

Pemanfaatan Limbah Biomassa Kulit Bawang Putih (*Allium sativum L*) sebagai Adsorben Karbon Aktif menggunakan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Krom Total (Cr)

HERNA NOVI KURNIANTI^{1*}, ADI MULYANA SUPRIATNA¹, DAN VINA AMALIA¹

¹Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Jl. A.H. Nasution no.105, Cibiru, Bandung

*alamat email korespondensi: hernakuliah15@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
<p>Kata Kunci: adsorben; karbon aktif; KOH; krom total; limbah sintesis</p>	<p>Limbah organik, seperti kulit bawang putih sering kali tidak dimanfaatkan secara maksimal. Kulit bawang putih mengandung senyawa organik diantaranya selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berpotensi untuk diubah menjadi karbon aktif. Karbon aktif, dengan struktur pori-porinya, dikenal sebagai adsorben yang efektif dalam mengatasi pencemaran, terutama logam berat dalam limbah cair industri, seperti industri penyamakan kulit yang menghasilkan limbah dengan kadar krom tinggi, menjadi sumber utama pencemaran logam berat. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk memanfaatkan limbah biomassa kulit bawang putih sebagai adsorben logam krom total (Cr) pada limbah cair industri penyamakan kulit. Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dengan sistem <i>batch</i> pada logam krom total (Cr) menggunakan variasi massa 0,2-0,5 gram dan variasi waktu 40, 60, 75, 90 menit. Pembuatan karbon aktif diawali dengan pemanasan suhu 250°C selama 180 menit, dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan KOH 0,5M selama 24 jam. Kualitas karbon aktif berdasarkan hasil uji kadar air sebesar 3,4% dan kadar abu sebesar 0,4%. Karakterisasi analisis gugus fungsi karbon aktif menggunakan FTIR didapatkan ikatan O – H, C – H, C = O dan hasil analisis ukuran pori-pori karbon aktif termasuk ke dalam kategori makropori dengan ukuran rata-rata 3,25µm. Konsentrasi logam krom total (Cr) yang digunakan yaitu 10mg/L mampu diturunkan dengan massa 0,5 gram dalam waktu 60 menit hingga konsentrasi mencapai 0,6mg/L dengan efisiensi adsorpsi tertinggi mencapai 94% dan kapasitas adsorpsi sebesar 1,8 mg/g. Analisis isoterm adsorpsi logam krom total (Cr) pada karbon aktif sesuai dengan model isoterm Langmuir dengan R² 0,9931. Hasil analisis karbon aktif kulit bawang putih memiliki potensi yang baik untuk mengatasi pencemaran logam berat, namun analisis lebih lanjut diperlukan untuk menguji efektivitas pada konsentrasi logam krom total (Cr) yang lebih tinggi.</p>
<p>Keywords: Activated carbon; adsorbent; KOH; synthetic waste; total chromium</p>	<p><i>Organic waste, such as garlic skin, is often underutilized. Garlic skin contains organic compounds including cellulose, hemicellulose, and lignin that have the potential to be converted into activated carbon. Activated carbon, with its porous structure, is known as an effective adsorbent in mitigating pollution, particularly heavy metals in industrial wastewater. The leather tanning industry, which produces waste with high chromium content, is a significant source of heavy metal pollution. This study aims to utilize garlic skin biomass waste as an adsorbent for total chromium (Cr) in tannery industry wastewater. The method employed is batch adsorption of total chromium (Cr) using varying masses of 0.2-0.5 grams and contact times of 40, 60, 75, 90 minutes. Preparation of activated carbon involves heating at 250 °C for 180 minutes, followed by activation using 0.5M KOH for 24 hours. The quality of the activated carbon evaluated based on water content of 3.4% and ash content of 0.4%. Functional group characterization of the activated carbon using FTIR revealed the presence of O – H, C – H, C=O bonds. Pore size analysis indicated that the activated carbon falls into the macropore category with an average pore size of 3.25µm. The initial concentration of total chromium (Cr) at 10 mg/L was reduced to 0.6 mg/L using 0.5 grams of adsorbent within 60 minutes, achieving a maximum adsorption efficiency of 94% and an adsorption capacity of 1.8 mg/g. Adsorption isotherm analysis indicated that the adsorption of total chromium (Cr) onto activated carbon fits the Langmuir isotherm model, with an R² value of 0.9931. These results suggest that activated carbon derived from garlic skin has significant potential for heavy metal remediation. However, further studies are needed to evaluate its effectiveness at higher concentrations of total chromium (Cr).</i></p>

