

**ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM (Cr^{6+})
MENGUNAKAN BIOSORBEN ARANG AKTIF ALBEDO KULIT
NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) TERAKTIVASI HCl**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



Nia Nurwantini

21106030026

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1981/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM (Cr^{6+})
MENGUNAKAN BIOSORBEN ARANG AKTIF ALBEDO KULIT NANGKA
(*Artocarpus heterophyllus*) TERAKTIVASI HCl

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NIA NURWANTINI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030026
Telah diujikan pada : Kamis, 21 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68aced944fde3



Penguji I

Endarujati Sedyadi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 68ac8eed90ec



Penguji II

Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68ac124439368



Yogyakarta, 21 Agustus 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68ac686f773e0

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nia Nurwantini
NIM : 21106030026
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM (Cr^{6+}) MENGGUNAKAN BIOSORBEN ARANG AKTIF ALBEDO KULIT NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) TERAKTIVASI HCl**” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 25 Agustus 2025



Nia Nurwantini
21106030026

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR/ SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nia Nurwantini

NIM : 21106030026

Judul Skripsi : ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM (Cr^{6+}) MENGGUNAKAN BIOSORBEN ARANG AKTIF ALBEDO KULT NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) TERAKTIVASI HCl

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 25 Agustus 2025

Pembimbing

Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si
NIP: 19760621 199903 2 005

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al Baqarah: 286)

“Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia adalah sebaik- baik pelindung”

(Q.S Al- Imran: 173)

“Dan saat engkau menginginkan sesuatu, seluruh jagat raya bersatu padu untuk membantumu meraihnya”

(Paulo Coelho, *Sang Alkemis*)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segenap hati, skripsi ini penulis persembahkan untuk almamater Prog Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Lebih dari itu skripsi, ini juga dipersembahkan sebagai tanda bukti sayang dan cinta yang tak terhingga kepada alm. Bapak, Ibu, dan seluruh keluarga tersayang yang selalu memberikan doa, motivasi, serta dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil'alamin segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan berbagai nikmat terutama sehat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya. Dengan penuh rasa syukur, penulis telah menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Adsorpsi Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+}) Menggunakan Biosorben Arang Aktif Albedo Kulit Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) Teraktivasi HCl” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kimia.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis tidak lepas dari doa dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Khurul Wardati, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si selaku ketua Prog Studi Kimia.
3. Bapak Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan.
4. Ibu Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu dan berkenan memberikan bimbingan, arahan, saran, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Indra Nafiyanto, S.Si selaku Pranata Laboratorium Penelitian (PLP) yang telah berkenan memberikan pendampingan serta pengarahan selama penelitian di Laboratorium.
6. Seluruh Dosen Prog Studi Kimia beserta jajaran *staf* tata usaha Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
7. Alm. Bapak Hartono, sosok yang penulis cintai dan telah berpulang. Kasih sayang dan doa Bapak senantiasa menjadi pelita di setiap langkah penulis. Terima kasih telah membimbing dan menemani penulis di masa- masa awal perkuliahan. Meskipun terasa berat harus melanjutkan perjuangan tanpa sosok Bapak, *Alhamdulillah* dengan semangat yang Bapak tanamkan kini penulis berhasil berada di tahap akhir dengan menyelesaikan skripsi ini.
8. Ibu Supartini, S.Pd. AUD., sosok wanita cantik yang senantiasa mendoakan dan mengusahakan yang terbaik untuk penulis. Terima kasih atas cinta, pengorbanan, dan keteguhan hati yang tiada henti menguatkan penulis. Semoga karya kecil ini dapat menjadi kebanggaan bagi Ibu, karena Ibu adalah kebanggaan terbesar dalam hidup penulis.
9. Mas Wisnu, Mbak Syarifah, Fatih, Lintang, serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
10. Fatma Rizki, Atun Sofia, Lutfita Ari, selaku geng Slay, Ervina Aprilia, Endah Sulistya selaku sobat Kompu, teman- teman yang sudah penulis

anggap sebagai saudara. Terima kasih atas persahabatan, dukungan, dan kebersamaan yang tak pernah lelah mendampingi penulis selama masa perkuliahan. Kalian selalu ada disaat penulis membutuhkan hiburan hingga bantuan.

11. Salsa dan Fatma teman seperjuangan yang memiliki tema sama. Terima kasih atas setiap diskusi, semangat, dan dukungan yang selalu kalian berikan. Kebersamaan kita dalam menyelesaikan skripsi merupakan pengalaman yang tak terlupakan.
12. Teman- teman “Scandium” Kimia Angkatan 2021 yang telah menjadi bagian dari perjalanan di bangku perkuliahan penulis. Terima kasih atas rasa kekeluargaan, kebersamaan, serta semangat yang selalu diberikan.
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan peneliti satu persatu yang telah mendoakan dan memberi semangat kepada peneliti.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan rendah hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR/ SKRIPSI	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	6
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
A. Tinjauan Pustaka	9
B. Landasan Teori	14
1. Arang aktif	14
2. Adsorpsi	16
3. Logam Tembaga (Cu)	20
4. Logam Kromium (Cr)	21
5. Kinetika Adsorpsi	23
6. Isoterm Adsorpsi	25
7. Nangka	27
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian	29
BAB III METODE PENELITIAN	33
A. Waktu dan Tempat Penelitian	33
B. Alat-alat Penelitian	33
C. Bahan Penelitian	33
D. Cara Kerja Penelitian	34
1. Preparasi Kulit Nangka	34

