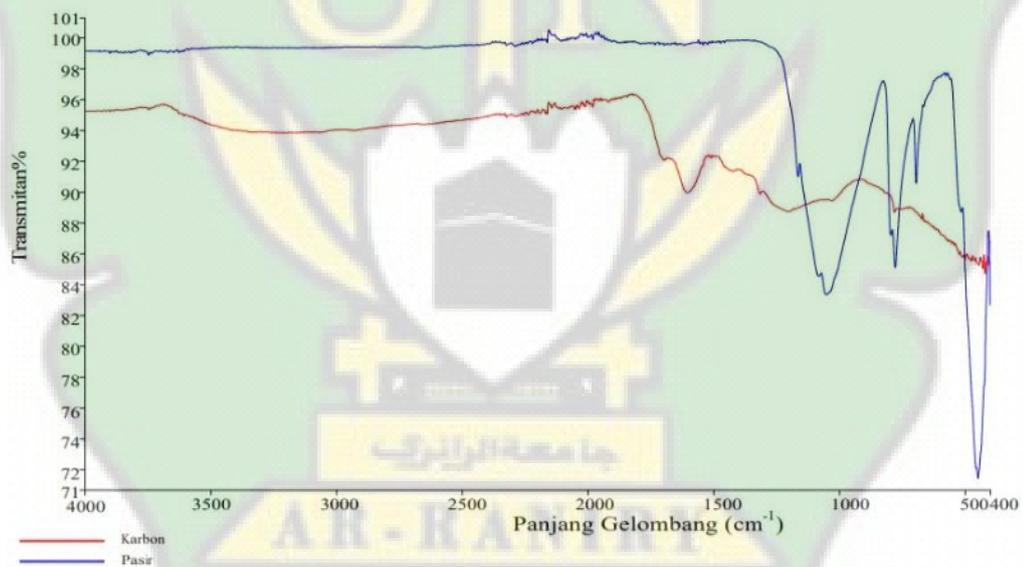
#### IV.1.3 Hasil Analisis Kadar Air Dan Kadar Abu Sesuai Mutu SNI 06- 3730-1995

Tabel IV.1.2 Hasil Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Sesuai Mutu SNI 06-3730-1995

Uraian	Hasil Analisis Karbon Aktif (%)	Persyaratan Kualitas (%)
Kadar Air	5,38 %	Maksimum 15 %
Kadar Abu	9,5 %	Maksimum 10 %

#### IV.1.4 Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif Dan Pasir Menggunakan FTIR

Hasil karakterisasi karbon aktif dan pasir menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar IV.4 Hasil Analisis Spektrum FTIR Karbon Aktif dan Pasir

Berdasarkan hasil serapan FTIR karbon aktif dan pasir diatas didapatkan peak yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel IV.1.3 Analisis Gugus Fungsi Karbon aktif dan Pasir

Jenis Sampel	Panjang Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Transmitan (%)	Gugus Fungsi
Karbon	3200	93,85	O-H
	1605	89,97	C = O
	1203	88,73	C – O
	419	84,68	C = C - H
Pasir	1051	83,37	C – H
	776	85,11	Si-O-Si
	693	90,61	C ≡ O
	447	71,42	C – O

#### IV.1.5 Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)

Tabel IV.1.5 Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)

Jenis Adsorben	Kecepatan Pengadukan : 200 rpm	
	Waktu Pengadukan : 30 Menit	
	Massa Adsorben (g)	Kosentrasi Cu yang Teradsorpsi (mg/L)
Cangkang Biji Pala	0,5	1,832
	1	2,653
	1,5	4,528
Pasir	0,5	5,763
	1	5,189
	1,5	3,119
Kombinasi	0,5 Karbon Aktif + 0,5 Pasir	2,323
	1 Karbon Aktif + 1,5 Pasir	3,252
	1,5 Karbon Aktif + 1 Pasir	1,696

#### IV.1.6 Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Logam Tembaga (Cu)

Tabel IV.1.6 Efektivitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)

Jenis Adsorben	Kecepatan Pengadukan : 200 rpm	
	Waktu Pengadukan : 30 Menit	
	Massa Adsorben (g)	Efektivitas Adsorpsi (%)
Cangkang Biji Pala	0,5	18,32
	1	26,53
	1,5	45,28
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata		30,05

Jenis Adsorben	Kecepatan Pengadukan : 200 rpm	
	Waktu Pengadukan : 30 Menit	
	Massa Adsorben (g)	Efektivitas Adsorpsi (%)
Pasir	0,5	57,63
	1	51,89
	1,5	31,19
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata		46,91
Cangkang Biji Pala : Pasir	0,5 : 0,5	23,23
	1 : 1,5	32,52
	1,5 : 1	16,96
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata		24,24

## IV.2. Pembahasan

### IV.2.1 Preparasi Karbon

Hasil Analisis cangkang biji telah menghasilkan karbon aktif sebanyak 213,8 gram dengan nilai rendemen sebesar 53,45%. Rendemen yang tinggi menunjukkan efisiensi proses aktivasi dalam mengubah cangkang biji pala menjadi karbon aktif. Secara umum, rendemen di atas 50% sering dianggap baik untuk proses produksi karbon aktif. Oleh karena itu, berdasarkan nilai rendemen sebesar 53,45%, dapat disimpulkan bahwa hasil dari cangkang biji pala ini kemungkinan besar memenuhi atau bahkan melebihi standar mutu yang umum diterima dalam industri karbon aktif. Proses perendaman pasir kuarsa dengan larutan aktivator menyebabkan perubahan warna menjadi coklat kehitaman. Pasir yang dihasilkan sedikit lebih putih setelah proses perendaman dan penyaringan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ukhtiyani, (2017) perubahan ini terjadi akibat terlarutnya senyawa pengotor yang terdapat dalam setiap sampel pasir kuarsa dalam pelarutnya.

### IV.2.2 Karakterisasi SEM Pada Morfologi Permukaan Karbon Aktif dan Pasir

Menurut (Bakti dkk., 2022), hasil analisis morfologi permukaan pada adsorben dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil SEM menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki morfologi permukaan yang relatif sama dengan pasir. Berdasarkan Hasil SEM dengan perbesaran 3000 kali, ukuran gambar 5  $\mu\text{m}$  terlihat sangat jelas porositas yang terbentuk adalah 0,8  $\mu\text{m}$ . karbon aktif dari cangkang biji pala menunjukkan morfologi permukaan

dengan pori yang kasar dan tidak teratur, tersebar di seluruh karbon aktif seperti pada gambar IV.2 (a). Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori dengan memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan, mengakibatkan peningkatan luas permukaan dan meningkatkan daya adsorpsi. Di sisi lain, sampel pasir kuarsa memiliki morfologi yang relatif kecil, dengan butiran seragam dan permukaan yang kasar, terlihat menggumpal sebagaimana yang terlihat pada gambar IV.2 (b). Zat asam memiliki kemampuan mengikat air lebih baik untuk melarutkan zat-zat organik dan anorganik yang terikat dalam material karbon sehingga menghasilkan karbon dengan pori-pori yang lebih bersih dan terbuka. Semakin besar pori-porinya maka luas permukaan karbon aktif juga semakin meningkat (Fanani dkk., 2019).

#### **IV.2.3 Karakterisasi Mutu Karbon aktif Berdasarkan (SNI 0637-1995)**

##### **1. Kadar Air**

Pengujian kadar air pada karbon aktif untuk memastikan bahwa kandungan airnya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Tujuan utama pengukuran kadar air ini adalah untuk menentukan sejauh mana karbon aktif bersifat higroskopis, sebagaimana dijelaskan oleh (Verayana dkk., 2018). Kadar air pada karbon aktif dari cangkang biji pala yang diaktivasi dengan HCl sebesar 5,38% mencerminkan jumlah air yang terkandung dalam material tersebut. Pengukuran ini relevan untuk mengetahui kemurnian dan kualitas karbon aktif, serta dapat memengaruhi kinerja dan aplikasi material tersebut dalam berbagai konteks, terutama dalam proses adsorpsi atau pengolahan air. Kandungan air yang lebih rendah cenderung meningkatkan efisiensi karbon aktif dalam menyerap zat tertentu, sehingga pengukuran ini memiliki implikasi praktis dalam aplikasi industri dan lingkungan. Hasil ini telah memenuhi SNI 06- 3730-95 yaitu maksimal 15%, rendahnya kadar air dapat disebabkan karena perlakuan pengeringan setelah aktivasi (Rahim dkk., 2022).