PENDAHULUAN

Secara umum air limbah mengandung sejumlah besar logam berat seperti kromium, seng, kadmium, timbal, nikel dan arsenik. Pada kondisi konsentrasi yang tinggi dapat bersifat toksik dan menyebabkan dampak yang merugikan pada lingkungan. Pencemaran logam berat umumnya disebabkan oleh berbagai jenis limbah, seperti pemurnian logam, pelapisan krom, pewarna tekstil, penyamakan kulit dan industri pulp menggunakan kromium dan pembuangan limbah yang terkontaminasi kromium secara tidak tepat akan mempengaruhi pada pelepasan kromium ke lingkungan [1].

Kromium memiliki dampak yang signifikan terhadap ekosistem. Kromium dapat mencemari air dan tanah dengan mengganggu mikroorganisme tanah, merusak rantai makanan akuatik dan menyebabkan bioakumulasi pada organisme hidup [1]. Kromium yang mencemari lingkungan maka akan berpengaruh terhadap rantai makanan manusia hingga menyebabkan kondisi gangguan ginjal, pustula, hemolisis, penurunan enzim antioksidan dan aktivitas motorik [2]. Oleh karena itu, sangat penting untuk menerapkan pengolahan limbah yang tepat dan pembatasan lingkungan yang ketat untuk mengurangi dampak buruk dari logam berat kromium.

Untuk menghilangkan logam berat, beberapa metode yang dapat digunakan diantaranya koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pertukaran ion dan adsorpsi [3]. Metode adsorpsi banyak digunakan untuk menjernihkan air limbah dan memiliki kemampuan untuk menyerap logam-logam berat ke permukaan adsorben sehingga dapat menurunkan konsentrasi logam berat [4]. Permukaan adsorben akan mengalami interaksi antara molekul cairan atau gas dengan molekul padat yang disebabkan oleh adanya gaya tarik atom yang menutupi permukaan tersebut [5].

Adsorben dapat berupa alga, *fly ash*, *bentonite*, biomassa, selulosa, silika gel, *zeolite* dan karbon aktif [6]. Karbon aktif dapat diproduksi dari berbagai sumber salah satunya biomassa melalui proses karbonasi dan aktivasi. Menjadi satu hal yang dipertimbangkan dengan skala besar karena biaya yang tinggi pada sumber karbon serta prosedur yang rumit. Dengan prinsip

berkelanjutan, berbagai jenis karbon dari biomassa mulai dianalisis. Penelitian Solihudin, dkk (2015) menjadi salah satu contoh pemanfaatan limbah biomassa yang bertujuan untuk memanfaatkan limbah pertanian yang melimpah sebagai sumber karbon aktif ramah lingkungan dengan biaya yang lebih terjangkau [7].

Limbah biomassa yang sering ditemukan dalam limbah rumah tangga yaitu kulit bawang putih, kulit bawang putih memiliki ketersediaan yang melimpah hingga produksi dari tahun ketahun terus bertambah. Kulit bawang putih memiliki senyawa organik yang membentuk material seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan serat kasar dari kulit bawang putih terdiri dari 41,7 % selulosa, 20,8% hemiselulosa dan 34,5% lignin [8].

Berdasarkan pemaparan diatas, kulit bawang putih memiliki potensi untuk dijadikan karbon aktif. Berbagai analisis mengenai karbon aktif berbahan dasar kulit bawang putih telah dilakukan oleh Mardiah, dkk (2021) [9] mengenai karakterisasi sifat fisis karbon aktif dari limbah kulit bawang putih dan penelitian yang dilakukan Kuncoro, dkk (2022) [10] mengenai performa karbon aktif kulit bawang putih terhadap perbuhan karakteristik limbah air *accu*. Sejalan dengan informasi tersebut, penelitian mengenai analisis karbon aktif yang diaplikasikan terhadap logam krom total belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan karena dapat memberikan informasi tambahan mengenai performa kulit bawang putih. Selain itu temuan yang diperoleh dapat menjadi dasar pengembangan ilmu dalam bidang Kimia. Tujuan khusus pada penelitian untuk memanfaatkan limbah biomassa kulit bawang putih sebagai adsorben karbon aktif yang teraktivasi KOH diaplikasikan pada logam kromium total (Cr) pada limbah industri khususnya dapat digunakan dalam industri penyamakan kulit.