2. Pembuatan Arang aktif.....	34
3. Pembuatan Larutan Uji Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}).....	35
4. Pembuatan Larutan Uji Ion Logam Kromium (Cr^{6+}).....	35
5. Adsorpsi Ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} menggunakan arang aktif albedo kulit nangka berdasarkan 5 variasi pH.....	36
6. Adsorpsi Ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} menggunakan arang aktif albedo kulit nangka berdasarkan 5 variasi waktu kontak	36
7. Adsorpsi Ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} menggunakan arang aktif albedo kulit nangka berdasarkan variasi konsentrasi logam	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
A. Preparasi Kulit Nangka	38
B. Pembuatan Arang aktif.....	39
C. Karakterisasi Gugus Fungsi Arang dan Arang aktif.....	41
D. Karakterisasi Kristal Arang dan Arang aktif	44
E. Pembuatan Larutan Uji Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+}).....	46
F. Hasil Uji Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} Menggunakan Arang aktif Albedo Kulit Nangka Berdasarkan Variasi pH.....	48
G. Hasil Uji Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} Menggunakan Arang aktif Albedo Kulit Nangka Berdasarkan Variasi Waktu dan Penentuan Model Kinetika	51
H. Pola Isoterm Adsorpsi Arang aktif Albedo Kulit Nangka terhadap Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+}	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN.....	72
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	89

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Parameter hitung model kinetika adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}).....	54
Tabel 4. 2 Parameter hitung model isoterm adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}).....	57
Tabel 4. 3 Perbandingan Kapasitas Adsorpsi dengan adsorben yang berbeda dari penelitian sebelumnya.....	60
Tabel 4. 4 Perbandingan Konstanta Freundlich dengan adsorben yang berbeda dari penelitian sebelumnya.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Pourbaix logam Cu.....	21
Gambar 2. 2 Diagram Pourbaix logam Cr	22
Gambar 4. 1 (a) Arang (b) Arang teraktivasi HCl.....	41
Gambar 4. 2 Spektra FTIR arang albedo kulit nangka sebelum dan setelah aktivasi	42
Gambar 4. 3 Mekanisme pertukaran antara ion logam dengan gugus -OH	43
Gambar 4. 4 Difraktogram Arang albedo kulit nangka sebelum dan setelah aktivasi	45
Gambar 4. 5 Kurva kalibrasi larutan standar logam tembaga (Cu).....	47
Gambar 4. 6 Kurva kalibrasi larutan standar logam kromium (Cr)	47
Gambar 4. 7 Grafik Variasi pH adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}).....	48
Gambar 4. 8 Grafik Variasi pH adsorpsi ion logam kromium (Cr^{6+}).....	49
Gambar 4. 9 Grafik variasi waktu kontak adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+})	52
Gambar 4. 10 Model Kinetika adsorpsi Pseudo Orde Satu.....	53
Gambar 4. 11 Model Kinetika adsorpsi Pseudo Orde Dua	54
Gambar 4. 12 Model isoterm Langmuir adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}).....	56
Gambar 4. 13 Model isoterm Freundlich adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+})	56
Gambar 4. 14 Model isoterm Langmuir adsorpsi ion logam kromium (Cr^{6+})	56
Gambar 4. 15 Model isoterm Freundlich adsorpsi ion logam kromium (Cr^{6+}).....	56

ABSTRAK

ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM (Cr^{6+}) MENGUNAKAN BIOSORBEN ARANG AKTIF ALBEDO KULIT NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) TERAKTIVASI HCl

Oleh:

Nia Nurwantini
21106030026

Pembimbing:

Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si

Pencemaran ion logam seperti tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) merupakan permasalahan di Indonesia yang memerlukan metode pengolahan air tercemar secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik adsorben, mengkaji potensi arang aktif albedo kulit nangka teraktivasi HCl sebagai adsorben untuk menghilangkan ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}), dan penentuan model kinetika serta jenis isoterm adsorpsi. Arang aktif dibuat melalui tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi menggunakan HCl. Karakterisasi dilakukan menggunakan FTIR, dihasilkan serapan gugus fungsi yaitu -OH pada bilangan gelombang 3215 cm^{-1} , C-H alifatik pada bilangan gelombang 2900 cm^{-1} , C=O pada bilangan gelombang 2323 cm^{-1} , dan C=C aromatic pada bilangan gelombang 1575 cm^{-1} . Keberadaan gugus -OH dan C=O pada arang aktif berfungsi untuk berikatan dengan ion logam pada saat adsorpsi. Analisis struktur kristal dilakukan menggunakan XRD, didapatkan bahwa sebelum dan sesudah aktivasi memiliki bentuk amorf. Uji adsorpsi dilakukan pada variasi pH 3; 4; 5; 6; dan 7, waktu kontak 30; 60; 90; 120; dan 150 menit, serta konsentrasi ion logam 4; 8; 12; 16; dan 20 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk adsorpsi Cu^{2+} dan Cr^{6+} pada pH 4. Kestabilan waktu adsorpsi untuk Cu^{2+} adalah 120 menit dan Cr^{6+} 90 menit, dengan kedua proses adsorpsi mengikuti model kinetika Pseudo orde dua. Dari analisis isoterm, teridentifikasi bahwa adsorpsi Cu^{2+} lebih sesuai dengan model Langmuir, yang ditandai dengan energi adsorpsi $29,55431\text{ kJ/mol}$ yang mengindikasikan kimisorpsi monolayer. Sementara adsorpsi Cr^{6+} lebih cocok dengan model Freundlich yang ditandai dengan nilai model Freundlich dengan nilai konstanta Freundlich sebesar $0,2097\text{ L/mg}$, yang mengindikasikan fisisorpsi multilayer.

