

Efektivitas Karbon Aktif Kulit Salak *Salacca Zalacca* (Gaert) Voss Sebagai Bioadsorben Logam Tembaga (Cu) dari Limbah Laboratorium Farmasi

*Efectivity of Salak Peel Activated Carbon *Salacca zalacca* (Gaert) Voss as a Bioadsorbent for Copper Metal (Cu) from Pharmaceutical Laboratory Waste*

Hesty Nur Hanifah*, Ginayanti Hadisoebroto, Lisna Dewi

*Email: hesty@unfari.ac.id

Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Al Ghifari

Diterima: 21 Oktober 2023 / Disetujui: 30 Desember 2023

ABSTRAK

Kulit salak (*Salacca Zalacca* (Gaert) Voss) mengandung selulosa sebesar 25,85%. Selulosa merupakan polisakarida yang mengandung gugus -OH dan -COOH sehingga dapat digunakan sebagai bioadsorben untuk logam berat seperti logam tembaga. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakterisasi karbon aktif kulit salak, mengetahui efektivitas karbon aktif kulit salak sebagai bioadsorben logam tembaga. Proses optimasi pH, waktu kontak dan massa ditentukan menggunakan desain uji faktorial dengan aplikasi *Design Expert*. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif experimental. Hasil karakterisasi karbon aktif kulit salak menunjukkan bahwa karbon aktif kulit salak mempunyai kadar air sebesar 6 %, daya serap terhadap metilen biru sebesar 212,93 mg/g, ukuran pori-pori karbon aktif kulit salak adalah 2,11 - 5,93 μm . Hasil analisis EDS mengidentifikasi adanya unsur-unsur utama Karbon (C), Oksigen (O), Kalsium (Ca), Kalium (K), Silicon (Si), Natrium (Na), Magnesium (Mg) dengan kandungan karbon sebesar 72,45%. Karbon aktif kulit salak memiliki pH optimum 6, waktu kontak 75 menit, massa 125 mg dengan efektivitas sebesar 98,48%. Dapat disimpulkan bahwa karbon kulit salak dapat digunakan sebagai bioadsorben logam berat tembaga dari limbah laboratorium farmasi karena memiliki efektivitas adsorpsi yang tinggi dan hasil karakterisasinya memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI.

Kata Kunci: Bioadsorben, Tembaga, Kulit Salak, Karbon Aktif, Limbah Laboratorium

ABSTRACT

*Salak peel (*Salacca Zalacca* (Gaert) Voss) contains 25.85% cellulose. Cellulose is a polysaccharide that contains -OH and -COOH groups so it can be used as a bioadsorbent for heavy metals such as copper. The aim of this research was to determine the characteristics of salak peel activated carbon, to determine the effectiveness of salak peel activated carbon as a bioadsorbent for copper metal. The optimization process for pH, contact time and mass was determined using a factorial test design with the *Design Expert* application. The type of research carried out was quantitative experimental research. The results of the characterization of salak peel activated carbon show that salak activated carbon has a water content of 6%, the absorption capacity for methylene blue is 212.93 mg/g, the pore size of salak peel activated carbon is 2.11 - 5.93 μm . The results of the EDS analysis identified the presence of the main elements Carbon (C), Oxygen (O), Calcium (Ca), Potassium (K), Silicon (Si), Sodium (Na), Magnesium (Mg) with a carbon content of 72.45%. Salak activated carbon has an optimum pH of 6, contact time of 75 minutes, mass of 125 mg with an effectiveness of 98.48%. It can be concluded that salak peel carbon can be used as a bioadsorbent for the heavy metal copper from pharmaceutical laboratory waste because it has high adsorption effectiveness and the characterization results meet the standards set by SNI.*

Keywords: Bioadsorbent, Lead, Salak Peel, Activated Carbon, Laboratory Waste



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

A. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan rusaknya lingkungan yang akan berdampak terhadap makhluk hidup di sekitarnya. Salah satu pencemaran tersebut ditimbulkan oleh limbah yang berasal dari kegiatan laboratorium. Limbah laboratorium mengandung logam berat. Masalah yang dapat ditimbulkan oleh limbah yang mengandung logam berat adalah dapat terakumulasi dalam makhluk hidup melalui rantai makanan (Anwar et al., 2022).

Salah satu logam berat yang dihasilkan dari kegiatan laboratorium adalah logam tembaga atau Cu (II) (Tong et al., 2011). Limbah logam Cu (II) dapat menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan, dan mempunyai sifat toksik yang sangat berbahaya bagi organisme hidup seperti kerusakan organ, gangguan sistem saraf, dan kematian. Hal ini terjadi jika kandungan Cu(II) melebihi ambang batas yang telah ditetapkan (Al-Quinaibit, 2005).