EKSPERIMEN

Metode penelitian yang digunakan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mardiah, dkk (2021) [9] dengan pengembangan analisis morfologi permukaan menggunakan instrumentasi *Scanning Electron Microscope* (SEM), kualitas

karbon aktif dan aplikasi terhadap logam kromium total (Cr).

Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya limbah biomassa kulit bawang putih (*Allium sativum L*) untuk pembuatan karbon aktif, kalium hidroksida (KOH) sebagai aktivator, larutan standar $Cr(NO_3)_3$ (1000 mg/L), kertas saring *Whatman* no.42 dan Aqua DM.

Instrumentasi

Instrumen yang akan digunakan yaitu *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) (Agilent Technologies 200 series AA) untuk menentukan konsentrasi ion logam krom total (Cr). Karakterisasi karbon aktif sebelum dan sesudah aktivasi digunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Hitachi TM3000) untuk melihat morfologi permukaan dari karbon kulit bawang putih sebelum dan sesudah aktivasi dan instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (*Bruker Alpha KBr Pellets*) untuk menganalisis gugus fungsi yang terkandung pada karbon aktif.

Prosedur

Pembuatan karbon aktif

Kulit bawang putih dikeringkan menggunakan oven pada suhu 250°C selama 2 jam 30 menit dan dihaluskan dengan ayakan berukuran 120 mesh maka akan terbentuk kulit bawang putih yang halus. Untuk aktivasi karbon kulit bawang putih sebanyak 30 gram karbon direndam menggunakan zat aktivator KOH 0,5 N sebanyak 60 mL selama 24 jam. Residu yang didapatkan dinetralkan menggunakan aquades hingga pH 6, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Dilanjutkan dengan pemanasan kembali didalam tanur pada suhu 300°C selama 2 jam [9].

Aplikasi karbon aktif pada larutan kerja

Penggunaan variasi massa dimulai dari 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 gram karbon aktif dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 mL lalu ditambahkan larutan $Cr(NO_3)_3$ dengan konsentrasi 10 mg/L sebanyak 100 mL. Larutan diaduk menggunakan *shaker* selama 60 menit dengan kecepatan 200 rpm,

selanjutnya disaring dan diukur konsentrasi ion logam krom total (Cr) menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Dengan prosedur yang sama, variasi waktu dilakukan antara 45, 60, 75, 90 menit dengan massa tetap 0,5 gram dan kecepatan pengadukan 200rpm. Analisis model isoterm dilakukan dengan variasi konsentrasi sebesar 10, 15, 20 dan 25 mg/L dengan waktu 60 menit, massa 0,5 gram dan kecepatan pengadukan 200rpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan karbon aktif

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan memanfaatkan kulit bawang putih yang didapatkan dari UMKM bidang kuliner di daerah Pasir Jati, Bandung. Kulit bawang putih melalui proses prakarbonasi, merupakan proses pembakaran pada ruang semi tertutup (oven listrik) tanpa adanya tambahan zat kimia lainnya. Pada proses ini kulit bawang putih dipanaskan di dalam oven listrik selama 2 jam 30 menit dengan suhu 250°C. Penggunaan oven listrik memungkinkan untuk didapatkan kondisi arang yang tidak murni, penggunaan suhu yang kurang optimum pada proses prakarbonasi sehingga pada proses ini diasumsikan karbon belum terbentuk secara sempurna ditandai dengan hasil karbon berwarna coklat. Namun hal ini tidak mempengaruhi secara signifikan untuk proses adsorpsi karena hasil prakarbonasi akan dilanjutkan dengan proses aktivasi.

Aktivasi karbon kulit bawang putih dilakukan dengan larutan KOH berperan sebagai bahan *activating agent* dari logam alkali yang digunakan untuk meningkatkan luas permukaan karbon dan berperan sebagai basa kuat untuk membasmi zat pengotor yang masih ada pada karbon. Larutan KOH akan mengalami reaksi dengan karbon sehingga akan terbentuk pori-pori baru pada permukaan karbon. Salah satu sifat KOH yaitu *dehydrating agent* sehingga pada proses aktivasi akan mengeluarkan air (dehidrasi) yang mengakibatkan karbon akan mengalami pengikisan dan terjadi peningkatan luas permukaan pada karbon karena adanya pembentukan pori-pori yang lebih banyak [11].

