

# EFEKTIVITAS CANGKANG TELUR TERAKTIVASI ASAM DAN BASA UNTUK ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu) PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM

\*<sup>1</sup>Anita Karunia Zustriani, <sup>2</sup>Tara Bintang Aghnia

<sup>1,2</sup>Universitas Islam Negeri Walisongo, Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan, Semarang, Jawa Tengah  
50185 Indonesia

\*E-mail: [anitazustriani@walisongo.ac.id](mailto:anitazustriani@walisongo.ac.id), [tarabintangagghnia@gmail.com](mailto:tarabintangagghnia@gmail.com)

Riwayat Article

Received: 07 November 2025; Received in Revision: 12 March 2025; Accepted: 13 March 2025

## ABSTRACT

Research on the uptake of copper (Cu) metal ions in wastewater using activated charcoal adsorbents from chicken egg shell has been conducted. The purpose of this research was to provide solutions on handling and processing of heavy metal waste in the laboratory. The adsorption method was used for this purpose. Adsorbent activation process using acid and base activators, hydrochloric acid as an acid activator and sodium hydroxide as a base activator. The results showed that the optimum conditions of the adsorption process were pH 6, contact time of 60 minutes, and adsorbent mass of 0,25 grams. At optimum conditions, the adsorption efficiency of copper (Cu) metal ions by chicken egg shell adsorbent activated by hydrochloric acid was 99,40% and the adsorption capacity was 67.675,4 mg/g. While the adsorption efficiency of copper (Cu) metal ions by chicken egg shell adsorbent activated by sodium hydroxide was 99,51% and the adsorption capacity was 67.745,6 mg/g.

**Keywords:** *Chicken Egg Shell Adsorbent, Adsorption, Copper Metal Ion*

## ABSTRAK

Penelitian tentang penyerapan ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah menggunakan adsorben arang aktif dari cangkang telur ayam telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah memberikan solusi penanganan dan pengolahan limbah logam berat di laboratorium. Metode adsorpsi digunakan untuk tujuan tersebut. Proses aktivasi adsorben menggunakan aktivator asam dan basa, asam klorida sebagai aktivator asam dan natrium hidroksida sebagai aktivator basa. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum proses adsorpsi yaitu pada pH 6, waktu kontak 60 menit, dan massa adsorben 0,25 gram. Pada kondisi optimum, efisiensi adsorpsi ion logam tembaga (Cu) oleh adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl sebesar 99,40% dan kapasitas adsorpsinya 67.675,4 mg/g. Sedangkan efisiensi adsorpsi ion logam tembaga (Cu) oleh adsorben cangkang telur ayam teraktivasi NaOH sebesar 99,51% dan kapasitas adsorpsinya 67.745,6 mg/g.

**Kata kunci:** *Adsorben Cangkang Telur Ayam, Adsorpsi, Ion Logam Tembaga*

## 1. Introduction

Pengolahan limbah cair laboratorium bertujuan untuk menghasilkan kualitas air limbah yang memenuhi ambang batas yang diperbolehkan atau sesuai dengan standar baku mutu, supaya aman dibuang ke lingkungan. Selain memiliki pH yang rendah, limbah cair laboratorium juga mengandung logam-logam berat. Logam berat menjadi permasalahan utama pencemaran, karena logam berat bersifat racun dan tidak dapat terurai. Salah satu logam berat yang berbahaya adalah tembaga (Cu) karena memiliki toksisitas tinggi. Tembaga dalam tubuh berfungsi untuk mengikat hemoglobin, namun sulit dikeluarkan melalui urin karena sebagian terikat dengan protein, sebagian dikeluarkan melalui empedu masuk ke dalam usus dan dibuang bersama feses, serta sebagian lainnya terakumulasi di organ hati dan ginjal yang dapat menyebabkan penyakit kurang darah dan TBC.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengurangi kadar senyawa berbahaya dan beracun dalam limbah cair. Proses adsorpsi terjadi akibat adanya interaksi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat (Abas, 2013). Kation logam berat yang terkandung dalam

limbah cair dapat diserap oleh permukaan adsorben, sehingga konsentrasinya dalam larutan akan berkurang. Selain itu, adsorpsi juga dapat menghilangkan warna dan bau limbah, karena proses adsorpsi mampu menyerap gas dan partikel dalam air limbah.