Kata kunci: kulit nangka, arang aktif, adsorpsi, tembaga, kromium, kinetika, isoterm

ABSTRACT

ADSORPTION OF METAL IONS OF COPPER (Cu^{2+}) AND CHROMIUM (Cr^{6+}) USING ACTIVE CHARCOAL BIOSORBENT ALBEDO JACKFRUIT SKIN (*Artocarpus heterophyllus*) ACTIVATED WITH HCl

By:

Nia Nurwantini

21106030026

Advisor:

Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si

Metal ion pollution such as copper (Cu^{2+}) and chromium (Cr^{6+}) is a problem in Indonesia that requires effective polluted water treatment methods. This study aims to determine the characteristics of the adsorbent, assess the potential of HCl activated jackfruit bark albedo activated charcoal as an adsorbent to remove copper (Cu^{2+}) and chromium (Cr^{6+}) metal ions, and determine the kinetics model and type of adsorption isotherm. Activated charcoal was prepared through dehydration, carbonization, and activation using HCl. Characterization was carried out using FTIR, resulting in the absorption of functional groups namely -OH at wave number 3215 cm^{-1} , C-H aliphatic at wave number 2900 cm^{-1} , C=O at wave number 2323 cm^{-1} , and C=C aromatic at wave number 1575 cm^{-1} . The presence of -OH and C=O groups on activated charcoal serves to bind with metal ions during adsorption. Crystal structure analysis was carried out using XRD, it was found that before and after activation had an amorphous form. Adsorption tests were conducted at pH variations of 3; 4; 5; 6; 7, contact times of 20; 60; 90; 120; and 150 minutes, and metal ion concentrations of 4, 8, 12; 16; and 20 ppm. The result showed that the optimum conditions for adsorption of Cu^{2+} dan Cr^{6+} at pH 4. The adsorption time stability for Cu^{2+} was 120 minutes and Cr^{6+} 90 minutes, with both adsorption processes following a second order pseudo kinetics model. From the isotherm analysis, it was identified that Cu^{2+} adsorption was more in line with the Langmuir model, characterized by an adsorption energy of 29.55431 kJ/mol indicating monolayer chemisorption. While Cr^{6+} adsorption is more suitable with Freundlich model value with Freundlich constant value of 0,2097 L/mg, which indicates multilayer physisorption.

Keywords: jackfruit peel, activated charcoal, adsorption, copper, chromium, kinetics, isotherm

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pencemaran air berdasarkan jenis polutan digolongkan menjadi 3 yaitu limbah organik, logam berat, dan mikroorganisme patogen. Diantara ketiganya golongan paling berbahaya merupakan logam berat, sebab logam berat tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup di lingkungan dan dapat terakumulasi ke lingkungan. Logam berat sangat beracun bahkan pada konsentrasi yang rendah karena sifat kumulatifnya (Kiswandono et al., 2022). Sumber logam berat di lingkungan berasal dari aktivitas manusia seperti industri yang secara sengaja maupun tidak dibuang secara langsung ke lingkungan. Dua jenis logam berat yang mudah dijumpai di lingkungan adalah logam tembaga (Cu) dan kromium (Cr). Keberadaan logam tembaga (Cu) dan kromium (Cr) di lingkungan dapat berasal dari beberapa industri diantaranya penyamakan kulit, pelapisan logam, tekstil, batu baterai, dan peleburan logam (Amalia et al., 2017). Selain itu berdasarkan penelitian (Gusri et al., 2024) logam tembaga (Cu) dan kromium (Cr) dapat ditemukan di dalam air sumur daerah pembuangan akhir. Meskipun logam tembaga (Cu) dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah kecil, logam ini bersifat toksik dan sulit terurai (Kirana et al., 2022). Begitupula dengan logam kromium dalam bentuk trivalent (Cr^{3+}) memiliki manfaat dalam metabolisme tubuh manusia, sedangkan dalam bentuk heksavalen (Cr^{6+}) logam tersebut toksik dan bersifat karsinogen. Walaupun dalam konsentrasi rendah kromium heksavalen (Cr^{6+}) memiliki bahaya yang tinggi sebab mudah terdistribusi, sehingga perlu dilakukan penanganan (Aminatun et al., 2024). Memiliki sifat

toksik bagi lingkungan dan makhluk hidup, maka perlu dilakukan pengolahan limbah logam berat yang efektif, efisien, dan murah.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi toksisitas perairan yaitu dengan cara pengolahan air yang telah tercemar oleh logam berat sebelum dibuang ke perairan bebas. Metode yang dapat dilakukan diantaranya yaitu , pertukaran ion, pemisahan dengan membrane, dan adsorpsi. Pertukaran ion merupakan proses yang terjadi ketika ion- ion pada zat padat akan bertukaran dengan ion- ion larutan logam. Metode ini efektif untuk dilakukan, akan tetapi memiliki beberapa kekurangan seperti: limbah sisa yang dihasilkan, memerlukan massa media penyerapan yang besar, dan diperlukan waktu yang lama sebab waktu kontak antara limbah dan media penyerap berpengaruh pada saat terjadi pertukaran ion (Wahid et al., 2022). Lalu untuk pertukaran dengan membrane dapat dilakukan dengan memanfaatkan media berpori yang dapat memindahkan beberapa komponen dengan lebih cepat berdasarkan perbedaan sifat fisik. Akan tetapi metode ini memiliki keterbatasan seperti membutuhkan waktu yang lama sebab membrane harus dicuci secara berkala karena perbedaan polaritas dan dapat terjadi fouling. Dari ketiga metode tersebut yang paling sering dilakukan adalah adsorpsi. Adsorpsi dipilih karena memiliki banyak keuntungan seperti mudah, efektif, murah, dan tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik. Adsorpsi merupakan proses terjadinya akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang dikarenakan adanya gaya tarik antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya tarik tersebut kemungkinan dapat terjadi lebih dari satu interaksi,

sebab tergantung struktur kimia dari masing-masing komponen (Rahmi & Sajidah, 2017).