Selain itu proses aktivasi karbon dengan KOH akan mengubah struktur lignin yang dimiliki bahan dasar kulit bawang putih sehingga lignin

akan larut dalam larutan KOH dan mengubah warna larutan menjadi hitam yang disebut lindi hitam (*black liquor*). Residu yang didapatkan dilakukan penetralan secara bertahap menggunakan aquades hingga hasil filtrat penetralan berwarna coklat muda. Dalam reaksi yang terjadi ion OH^- dari larutan KOH akan memutuskan ikatan pada struktur lignin dan ion K^+ yang berikatan dengan lignin akan membentuk kalium fenolat. Sedangkan komponen lain yang terkandung dalam residu karbon yaitu selulosa dan hemiselulosa akan mengalami degradasi [12].

Pemanasan kembali menggunakan tanur pada suhu 300°C selama 2 jam 30 menit. Karbon aktif yang dihasilkan berwarna hitam, keadaan karbon yang lebih hitam ini menunjukkan adanya efek pemecahan kembali rantai karbon yang tersisa dari proses prakarbonasi [13].

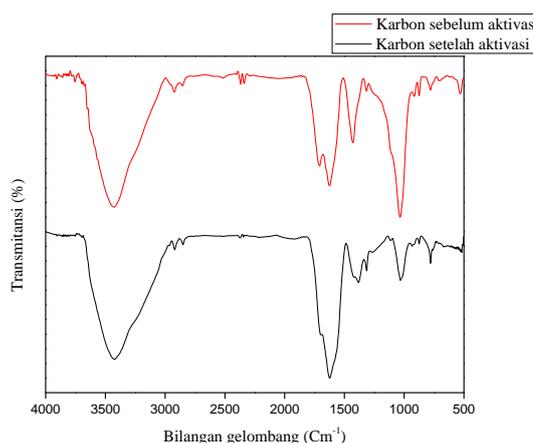
Kualitas karbon aktif

Pengujian kadar air bertujuan untuk menganalisis sifat higroskopis dari karbon aktif yang didapatkan dengan menggunakan metode gravimetri. Metode gravimetri dilakukan dengan cara penimbangan perbedaan massa antara karbon sebelum diuapkan dan setelah diuapkan [14]. Hasil pada karbon aktif berbahan dasar biomassa kulit bawang putih sebesar 3,4% memenuhi standar SNI 06-3730-1995 hal ini berpengaruh terhadap hasil pori-pori karbon aktif semakin rendah kadar air maka air yang terkandung dalam karbon semakin sedikit.

Pengujian kadar abu diperkirakan sebagai sisa mineral yang terkandung didalam karbon sebelum dilakukan pembakaran, karena pada bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon namun ada yang mengandung mineral. Mineral yang terkandung dalam bahan karbon mengalami dekomposisi pada saat proses karbonasi dan aktivasi dan memungkinkan untuk tetap ada dalam karbon [14]. Pada karbon aktif berbahan dasar biomassa kulit bawang putih memperoleh hasil 0,4% maka memenuhi standar maksimum SNI 06-3730-1995.

Karakterisasi karbon aktif

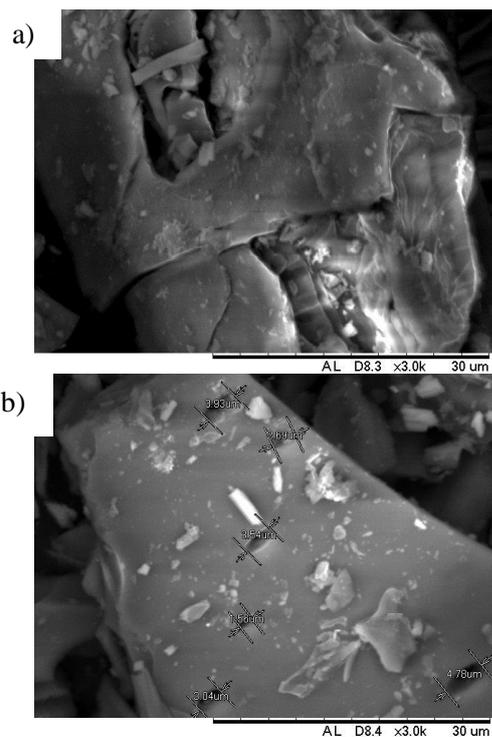
Gambar 1 menunjukkan hasil analisis spektrokopi IR adanya jumlah puncak yang kurang dari lima termasuk kedalam jenis bahan kimia sederhana [15].