Penggunaan adsorben pada proses adsorpsi umumnya cukup mahal, sehingga diperlukan alternatif adsorben yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan, misalnya dengan memanfaatkan limbah biomassa. Pemanfaatan adsorben dari limbah biomassa tidak hanya membantu mengurangi jumlah limbah padat di lingkungan, tetapi juga dapat mengurangi biaya (Haura, U., Razi, F., Meilina, 2017). Penelitian ini menggunakan limbah biomassa berupa cangkang telur ayam. Cangkang telur ayam mengandung kalsium karbonat sebesar 98,41%, magnesium karbonat 0,84%, dan kalsium fosfat 0,75% (Jamila, 2014). Cangkang telur ayam diperkirakan memiliki pori-pori sebanyak 10.000-20.000 pori. Kalsium karbonat adalah adsorben polar, yang menurut Godelitsas et al. (Godelitsas, A., Astilleros, J.M., Hallam, K.R., Lons, J., Putnis, 2003), berinteraksi kuat dengan beberapa ion logam bervalensi dua ( $M^{2+}$ ). Proses aktivasi adsorben dilakukan untuk meningkatkan porositas dan luas permukaan spesifik adsorben. Zat pengaktivasi berupa asam dan basa digunakan untuk mengurai garam-garam mineral yang ada pada adsorben, supaya tidak mengganggu proses adsorpsi.

Dalam penelitian ini, dilakukan proses adsorpsi logam tembaga (Cu) dengan menggunakan cangkang telur ayam sebagai adsorben. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap penanganan limbah cair khususnya limbah logam berat di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo, serta mengurangi limbah rumah tangga melalui pemanfaatan cangkang telur ayam.

## **2. Methodology**

### **2.1 Alat dan Bahan**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Bahan-bahan yang digunakan antara lain cangkang telur ayam, asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH),  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , akuades. Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair yang berasal dari sisa kegiatan praktikum di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain alat-alat gelas, neraca analitik, oven, *furnace*, desikator, *magnetic stirrer*, pH meter, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), dan SEM (*Scanning Electron Microscopes*). AAS digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat dalam sampel. SEM digunakan untuk karakterisasi adsorben, untuk mengetahui struktur permukaan adsorben dan mengetahui komposisi unsur pada adsorben sebelum dan setelah adsorpsi.

Cara kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **A. Pembuatan Adsorben**

Cangkang telur dicuci bersih dengan air mengalir, dihilangkan membran dan kotoran-kotoran yang menempel. Setelah itu direndam dalam air panas selama 15 menit, kemudian dijemur hingga kering. Setelah kering, dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu  $400^{\circ}C$  selama 60 menit (sampai menjadi arang), kemudian dimasukkan ke dalam desikator (didinginkan). Setelah dingin, dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

#### **B. Aktivasi Adsorben**

Sebanyak 20 gram adsorben cangkang telur ayam dimasukkan ke dalam gelas kimia, ditambahkan asam klorida 1 M hingga terendam, dидiamkan selama 24 jam. Campuran diaduk selama 3 jam, kemudian disaring dan dibilas menggunakan akuades hingga pH netral. Setelah netral, dikeringkan dalam oven pada suhu  $110^{\circ}C$  selama 3 jam, didinginkan dalam desikator, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX. Dilakukan juga dengan zat pengaktivasi/aktivator natrium hidroksida 1 M.

#### **C. Pembuatan Limbah Artifisial**

Limbah artifisial (limbah buatan)  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dibuat dengan konsentrasi 30 mg/L, yaitu dengan menimbang  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  sebanyak 0,1179 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditempatkan dalam labu ukur 1000 mL.

#### **D. Penentuan pH, Waktu Kontak, dan Massa Adsorben Optimum**

Masing-masing sebanyak 0,5 gram adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M dimasukkan ke dalam 5 buah gelas kimia, kemudian ditambahkan 50 mL larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  30 mg/L. Larutan dikondisikan pada berbagai variasi pH yaitu pada pH 5, 6, 7, 8, 9 dengan penambahan asam atau basa. Setelah pH tercapai, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 40 menit, didiamkan 15 menit, lalu disaring. Dilakukan juga untuk adsorben cangkang telur teraktivasi NaOH 1 M. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS.