##### **2. Kadar Abu**

Uji kadar abu digunakan untuk menentukan jumlah mineral dan oksida-oksida logam yang terkandung dalam karbon aktif. Kadar abu yang tinggi, seperti pada karbon aktif cangkang biji pala yang diaktivasi HCl sebesar 9,5%, dapat

berdampak negatif pada permukaan karbon aktif dan kinerja penyerapannya. Kelebihan abu cenderung menyebabkan penyumbatan pori karbon aktif, mengurangi luas permukaan yang tersedia dan menghambat aktivitas adsorpsi karbon aktif dalam menyerap zat-zat tertentu (Oktaviani dkk., 2022). Hasil ini telah memenuhi SNI 06- 3730-95 yaitu maksimal 10%, Semakin rendah kadar abu pada karbon aktif, semakin tinggi kemurnian karbon aktif yang dihasilkan. Kandungan abu yang rendah meminimalkan penyebaran mineral seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium dalam kisi-kisi karbon aktif, yang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan zat dari larutan. Kehadiran abu berlebihan dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori, mengurangi luas permukaan karbon aktif.

#### **IV.2.4 Hasil Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif Dan Pasir Menggunakan FTIR**

Berdasarkan hasil analisisnya dapat dilihat pada Gambar IV.1.4 dan Tabel IV.1.3 analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung dalam karbon mulai dari  $400\text{ cm}^{-1}$  sampai  $4000\text{ cm}^{-1}$ . Spektra Karbon dan Pasir dapat dilihat pada gambar IV.1.2 menunjukkan puncak serapan pada bilangan  $3200\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya gugus O-H (hidroksil). Didukung dengan penampakan gugus C-O *stretching vibration* yang terikat pada ester dengan luas serapan  $1204\text{ cm}^{-1}$  dan pada pasir dengan panjang gelombang  $1051\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan terdapat gugus C-H dengan puncak serapan tertinggi yaitu 83%. Berdasarkan analisis spektrum FTIR pada karbon aktif menunjukkan adanya ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C. Prinsipnya, keberadaan ikatan OH dan C-O mengindikasikan sifat polar karbon aktif. Permukaan karbon aktif mengandung kelompok fungsi polar, seperti -OH dan -COOH, yang memiliki muatan negatif karena keberadaan oksigen yang lebih elektronegatif (Wibowo dkk., 2011). Muatan negatif ini memungkinkan interaksi elektrostatik dengan senyawa bermuatan positif, seperti logam  $\text{Cu}^{2+}$ , yang merupakan target dalam penyerapan. Interaksi elektrostatik yang kuat memudahkan penyerapan senyawa positif pada permukaan karbon aktif .

#### **IV.2.5 Hasil Analisis Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)**

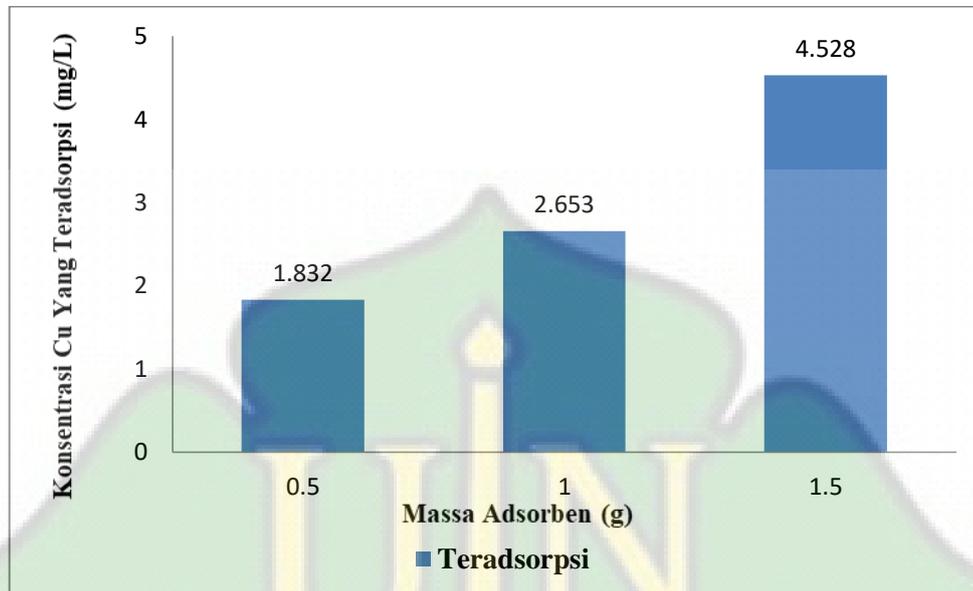
Berdasarkan hasil penelitian Asam sitrat dapat digunakan untuk mencegah pembentukan karbon aktif yang menghambat pori-pori, meningkatkan kemampuan adsorpsi melalui modifikasi. Analisis karbon aktif termodifikasi asam sitrat telah dilaksanakan untuk mengkaji parameter yang mempengaruhi daya adsorpsi ion tembaga (Anisyah dkk., 2021). Asam sitrat efektif dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif termodifikasi terhadap ion tembaga (Cu). Dalam eksperimen dengan cangkang biji pala, asam sitrat mencapai efisiensi tertinggi, yaitu 4,530 mg/L pada massa 1,5 g karbon. Sementara itu, pasir, yang digunakan sebagai pembanding, menunjukkan penyerapan akhir sebesar 3,508 mg/L pada massa 0,5 g. Kombinasi karbon aktif dan pasir menghasilkan nilai penyerapan sebesar 4,530 mg/L pada massa 1,5 g karbon ditambah 1 g pasir. Kesimpulannya, modifikasi karbon aktif dengan asam sitrat meningkatkan efisiensi adsorpsi ion tembaga, dan kombinasi dengan pasir dapat memberikan hasil yang signifikan.

#### **IV.2.6 Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)**

##### **1. Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Yang Termodifikasi**

Berdasarkan data dalam tabel diatas pada IV.1.5 dapat di ketahui bahwa Peningkatan massa adsorben cangkang pala dari 0,5 g menjadi 1,5 g meningkatkan penurunan konsentrasi awal Cu dari 8,280 mg/L menjadi 4,530 mg/L. Pada massa 1,5 g, persentase Cu teradsorpsi mencapai 4,528%. Sebaliknya, pada massa 0,5 g, penurunan konsentrasi Cu hanya mencapai 6,763 mg/L dengan persentase teradsorpsi sebesar 1,832%. Massa 1 g adsorben cangkang pala menghasilkan penurunan konsentrasi dari 8,280 mg/L menjadi 6,083 mg/L, dengan persentase teradsorpsi sebesar 2,653%. Menurut Nurafriyanti dkk., (2017), kenaikan penyerapan adsorben terjadi karena peningkatan jumlah adsorben, yang menyediakan lebih banyak gugus aktif. Sebaliknya, penurunan penyerapan terjadi ketika ion logam dan selulosa karbon aktif telah mencapai titik jenuh, menghentikan kemampuan adsorben untuk menyerap ion logam Cu. Hasil uji

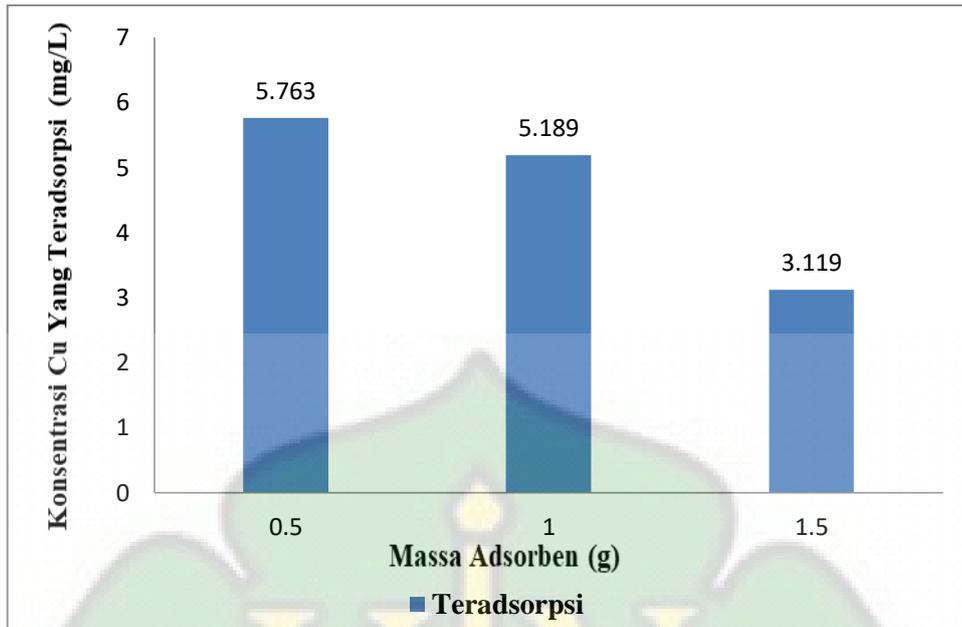
menunjukkan bahwa massa optimal adsorben cangkang biji pala adalah 1,5 g untuk menurunkan konsentrasi awalnya. Grafik perbandingan karbon aktif dengan variasi massanya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar IV.5 Pengaruh massa adsorben cangkang biji pala Terhadap parameter Cu

