

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

Bhayu Gita Bhernama<sup>1</sup>, Febrina Arfi<sup>1</sup>, Diana Mardiana<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

\*E-mail: 180704029@student.ar-raniry.ac.id

Diterima: 22 Maret 2024

Disetujui: 30 April 2024

Diterbitkan: 30 April 2024

**Abstract:** *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.*

**Keywords:** *Nutmeg Shell, Activated Carbon, Quartz Sand, Carbonization, and Copper Metal (Cu).*

**Abstrak:** 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.

**Kata Kunci:** Cangkang biji pala, Karbon aktif, Pasir kuarsa, Karbonisasi, dan Logam tembaga (Cu)

## PENDAHULUAN

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 (Hitijahubessy, 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 porous 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, seratkasar, 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 (Hitijahubessy., 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 gabungandari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , 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).

## METODE

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven (Mimmert), 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, pengadukkaca, labu ukur, aluminium foil, spatula, corong

kaca, cawan porselin, *furnace*, penjepit, *scanning electron microscopy* (SEM) dan spektrometri serapan atom (*Perkin Elmer*).

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 (HCl) 1 M, natrium hidroksida (NaOH) 0,5 M, asam sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) 2 M dan akuades.

### **Prosedur Kerja 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).

### **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  $110^\circ\text{C}$  selama  $\pm 1$  jam (Elvida, 2021).

### **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  $110^\circ\text{C}$  selama 2 jam, lalu didinginkan. Setelah itu, sampel disimpan dalam desikator dan ditimbang untuk menentukan kadar airnya (Jubilate dkk, 2016).

### **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  $400^\circ\text{C}$ , kemudian dibiarkan selama 15 menit. Setelah adsorben berubah menjadi abu, sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali hingga mencapai berat konstan (Jubilate dkk. 2016).

### **Pasir Kuarsa**

Pasir kuarsa di cuci bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari, setelah pasir kuarsa kering selanjutnya diayak 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  $110^\circ\text{C}$  selama  $\pm 1$  jam (Susanti, 2017).

### **Proses Aktivasi Pasir Kuarsa Menggunakan Larutan NaOH 0,5 M.**

Pasir kuarsa ditimbang sebanyak 100 g, setelah itu dimasukkan kedalam beaker gelas yang berukuran 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  $110^\circ\text{C}$ . Setelah kering pasir kuarsanya disimpan di desikator (Aprilawati dkk. 2021).

### **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).

### **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 infrared (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).

### **Pembuatan Larutan Logam Berat 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).

### **Modifikasi Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Menggunakan Asam Sitrat 2 M**

Dilakukan dua proses yang serupa namun menggunakan bahan baku yang berbeda. Pertama, serbuk cangkang biji pala sebanyak 50 g dimasukkan ke dalam gelas kimia berukuran 250 mL, diikuti dengan penambahan larutan asam sitrat 2 M sebanyak 50 mL. Proses selanjutnya melibatkan pemanasan selama 2 jam pada suhu 60°C dengan kecepatan 200 rpm. Setelah itu, campuran didinginkan, dilakukan pembilasan dengan akuades hingga mencapai pH netral = 7, dan kemudian dibagi menjadi filtrat dan residu. Residu yang dihasilkan kemudian dioven pada suhu 60°C selama 24 jam (Azmiyani, 2018). Pada eksperimen kedua, pasir kuarsa sebanyak 50 g digunakan sebagai bahan baku yang dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL, diikuti oleh penambahan larutan asam sitrat 2 M sebanyak 50 mL. Proses pemanasan dilakukan selama 2 jam pada suhu 60°C dengan kecepatan 200 rpm. Setelah dingin, dilakukan pembilasan dengan akuades hingga mencapai pH netral = 7, dan campuran dipisahkan menjadi filtrat dan residu. Residu tersebut kemudian dioven pada suhu 60°C selama 24 jam (Rosiaty dkk. 2019).