Gambar 1 Hasil analisis FTIR pada karbon

Pada daerah ikatan tunggal yaitu antara $4000\text{-}2500\text{ cm}^{-1}$, terdeteksi adanya ikatan hidrogen (-OH) tepat pada rentang 3450 cm^{-1} sebelum aktivasi dan setelah aktivasi mengalami pergeseran menjadi 3424 cm^{-1} yang ditunjukkan dengan spektrum intensitas yang kuat, hal ini terjadi dikarenakan adanya proses pengeringan kembali setelah aktivasi sehingga memungkinkan untuk mengalami dehidrasi pada permukaan karbon. Ikatan tunggal lain teridentifikasi dalam gugus C-H alifatik dengan perubahan yang tidak signifikan yaitu pada rentang spektrum 2923 sebelum aktivasi dan setelah aktivasi sebesar 2918 dengan intensitas yang lemah.

Dilanjutkan dengan ikatan rangkap dua yang terbentuk pada rentang $2000\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ spesifik pada 1850-1650 termasuk sebagai senyawa karbonil [15]. Sebelum aktivasi puncak terbentuk pada bilangan gelombang 1621-1707 sebagai $\text{C}=\text{O}$ setelah aktivasi mengalami pergeseran puncak bilangan gelombang menjadi 1622 intensitas spektrum yang dimiliki termasuk kuat dengan pita spektrum yang tajam dari garis dasar.



Gambar 1 Analisis SEM perbesaran 3000X a) karbon sebelum aktivasi dan b) karbon setelah aktivasi

Pada **Gambar 2 (a)** merupakan karbon yang hanya melalui proses prakarbonasi pada suhu 250°C struktur yang terbentuk tidak merata dengan bentuk pori-pori berupa retakan dengan jumlah yang terbatas. Karbon tanpa adanya aktivasi secara kimia menghasilkan karbon yang belum sepenuhnya terdevolatilisasi, sehingga banyaknya residu yang menutupi pori-pori karbon [16]. Penyebab lain struktur karbon yang tidak merata karena karbon sebelum aktivasi memiliki struktur amorf maka karbon sebelum aktivasi tidak memiliki pola kristal yang teratur [17]. Pada **Gambar 2 (b)** permukaan karbon terlihat lebih halus dengan pori-pori yang terbentuk lebih jelas dan terdistribusi secara lebih merata. Pemberian aktivator KOH mampu menghilangkan senyawa volatil yang ada pada permukaan karbon dan aktivasi secara fisika mampu menyempurnakan struktur karbon [16].

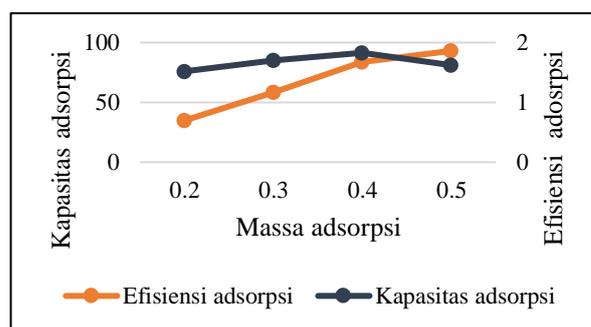
Ukuran pori yang terbentuk pada karbon aktif setelah diaktivasi KOH termasuk kedalam jenis makropori dengan ukuran di atas 5000 angstrom [13]. Ukuran terbesar pada pori-pori karbon aktif sebesar 47800 angstrom dan terkecil yaitu 15600 angstrom. Interaksi KOH dengan karbon membentuk struktur pori akibat dari pengikisan karbon dengan basa kuat.

Pada proses reaksi, residu yang dihasilkan terdiri dari campuran karbon, karbonat basa dan hidroksida yang tidak mengalami reaksi. Residu yang terbentuk dilakukan pencucian, penyaringan dan pengeringan sehingga dapat menghasilkan sisa bahan karbon yang memiliki potensi untuk menjadi karbon aktif. Tahap pembentukan karbon aktif dapat diamati pada gambar mekanisme berikut.