## 2. Pasir Yang Termodifikasi

Berdasarkan tabel IV.1.6 menunjukkan penggunaan pasir sebagai adsorben untuk mengurangi konsentrasi logam Cu. Penyerapan ion logam meningkat seiring dengan peningkatan berat adsorben, mencapai kesetimbangan. Data gambar menunjukkan peningkatan penyerapan logam pada berat adsorben pasir 0,5 g. Nurafriyanti dkk., (2017) menyatakan bahwa peningkatan adsorpsi terjadi karena interaksi yang lebih banyak antara adsorben dan logam Cu. Namun, pada berat 1 g hingga 1,5 g, penyerapannya relatif menurun akibat perbedaan konsentrasi, di mana konsentrasi tembaga yang terikat pada pasir lebih besar daripada yang tersisa dalam larutan, menyebabkan pelepasan ion Cu ke dalam larutan. Uji menunjukkan bahwa berat adsorben pasir 0,5 g adalah massa optimum untuk mengurangi konsentrasi Cu dari 8,280 mg/L menjadi 3,508 mg/L, dengan penyerapan sebesar 5,763%. Grafik perbandingan pasir dengan variasi massanya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar IV.6 Pengaruh Massa Adsorben Pasir Terhadap Parameter Cu

### 3. Kombinasi Karbon Aktif Termodifikasi Dan Pasir Yang Termodifikasi

Berdasarkan tabel IV.1.7 dapat dilihat bahwa efisiensi penyerapan tertinggi terjadi pada kombinasi massa 1 g karbon aktif cangkang biji pala dan 1,5 g pasir. Konsentrasi awal Cu 8,280 mg/L menurun menjadi 5,587 mg/L, dengan persentase penyerapan 3,252%. Sebaliknya, efisiensi penyerapan terendah terjadi pada massa 1,5 g karbon aktif cangkang biji pala ditambah 1 g pasir dengan waktu kontak 30 menit dan pengadukan cepat 200 rpm. Konsentrasi awal logam Cu 8,280 mg/L menurun menjadi 6,875 mg/L, dengan persentase penyerapan 1,696%. Hasil uji menunjukkan bahwa massa optimal adsorben adalah kombinasi cangkang biji pala 1 g dan pasir 1,5 g, mengurangi konsentrasi awal Cu 8,280 mg/L menjadi 3,252 mg/L. Grafik perbandingan kombinasi kedua sampel dengan variasi massanya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar IV.7 Pengaruh Massa Adsorben Kombinasi Keduanya Terhadap Parameter Cu

Menurut (Nurafriyanti dkk., 2017), jika kita menggunakan lebih banyak adsorben, maka akan ada lebih banyak gugus aktif yang tersedia. Gugus aktif ini bertanggung jawab untuk pertukaran ion  $H^+$  dengan ion logam. Namun, ada suatu titik di mana adsorben dan ion logam mencapai kejenuhan, yang mengakibatkan penurunan kemampuan adsorben untuk menyerap lebih banyak ion logam. Dengan kata lain, ketika adsorben mencapai titik jenuh, kemampuannya untuk menyerap ion logam menjadi terbatas, dan proses penyerapan mengalami penurunan.

#### IV.2.7 Efektivitas Adsorpsi

Efektivitas adsorpsi logam Cu oleh adsorben (cangkang biji pala, pasir, dan kombinasi keduanya) meningkat seiring dengan peningkatan massa adsorben, menyebabkan penyerapan lebih banyak ion logam. Varian massa adsorben (0,5 g, 1 g, dan 1,5 g) memengaruhi kemampuan adsorben dalam mengurangi konsentrasi ion logam, menunjukkan bahwa metode adsorpsi berperan sebagai mekanisme pemisahan dalam fase cairan. Proses ini mengubah ion logam setelah mengalami adsorpsi oleh adsorben (Novua dkk., 2019).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Pengaruh yang terjadi pada penambahan massa adsorben yaitu mampu menurunkan kadar logam tembaga, penurunan ini cenderung meningkat seiring dengan peningkatan massa adsorben, namun ada perbedaan respon antara cangkang biji pala dan pasir. Dimana pasir menunjukkan efektivitas tertinggi pada massa 0,5 g.
2. Pasir secara umum lebih efektif daripada cangkang biji pala dalam menurunkan kadar logam tembaga. Peningkatan massa cangkang biji pala meningkatkan efektivitas, tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan pasir.

#### **V.2. Saran**

Berdasarkan hasil dari penelitian adapun saran untuk penelitian yang selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya mengenai pemanfaatan kombinasi adsorben cangkang biji pala dan pasir dapat dilakukan kembali dengan penambahan variabel bebas, seperti variasi waktu pengadukan, variasi kecepatan pengadukan, dan variasi konsentrasi larutan.
2. Bagi peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian untuk menguji kandungan senyawa lignin pada cangkang biji pala terlebih dahulu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Hudha, N. U. (2022). Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Pala (*Myristica fragrans hountt*) Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD Dan BOD Pada Limbah Cair Tahu (UIN Ar-Raniry). *Skripsi*.
- Anggraeni, T. I. K. (2014). Uji Kandungan Logam Merkuri (Hg) Padasediaan Krim Pemutih Wajah Yang Beredar Di Kota Makassar. Disampaikan pada Sidang Akhir Sarjana Farmasi pada Prodi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Hasanudin Makasar. *Skripsi*.
- Anisyah, A., Arnelli, A., & Astuti, Y. (2021). Pembuatan Karbon Aktif Termodifikasi Surfaktan Sodium Lauryl Sulphate (Smac-Sls) Dari Tempurung Kelapa Menggunakan Aktivator  $ZnCl_2$  Dan Gelombang Mikro Sebagai Adsorben Kation Pb (II). *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 1(1), 1-6.
- Antika, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea mays*) sebagai Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Teknik Celup. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), 78-84.
- Azmiyani, U. (2018). Adsorpsi Logam Fe Dan Cu Menggunakan Biosorben Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat Pada Limbah Laboratorium UIN Maulana Malik Ibrahim Malang . Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. *Skripsi*.
- Bakti, A. I., Harianto, Y. A., & Nugraha, M. K. (2022). Karakterisasi Karbon Aktif Yang Terbuat Dari Tempurung Kelapa Dengan Aktivasi  $Na_2CO_3$  Dan Suhu  $1000^{\circ}C$  Menggunakan Teknik XRD dan SEM-EDX. *Chemistry Progress*, 15(2), 76-82.
- Bakruddin, B., Rachmatillah, F., Amri, A., & Jalil, Z. (2020). Identifikasi Kandungan Unsur pada Pasir Kuarsa Menggunakan Metode X-Ray *Flourescence* di Kecamatan Samadua, Aceh Selatan: *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 2(2), 32-35.
- Chadijah, S., Supiati, S., & Yudi, M., (2013). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida (HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit

- Durian (Durio Zibethinus) Pada Zat Warna Methanil Yellow. *Kimia*, 1(1), 53-63.
- Danarto, Y. C., Kurniawati, S. R., & Kusumawati, Y. (2004). Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Zn) Dengan Adsorben Pasir Yang Dilapisi Besi Oksida. *Ekuilibrium*, 3(2), 76-82.
- Darajat, Z., Septiani, M., & Fitria, F. (2023). Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Karakterisasi Arang Aktif Tongkol Jagung dengan Menggunakan Aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Jurnal Teknik Juara Aktif Global Optimis*, 3(1), 08-15.
- Didik, L. A., Rahmawati, E., Robiandi, F., Rahayu, S., & Santjojo, D. J. D. H. (2014). Penentuan Ketebalan Lapisan Polistiren dan Zinc Phthalocyanine (ZnPc) dengan Modifikasi Persamaan Sauerbrey dan Scanning Electron Microscope (SEM). *Natural B*, 2(4), 331-335.
- Desiyani, E. (2021). Sintesis Dan Karakterisasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif Untuk Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Dan Cd (II) Dalam Larutan. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. *Skripsi*.
- Elvida, D. (2021). Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata) Untuk Pengolahan Air Bersih. UIN AR-RANIRY. *Skripsi*.
- Fatimah, S. (2015). Optimasi Parameter Adsorpsi NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Dalam Limbah Cair Tahu Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa Dengan Sistem Dinamis, *Skripsi*.
- Firdiyono, F., Handayani, M., Sulistiyono, E., & Antoro, I. D. (2016). Percobaan Pendahuluan Perbandingan Daya Serap Unsur Minor Dalam Larutan Natrium Silikat. *Metalurgi*, 27(1), 15-26
- Ghafar, M., Kartina, N., Mulyadi, M., Hidayat, M., & Kurniawati, K. (2019). Kandungan Karbon Tanah Di Kawasan Hutan Sekunder Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 6 (1).
- Ghiffari, M. (2020). Pengaruh Variasi Konsentrasi Aktivator KOH pada Arang Aktif Eceng Gondok Terhadap Sifat Listrik dan Daya Serap Iodin. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, *Skripsi*.