Tangio (2013) bahwa metode yang paling banyak digunakan dalam mengurangi kandungan logam berat adalah metode adsorpsi. Metode ini dalam mekanisme dan prosedur pengerjaannya cukup sederhana serta tidak

membutuhkan biaya yang banyak. Proses adsorpsi yang sekarang sedang banyak digunakan adalah dengan menggunakan limbah hasil pertanian, yaitu dengan memanfaatkan buangan organik yang dikenal dengan istilah biosorben. Keuntungan menggunakan bioadsorben adalah biaya yang relatif murah, tidak memerlukan proses regenerasi, proses pengolahan limbah yang efisien, jumlah bahan baku yang melimpah, serta tidak banyak menghasilkan lumpur (Kurniasari, 2010). Salah satu limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan yaitu bioadsorben kulit salak.

Tanaman salak (*Salacca zalacca*) merupakan salah satu tanaman asli Indonesia yang dimanfaatkan buahnya untuk dikonsumsi. Masyarakat Indonesia hanya memanfaatkan buah salak untuk dikonsumsi. Kulit salak pada umumnya hanya dibuang dan belum banyak dimanfaatkan.

Kulit salak memiliki kandungan selulosa sebesar 25,8483% (Nugroho, 2020) dan mempunyai kadar pektin yang cukup tinggi yaitu sebesar 6,7 % sehingga kulit buah salak juga dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif yang dapat digunakan sebagai bioadsorben) (Dhaneswari et al., 2015).

Proses adsorpsi suatu bioadsorben terhadap logam berat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor utama yang bisa mempengaruhi proses adsorpsi diantaranya pH, waktu kontak dan massa adsorben (Nurhasni, et al., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas adsorpsi dari bioadsorben karbon aktif kulit salak, dengan terlebih dahulu menentukan pH optimum, waktu optimum dan juga massa optimum, agar efektivitas penyerapan dapat mencapai hasil yang maksimal.

B. METODE PENELITIAN

1. Jenis, Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif experimental yang bertujuan untuk mengetahui karakterisasi karbon aktif kulit salak, mengetahui efektivitas karbon aktif kulit salak sebagai bioadsorben logam tembaga.

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometri*) Shimadzu AA-700, timbangan analitik, ayakan (Mesh no 100), blender, alat buchner, cawan porselen, gelas ukur, gelas beker, pisau, oven, stopwatch, gelas beaker, kertas saring whatman 40, furnace, desikator, magnetic stirrer, pipet ukur, labu ukur, pH meter, erlenmeyer, moisture analyzer, mikrofiller.

Buah salak diperoleh dari penjual buah-buahan yang ada di daerah Kota Bandung. Selain kulit buah salak, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Na_2CO_3 , larutan *methylene blue*, larutan iodin 0,125 N, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, indikator amilum, asam nitrat pekat, aquadest, NaOH, HCl, limbah cair dari laboratorium.

2. Prosedur Penelitian

a. Determinasi Tanaman

Determinasi tanaman dilakukan di Herbarium Jatinangor, Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Padjadjaran.

b. Pembuatan Serbuk Kulit Buah

Kulit salak yang telah dibersihkan, dipotong tipis dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 100°C . Kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender dan diayak menggunakan mesh no.100.

c. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak

Serbuk kulit salak yang telah kering dipirolisis menggunakan alat pembakar tanur dengan suhu 350°C selama 1 jam. Arang yang dihasilkan selanjutnya dihaluskan secara manual menggunakan stamper dan mortar lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

d. Aktivasi Kimia Kulit Salak

Karbon aktif kulit salak ditimbang sebanyak 10 gram dan diaktivasi menggunakan 100 mL larutan Na_2CO_3 5 % , lalu dilakukan pengadukan selama 5 menit dan didiamkan selama 24 jam. Campuran disaring dan dicuci kembali dengan akuades. Filtratnya diuji dengan kertas indikator pH universal hingga mencapai pH 7. Kemudian arang dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam (SNI, 1995).

e. Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Salak

Karakterisasi karbon aktif kulit salak meliputi: Penetapan Kadar Air menggunakan oven, daya serap terhadap iodin menggunakan metode titrasi, daya Serap terhadap Metilen Biru menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dan Analisis menggunakan alat SEM-EDS (Sahara dkk., 2019 dengan modifikasi).

f. Pengawetan Limbah Cair

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan $\text{HNO}_3(\text{p})$ 69% sampai pH kurang dari 2 dengan waktu penyimpanan maksimal 6 bulan (SNI, 2004).