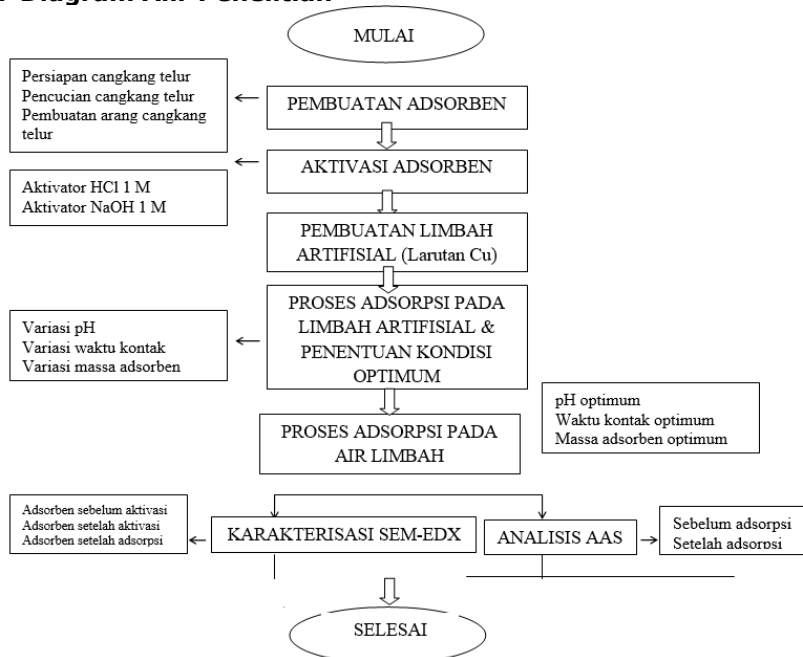
Masing-masing sebanyak 0,5 gram adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M dimasukkan ke dalam 5 buah gelas kimia, kemudian ditambahkan 50 mL larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  30 mg/L. Larutan dikondisikan pada pH optimum (hasil pada tahap sebelumnya), kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu 10, 20, 40, 60, dan 80 menit. Setelah itu didiamkan selama 15 menit, lalu disaring. Dilakukan juga untuk adsorben cangkang telur teraktivasi NaOH 1 M. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS.

Adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M ditimbang dengan berbagai variasi massa, yaitu 0,1 gram, 0,25 gram, 0,5 gram, dan 1 gram. Masing-masing kemudian ditambahkan dengan 50 mL larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  30 mg/L, diatur pH nya pada pH optimum, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama waktu kontak optimum (hasil pada tahap sebelumnya). Setelah itu didiamkan 15 menit, lalu disaring. Dilakukan juga untuk adsorben cangkang telur teraktivasi NaOH 1 M. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS.

### E. Aplikasi Adsorben pada Air Limbah

Adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M ditimbang sesuai massa optimum, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 50 mL air limbah. Dikondisikan pada pH optimum, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama waktu kontak optimum. Setelah itu didiamkan 15 menit, lalu disaring. Dilakukan juga untuk adsorben cangkang telur teraktivasi NaOH 1 M. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan AAS. Residu/endapan dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 24 jam, didinginkan dalam desikator, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

### F. Diagram Alir Penelitian



## 3. Results and Discussion

### 3.1 Pembuatan Adsorben

Pada cangkang telur ayam terdapat kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan protein asam mukopolisakarida, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Cangkang telur ayam mempunyai sifat sebagai pengadsorpsi yang baik dan merupakan agen netralisasi dimana logam berat dapat mengendap dan terdeposit dalam partikel cangkang telur.



Gambar 1. Cangkang telur kering

Pengarangan cangkang telur bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap dan mengurai senyawa organik yang terdapat pada cangkang telur.



Gambar 2. Arang cangkang telur ayam dan proses pengayakan

### 3.2 Aktivasi Adsorben

Proses aktivasi bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor yang ada pada arang cangkang telur ayam, serta untuk melarutkan mineral yang ada pada arang cangkang telur ayam sehingga dapat membentuk gugus hidroksil (-OH) yang akan berikatan dengan ion logam. Zat pengaktivasi/aktivator yang digunakan adalah asam klorida (HCl) 1 M dan natrium hidroksida (NaOH) 1 M.