### **Proses Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Karbon Aktif Yang Termodifikasi 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).

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

Siapkan 3 erlemeyer 250 mL yang masing-masing erlemeyer ditambahkan karbon aktif yang telah dimodifikasidengan 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).

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

Siapkan erlemeyer sebanyak 3 yang berukuran 250 mL, dimasukkan larutan logam Cu dengan kosentrasi 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: 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).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 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%

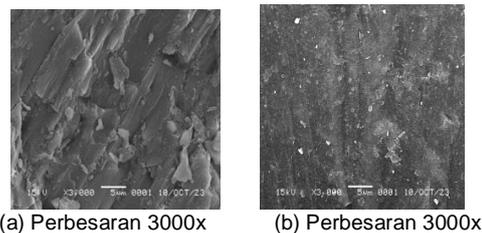
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi karbon aktif yang dihasilkan cangkang biji pala serta kemampuannya dalam mengadsorpsi logam Cu. Hasil karbon aktif dari cangkang biji pala dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 1.** Karbon Aktif

### Hasil Analisis SEM

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

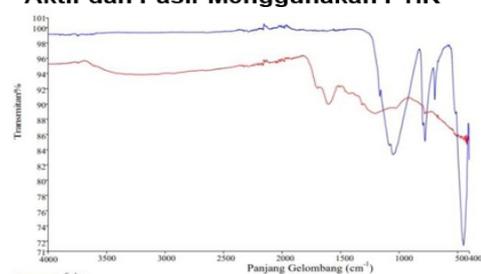


**Gambar 2.** (a) Karbon aktif; (b) Pasir

**Tabel 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 %

### Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif dan Pasir Menggunakan FTIR



**Gambar 3.** FTIR Karbon Aktif dan Pasir

**Tabel 3.** Analisis Gugus Fungsi Karbon aktif dan Pasir

Jenis Sampel	Panjang Gelombang (cm-1)	Transmitansi (%)	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

**Tabel 4.** 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)	Konsentrasi 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

**Tabel 5.** 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	
	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

## Preparasi Karbon

Hasil Analisis cangkang biji telah menghasilkan karbon aktif sebanyak 213,8 gr 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.

## Karakterisasi SEM Pada Morfologi Permukaan Karbon Aktif dan Pasir

Dalam penelitian oleh Bakti dkk. (2022), analisis morfologi permukaan adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa karbon aktif dari cangkang biji pala memiliki morfologi serupa dengan pasir. Dengan perbesaran 3000 kali, gambar SEM menunjukkan porositas yang jelas dengan ukuran 0,8 µm. Karbon aktif dari cangkang biji pala menunjukkan pori kasar dan tidak teratur, hasil dari proses aktivasi untuk memperbesar pori dan meningkatkan luas permukaan serta daya adsorpsinya. Di sisi lain, pasir kuarsa memiliki morfologi kecil dengan butiran seragam dan permukaan kasar. Proses aktivasi menggunakan zat asam membantu melarutkan zat-zat organik dan anorganik, menghasilkan karbon aktif dengan pori yang bersih dan terbuka. Semakin besar pori-porinya, luas permukaan karbon aktif juga semakin meningkat (Fanani dkk. 2019).

### 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).

### 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.

### Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif dan Pasir Menggunakan FTIR

Berdasarkan hasil analisisnya dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3 analisis 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 3 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.

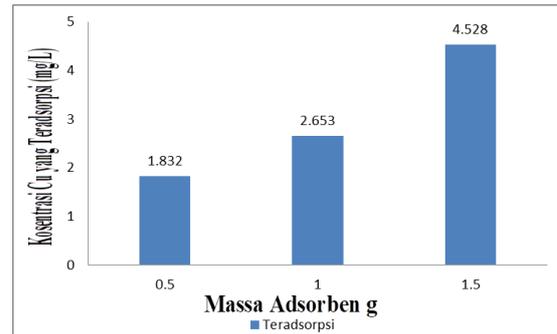
### Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)

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.

#### Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Yang Termodifikasi

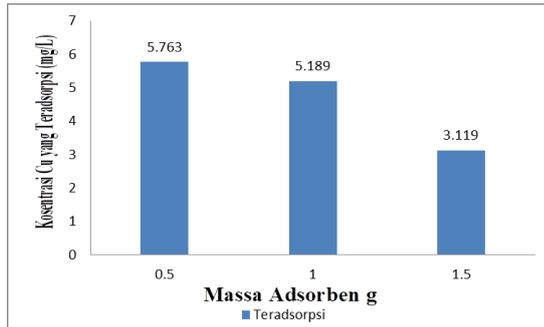
Berdasarkan data dalam Tabel 4 dapat di ketahui bahwa Peningkatan massa adsorben cangkang pala dari 0,5 g menjadi 1,5 g meningkatkan penurunan konsentrasi awal Cu dari 8,280 mg/L menjadi 4,530 mg/L. Pada massa 1,5 g, persentase Cu teradsorpsi mencapai 4,528%. Sebaliknya, pada massa 0,5 g, penurunan konsentrasi 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:



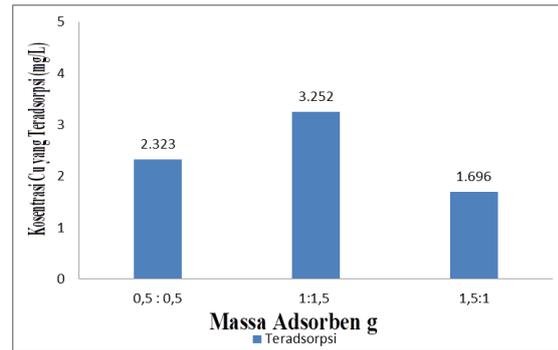
Gambar 4. Pengaruh massa adsorben cangkang biji pala Terhadap parameter Cu

#### Pasir Yang Termodifikasi

Berdasarkan Tabel 5 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 5.** Pengaruh Massa Adsorben Pasir Terhadap Parameter Cu



**Gambar 6.** Pengaruh Massa Adsorben Kombinasi Keduanya Terhadap Parameter Cu

### Kombinasi Karbon Aktif Termodifikasi Dan Pasir Yang Termodifikasi

Berdasarkan Tabel 5 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 6.

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.

### 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. Variasi 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).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian, maka dapat disimpulkan 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.

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.

## DAFTAR RUJUKAN

- Al Hudha, N. U. (2022). Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Pala (*Myristica fragrans houtt*) Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan COD Dan BOD Pada Limbah Cair Tahu (UIN Ar- Raniry). 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.
- Chadajah, 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.
- Elvida, D. (2021). Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) Untuk Pengolahan Air Bersih. UIN AR-RANIRY. Skripsi.
- Hitijahubessy, H. (2019). Analisis Kualitas Karbon Aktif Tempurung Pala (*myristica fragrans*) Sebagai Agen Pengadsorpsi. *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 1(2), 001-004.
- Jubilate, F., Zaharah T, A., Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben Besi (II) pada Air Tanah. *Jurnal JKK*, 5(4), 14-21.
- Kakomole, J. B. (2012, October). Karakteristik Pengeringan Biji Pala (*Myristica Fragrans H*) Menggunakan Alat Pengering Energi Surya Tipe Rak. In *Cocos*.1(1).
- Lesbani, A. (2011). Studi interaksi vanadium dan nikel dengan pasir kuarsa. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(4).
- 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., & Syaunqiah, 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.
- 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.
- 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.
- Susanti, S., Widiarti, N., & Prasetya, A. T. (2017). Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar ION Cu<sup>2+</sup> dalam Air. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 40(1), 39-42.
- Verayana, M. P., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCl Dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 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.
- Zilda, M. (2022). Pemanfaatan Arang Aktif dari Ampas Teh dan Kulit Pisang Sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb). UIN Ar-Raniry. Skripsi.