g. Pengukuran Kadar Cu dalam Limbah Laboratorium Farmasi

Pipet sebanyak 20 mL limbah farmasi cair kedalam gelas beker, kemudian tambahkan ± 5 mL HNO_3 pekat, kemudian tutup gelas beker dengan kaca arloji panaskan perlahan-lahan menggunakan hotplate sampai sisa volumenya 15-10 mL, jika dekstruksi belum sempurna (tidak jernih) tambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat kemudian tutup gelas beker dengan kaca arloji, panaskan kembali. Lakukan proses ini secara berulang hingga larutan jernih, dinginkan larutan pada suhu ruang bilas kaca arloji dan masukan air bilasannya kedalam gelas beker, saring menggunakan kertas saring whatman 40, filtrat di masukan kedalam labu ukur 50 mL. tambahkan aqua pro injeksi sampai tanda batas, lakukan semua tahap pengujian pada lemari asam. Larutan diukur absorbansinya dengan menggunakan *Atomic Absorbansion Spektrofotometer* (AAS) pada panjang gelombang yang sesuai untuk logam Cu yaitu 324,7 nm. Perlakuan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali (SNI 6989.66.2009).

h. Pembuatan Larutan Standar Cu Konsentrasi 100 ppm

Sebanyak 10 mL larutan standar logam Cu 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan 1 mL HNO_3 1%, kemudian diencerkan

dengan aqua pro injeksi sampai tanda batas.

i. Pembuatan Larutan Seri Standar Logam Tembaga Cu

Sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 mL larutan standar Cu 100 ppm masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian ditambahkan dengan aqua pro injeksi sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi larutan seri standar Cu 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm.

j. Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Tembaga Cu

Larutan blanko (0,0) ppm diukur absorbansinya dengan menggunakan Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS) pada panjang gelombang yang sesuai untuk logam Cu yaitu 324,7 nm. Perlakuan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali. Dilakukan hal yang sama untuk larutan seri standar logam Cu dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm. Selanjutnya membuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi ($y = bx + a$) sehingga diperoleh nilai r yang merupakan koefisien korelasi (nilai r mendekati 1) dari kurva yang didapat.

k. Optimasi pH, Waktu Kontak, dan Massa Adsorben

Penentuan pH optimum, waktu kontak optimum dan massa optimum dilakukan menggunakan desain Uji

Faktorial dengan aplikasi Design Expert. Variasi pH yang digunakan pada penyerapan logam Cu yaitu 2, 3, 4, 5, 6 dengan waktu kontak adsorben yaitu 15, 30, 45, 60, 75 menit dan massa 100, 150, 200, 250 dan 300 mg. Kemudian masing-masing variasi diuji dengan menggunakan Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS) pada Panjang gelombang dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali. Setelah pengujian selesai, data hasil optimasi pH, waktu kontak dan massa dicatat dan diolah Kembali menggunakan Design Expert hingga didapatkan hasil yang signifikan.

l. Verifikasi Hasil Optimasi

Setelah program Design Expert memberikan solusi proses dan formula optimum, selanjutnya dilakukan pengujian yang direkomendasikan tersebut. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai aktual setiap respon dari proses dan formula yang direkomendasikan (verifikasi). Tahap verifikasi bertujuan untuk melakukan pembuktian terhadap prediksi dari nilai respon proses hasil optimasi yang diberikan oleh program Design Expert. Nilai respon aktual yang didapatkan dari tahapan verifikasi dibandingkan dengan prediksi respon yang dihasilkan oleh program Design Expert. Kemudian

dilanjutkan dengan verifikasi metode uji baik dengan parameter akurasi maupun parameter presisi. Diambil 1,5 mL dari larutan sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Larutan diadisi dengan tiga level konsentrasi yaitu 0,4 ppm, 0,6 ppm, dan 0,8 ppm dengan penambahan larutan baku 10 ppm sebesar 1 mL, 1,5 mL, dan 2 mL lalu semua larutan diencerkan dengan larutan pengencer hingga tanda batas. Ketiga level konsentrasi dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang terpilih (logam Cu pada 324,7 nm) dengan replikasi sebanyak tiga kali. Akurasi dilihat dari nilai persen akurasi yang baik pada SNI (2004) yaitu dalam rentang 85% sampai dengan 115%.

$$Akurasi (\%) = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

Keterangan :

- A = Kadar terukur logam dalam sampel setelah adisi baku Cu
- B = Kadar terukur logam dalam sampel sebelum adisi baku Cu
- C = Kadar larutan baku Cu yang ditambah Pada sampel