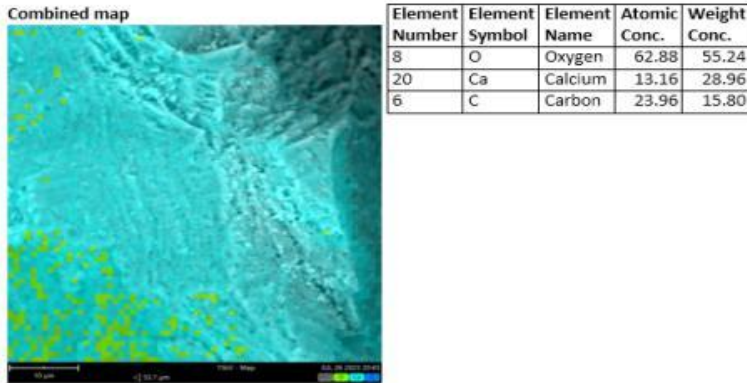
Arang/adsorben cangkang telur ayam, baik sebelum maupun yang telah diaktivasi kemudian dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopes (SEM)* dengan *EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy)*. Hasil karakterisasi ditunjukkan pada gambar 3.

Zat pengaktivasi	Perbesaran 10.000x	Perbesaran 20.000x
Sebelum diaktivasi		
HCl 1 M		
NaOH 1 M		

Gambar 3. Perbandingan bentuk morfologi arang/adsorben cangkang telur ayam

Hasil analisis pada adsorben yang belum diaktivasi, yaitu bentuk pori tidak beraturan dan masih terdapat pengotor. Sedangkan pada adsorben yang teraktivasi HCl maupun NaOH, memiliki struktur pori yang lebih teratur dan ukuran pori lebih besar. Proses aktivasi adsorben bertujuan untuk melarutkan zat pengotor yang masih menempel pada adsorben, sehingga akan membuka pori dan memperbesar ukuran pori adsorben. Ukuran pori dapat mempengaruhi proses adsorpsi, karena berpengaruh pada molekul adsorbat yang diserap. Jika ukuran pori adsorben lebih besar dari ukuran adsorbat, maka dapat mengadsorpsi lebih banyak adsorbat.

Pengujian EDX dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan unsur pada adsorben.



Gambar 4. Hasil analisis EDX pada adsorben cangkang telur ayam sebelum diaktivasi

Kandungan unsur pada adsorben cangkang telur ayam sebelum diaktivasi, yaitu oksigen (O) 55,24%, kalsium (Ca) 28,96%, dan karbon (C) 15,80%. Adanya unsur karbon dan jumlah pori yang banyak menjadikan cangkang telur ayam sebagai alternatif biosorben yang baik.

Zat pengaktivasi	HCl 1 M	NaOH 1 M																														
Mapping																																
Kandungan unsur	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Number</th> <th>Element Symbol</th> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>60.24</td> <td>66.87</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>C</td> <td>Carbon</td> <td>39.76</td> <td>33.13</td> </tr> </tbody> </table>	Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	8	O	Oxygen	60.24	66.87	6	C	Carbon	39.76	33.13	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Number</th> <th>Element Symbol</th> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>61.08</td> <td>67.64</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>C</td> <td>Carbon</td> <td>38.92</td> <td>32.36</td> </tr> </tbody> </table>	Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	8	O	Oxygen	61.08	67.64	6	C	Carbon	38.92	32.36
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																												
8	O	Oxygen	60.24	66.87																												
6	C	Carbon	39.76	33.13																												
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																												
8	O	Oxygen	61.08	67.64																												
6	C	Carbon	38.92	32.36																												

Gambar 5. Perbandingan hasil analisis EDX pada adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M dan NaOH 1 M (sebelum proses adsorpsi)

Pada adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M, terdapat kandungan unsur oksigen (O) 66,87% dan karbon (C) 33,13%. Setelah diaktivasi menggunakan HCl 1 M, kandungan karbon pada adsorben meningkat, sehingga kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi juga semakin baik. Kandungan unsur pada adsorben cangkang telur ayam teraktivasi NaOH 1 M, yaitu oksigen (O) 67,64% dan karbon (C) 32,36%. Setelah diaktivasi menggunakan NaOH 1 M, unsur karbon meningkat menjadi 32,36%.