- Hitijahubessy, H. (2019). Analisis Kualitas Karbon Aktif Tempurung Pala (*myristica fragrans*) Sebagai Agen Pengadsorpsi. *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 1(2), 001-004.
- Indah, D. R. (2020). Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Pada Karbon Baggase Teraktivasi Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 7 (1), 20-28.
- Indo, La ode., Rahmanipu., & haeruddin. (2019). Pengaruh pengguna adsorben pasir kuarsa terhadap sifat fisiko kimia asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa. *Jurnal pendidikan Kimia Universitas Halu Oleo*. 4 (1), 88.
- Jubilate, F., Zaharah T, A., Syahbanu, I. Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben Besi (II) pada Air Tanah. *Jurnal JKK*, 5(4), 14-21. 2016.
- Kakomole, J. B. (2012, October). Karakteristik Pengeringan Biji Pala (*Myristica Fragrans* H) Menggunakan Alat Pengering Energi Surya Tipe Rak. *In Cocos*.1(1).
- Kristianingrum, S., Sulistyani, S., Fillaeli, A., Siswani, E. D., & Nafiisah, N. H. (2020). Aplikasi Sistem Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif untuk Penurunan Kadar Logam Cu dan Zn dalam Air Limbah. *Jurnal Sains Dasar*, 9(2), 54-59.
- Lesbani, A. (2011). Studi interaksi vanadium dan nikel dengan pasir kuarsa. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(4).
- Miskah, S., Aprianti, T., Putri, S. S., & Haryanti, S. (2018). Purifikasi Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1), 32-39.
- Misfadhila, S., Azizah, Z., Rusdi, R., & Putri, C. D. (2018). Pengaplikasian Cangkang Telur Dan Karbon Aktif Sebagai Adsorben Logam Timbal. *Jurnal Farmasi Higea*, 10(2), 126-133.
- Nasional, B. S. (1995). Arang Aktif SNI 06-3730-1995. Jakarta: BSN.
- Novia, A. A., Aulia, N., Dara, J. H., Mohammad, A., & Rizka, A. (2019). "Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi." *Widyakala Journal*" : 6:12–20.

- Nurafriyanti, N., Prihatini, N. S., & Syauqiah, I. (2017). Pengaruh Variasi pH Dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1).
- Nurliza, (2020). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum*) Sebagai Bioadsorben Penyerap Logam Besi (II) Pada Air Sumur Di Desa Baet Kabupaten Aceh Besar. UIN Ar-raniry. *Skripsi*.
- Oktaviani, E. P. O. S. P., Kholiza, N., & Ivontianti, W. D. (2022). Efektivitas Pengolahan Air Gambut Kota Pontianak dengan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Buah Bintaro (*Cerbera manghas*). *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 14(2), 182-187.
- Prabarini, Nunik., & Okayadnya, D. G. (2013). Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Dengan Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 33-41.
- Pambudi, D. S., Prasetya, A. T., & Sumarni, W. (2014). Adsorpsi Ion Cu (II) Menggunakan Pasir Laut Teraktivasi  $H_2SO_4$  Dan Tersalut  $Fe_2O_3$ . *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 37(1).
- Pramudita, L., Widajati, E., Suwarno, F. C., dan Surahman, M. (2017). Karakteristik Morfologi Benih Sebagai Parameter Untuk Penentuan Pohon Induk Sumber Benih Pala (*myristica fragrans houtt*). *J. Agron. Indonesia*, 45(1), 64-70.
- Pratiwi, N. E., Husaini, H., & Suhartono, E. (2016). Filtrasi Campuran Pasir Dan Ampas Tahu Kering Sebagai Adsorben Logam Besi Dan Mangan Pada Air Gambut. *Jurnal Berkala Kesehatan*, 1(2), 139-148.
- Rahim, H., Ardhaifa, W., & Rachma, R. (2022). Analisis Kualitas Arang Aktif Dari Biji Kapuk Sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu) Dalam Limbah Cair Industri. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 1(1), 14-17.
- Rosiati, N. M., Miswanda, D., & Muflikhah, M. (2019). Pelapisan Bahan Magnetik Pasir Besi Bugel dengan Sitrat. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(1), 1-5.
- Rudianto, R., Kamil, K., & Asiri, M. H. (2022). Karakteristik Mekanis Tembaga Hasil Pengecoran Dengan variasi Waktu Fase Solidifikasi. *J-Move*, 20-29.

- Rukmana, Purwono, S., & Yuliansyah, A. T. (2015). Pemanfaatan Cangkang Biji Pala sebagai Briket dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(2), 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): 68-73.
- Saputri, C. A. (2020). Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata De Coco (Bacterial Sellulose) Terhadap Ion  $Pb^{2+}$  Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*. 14(1), 71-76.
- Setiawati, E., & Suroto, S. (2010). Pengaruh Bahan Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(1), 21-26.
- Susanti, S., Widiarti, N., & Prasetya, A. T. (2017). Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar ION  $Cu^{2+}$  dalam Air. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 40(1), 39-42.
- Verayana, M. P., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCl Dan  $H_3PO_4$  Terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa Serta Uji Adsorpsi Pada Logam Timbal (Pb). *J. Entropi*, 13(1), 67-75.
- Wahyuni, W., Ahwan, A., & Qonitah, F. (2021). Identifikasi Senyawa Hasil Ekstrak Etanol Daun Adas (*Foeniculum vulgare mill*) dengan Skrining Fitokimia dan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR). *Journal of Pharmaceutical Science and Medical Research*, 4(2), 55-64.
- Wibowo, S., Syafi, W., & Pari, G. (2011). Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *Makara Teknologi*, 15 (1), 17-24.
- Windia, W. (2015). Prospek Agroindustri Pala Di Wilayah Pesisir (Suatu Studi Dalam Rangka Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Seith Kecamatan Leihitu Kabupaten Maluku Tengah). *Jurnal PIRAMIDA*, 6 (2), 88-94.
- Wulandari, F., Umiatin, U., & Budi, E. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam  $Cu^{2+}$ . *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16 (2), 60-64.

Yuliyanti, A., Sarah, D., & Soebowo, E. (2019). Pengaruh Lempung Ekspansif Terhadap Potensi Amblesan Tanah Di Daerah Semarang. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 22(2), 91-103.

Zilda, M. (2022). Pemanfaatan Arang Aktif dari Ampas Teh dan Kulit Pisang Sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb). UIN Ar-Raniry. *Skripsi*.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 : Skema Kerja

#### I.1 Analisis Sampel Cangkang biji Pala dan Pasir Kuarsa

##### I.1.1 Cangkang Biji Pala

Cangkang Biji Pala

- Dibersihkan cangkang biji pala
- Dikeringkan di bawah sinar matahari selama  $\pm 7$  hari
- Dikarbonasi dalam *furnace* pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 15$  menit
- Dihaluskan
- Diayak dengan menggunakan ayakan 50 mesh

Serbuk

##### I.1.2 Pasir Kuarsa

Pasir Kuarsa

- Dicuci bersih pasir dengan air bersih
- Dikeringkan di bawah sinar matahari selama  $\pm 7$  hari
- Dihaluskan
- Diayak dengan ayakan 50 mesh

Serbuk

#### I.2 Proses Aktivasi Karbon Aktif Dengan Menggunakan HCl 1 M

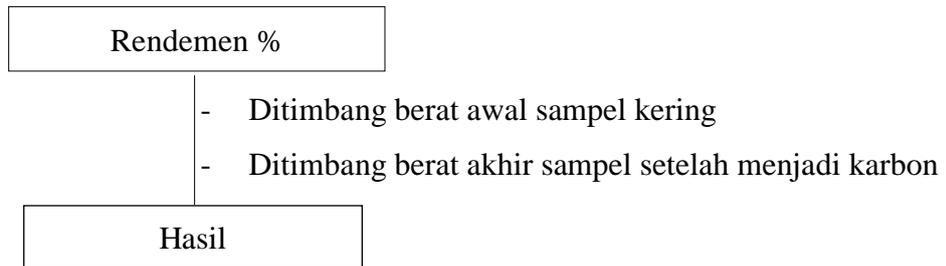
##### I.2.1 Karbon Aktif Cangkang Biji pala

100 g Karbon Aktif

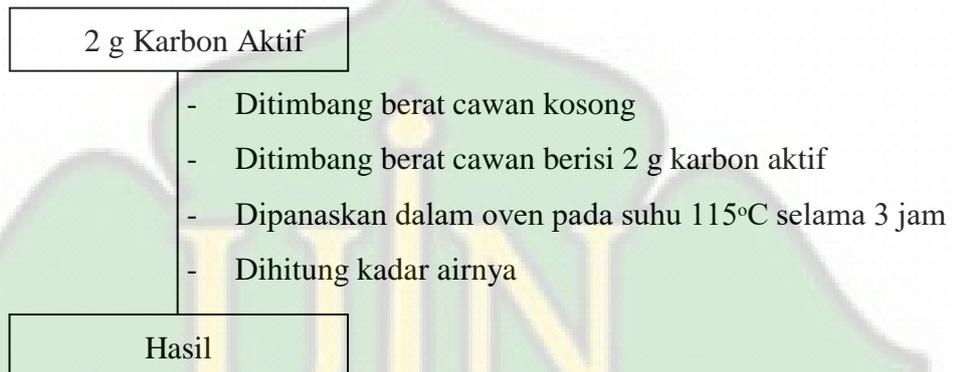
- Direndam dengan larutan asam klorida (HCl) 1 M selama  $\pm 24$  jam
- Dibilas dengan akuades berulang kali hingga pH netral
- Disaring menggunakan kertas saring
- Dioven residunya pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 1$  jam