Diambil 1,5 mL dari larutan sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Larutan diadisi dengan penambahan larutan baku 10 ppm sebesar 1,5 mL sehingga diperoleh konsentrasi larutan 0,6 ppm, lalu larutan diencerkan dengan larutan pengencer hingga tanda batas. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang

terpilih dengan replikasi sebanyak tujuh kali. Untuk parameter presisi ditentukan dari nilai standar deviasi relatif (% RSD) menggunakan rumus berdasarkan (Riyanto 2014). Syarat % RSD pada SNI (2004) untuk air dan air limbah logam Cu seharusnya dibawah 10%.

$$RSD (\%) = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan :

- \bar{x} : Kadar sampel rata-rata ($\mu\text{g/mL}$).
- SD : Standar Deviasi

1. Efektivitas Adsorpsi Logam Cu

Efektivitas adsorpsi logam Cu dapat dianalisa dengan menghitung efektivitas penurunan kandungan logam (Hajar dkk., 2016):

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

Dimana:

- Ef = Efektivitas penurunan
- Yi = kandungan logam berat Pb awal (mg/L)
- Yf = kandungan logam berat Pb akhir (mg/L)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Determinasi

Determinasi tanaman dilakukan di Herbarium Jatinangor, Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Departemen Biologi FMIPA UNPAD. Berdasarkan lembar identifikasi tumbuhan N0.65/HB/02/2023 menunjukkan bahwa kulit salak yang digunakan merupakan spesies *Salacca zalacca* (Gaert) Voss.

2. Aktivasi Secara Fisika dan Kimia

Proses aktivasi secara fisika dilakukan terhadap serbuk kulit salak yang telah dikeringkan dan dihaluskan. Proses aktivasi dilakukan dengan cara memanaskan serbuk kulit buah menggunakan crucible dengan suhu 350°C selama 1 jam. Hasil yang didapatkan adalah warna karbon aktif berwarna hitam.

Gambar 1. Karbon Aktif Kulit Salak



Kulit salak yang sudah diaktivasi secara fisika, direndam dengan larutan aktivator Na_2CO_3 5% kemudian diaduk dan ditutup menggunakan aluminium foil, diamkan pada suhu ruang selama 24 jam. Aktivasi fisika dan kimia bertujuan untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk (Kurniawan, 2014).

3. Pengawetan Limbah Cair

Limbah diawetkan dengan penambahan $\text{HNO}_{3(p)}$ 65% sampai pH

kurang dari 2 (SNI-2004). Tujuan dilakukannya pengawetan limbah cair pada proses ini yaitu untuk menurunkan $\text{pH} < 2$. Pada $\text{pH} < 2$, dapat meminimalisir pengendapan, adsorpsi ke dinding wadah dan degradasi mikroba diminimalkan (Kumar & Riyazuddin., 2007).

4. Hasil Karakterisasi Bioadsorben

Serbuk dan karbon aktif kulit salak yang diperoleh kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui karakteristiknya. Hasil kemudian dibandingkan pada Standar Nasional Indonesia 06 - 3730 – 1995.

a. Kadar air

Kadar air merupakan karakterisasi yang bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif kulit salak. Karbon aktif kulit salak mempunyai kadar air sebesar 2,1 %. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa kadar air karbon aktif kulit salak memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu kadar air tidak boleh melebihi 15%.

b. Daya Serap Terhadap Iodin

Salah satu parameter yang dapat menunjukkan kualitas adsorben adalah daya adsorpsi terhadap larutan Iodium. Semakin besar bilangan iodnya maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut (Rahmawaty, 2015). Daya serap karbon

aktif kulit salak terhadap iodine adalah sebesar 1.709 mg/g. Hal ini sudah memenuhi syarat yaitu minimal 750 mg/g (SNI 06-3703-1995).

c. Daya serap Terhadap Methylene Blue

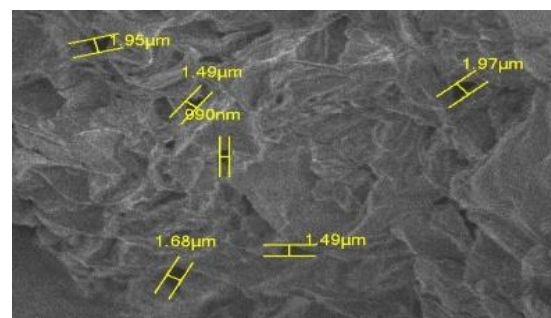
Penentuan daya serap *methylene blue* bertujuan untuk mengetahui luas permukaan arang aktif serta kemampuannya dalam menyerap larutan berwarna (Jankowska *et al.*, 1991). Hasil daya serap karbon aktif kulit salak terhadap *methylene blue* adalah sebesar 218,12 mg/g. Nilai tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yaitu minimal daya serapnya adalah >120 mg/g.

d. Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectrometry (SEM-EDS)

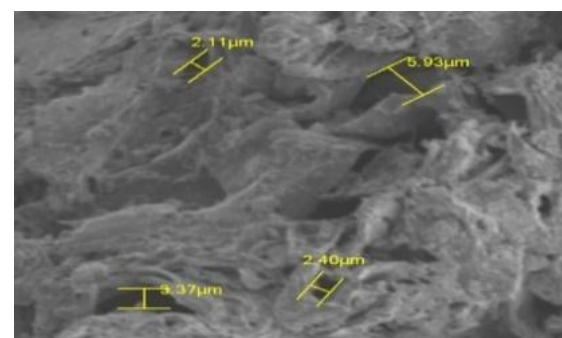
Tujuan karakterisasi SEM adalah untuk mengetahui morfologi partikel dan diameter pori-pori dari serbuk dan karbon aktif kulit buah salak, sedangkan uji EDS untuk mengetahui kandungan unsur penyusun pori yang terdapat pada sampel yang telah dibuat (Haris, dkk., 2019). Berdasarkan hasil uji SEM didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 menunjukkan ukuran pori-pori yang terdapat pada serbuk dan karbon kulit salak dengan perbesaran 2000 kali. Ukuran pori-pori serbuk kulit salak ada pada range 1,49-

2,18 μm , sedangkan ukuran pori karbon kulit salak memiliki range 2,11-5,93 μm . Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif kulit salak memiliki ukuran pori-pori yang lebih besar dibandingkan ukuran pori-pori serbuk kulit salak. Proses aktivasi fisika dan kimia pada karbon aktif akan menyebabkan ukuran diameter pori karbon menjadi lebih besar, volume dalam pori menjadi lebih luas, dan pori-pori baru terbuka, sehingga kinerja dari karbon aktif lebih optimal (Prabarini & Okayadnya, 2014).



a)

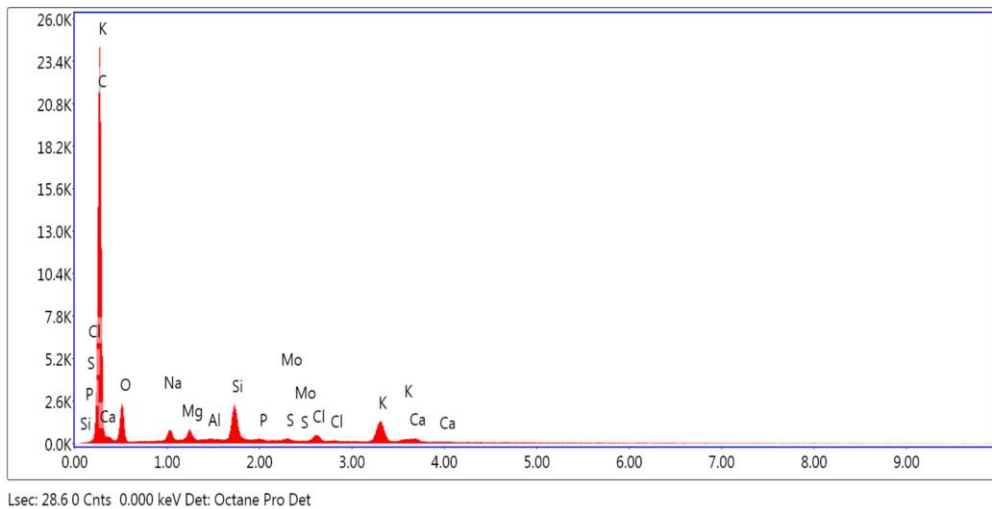


b)

Gambar 1. Ukuran Pori-Pori. a) Serbuk Kulit Salak, b) Karbon Kulit Salak

Hasil analisis EDS mengidentifikasi adanya unsur-unsur utama Karbon (C), Oksigen (O), Kalsium (Ca), Kalium (K),

Silicon (Si), Natrium (Na), EDS didapatkan hasil yang dapat dilihat Magnesium(Mg). Berdasarkan hasil uji pada Gambar 3. di bawah ini :