### 3.3 Penentuan pH, Waktu Kontak, dan Massa Adsorben Optimum

pH optimum pada adsorben teraktivasi HCl 1 M dan adsorben teraktivasi NaOH 1 M adalah pH 6. Untuk adsorben teraktivasi HCl 1 M, pada pH 6, adsorben cangkang telur ayam mampu mengadsorpsi ion logam Cu sebesar 29,764 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,21%, seperti ditunjukkan pada tabel 1. Untuk adsorben teraktivasi NaOH 1 M, pada pH 6, adsorben

cangkang telur ayam mampu mengadsorpsi ion logam Cu sebesar 29,786 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,29%, seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Penentuan pH optimum pada adsorben teraktivasi HCl 1 M

pH	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
5	0,5	30	0,243	29,757
6	0,5	30	0,236	29,764
7	0,5	30	0,242	29,758
8	0,5	30	0,249	29,751
9	0,5	30	0,249	29,751

Tabel 2. Penentuan pH optimum pada adsorben teraktivasi NaOH 1 M

pH	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
5	0,5	30	0,225	29,775
6	0,5	30	0,214	29,786
7	0,5	30	0,241	29,759
8	0,5	30	0,251	29,749
9	0,5	30	0,248	29,752

Penentuan waktu kontak digunakan untuk mengetahui waktu pengadukan optimum selama proses adsorpsi sehingga adsorben dapat mengadsorpsi ion logam (adsorbat) hingga batas maksimal. Waktu kontak optimum untuk adsorpsi ion logam Cu oleh adsorben cangkang telur ayam adalah 60 menit. Hasil penelitian untuk variasi waktu kontak dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Penentuan waktu kontak optimum pada adsorben teraktivasi HCl 1 M

t (menit)	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
10	0,5	30	0,235	29,765
20	0,5	30	0,233	29,767
40	0,5	30	0,232	29,768
60	0,5	30	0,224	29,776
80	0,5	30	0,230	29,770

Tabel 4. Penentuan waktu kontak optimum pada adsorben teraktivasi NaOH 1 M

t (menit)	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
10	0,5	30	0,237	29,763
20	0,5	30	0,235	29,765
40	0,5	30	0,230	29,770
60	0,5	30	0,220	29,780
80	0,5	30	0,239	29,761

Berdasarkan tabel 3, pada waktu 60 menit adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M mampu mengadsorpsi ion logam Cu sebesar 29,776 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi 99,25%. Berdasarkan tabel 4, pada waktu 60 menit adsorben cangkang telur teraktivasi NaOH 1 M mampu mengadsorpsi ion logam Cu sebesar 29,780 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi 99,27%. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang melebihi waktu kontak optimum menyebabkan proses desorpsi dan lemahnya interaksi antara ion logam dengan adsorben (Pratomo, S. W., Mahatmanti, F. W., & Sulistyarningsih, 2017).

Massa adsorben juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan, semakin efektif proses adsorpsi terjadi (Falahiyah, 2015). Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan adsorben, sehingga ion-ion logam lebih banyak teradsorpsi pada permukaan adsorben/biosorben tersebut (M.A. Ashraf, M.J. Maah, 2010). Penentuan massa adsorben optimum ditunjukkan pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Penentuan massa optimum pada adsorben teraktivasi HCl 1 M

Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
0,1	30	0,224	29,776
0,25	30	0,207	29,793
0,5	30	0,228	29,772
1	30	0,232	29,768

Tabel 6. Penentuan massa optimum pada adsorben teraktivasi NaOH 1 M

Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi teradsorpsi (mg/L)
0,1	30	0,246	29,754
0,25	30	0,223	29,777
0,5	30	0,237	29,763
1	30	0,236	29,764

Berdasarkan tabel 5 dan 6 dapat dilihat bahwa massa optimum adsorben cangkang telur ayam dalam proses adsorpsi ion logam Cu adalah 0,25 gram. Pada adsorben teraktivasi HCl 1 M, dengan massa adsorben 0,25 gram, mampu mengadsorpsi ion logam Cu sebesar 29,793 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi 99,31%. Pada adsorben teraktivasi NaOH 1 M, dengan massa adsorben 0,25 gram, mampu mengadsorpsi ion logam Cu sebesar 29,777 mg/L, dengan efisiensi adsorpsi 99,26%.