Adsorpsi dapat dilakukan menggunakan adsorben polimer dan arang aktif. Arang aktif atau disebut juga biosorpsi dapat dihasilkan dari limbah organik yang telah mengalami karbonisasi dan aktivasi. Biosorpsi termasuk metode konvensional yang digunakan untuk mengolah limbah organik dan anorganik dengan cara mudah, biaya dan pemeliharaan yang murah. Arang aktif dipilih sebagai media penyerapan karena dinilai lebih efektif dan memiliki kapasitas penyerapan yang optimum (Elvitriana et al., 2022). Sebagai contoh pemanfaatan arang aktif yaitu yang berasal dari serbuk gergaji kayu yang digunakan untuk mengadsorpsi logam nikel. Arang aktif tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam mengadsorpsi logam, akan tetapi dilihat dari bahan utamanya masih banyak pemanfaatan yang dapat dilakukan selain digunakan untuk adsorben seperti: bahan bangunan, media tanam, dan bahan bakar (Maharani & Sa'diyah, 2021). Sehingga pemilihan bahan sebagai karbon dapat dilihat dari pemanfaatan yang masih sedikit, seperti albedo kulit nangka.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik nangka merupakan salah satu buah yang dibudidayakan yang pada tahun 2023 dapat panen sebanyak 789.200 ton di Indonesia. Limbah kulit nangka yang tidak memiliki nilai ekonomis lambat laun akan membuat bertambahnya volume polutan di lingkungan sekitar. Timbulnya limbah ini dapat terus terjadi karena nangka merupakan buah yang dapat berbuah sepanjang tahun. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan

limbah kulit nangka untuk menjadi arang aktif agar memberikan manfaat bagi lingkungan.

Pembuatan arang aktif albedo kulit nangka melalui tahap karbonisasi dan aktivasi. Albedo kulit nangka mengalami pemanasan dengan suhu tinggi agar terjadi pemutusan ikatan antar karbon yang nantinya dapat berfungsi untuk mengikat beberapa ion logam. Akan tetapi hasil karbonisasi masih kurang efektif. Untuk meningkatkan kemampuan dalam menyerap logam, sebelum digunakan adsorben akan mengalami proses aktivasi. Aktivasi dilakukan baik secara fisika ataupun kimia. Dalam penelitian ini akan dilakukan aktivasi secara kimia yaitu dengan cara mereaksikan antara larutan aktivator dengan adsorben agar pori-pori karbon menjadi lebih besar dan dalam penyerapan logam dapat lebih maksimal. Larutan aktivator yang akan digunakan adalah HCl (Asam Klorida). Asam klorida dipilih karena dapat menghilangkan oksida-oksida logam dalam arang yang menyumbat pori-pori, sehingga dengan adanya sifat asam ini mampu merusak jaringan pada tumbuhan dan pori akan terbuka lebih besar pada saat terjadi adsorpsi (Arung et al., 2014). Selain itu HCl juga dapat menghilangkan senyawa pengotor atau kation yang masih menempel dipermukaan adsorben. Memiliki sifat higroskopis merupakan salah satu kelebihan dari HCl sehingga dapat dimanfaatkan untuk aktivator arang aktif, sebab arang aktif sendiri memiliki batas kadar air (Ferriansyah, 2021). Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh (Rusmani et al., 2020) yaitu menggunakan HCl untuk aktivasi bioadsorben ampas tebu guna mengadsorpsi limbah logam kadmium (Cd). Dalam penelitian tersebut HCl 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M akan

digunakan untuk merendam karbon ampas tebu selama 24 jam. Hasil Arang aktif tersebut mampu mengadsorpsi limbah logam kadmium (Cd) sebanyak 0,798 mg/g dengan waktu 75 menit.

Berdasarkan latar belakang pencemaran ion logam berat yaitu tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) perlu dilakukan pengembangan adsorpsi menggunakan biosorbent yang efektif. Memiliki kandungan selulosa pada albedo kulit nangka dapat menjanjikan sebagai biosorbent yang dapat menyerap ion logam. Memiliki 2 logam dengan sifat yang berbeda dalam hal mekanisme serta perilaku adsorpsi menjadikan perlu dilakukan penelitian lebih mendalam mengenai adsorpsi menggunakan albedo kulit nangka teraktivasi HCl. Penelitian sebelumnya belum secara spesifik membandingkan bagaimana gugus fungsi ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$) yang diinteraksikan dengan HCl pada proses aktivasi digunakan untuk mengadsorpsi logam berat yang memiliki sifat kimia berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji secara detail karakteristik gugus fungsi adsorben karbon albedo kulit nangka dilakukan sebelum dan setelah teraktivasi HCl melalui uji FT-IR, lalu dilakukan uji untuk mengetahui kristal yang terbentuk menggunakan XRD pada karbon albedo kulit nangka sebelum dan setelah teraktivasi HCl, serta dilakukan uji kadar ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) sebelum dan sesudah dilakukan adsorpsi menggunakan AAS. Selain itu dalam penelitian ini akan mengkaji tentang kinetika dan isoterm adsorpsi dari ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}).

B. Batasan Masalah

Berikut ini merupakan batasan masalah dari banyaknya lingkup yang terdapat dalam penelitian

1. Kulit nangka yang digunakan berasal dari daerah Sleman.
2. Uji karakterisasi arang aktif meliputi pengujian gugus fungsi sebelum dan sesudah teraktivasi HCl melalui analisis FT-IR, analisis karakteristik fisik arang aktif sebelum dan sesudah diaktivasi menggunakan XRD, dan analisis kuantitatif larutan ion logam menggunakan AAS.
3. Ion logam yang digunakan berasal dari melarutkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
4. Variasi pH larutan ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+}) yang digunakan yaitu 3, 4, 5, 6, 7.
5. Variasi waktu kontak adsorpsi antara arang aktif dengan larutan ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+}) adalah 30, 60, 90, 120, 150 menit.
6. Variasi konsentrasi larutan ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) yang akan diuji yaitu 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, 20 ppm.
7. Massa arang aktif yang digunakan untuk adsorpsi setiap variasi sebesar 0,25 g.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik arang albedo kulit nangka ditinjau dari gugus fungsi menggunakan FT-IR serta karakteristik kristal menggunakan XRD sebelum dan setelah teraktivasi HCl ?