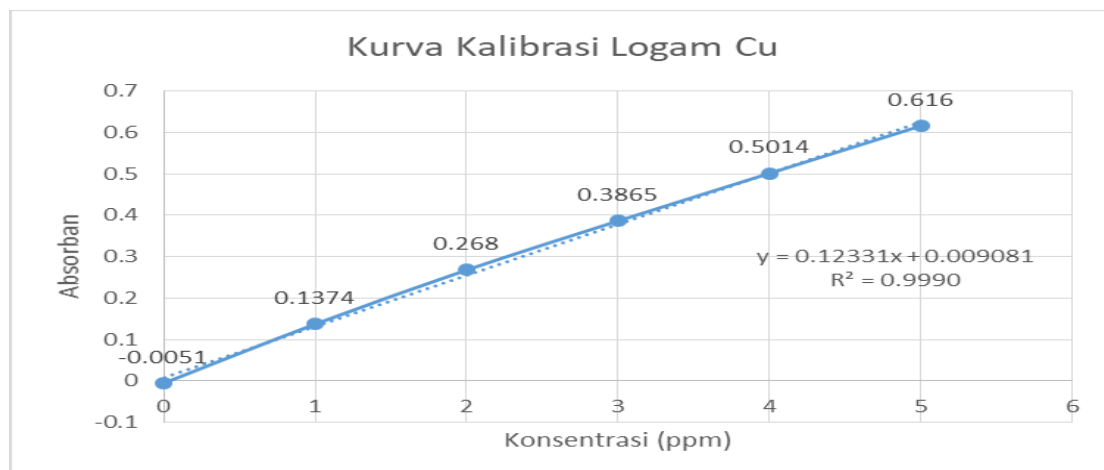


Gambar 2. Unsur-Unsur Yang Terdapat Dalam Karbon Aktif Kulit Salak

Hasil EDS, karbon aktif kulit salak memiliki kandungan karbon sebesar 72,45%. Kandungan unsur karbon tersebut memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995, dimana karbon aktif disyaratkan memiliki kandungan C > 65%. Kandungan yang terbanyak kedua adalah oksigen serta unsur-unsur lainnya dengan jumlah bervariasi.

5. Hasil Kurva Kalibrasi Logam Cu

Kurva kalibrasi dibuat dengan pengukuran larutan standar logam Cu, dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm, dengan menggunakan Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS) pada λ : 324,8 nm.



Gambar 4. Kurva Kalibrasi Logam Cu

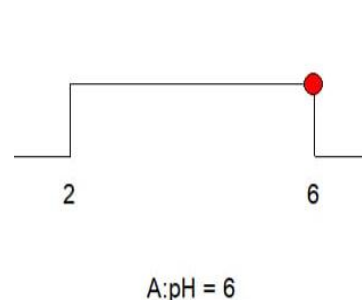
Dari data di atas diperoleh persamaan regresi linier untuk larutan baku timbal yaitu $y = 0,12331x + 0,009081$ dengan koefisien relasi (r) adalah 0,9990.

6. Hasil Verifikasi Metode Uji Dengan Perolehan Kembali

Pada uji akurasi limbah dibuat menjadi 1 ppm, setelah itu ditambahkan larutan baku standar 0,1 ppm, 1 ppm dan 10 ppm sehingga menjadi tiga variasi berbeda yaitu 1 ppm, 3 ppm dan 5 ppm. Pada uji ini hasil yang didapatkan nilai % Recovery yang didapat ada pada rentang 100,604% - 103,23 %. Hal ini sesuai dengan rentang nilai recovery penetapan kadar limbah dimana rentang syarat dari uji akurasi adalah dalam rentang 85% sampai dengan 115% (SNI, 2004). Uji presisi pada penelitian ini menghasilkan nilai %RSD dari limbah CU adalah 0,62 % dengan nilai SD 0,023. Nilai tersebut telah sesuai dengan syarat keberterimaan dari uji presisi yaitu $RSD < 20\%$ (Utami & Wulandari, 2019) (Standar Nasional Indonesia, 2018). Nilai presisi yang baik dapat dilihat dari nilai % RSD yaitu : $\leq 2\%$ (SNI-2004). Dari hasil uji presisi yang sudah dilakukan nilai %RSD yang didapatkan yaitu 0,62% dimana sesuai dengan standar maka dari itu pengujian presisi pada kali ini memenuhi standar (SNI, 2004).

7. Optimasi pH, Waktu Kontak, Massa Adsorben

Salah satu faktor yang berpengaruh pada proses adsorpsi terhadap ion logam berat adalah pH (derajat keasaman) (Tangio, 2013). Penentuan pH optimum dilakukan pada variasi pH 2, 3, 4, 5, dan 6.