Karbon Aktif

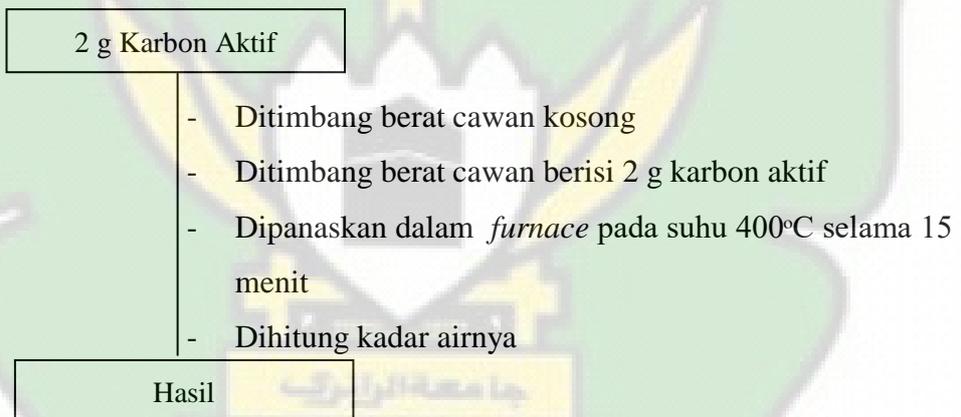
### 1. Rendemen



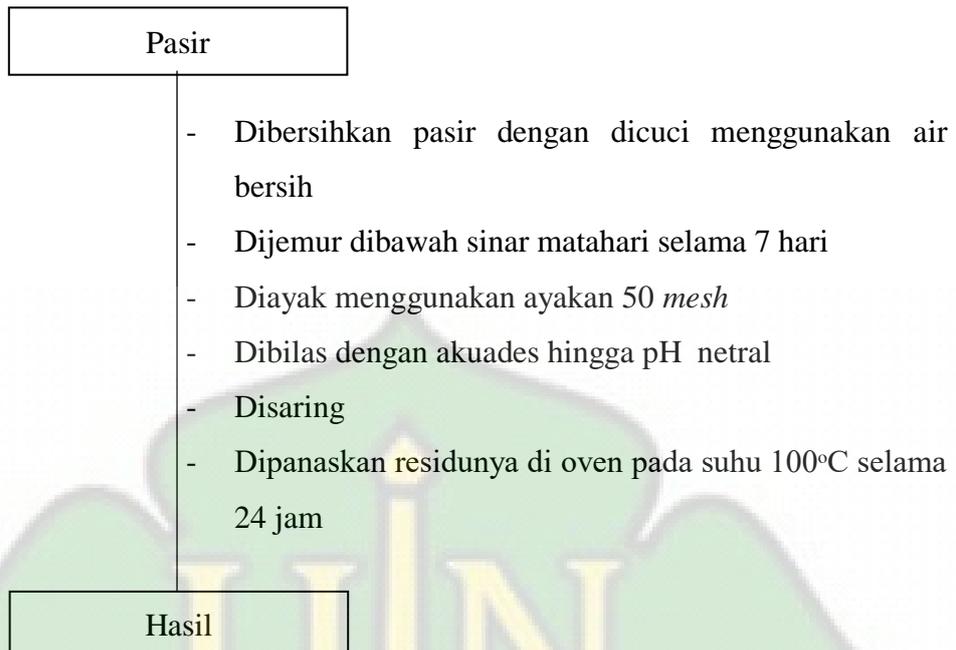
### 2. Penentuan Kadar Air



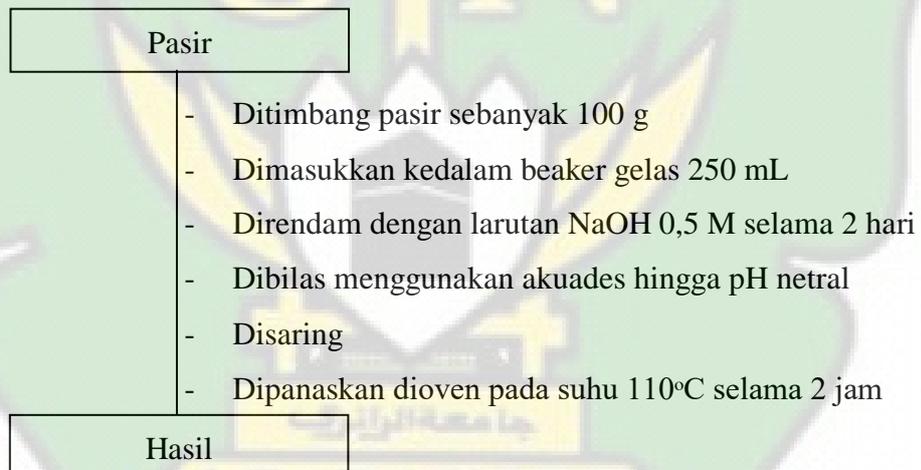
### 3. Penentuan Kadar Abu



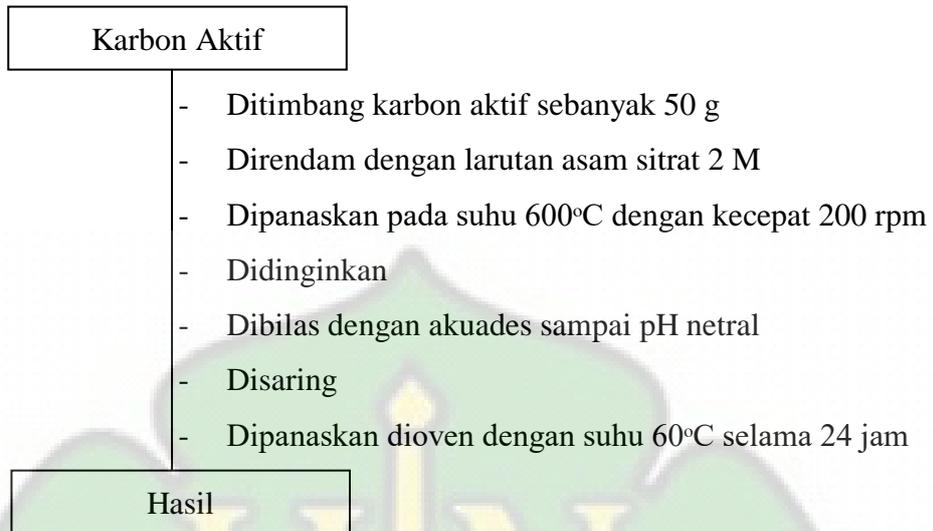
### I.2.2 Pasir Kuarsa



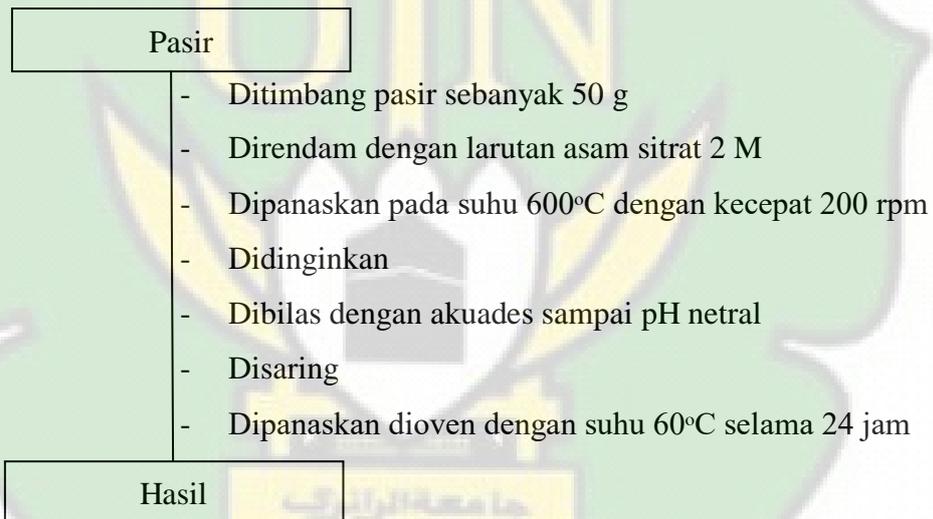
### I.3 Proses Aktivasi Pasir Kuarsa Dengan Menggunakan NaOH 0,5 M