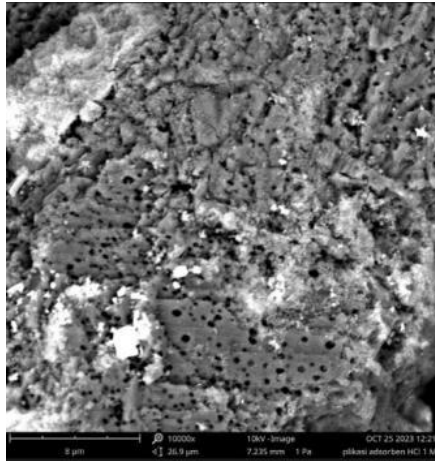
### 3.4 Aplikasi Adsorben pada Air Limbah

Proses adsorpsi ion logam Cu pada limbah cair laboratorium dilakukan pada kondisi pH 6, waktu kontak 60 menit, dan massa adsorben 0,25 gram. Konsentrasi ion logam Cu pada limbah cair laboratorium sebesar 340,41 mg/L. Setelah proses adsorpsi menggunakan adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M, ion logam Cu yang terdeteksi sebesar 2,033 mg/L, sehingga ion logam Cu yang teradsorpsi adalah 338,377 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat dihitung efisiensi adsorpsinya yaitu sebesar 99,40% dan kapasitas adsorpsinya sebesar 67.675,4 mg/g. Sedangkan

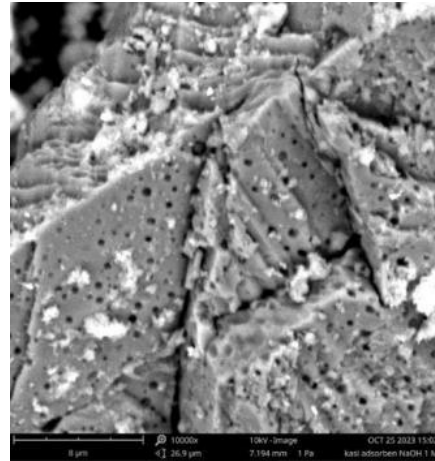


proses adsorpsi menggunakan adsorben cangkang telur ayam teraktivasi NaOH 1 M, ion logam Cu yang terdeteksi setelah proses adsorpsi sebesar 1,682 mg/L, sehingga ion logam Cu yang teradsorpsi adalah 338,728 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat dihitung efisiensi adsorpsinya yaitu sebesar 99,51% dan kapasitas adsorpsinya sebesar 67.745,6 mg/g.

Adsorben cangkang telur ayam yang telah digunakan untuk proses adsorpsi, kemudian dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopes (SEM)* dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*). Hasil karakterisasinya ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.



**Gambar 6.** Bentuk morfologi adsorben teraktivasi HCl 1 M setelah proses adsorpsi



**Gambar 7.** Bentuk morfologi adsorben teraktivasi NaOH 1 M setelah proses adsorpsi

Pada gambar 6 dan 7 terlihat bahwa ada bagian permukaan adsorben yang terang, menunjukkan posisi terikatnya ion logam Cu. Hal tersebut diperjelas dengan hasil analisis menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*).

Zat pengaktivasi	HCl 1 M	NaOH 1 M																																								
Mapping																																										
Kandungan unsur	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Number</th> <th>Element Symbol</th> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>29</td> <td>Cu</td> <td>Copper</td> <td>11.88</td> <td>38.22</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>40.73</td> <td>32.98</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>C</td> <td>Carbon</td> <td>47.38</td> <td>28.80</td> </tr> </tbody> </table>	Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	29	Cu	Copper	11.88	38.22	8	O	Oxygen	40.73	32.98	6	C	Carbon	47.38	28.80	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element Number</th> <th>Element Symbol</th> <th>Element Name</th> <th>Atomic Conc.</th> <th>Weight Conc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>29</td> <td>Cu</td> <td>Copper</td> <td>13.36</td> <td>40.42</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>O</td> <td>Oxygen</td> <td>52.92</td> <td>40.31</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>C</td> <td>Carbon</td> <td>33.71</td> <td>19.28</td> </tr> </tbody> </table>	Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.	29	Cu	Copper	13.36	40.42	8	O	Oxygen	52.92	40.31	6	C	Carbon	33.71	19.28
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																																						
29	Cu	Copper	11.88	38.22																																						
8	O	Oxygen	40.73	32.98																																						
6	C	Carbon	47.38	28.80																																						
Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.																																						
29	Cu	Copper	13.36	40.42																																						
8	O	Oxygen	52.92	40.31																																						
6	C	Carbon	33.71	19.28																																						