2. Bagaimana kemampuan adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) oleh arang aktif albedo kulit nangka teraktivasi HCl pada variasi pH, waktu kontak?
3. Bagaimana kinetika dan isoterm adsorpsi biosorben albedo kulit nangka teraktivasi HCl terhadap ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) ?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik arang albedo kulit nangka ditinjau dari gugus fungsi menggunakan FT-IR serta karakteristik kristal menggunakan XRD sebelum dan setelah teraktivasi HCl .
2. Menguji kemampuan adsorpsi ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) oleh arang aktif albedo kulit nangka teraktivasi HCl pada variasi pH, waktu kontak.
3. Menganalisis kinetika dan isoterm adsorpsi biosorben albedo kulit nangka teraktivasi HCl terhadap ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}).

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat yaitu:

1. Dapat meningkatkan efektivitas pemanfaatan limbah kulit nangka untuk mengatasi pencemaran kandungan ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) dalam perairan.
2. Menambah wawasan mengenai kemampuan limbah arang aktif albedo kulit nangka dalam menurunkan kandungan ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) berdasarkan pH, waktu kontak, konsentrasi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik arang dan arang aktif albedo kulit nangka teraktivasi HCl 0,2 M menggunakan FTIR mengindikasikan terbentuk beberapa serapan gugus fungsi yaitu: -OH, C-H alifatik, C=O, C=C aromatic, dan C-O yang telah mengalami pergeseran serapan setelah mengalami aktivasi. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa karbon dan arang aktif memiliki bentuk amorf.
2. Kondisi adsorpsi arang aktif albedo kulit nangka pada variasi pH baik logam Cu^{2+} maupun Cr^{6+} memiliki pH optimum 4. Lalu pada penentuan kestabilan waktu kontak didapatkan logam Cu^{2+} pada 120 menit dan Cr^{6+} 90 menit.
3. Hasil penentuan model kinetika memperlihatkan adsorpsi logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} mengikuti model Pseudo Orde Dua. Model isotherm adsorpsi menunjukkan perbedaan mekanisme untuk kedua logam. Didapatkan model isotherm logam Cu^{2+} adalah Langmuir dengan dihasilkan nilai energi adsorpsi 29.5543141 kJ/mol dan kapasitas adsorpsi 1,0535 mg/g. Lalu untuk logam Cr^{6+} mengikuti model Freundlich dengan nilai konstanta Freundlich sebesar 91,9692 $\mu\text{mol/L}$.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

Melakukan studi komperatif antara arang albedo kulit nangka tanpa aktivasi dengan arang aktif albedo kulit nangka teraktivasi HCl untuk mengevaluasi secara kuantitatif peningkatan kapasitas dan efisiensi adsorpsi suatu logam

1. Melakukan studi desorpsi untuk mengetahui kondisi optimum pelepasan ion logam dari adsorben
2. Melakukan studi mendalam mengenai spesie Cr^{6+} pada berbagai pH yang diuji dan dihubungkan dengan perubahan muatan permukaan adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, R., Restiasih, E. N., & Meileza, N. (2018). Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi. *ALOTROP, Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 114–121.
- Afandy, M. A., & Sawali, F. D. I. (2024). Adsorpsi Kromium Heksavalen Pada Larutan Aqueous Menggunakan Arang Kayu Teraktivasi Asam: Studi Isotherm Dan Kinetika. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.32493/jitk.v8i1.35315>
- Alfira, M., Sumadiyasa, M., Suarbawa, K. N., & Wendri, N. (2024). Analisis Fase Karbon Pada Pemutih Gigi Berbasis Arang Aktif Tempurung Kelapa Dengan Metode Difraksi Sinar-X (XRD) Analysis of Carbon Phase in Activated Coconut Shell Charcoal Based Teeth Whitening Using X-Ray Diffraction (XRD) Method. *Buletin Fisika*, 25(1), 124–129.
- Allwyn Sundarraj, Antony, Vasudevan Ranganathan, & Thottiam. (2017). Physicochemical characterization of Jackfruit (*Artocarpus integer* (Thumb.)) Peel. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 8(3), 2285–2295.
- Amalia, V., Layyindah, F., Zahara, F., & Hadisantoso, E. P. (2017). Potensi Pemanfaatan Arang Tulang Ayam sebagai Adsorben Logam Berat Cu dan Cd. *Al-Kimiya*, 4(1), 31–37. <https://doi.org/10.15575/ak.v4i1.5081>
- Aminatun, T., Rakhmawati, A., Budiasih, K. S., Marfuatun, Samsu, B., Amin, A. N., Arifin, D. M. N., & Septiana, A. (2024). Identifikasi Logam Berat Kromium di Tiga Sungai yang Melintasi Kota Yogyakarta dan Potensi Fitoremediasinya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 620–631. <https://doi.org/10.14710/jil.22.3.620-631>
- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 27. <https://doi.org/10.30872/cmg.v3i2.3581>
- Arung, S., Yudi, M., & Chadijah, S. (2014). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida (HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* . L) Pada Zat Warna Methanil Yellow. *Al-Kimia*, 2(1), 52–63.
- Baloga, H., Walanda, D. K., & Hamzah, B. (2019). Pembuatan Arang Dari Kulit Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) Sebagai Adsorben Terhadap Kadmium Dan Nikel Terlarut. *J Akademika Kim*, 8(1), 28–33.
- Cendekia, D., & Afifah, D. A. (2023). Model Isotherm Adsorpsi Langmuir Pada Analisis Daya Serap Iodium. *Journal Applied of Science and Chemical Engineering*, 1(2), 38–43.
- Djunaidi, M. C., Wibawa, P. J., & Suseno, A. (2020). Pengenalan Metode Adsorpsi Logam Fe (III) Menggunakan Selulosa dan Selulosa Asetat dari Serbuk