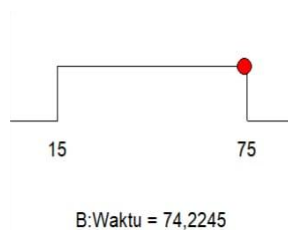


Gambar 3. pH Optimum Karbon Aktif Kulit Salak

Berdasarkan Gambar 5. di atas, pH optimum karbon aktif kulit buah salak berada di pH 6 dalam menyerap logam Cu. Proses penyerapan pada pH di bawah 5 dilaporkan kecil. Hal ini terjadi karena ion H^+ berkurang dalam larutan ion logam tembaga (Cu) sehingga terserap oleh adsorben dengan baik karena tidak terjadi persaingan ketat antara ion H^+ dan ion logam untuk berikatan dengan gugus anionik pada sisi aktif adsorben serbuk dan karbon aktif kulit buah nangka (Baloga *et al.*, 2019). pH disini menunjukkan tingkat konsentrasi ion di dalam larutan terjadi pertukaran ion dan interaksi elektrostatik sangat dipengaruhi

oleh konsentrasi H^+ (Angraini *et al.*, 2022).

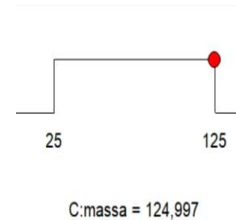
Faktor selanjutnya yang mempengaruhi proses adsorpsi antara adsorben dan adsorbat adalah waktu kontak, karena dalam proses penyerapannya dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorben menyerap zat pencemar (Nurhayati, Sugito, & Ayu, 2018).



Gambar 6. Hasil Waktu Kontak Optimum Serbuk dan Karbon Aktif Kulit salak

Hasil analisis waktu kontak optimum menunjukkan 74,2245 menit, hal ini terjadi karena semakin lama waktu kontak maka semakin banyak adsorbat yang akan terserap karena peluang permukaan atau situs aktif lebih besar untuk bertemu dengan adsorbat (Sukmawati & Utami, 2014).

Selain pH dan waktu kontak, faktor selanjutnya yang menentukan efektivitas proses adsorpsi adalah massa adsorben. Variasi massa adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah 25 mg, 50 mg, 75 mg, 60 mg, dan 75 mg.



Gambar 4. Massa Optimum Karbon Aktif Kulit Salak

Dari Gambar 7 dapat terlihat bahwa massa optimum karbon aktif kulit salak adalah 125 mg. Konsentrasi bioadsorben akan berpengaruh terhadap persentase hasil penyerapan logam Cu dalam limbah cair. Jumlah adsorben yang ditambahkan mempengaruhi efisiensi penyerapan, dimana hal ini sebanding dengan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga menyebabkan sisi aktif adsorpsi dan efisiensi penyerapan meningkat (Hatningsih, 2020).

Hasil optimasi pada aplikasi *Design Expert* memiliki nilai *Desirability* pada serbuk 0,998 dan pada karbon aktif kulit buah salak 1,000. Titik optimum yang baik memiliki nilai *Desirability* yang tinggi atau mendekati 1, karena menunjukkan semakin tingginya kesesuaian proses optimasi yang optimal dengan variable respon yang sesuai dan menunjukkan nilai ketepatan optimasi.

Efektivitas yang didapatkan dari aplikasi *design expert* pada pH 6, waktu kontak 74,2 menit dan massa 125 mg, adalah sebesar 98,46 %.

8. Verifikasi Hasil Optimasi

Setelah didapatkan hasil optimum dari aplikasi *Design Expert*, dilakukan pengujian ulang dengan pH, waktu kontak dan massa optimum yang dihasilkan.

Tabel 1. Data Hasil Verifikasi Penyerapan Logam Cu Pada Karbon Kulit Salak

Kadar Awal	Pengujian	Kadar Terserap	% Ef
4,0362	pH 6_75min_125mg_3	0,1236	96,97
	pH 6_75min_125mg_3	0,1204	97,01
	pH 6_75min_125mg_3	0,1135	97,18
Rata-rata			97,04

Dari hasil pengujian di atas, didapatkan % efektivitas untuk penyerapan logam Cu pada karbon aktif kulit buah salak sebesar 97,04%.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karbon aktif kulit salak mempunyai efektivitas adsorpsi yang sangat tinggi terhadap logam tembaga, hal ini dikarenakan karbon aktif kulit salak mengandung gugus fungsi -OH, C-H alifatik, C-O, Si-O, C-C alkil (Wijayanti dan Widjajanti, 2017). Gugus fungsi tersebut dapat melakukan pengikatan dengan ion logam (Ibbet, 2006; Herwanto, 2006 dalam Safrianti, dkk., 2012). Bioadsorben karbon aktif kulit salak memiliki kemampuan untuk menyerap logam tembaga (Cu) dengan efektivitas adsorpsi yang tinggi, yaitu