Gambar 8. Perbandingan hasil analisis EDX pada adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M dan NaOH 1 M (setelah proses adsorpsi)

Gambar 8 menunjukkan perbandingan hasil analisis EDX pada adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M dan NaOH 1 M setelah digunakan untuk adsorpsi. Pada adsorben yang teraktivasi HCl 1 M, unsur-unsur yang terdeteksi adalah karbon (C) sebesar 28,80%, oksigen (O) sebesar 32,98%, dan tembaga (Cu) sebesar 38,22%. Terdeteksi adanya unsur tembaga (Cu) pada permukaan adsorben, membuktikan bahwa adsorben cangkang telur ayam benar-benar dapat mengadsorpsi ion logam Cu pada limbah cair laboratorium.

Pada adsorben yang teraktivasi NaOH 1 M, unsur-unsur yang terdeteksi adalah karbon (C) sebesar 19,28%, oksigen (O) sebesar 40,31%, dan tembaga (Cu) sebesar 40,42%. Terdeteksi adanya unsur tembaga (Cu) pada permukaan adsorben, membuktikan bahwa adsorben cangkang telur ayam benar-benar dapat mengadsorpsi ion logam Cu pada limbah cair laboratorium. Adsorben

cangkang telur ayam teraktivasi asam (HCl) maupun basa (NaOH) sama-sama efektif digunakan untuk mengadsorpsi ion logam tembaga (Cu) pada limbah cair laboratorium, karena keduanya memberikan efisiensi adsorpsi di atas 90%.

#### **4. Conclusion**

Adsorben cangkang telur ayam merupakan adsorben yang efektif untuk mengadsorpsi ion logam tembaga (Cu). Kondisi optimum proses adsorpsi yaitu pada pH 6, waktu kontak 60 menit, dan massa adsorben 0,25 gram. Pada kondisi optimum, efisiensi adsorpsi ion logam tembaga (Cu) oleh adsorben cangkang telur ayam teraktivasi HCl 1 M sebesar 99,40% dan kapasitas adsorpsinya 67.675,4 mg/g. Sedangkan efisiensi adsorpsi ion logam tembaga (Cu) oleh adsorben cangkang telur ayam teraktivasi NaOH 1 M sebesar 99,51% dan kapasitas adsorpsinya 67.745,6 mg/g.

#### **Acknowledgement**

1. Terima kasih kepada LP2M UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk melakukan penelitian ini.
2. Terima kasih setulus-tulusnya untuk semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, mulai dari penyediaan cangkang telur ayam sampai terselesainya penelitian ini.

#### **References**

- Abas, et. al. (2013). Adsorption Process of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbent: A Review. *World Applied Sciences Journal*, 28(11), 1518–1530.
- Falahiyah. (2015). Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat. *UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang*.
- Godelitsas, A., Astilleros, J.M., Hallam, K.R., Lons, J., Putnis, A. (2003). Microscopic and Spectroscopic Investigation of The Calcite Surface Interacted with Hg(II) in Aqueous Solutions. *Mineralogical Magazine*, 67(6), <https://doi.org/10.1180/0026461036760158>.
- Haura, U., Razi, F., Meilina, H. (2017). Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya pada Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cr(VI). *Biopropal Industri*, 8(1).
- Jamila. (2014). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur. *Mata Kuliah Teknologi Pengolahan Limbah dan Sisa Hasil Ternak, Program Studi Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar*.
- M.A. Ashraf, M.J. Maah, and I. Y. (2010). Study of Banana Peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben. *American-Eurasian J. Agric & Environ Sci*, 8(1), 7–17.
- Pratomo, S. W., Mahatmanti, F. W., & Sulistyaningsih, T. (2017). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II) dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 161–167.