- Gergaji Kayu kepada Siswa SMA Al-Azhar 14 Semarang. *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP, Iii*, 93–96.
- Efiyanti, L., Wati, S. A., & Maslahat, M. (2020). Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14, 94–108.
- Elvitriana, E., Kasturi, K., Murni, H., & Suhendrayatna, S. (2022). Penyerapan Ion Logam Merkuri Hg(II) oleh Biosorben dari Daun Lidah Mertua (*Sansivieria sp.*). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 3837–3842. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4926>
- Ferriansyah, R. (2021). Penggunaan Serbuk Tulang Ayam Sebagai Adsorben dengan Aktivator HCl dan NaOH untuk Mengurangi Ion Kromium. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(9), 494–499.
- Gewa Handika, Seri Maulina, & Vidyanova Anggun Mentari. (2018). Karakteristik Karbon Aktif Dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit Dengan Penambahan Aktivator Natirum Karbonat (Na_2CO_3) Dan Natirum Klorida (NaCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(4), 41–44. <https://doi.org/10.32734/jtk.v6i4.1597>
- Gusri, L., Yanova, S., & Gayatri, I. (2024). Tingkat Pencemaran Logam Cd , Fe , Cr dan Cu Air Sumur Gali Di Eks-TPA Talang Gulo Kota Jambi Heavy Metal Pollution in Well Water at Exs-TPA Talang Gulo , Jambi City. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 11(2), 319–326. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.2.3>
- Hadisoebroto, G., Dewi, L., & Hanifah, H. N. (2023). Efektivitas Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Nangka Sebagai Bioadsorben Logam Pb dari Limbah Industri Farmasi. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 14(1), 8–16. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Septyaningsih, D., Hp, H., Apriliani, E., & Prastyo, E. A. (2017). *Pemanfaatan Silika (SiO_2) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik Batik merupakan salah satu kekayaan budaya bangsa Indonesia yang telah mendapat pengakuan internasional dari UNESCO pada setiap tahun . Pada tahun 2010 nilai produ.* 3(2).
- Hatina, S., Winoto, E., & Febriana, I. (2021). Pengaruh Karbon Aktif Kulit Pisang PUTRI Pada Limbah Ammonia. *Jurnal Redoks*, 6(1), 7–16.
- He, Y., Zhang, P., & Wang, L. (2023). Adsorption and Removal of Cr^{6+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , and Zn^{2+} from Aqueous Solution by Magnetic Nano-Chitosan. *Molecules*.
- Ibrahim, H., Kadhém Abid, M., Hanim, H., & Zain, M. (2020). Heavy Metal Ions Adsorption from Aqueous Solution by Jackfruit Peel as Activated Biochar Low-Cost Adsorbent. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences Journal Homepage*, 67(2), 154–165.

- Indah, S., Helard, D., & Lathifuzzahrah, S. (2022). Penyisihan Fosfat dari Air Limbah Artifisial Laundry Memanfaatkan Kulit Jagung Sebagai Adsorben Removal of phosphate from laundry wastewater using maize husk as adsorbent. *Jurnal Litbang Industri*, 12(1), 33–40.
- Izzati, A., & Edi. (2021). Pembuatan Biogas Dari Limbah Kulit Nangka. *Jurnal Cendekia Sambas*, 1(2).
- Kamil, K., & Halim Asiri, M. (2022). Karakteristik Mekanis Tembaga Hasil Pengecoran Dengan Variasi Waktu Fase Solidifikasi. *Jurnal Teknik Mesin FT-UMI*, 4(1).
- Khanifa, L. N., Mulyatun, M., & Suryandari, E. T. (2019). Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} Menggunakan Hidrochar Eichhornia Crassipes Termomodifikasi H_2O_2 . *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), 64. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.6026>
- Kirana, G. C., Khairuddin, & Yamin, M. (2022). Analyss of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Cork Fish From Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis*, 22, 1033–1039.
- Kiswandono, A. A., Prasetyo, S. I., Rinawati, R., Rahmawati, A., & Risgiyanto, A. (2022). Analisis Logam Berat Cd, Fe dan Pb Pada Air Sungai Way Umpu Kabupaten Way Kanan Secara Spektrofotometer Serapan Atom. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 7(1), 68. <https://doi.org/10.23960/aec.v7i1.2022.p68-79>
- Lestari, I., Putri Ayu, S., & Ngatijo, N. (2021). Penyerapan Ion Logam Cu (II) Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Secara Fitoremediasi. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(01), 46–55. <https://doi.org/10.23960/aec.v6.i1.2021.p46-55>
- Maharani, D. F., & Sa'diyah, K. (2021). Adsorpsi Logam Nikel Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(9), 170–178.
- Martini, S., & Yuliwati, E. (2019). Pengaruh Proses Aktivasi Terhadap Kinerja Adsorben Organik Dari Kulit Buah Melon Dalam Menyerap Ion Logam Cr (III) Dari Limbah Cair Industri. *Distilasi*, 4(2), 33–40.
- Masruhin, M., Rasyid, R., & Yani, S. (2018). Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i1.188>
- Meila Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I., & Tekn. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penuruna Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