Gambar 2 Mekanisme pembentukan karbon aktif

Aplikasi karbon aktif pada limbah sintesis

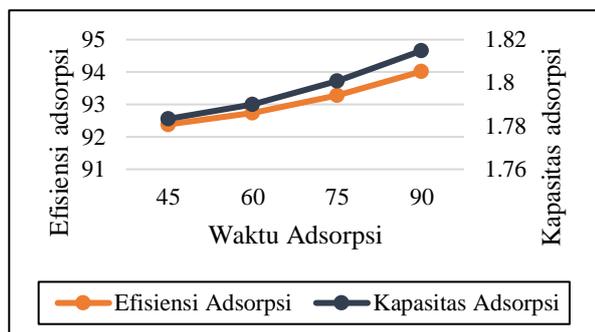


Gambar 3 Grafik adsorpsi pada variasi massa terhadap kapasitas dan efisiensi adsorpsi

Grafik pengaruh variasi massa terhadap efisiensi dan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada **Gambar 4**. Menjelaskan terkait variabel berubah yang digunakan pada massa adsorben berpengaruh terhadap kapasitas penyerapan logam krom, penggunaan massa 0,2 gram hingga 0,4 gram terus bertambah dengan kondisi maksimum yaitu 1,8 mg/L sedangkan pada massa 0,5 gram terjadi penurunan yaitu 1,6 mg/L. Untuk data efisiensi adsorpsi terjadi penambahan secara terus menerus tanpa ada penurunan.

Penurunan kondisi kapasitas adsorpsi dapat terjadi karena adanya efek kompensasi yaitu fenomena terjadinya peningkatan jumlah partikel adsorben yang dapat menurunkan efisiensi adsorpsi karena massa adsorben [18]. Pada kondisi awal karbon aktif akan memiliki banyak ruang yang tersedia untuk mengikat molekul krom, kondisi tersebut akan memiliki efisiensi yang tinggi. Tetapi semakin banyak molekul krom yang terikat pada adsorben maka ruang semakin terisi hingga kapasitas adsorpsi mendekati titik

maksimum, hal tersebut menandakan semakin sedikit ruang untuk adsorben melakukan peyerapan pada molekul krom dan diperlukan pergantian adsorben.



Gambar 4 Grafik adsorpsi variasi waktu terhadap kapasitas dan efisiensi adsorpsi

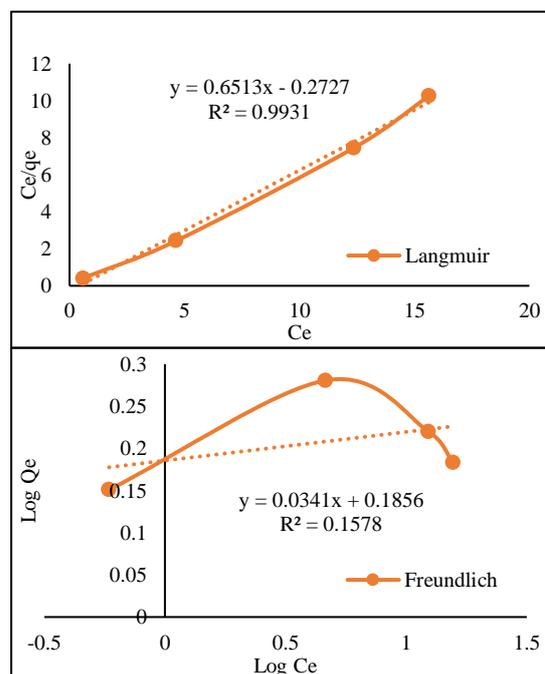
Grafik pengaruh variasi waktu terhadap efisiensi dan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada **Gambar 5**. Variabel berubah yang digunakan yaitu pada variasi waktu 45, 60, 75 dan 90 dengan variabel tetap pada massa 0,5 gram dan kecepatan pengadukan pada 200 rpm. Kondisi awal larutan memiliki konsentrasi sebesar 9,6 mg/L dapat dilihat pada hasil grafik yang ditunjukkan adanya penurunan konsentrasi logam krom secara bertahap seiring dengan bertambahnya waktu hingga didapatkan kondisi akhir larutan pada waktu 90 menit mampu menurunkan konsentrasi logam krom total dibawah 0,6 mg/L tepat sebesar 0,5 mg/L.

Persentase efisiensi adsorpsi logam krom mencapai 94% pada waktu 90 menit dengan kapasitas yang konstan setelah diberi waktu selang 15 menit menunjukkan, proses adsorpsi telah mencapai setimbang ketika kondisi adsorpsi sama dengan laju desorpsi ditandai dengan efisiensi adsorpsi terjadi peningkatan namun cenderung lambat. Proses kesetimbangan atau kondisi larutan jenuh antara adsorbat dan adsorben dengan waktu kontak yaitu ketika semua sisi aktif adsorben telah mengalami ikatan dengan ion logam krom sehingga terjadi penambahan efisiensi adsorpsi yang lambat disebabkan oleh penghalang difusi yang semakin besar [19].