#### **I.4 Modifikasi Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Dengan Menggunakan Asam Sitrat 2 M**

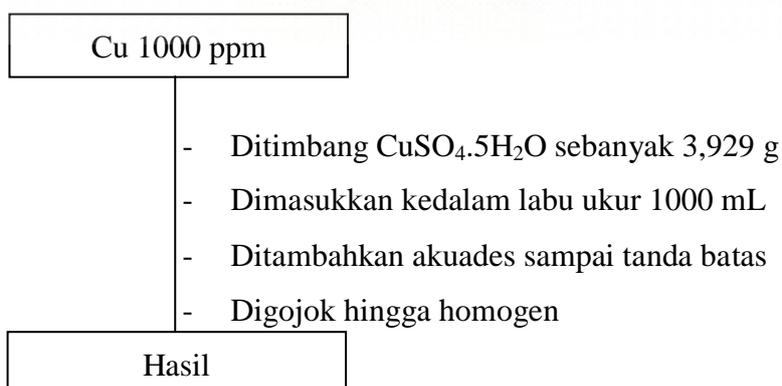


#### **I.5 Modifikasi Pasir Kuarsa Dengan Menggunakan Asam Sitrat 2 M**

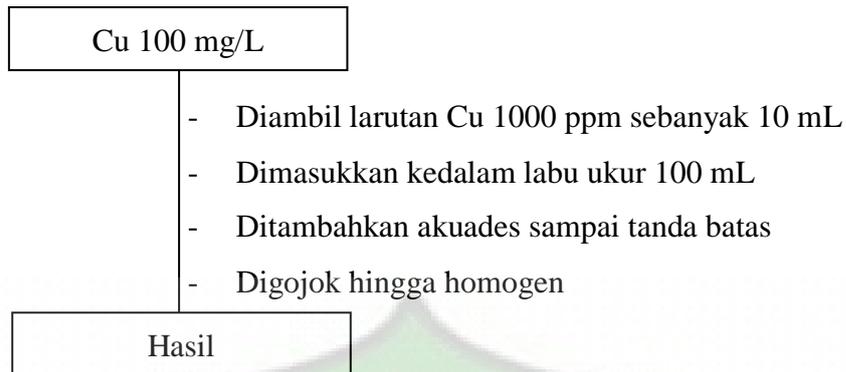


#### **I.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu)**

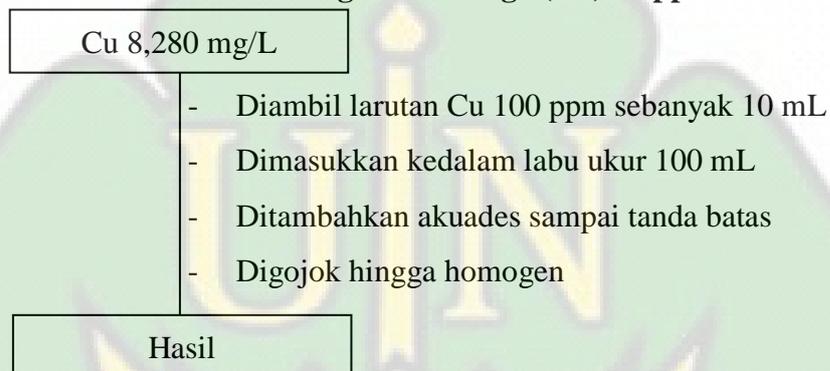
##### **I.6.1 Pembuatan Larutan Standar Logam Berat Tembaga (Cu) 1000**



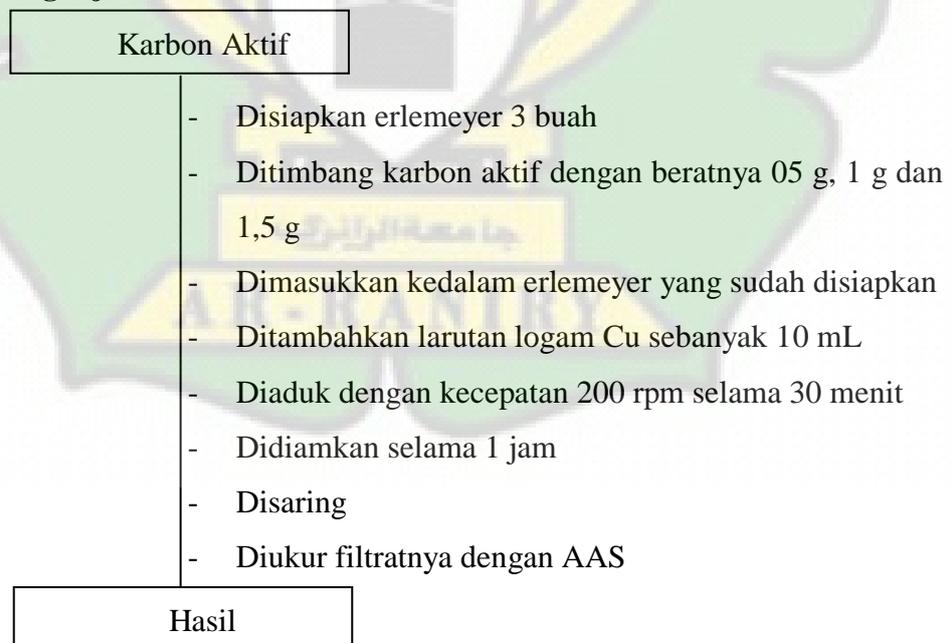
### I.6.2 Pembuatan Larutan Logam Tembaga (Cu) 100 ppm



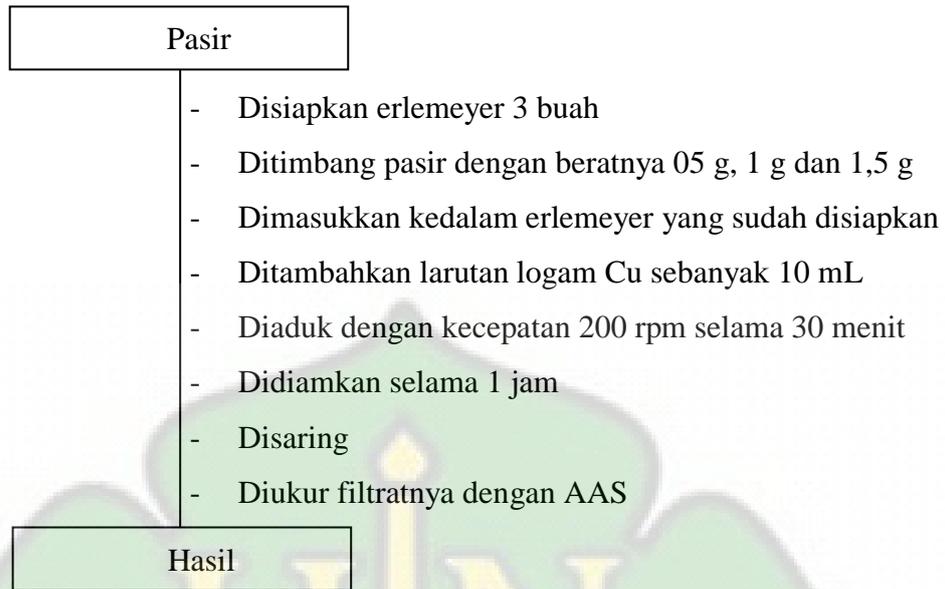
### I.6.3 Pembuatan Larutan Logam Tembaga (Cu) 10 ppm



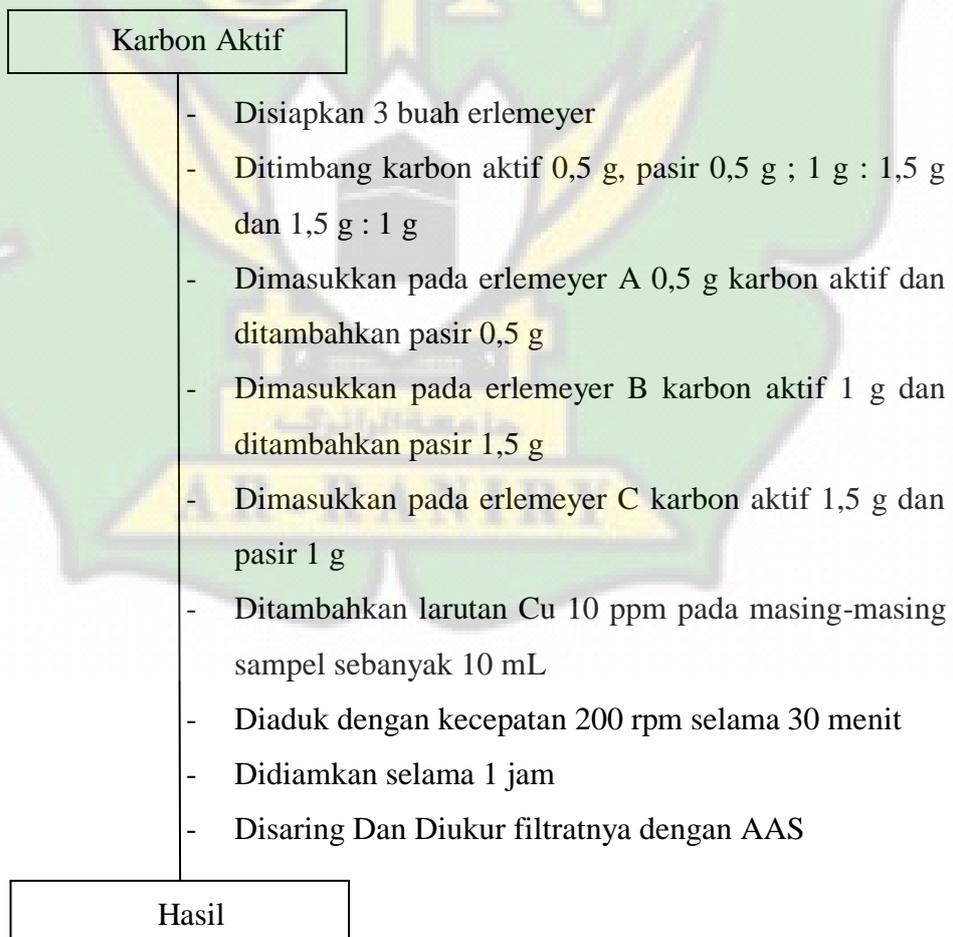
### I.7 Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Karbon Aktif Cangkang biji Pala