- Meilianti, M. (2020). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3). *Jurnal Distilasi*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i1.3025>
- Miranda, V., Nugroho, W., Magdalena, H., & Devy, S. D. (2024). Efektivitas Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Serta Ph Pada Pengelolaan Air Asam Tambang Batubara. *Jurnal Inovasi Global*, 2(2), 214–227. <https://doi.org/10.58344/jig.v2i2.55>
- Miri, N. S. S., & Narimo. (2022). Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 2(Ii).
- Monarita, A., Sylvia, N., ZA, N., Ibrahim, I., & Dewi, R. (2022). Optimasi Proses Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Menggunakan Aktivator ZnCl_2 . *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(1), 66–75. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i1.7250>
- Muhajjalín, R. G., Agawijaya, I., Santoso, B., & Suryadi, J. (2021). Perbandingan Efektivitas Ampas Teh Hitam dan Ampas Teh Hijau sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI). *Fullerene Journal Of Chemistry*, 6(2), 101–109. <https://doi.org/10.37033/fjc.v6i2.327>
- Murti, R. S., & Sugihartono, S. (2020). Bahaya Kromium Hexavalen (Cr VI) Pada Kulit Dan Produk Kulit Samak Krom Serta Upaya Pencegahannya. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 241. <https://doi.org/10.26578/jrti.v14i2.6536>
- Naat, J. N., Kefi, L. G., & Lawa, Y. (2021). pH dan Waktu Kontak Adsorpsi Ion Logam Cu(II) menggunakan Adsorben Silika yang Bersumber dari Pasir Alam Takari. *Jurnal Beta Kimia*, 1(1), 42–50. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jbk/article/view/7683>
- Naat, J. N., Neolaka, Y. A. B., Lawa, Y., Lestarani, D., Parera, L. A. M., Adu, D., Mamut, M., & Leda, P. (2020). Studi pH Dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Ion Mn(II) Menggunakan Adsorben Silika@Kitosan Dengan Pemanfaatan Silika Yang Bersumber Dari Pasir Alam. *Prosiding Webinar Nasional Pendidikan Dan Sains Kimia*, 3, 121–128. <https://conference.undana.ac.id/WNPSK/article/view/110>
- Nadir, M., Sahraeni, S., Mawardi, R. A., & Marlinda. (2022). Kapasitas Adsorpsi Logam Mangan (Mn) Menggunakan Biosorben Pektin Dari Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Teknik Kimia Vokasional*, 2(2), 66–72. <https://doi.org/10.46964/jimsi.v2i2.1693>
- Nandari, W. W., Zabrina, N., & Sitta, M. P. (2024). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 4(2).
- Nisah, K., & Nadhifa, H. (2020). Analisis Kadar Logam Fe Dan Mn Pada Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan

Atom. *Amina*, 2(1), 6–12.

- Nugraha, M. S., Mahatmanti, F. W., & Sulistyaningsih, T. (2017). Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi HCl sebagai Adsorben Ion Logam Cd (II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 2–7.
- Onwudinjo, F. U. (2024). Hard and Soft Acids and Bases (HSAB): Investigating Adduct Formation in Non-Aqueous Solvent Media with Selected Divalent Class B Metal Ions in Chemistry. *ASEAN Journal for Science and Engineering in Materials*, 3(2), 177–186.
- Perdani, F. P., Riyanto, C. A., & Martono, Y. (2021). Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot esculenta Crantz) Berdasarkan Variasi Konsentrasi H₃PO₄ dan Lama Waktu Aktivasi. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 4(2), 72–81. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss2.art4>
- Permana, R., & Andhikawati, A. (2022). Metallotionein Pada Tanaman Akuatik Dan Peranannya Dalam Akumulasi Logam Berat: Review Metallothionein on Aquatic Plant and Its Role in Heavy Metal Accumulation: Review. *Jurnal Akuatek*, 3(1), 1–8.
- Prasojo, W. A., & Muljani, S. (2024). Kajian Adsorpsi Logam Cu Dengan Adsorben Silika Gel. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan Dan Angkasa*, 2(5).
- Puriyandari, D., & Laksono, P. J. (2019). Pengaruh Ion Cr(VI) Pada Variasi pH Terhadap Serapan Ion Cu(II) Oleh Adsorben Kulit Kacang Tanah Dengan Spektrofotometri Serapan Aatom. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(1), 15–29. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v3i1.3358>
- Purnama, R. C., Primadimanti, A., & Yanti, F. (2020). Adsorben Test Of Cassava Leather Waste Against Pb (Lead) Metal Ions By Atom Absorption Spectrophotometry Method Uji Adsorben Limbah Kulit Singkong Terhadap Ion Logam Pb (Timbal) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Analis Farmasi*, 5(2), 25–29.
- Putri, S. A., Hanavia, M. S., Chrisnandari, R. D., & Ningsih, W. (2024). Efektifitas Karbon Aktif Limbah Kulit Kacang Termodifikasi Dengan Metode Kopresipitasi Sebagai Adsorben Tembaga dan Besi Pada Limbah Cair Elektroplating Artificial. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(9), 798–811.
- Rahmadani, N., & Kurniawati, P. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya*, November, 154–161.
- Rahmawanti, N., & Dony, N. (2024). Sintesis Komposit Arang Aktif Tempurung Kelapa Aktivasi H₃PO₄-ZnO. *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.31602/dl.v7i1.13924>
- Rahmi, R., & Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal(Pb) dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar*

Nasional Biotik, 271–279.