Penentuan model isotherm adsorpsi

Penentuan model isotherm adsorpsi menggunakan proses adsorpsi yang terjadi pada temperature tetap. Tipe isotherm adsorpsi ditentukan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi

yang digunakan antara adsorben berbahan dasar kulit bawang putih yang diaktivasi dengan KOH dan ion logam krom (Cr). Ikatan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat dapat secara fisisorpsi dan kimisorpsi [19].



Gambar 5 Grafik laju isotherm adsorpsi

Gambar 6 menunjukkan linearitas yang terjadi pada isotherm Langmuir lebih besar dibandingkan dengan isotherm Freundlich yaitu 0,9931 dan 0,1578. Hal ini menandakan model isotherm adsorpsi pada logam krom (Cr) termasuk kedalam tipe isotherm Langmuir. Ikatan yang terjadi antara ion logam krom (Cr) dan adsorben karbon aktif karena ion logam krom (Cr) mampu membentuk ikatan kompleks dengan gugus fungsi pada permukaan adsorben. Berdasarkan analisis FT-IR karbon aktif memiliki gugus hidroksil (OH) yang dapat berikatan dengan ion logam krom melalui ikatan koordinasi untuk membentuk ion kompleks. Mekanisme ikatan tersebut terjadi ketika karbon memiliki gugus hidroksil dengan muatan negatif (anion) akan berikatan atau terjadi pertukaran ion dengan ion logam krom (Cr) yang memiliki muatan positif (kation).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan U. Meila (2021) model isotherm Langmuir menyatakan bahwa permukaan adsorben adalah homogen, dengan kondisi yang homogen maka situs aktif dalam karbon akan dimiliki pada setiap pori-pori karbon, sehingga setiap ion logam krom akan berikatan pada setiap situs aktif karbon.

Interaksi antara situs aktif adsorben dengan adsorbat yang terjadi hanya pada lapisan penyerapan tunggal (*mono layer adsorption*) [19].

Model isoterm	Parameter	Keterangan
Langmuir	Q_m	1,5046
	K_L	0,2421
	R^2	0,9934
Freundlich	$1/n$	5,3879
	K_f	1,0816
	R^2	0,1578

Model isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa setiap situs aktif adsorpsi memiliki afinitas yang sama dan proses adsorpsi pada situs aktif terjadi karena pengaruh dari situs aktif lainnya. Parameter isoterm Langmuir digunakan untuk menentukan kondisi adsorpsi, nilai K_L menyatakan sebagai tipe adsorpsi diantaranya: nilai $K_L=0$ yaitu proses adsorpsi terjadi secara *ireversibel*, nilai $0 < K_L < 1$ termasuk pada proses adsorpsi yang disukai (*favorabel*), nilai $K_L=1$ termasuk proses adsorpsi isothermal liner dan nilai $K_L > 1$ termasuk pada proses yang tidak disukai (*unfavorabel*). Apabila proses adsorpsi yang terjadi menunjukkan posisi lebih disukai maka adsorben yang digunakan cocok untuk jenis adsorbat tersebut [20]. Pada penelitian yang dilakukan nilai K_L 0,2421 termasuk kedalam proses yang disukai maka proses adsorpsi menunjukkan adsorben cocok untuk jenis adsorbat logam krom. Sedangkan parameter nilai Q_m pada isoterm Langmuir dapat menentukan kapasitas adsorpsi tertinggi yaitu memiliki nilai maksimum sebesar 1,5046 mg/g.

SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan pembuatan karbon aktif dari limbah biomassa kulit bawang putih dapat dilakukan dengan aktivator KOH dengan penyerapan pada logam krom total (Cr) kondisi optimum kapasitas adsorpsi mencapai 1,8 mg/g dan efisiensi sebesar 94%. Memiliki kualitas yang memenuhi standar SNI yaitu 3,4% kadar air dan 0,4% kadar abu. Gugus fungsi yang terbentuk diantaranya O – H, C – H dan C = O dengan ukuran pori maksimum sebesar 47800 angstrom termasuk kedalam bentuk makropori. Linearitas laju isotherm adsorpsi menunjukkan isoterm Langmuir lebih besar dibandingkan dengan isoterm Freundlich, dengan parameter nilai K_L 0,2421 dan Q_m sebesar 1,5046 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi serta Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati atas bantuan, dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian berlangsung.