sebesar 97, 04 %, pada kondisi pH optimum 6, waktu kontak optimum 74,2 menit dan massa optimum 125 mg.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, serta kepada LPPM Universitas Al-Ghifari dan Staf Laboratorium Analisis Instrumen Universitas Al-Ghifari.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qunaibit M.H., Mekhemer W.K. and Zaghloul A.A. (2005). The adsorption of Cu (II) ions on bentonite-a kinetic : Journal of colloid and interface science. 283(2):316-321.
- Angraini, N., Emilia., A. T., & Hadiah., F. (2022). Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd., Jurnal Ilmu Lingkungan, Volume 20, Issue 2 : 335-343, ISSN 1829-8907.
- Anwar K, Mardiyono, Harmastuti N. (2022). Karakteristik pektin kulit buah sukun (*Artocarpus altilis* (Park.) Fosberg) dan uji kemampuan adsorpsi logam berat pada limbah laboratorium stifera semarang. Jurnal Ilmiah Sains. 8-16.
- Baloga, H., Walanda, D. K., & Hamzah, B. (2019). Pembuatan Arang dari Kulit Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) sebagai Adsorben terhadap Kadmium dan Nikel Terlarut. Jurnal Akademika Kimia, 8(1), 28-33.
- Dhaneswari,P., Sula, C.G., Ulina, Z., Putri, A. (2015). Pemanfaatan Pektin Yang Diisolasi Dari Kulitdan Buah Salak (*Salacca Edulis Reinw*) Dalam Uji In Vivo Penurunan Kadar Kolesterol Dan Glukosa Darah Pada Tikus Jantan Galur Wistar. Khazanah, Vol. 7 No.2
- Hajar, E.W.I., Sitorus, R.S., Mulianingias, and N., Welan, F.J. (2016). Efektivitas

- Adsorpsi Logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, Volume 5 No. 1.
- Haris, A., Nurhilal, O., dan Suryaningsih, S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Daya Serap Iodin Arang Aktif dari Limbah Daun Ki Sabun (*Filicium decipiens*) dan Daun Mahoni (*Swietenia mahagoni*). *Jurnal Material dan Energi Indonesia. Universitas Padjadjaran*. 9(1): 1-7.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., dan Choma, J. (1991). *Active Carbon*, London, Horwood
- Jayanti, S., Sumarni, N. K., dan Musafira. (2015). Kajian Aktivasi Arang Aktif Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* Linn.) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 pada Penyerapan Logam Timbal. *Kovalen*. (1)1: 13 – 19.
- Kumar, A.R., P., Riyazuddin. (2007). Non-chromatographic hydride generation atomic spectrometric techniques for the speciation analysis of arsenic, antimony, selenium, and tellurium in water samples—a review: *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*. 87(7), 469-500
- Kurniasari L, Hartati I, & Satik N. (2014). Aplikasi Low Methoxyl Pectin (LMP) Kulit Pisang sebagai Biosorben Logam Kadmium. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*, (pp. 239-244). Yogyakarta.
- Kurniawan, R.; Lutfi, M.; Agung, W. (2014). Karakteristik Luas Permukaan Bet (Brainear, Emmelt, dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(2): 15-20.
- Nugroho, Stephanus Catur Widi. (2020). Kemampuan Serbuk Kulit Salak (*Salacca Zalacca*) Dalam Menurunkan Kadar Fe Pada Inlet Limbah Cair Rumah Tangga Ipal Sewon Bantul. Thesis, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Nurhasni, Hendrawati & Saniyyah, N. (2014). Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air. *Jurnal Valensi*. 4(1): 130-138.
- Nurhayati, I., Sugito, & Ayu, P. (2018). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsi Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 10(2).
- Prabarini, N., dan Okayadnya, D. (2014). Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 5(2): 33–41.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., Zaharah, T.A. (2012). Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 1(1): 1
- Sahara, E., Dahliani, N. K., & Manuaba, I. B. P. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes Erecta*) Dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Kimia*, 174.
- Standar Nasional Indonesia. (1995). “SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis”. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 06-6989.6-2004. (2004). Air dan Air Limbah- Bagian 6 : Cara Uji Tembaga (Cu) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. Badan Standarisasi Nasional: Bandung. 2004:1-4.
- Standarisasi Nasional Indonesia., (2009). SNI.-6989-6-2009. Cara Uji Tembaga (Cu) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Flame. Jakarta.
- Tangio J. (2013). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, VIII.
- Tong, X. J., Li, J. Y., Yuan, J. H., and Xu, R. K. (2011). Adsorption of Cu (II) by biochars generated from three crop straws. *Chemical Engineering Journal*, 172(2-3), 828-834.
- Wijayanti dan Widjajanti, E. (2017). Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi terhadap Krom (III). *Jurnal Kimia Dasar*. 6(1): 11-18.