- Raturandang, R., Wenas, D. R., Mongan, S., & Bujung, C. (2022). Analisis Spektroskopi Ftir Untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas Di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Sulawesi Utara. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 3(1), 28–33.
- Rusmani, T., Ishak, I., & Kunusa, W. R. (2020). Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd , Cu dan Cr melakukan penelitian mengenai Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd. *Jurnal Program Studi Kimia Universitas Negeri Gorontalo*, 2(01), 33–43.
- Ruspita, R. (2024). Adsorben Karbon Aktif dari Kulit Durian untuk Menurunkan Kadar COD pada Limbah Cair Laboratorium Sains. *Jurnal Kartika Kimia*, 7(1), 25–32. <https://doi.org/10.26874/jkk.v7i1.226>
- Sa'bandi, F., Aini, S., Nizar, U. K., & Khair, M. (2021). Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik sebagai Adsorben Rhodamin B. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 59–63.
- Safitri, A. N., Alghifary, M. F., Triana, N. W., & Wahyusi, K. N. (2024). Pembuatan Arang Aktif Nanopartikel Kulit Nangka Menggunakan High Energy Milling dengan Aktivator H3PO4 Manufacturing Activated Charcoal Nanoparticles Using Jackfruit Peel with High Energy Milling and H3PO4 Activator. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 8(2), 116–123.
- Sahraeni, S., Syahrir, I., & Bagus. (2019). Aktivasi kimia menggunakan NaCl pada pembuatan karbon aktif dari tanah gambut. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019*, 2019, 145–150.
- Sailah, I., Mulyaningsih, F., Ismayana, A., Puspaningrum, T., Adnan, A. A., & Indrasti, N. S. (2020). Kinerja Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dalam Menurunkan Konsentrasi Fosfat Pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 180–189. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.180>
- Salafuddin, M. M. (2023). *Pemanfaatan Karbon Aktif Sekam Padi dan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kadar Kesadahan Total*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Santoso, E., & Purwanti, A. (2020). Pirolisis Limbah Kulit Nangka Menjadi Arang Aktif Dan Asap Cair Dengan Aktivator Natrium Klorida (NaCl) (Variabel Waktu Pirolisis dan Konsentrasi Zat aktivator). *Jurnal Inovasi Proses*, 5(1).
- Sari, S. P., Husnah, M., & Sirait, R. (2023). Preparasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia Dan Fisika. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(2), 142–148. <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i2.8046>
- Setyorini, D., Arninda, A., Syafaatullah, A. Q., & Panjaitan, R. (2023). Penentuan

- Konstanta Isoterm Freundlich dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Asam Asetat. *Eksergi*, 20(3), 149. <https://doi.org/10.31315/e.v20i3.10835>
- Shilsilia, D., Zulfadli, & Khaldun, I. (2024). Efektivitas Penggunaan Arang Aktif Dari Ampas Bubuk Kopi Arabika (Arabica Gayo Coffee) Sebagai Adsorben Ion. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia (JIMPK)*, 8(2), 66–74.
- Silalahi, M. (2021). Pemanfaatan Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) Sebagai Obat Tradisional dan Bioaktivitasnya. *Husada Mahakam: Jurnal Kesehatan*, 11(1), 42–53.
- Siswanti, S., Oktafiana, A. H., & Putri, Y. (2024). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas. *Eksergi*, 21(1), 9. <https://doi.org/10.31315/e.v21i1.10669>
- Sitorus, A. L., Sihotang, S., & Nugraha, A. W. (2024). Analisis Konsentrasi Pelarut Dan Kuat Arus Terhadap Kualitas Pelapisan Logam Perak (Ag) Pada Logam Tembaga (Cu). *EDUPROXIMA : Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 6(1), 8–19. <https://doi.org/10.29100/v6i1.4142>
- Sunardi. (2023). Analisis Gugus Fungsi Dan Penentuan Kadar Total Fenol Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Dan Putih. *Jurnal Redoks : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 6(1), 8–18. <https://doi.org/10.33627/re.v6i1.976>
- Sunarsih, S., & Dahani, W. (2018). Studi Adsorpsi Karbon Aktif Limbah Kulit Buah Nangka Terhadap Rhodamin B. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 46–53.
- Sunarto, & Sari, F. K. (2024). Biochar Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Adsorben Ion Tembaga (Cu) Pada Limbah Kerajinan Perak. *Jurnal Elemen Kimia*, 8(1), 28–40.
- Sundarraaj, A. A., & Ranganathan, T. V. (2017). Physicochemical Characterization of Jackfruit (*Artocarpus integer* (Thumb.)) Peel. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 8(3).
- Tiwow, V. A., Rampe, M. J., Rampe, H. L., & Apita, A. (2021). Pola Inframerah Arang Tempurung Kelapa Hasil Pemurnian Menggunakan Asam. *Chem. Prog*, 14(2), 116–123.
- Utama, S., Kristianto, H., & Andreas, A. (2016). Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (Vi)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”* 10(6), 1–6.
- Utami, M. R., Riyani, K., & Setyaningtyas, T. (2024). Pengaruh Perlit sebagai Adsorben pada Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru. *Chimica et Natura Acta*, 12(2), 91–97. <https://doi.org/10.24198/cna.v12.n2.47170>
- Wahid, A., Lifiana, N. N., Soemargono, S., & Erliyanti, N. K. (2022). Reduction Of Chromium Ion (Cr⁶⁺) With Ion Exchange Resin In Liquid Waste Of Batik.

Konversi, 11(1), 26–31. <https://doi.org/10.20527/k.v11i1.12768>

Wardani, G. A., Ramdani, W. W., & Fathurohman, M. (2022). Arang Aktif Cangkang Telur Bebek Termodifikasi Tween 80 sebagai Adsorben Tetrasiklin Hidroklorida. *Prosiding Seminar Nasional Diseminasi*, 2, 30.

Zhang, R., & Tian, Y. (2020). Characteristics of natural biopolymers and their derivative as sorbents for chromium adsorption: a review. *Journal of Leather Science and Engineering*, 24.

Zustriani, A. K. (2019). Desorpsi Ion Logam Besi (Fe) Dan Tembaga (Cu) Dari Adsorben Biji Pepaya Dengan Larutan Pendesorpsi Asam Dan Basa. *Integrated Lab Journal*, 07(02), 106–118.