REFERENSI

- [1] Sharma. P, Singh. S.P, Parakh. S.K, dan Tong, Y.W, "Health hazards of hexavalent chromium (Cr (VI)) and its microbial reduction," *Taylor and Francis Ltd*, 2022.
- [2] Kerur. S.S, Bandekar. S, Hanagadakar. M.S, Ratnamala. G.M, dan Hegde. P.G "Removal of hexavalent Chromium-Industry treated water and Wastewater: A review," *Mater Today Proc*, vol. 42, no. 2, pp. 1112–11121, 2021.
- [3] Desianna. I, Cintia. A, Putri. I, dan Yulianti. S, "Selulosa Kulit Jagung sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik," *Unnes Physics Journal* 2017.
- [4] Hardyanti I.S., Nurani I., Hardjono D.S., Apriliani E., dan Wibowo E.A.P. "Pemanfaatan Silika (SiO₂) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik," vol. 3, no. 2, pp. 37-41, 2017
- [5] Zulichatun. S, dan Kusumastuti. E, "Pembuatan Karbon Aktif Ampas Tahu dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Crystal Violet dan Congo Red," *Indonesian Journal of Chemical Science* 2018.
- [6] Melianti, "Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na₂CO₃) ," vol. 5, no. 1, pp. 14-20, Maret. 2020.
- [7] Solihudin, A. Rostika Noviyanti, Rukiah "Aktivasi Arang Sekam Padi Dengan Larutan Natrium Karbonat Dan

- Karakterisasinya.” *Chimica et Natura Acta*, vol. 3, no.3, pp. 11-16, April. 2015.
- [8] Prasad, J dan Rhim. W, “Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from garlic skin,” *Mater Lett*, vol. 129, pp. 20–23, Aug. 2014.
- [9] Mardiah, M.A, Awatdrus. A, Farma. A dan Taer. A, “Characterization of Physical Properties for Activated Carbon from Garlic Skin,” *Journal of Aceh Physics Society*, vol. 10, no. 4, pp. 102–106, Oct. 2021.
- [10] Kuncoro. W, Qiram. I, dan Rubiono. G, “Analisis Performa Karbon Aktif Kulit Bawang Merah (*Allium Cepa* Skin) Terhadap Perubahan Karakteristik Limbah Air Accu,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 179–188, Jun. 2022.
- [11] Nurfitriah. N *et al.*, “Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya,” *Akta Kimia Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 75, May 2019.
- [12] Masmur. I *et al.*, “Bioethanol Manufacturing from α -Cellulose Waste of Empty Palm Oil Frugs (*Elaeis guineensis* jack) with Hydrolysis Concentration Variations HCl and Cellulase Enzyme” *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 7, no. 3, 2018.
- [13] Nurdiansah, H. Susanti, D, “Pengaruh Variasi Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi *Electric Double Layer Capacitor* (EDLC)” *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2, no.1, pp. 13-18, 2013.
- [14] Sari. M.I, Markasawi. M.G dan Putri. W, “Uji Karakteristik Fisik Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 ,” *Jurnal Patra Akademika*, vol 12, no.02, pp. 4-11, Desember. 2021.
- [15] Nandiyanto, Oktiani. R, dan Ragadhita. R, “How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material,” *Indonesian Journal of Science and Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 97–118, 2019.
- [16] Nandari, W. N, Zabrina. N, Sitta, M. P “Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa,” *Jurnal Kimia Dan Rekayasa* vol. 4, no. 2, Januari. 2024.
- [17] Pujiyanto, E. F. Mulyati, T.A., “Potensi Karbon Aktif Dari Limbah Pertanian Sebagai Material Pengolahan Air Limbah,” *Jurnal Wiyata*, vol. 1, no. 1, pp. 37-45, Mei 2017.
- [18] Kurniaty. I dan Nisavira. P, “Pengaruh Massa Adsorben Arang Aktif Dari Ampas Kopi Untuk Menyerap Zat Warna Rhodamin B,” Seminar Nasional Penelitian LPPM
- [19] Anggriani. U. M *et al.*, “Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb),” *Jurnal Kinetika*, vol. 12, no. 02, pp. 29–37, 2021.
- [20] Hartanto. D, Wahyu. M.S, Utomo. P, “Script Adsorptive Removal of Auramin Dye From Aqueous Solution Using H-Zsm-5 Synthesized From Bangka Kaolin Without Organic Template,” *Malaysian Journal Of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 13, no. 4, pp. 832-839, 2018.