### **I.8 Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Pasir Kuarsa**



### **I.9 Proses Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Dengan Mengkombinasikan Karbon Aktif dan Pasir Kuarsa**



## Lampiran 2. Pembuatan Larutan

### 2.1 Pembuatan Larutan Asam Klorida (HCl) 37% → 1 M dalam labu ukur 100 mL

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr}$$

$$M = \frac{37 \times 1,19 \text{ gr/mol} \times 10}{36,5 \text{ gr/mol}}$$

$$M = 12$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12 \text{ M} = 100 \text{ mL} \times 1 \text{ M}$$

$$V_1 = 8,3 \text{ mL}$$

### 2.2 Pembuatan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 0,5 M dalam 100 mL

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V \text{ (mL)}}$$

$$0,5 = \frac{g}{40} \times \frac{1000}{100}$$

$$0,5 = \frac{g}{40} \times 10$$

$$10 \text{ g} = 0,5 \times 40$$

$$g = 2 \text{ gram}$$

### 2.3 Pembuatan Larutan Asam Sitrat 2 M dalam 100 mL

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V \text{ (mL)}}$$

$$2 = \frac{g}{192} \times \frac{1000}{100}$$

$$2 = \frac{g}{192} \times 10$$

$$10 \text{ g} = 2 \times 192$$

$$g = 38,4 \text{ gram}$$

### 2.4 Pembauatan Larutan Standar Logam Tembaga (Cu)

$$\text{Gr} = \frac{BM \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{BA \text{ Cu} \times 1 \text{ gram}}$$

$$= \frac{249,5 \text{ g/mol}}{63,5 \text{ g/mol}} = 3,929 \text{ gram}$$

### 2.5 Pembuatan Larutan Induk 100 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

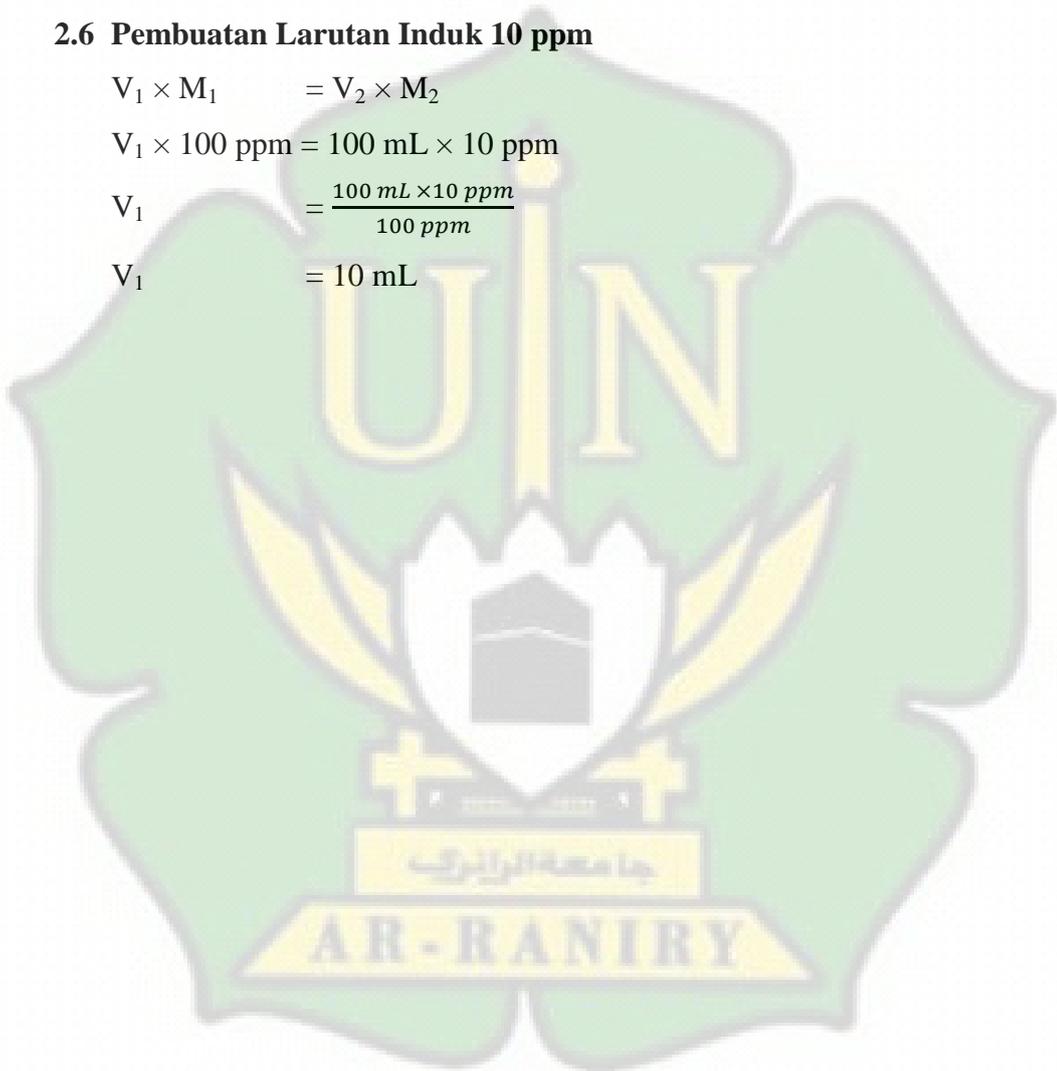
### 2.6 Pembuatan Larutan Induk 10 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$



### Lampiran 3. Perhitungan Rendemen, Kadar Air dan Kadar Abu

#### 3.1 Rendemen Karbon Dari Cangkang Pala

$$\begin{aligned}\text{Rendemen \%} &= \frac{\text{Berat Karbon}}{\text{Berat Baha Baku}} \times 100 \% \\ &= \frac{213,78 \text{ gr}}{400 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 53,45 \%\end{aligned}$$

#### 3.2 Rendemen Karbon yang Teraktivasi HCl 1 M

$$\begin{aligned}\text{Rendemen \%} &= \frac{\text{Berat setelah aktivasi}}{\text{Berat sebelum aktivasi}} \times 100 \% \\ &= \frac{48,9 \text{ gr}}{50 \text{ gr}} \times 100 \% \\ &= 97,8 \%\end{aligned}$$

#### 3.3 Kadar Air

Diketahui :

$$m_1 = \text{Berat Cawan Kosong} = 50,21 \text{ g}$$

$$m_2 = \text{Berat Cawan Kosong + Sampel Awal} = 52,07 \text{ g}$$

$$m_3 = \text{Berat Cawan Kosong + Sampel Akhir} = 52,06 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{52,0700 - 52,0697}{52,0700 - 50,2188} \times 100\% \\ &= \frac{0,01}{1,86} \times 100\% \\ &= 5,38 \%\end{aligned}$$

#### 3.4 Kadar Abu

Diketahui :

$$m_1 = \text{Berat Abu} = 0,19 \text{ g}$$

$$m_2 = \text{Berat sampel Awal} = 2 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{a}{b} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu} &= \frac{0,19 \text{ g}}{2 \text{ g}} \times 100 \% \\ &= 9,5 \%\end{aligned}$$

#### Lampiran 4. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Cangkang Biji Pala

1. Massa Adsorben Cangkang Biji Pala 0,5 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 6,763 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 6,763}{8,280} \times 100\% \\ &= 18,32\% \end{aligned}$$

2. Massa Adsorben Cangkang Biji Pala 1 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 6,083 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 6,083}{8,280} \times 100\% \\ &= 26,53\% \end{aligned}$$

3. Massa Adsorben Cangkang Biji Pala 1,5 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 4,530 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 4,530}{8,280} \times 100\% \\ &= 45,28\% \end{aligned}$$

## Lampiran 5. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Pasir

### 1. Massa Adsorben Pasir 0,5 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 3,508 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 3,508}{8,280} \times 100 \% \\ &= 57,63\% \end{aligned}$$

### 2. Massa Adsorben Pasir 1 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 3,983 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 3,983}{8,280} \times 100 \% \\ &= 51,89\% \end{aligned}$$

### 3. Massa Adsorben Pasir 1,5 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 5,697 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 5,697}{8,280} \times 100 \% \\ &= 31,19\% \end{aligned}$$

**Lampiran 6. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Kombinasi  
Cangkang Biji Pala dan Pasir**

1. Massa Adsorben Cangkang Pala + Pasir 0,5 g : 0,5 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 6,356 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 6,356}{8,280} \times 100\% \\ &= 23,23\% \end{aligned}$$

2. Massa Adsorben Cangkang Pala + Pasir 1 g : 1,5 g

Diketahui :

$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 5,587 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 5,587}{8,280} \times 100\% \\ &= 32,52\% \end{aligned}$$

3. Massa Adsorben Cangkang Pala + Pasir 1,5 g : 1 g

Diketahui :

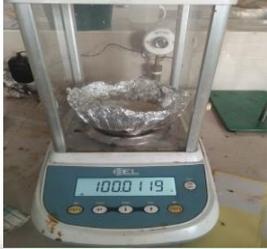
$$Y_i = \text{Konsentrasi Awal} = 8,280 \text{ mg/L}$$

$$Y_f = \text{Konsentrasi Akhir} = 6,875 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} E_f (\%) &= \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \\ &= \frac{8,280 - 6,875}{8,280} \times 100\% \\ &= 16,96\% \end{aligned}$$

**Lampiran 7. Dokumentasi pembuatan karbon aktif dan pasirs**

Gambar	Keterangan
	<p>Cangkang biji pala yang sudah dibersihkan dan sudah kering selama <math>\pm 7</math> hari</p>
	<p>Cangkang biji pala setelah karbonisasi dalam <i>furnace</i> Pada Suhu 250°C selama 15 menit</p>
	<p>Hasil larbon setelah proses penghalusan dan pengayakan 50 <i>mesh</i></p>
	<p>Proses aktivasi karbon dengan menggunakan larutan HCl 1 M</p>

	<p>Pasir kuarsa setelah pengayakan dengan ayakan 50 mesh</p>
	<p>Pasir ditimbang dengan berat <math>\pm 100</math> gram</p>
	<p>Pasir kuarsa dalam proses perendaman dengan larutan NaOH 0,5 M sebanyak 100 mL dengan lama perendaman 24 jam</p>
	<p>Hasil setelah aktivasi dengan aktivator NaOH</p>
	<p>Modifikasi pasir dengan asam sitrat 2 M dengan suhu 60°C dengan kecepatan pengadukan 200 rpm</p>

**Lampiran 8. Dokumentasi Pengaplikasian Karbon Aktif Dan Pasir Dalam Penerapan Kadar Logam Tembaga**

Gambar	Keterangan
	<p>Proses adsorpsi logam berat Cu dengan 0,5 gram karbon aktif termodifikasi selama 60 menit dengan kecepatan pengadukannya 200 rpm</p>
	<p>Proses adsorpsi logam berat Cu dengan 0,5 gram pasir termodifikasi selama 60 menit dengan kecepatan pengadukannya 200 rpm</p>
	<p>Proses penyaringan karbon aktif yang telah dilakukan penyerapan logam Cu</p>
	<p>Proses penyaringan pasir yang telah dilakukan penyerapan logam Cu</p>

## Lampiran 9. Identifikasi Klasifikasi Taksonomi



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
LABORATORIUM FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jalan Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh  
Telepon : 0651-7551 423/Fax. 0651-7553020 Email : laboratorium.fst@ar-raniry.ac.id

### LAPORAN HASIL UJI

Nomor : B-~~10~~Un.08/FST-Lab/KP.07 6/11/2023

Nama pengguna layanan : Diana Mardiana  
NIM : 180704029  
Instansi : Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry  
No. Telpn : 082274408665  
Tanggal diterima : 02 November 2023  
Tanggal pengujian : 07 - 08 November 2023  
Nama sampel : Tumbuhan (Plantae)  
Spesifikasi sampel : Spesimen kering  
Parameter uji : Identifikasi (Klasifikasi)  
Metode uji : Membandingkan spesimen/gambar

Informasi Hasil Pengujian Sampel :

No	Kode Sampel	Bagian Sampel	Asal Sampel	Hasil Identifikasi
1	-	Buah	Aceh Selatan	<i>Myristica fragrans</i> Houtt

Telah dilakukan identifikasi dengan hasil klasifikasi taksonomi adalah sebagai berikut

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Magnoliales  
Familia : Myristicaceae  
Genus : *Myristica*  
Spesies : *Myristica fragrans* Houtt.

Demikian untuk diketahui dan digunakan sebagaimana mestinya

Banda Aceh, 07 November 2023  
Kepala Laboratorium FST



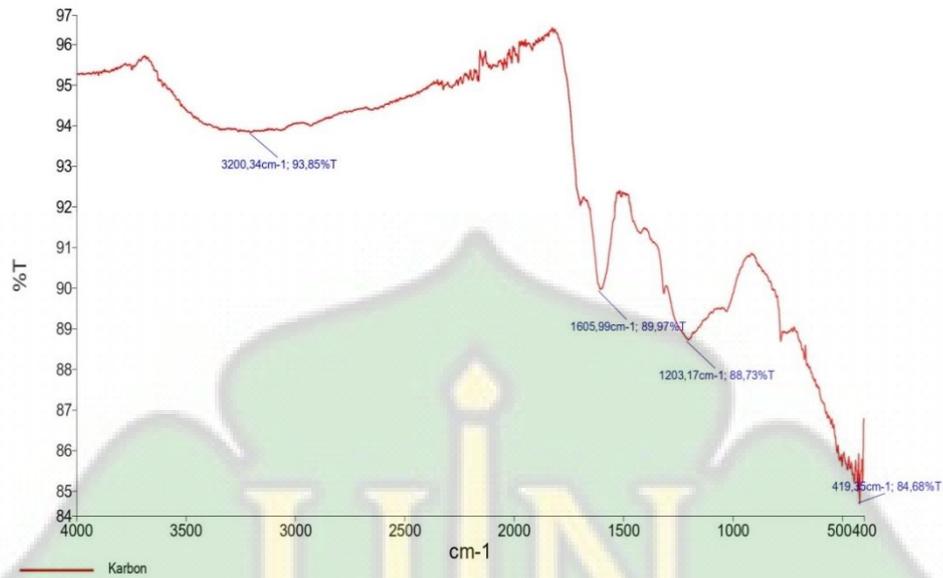
Hadi Kurniawan





## Lampiran 12. Spektra FTIR

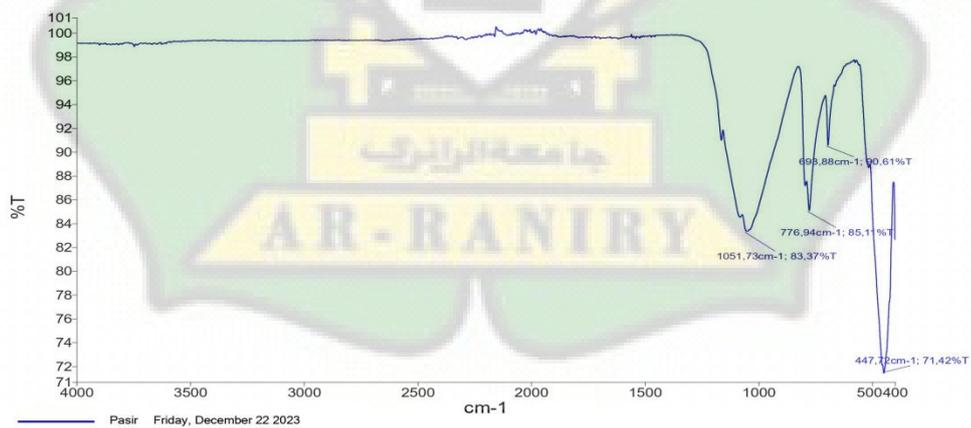
### 1. Karbon



Source Spectra Results	
Spectrum Name	Number Of Peaks
Karbon	4

List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3200,34	93,85
2	1605,99	89,97
3	1203,17	88,73
4	419,35	84,68

### 2. Pasir



Source Spectra Results	
Spectrum Name	Number Of Peaks
Pasir	4

List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	1051,73	83,37
2	776,94	85,11
3	693,88	90,61
4	447,72	71,42