

**SINTESIS ARANG AKTIF KULIT JAGUNG (*Zea mays L.*)
TERAKTIVASI HCI SERTA APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM
(Cr^{6+})**

SKRIPSI

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



Oleh:
Afifah Hanun Salsabila
21106030067

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**



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-1982/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Arang Aktif Kulit Jagung (*Zea mays* L.) Teraktivasi HCl serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+})

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AFIFAH HANUN SALSABILA
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030067
Telah diujikan pada : Kamis, 21 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

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: 68ae6a7b1d6c2



Penguji I

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 68acd1e4f1b9e



Penguji II

Priyagung Dhemmi Widiakongko, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 68ae6967naf19



Yogyakarta, 21 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68ae823593bbc



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 : Afifah Hanun Salsabila

NIM : 21106030067

Judul Skripsi : Sintesis Arang Aktif Kult Jagung (*Zea Mays L.*) Teraktivasi HCl serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+})

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 11 Agustus 2025

Pembimbing

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

NIP: 19760621 199903 2 005

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Afifah Hanun Salsabila
NIM : 21106030067
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Sintesis Arang Aktif Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Teraktivasi HCl serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+})” 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, 11 Agustus 2025



Afifah Hanun Salsabila
NIM. 21106030067

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“Allah memang tidak menjanjikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali Allah berjanji bahwa: *fa inna ma’al-‘usri yusra, inna ma’al-‘usri yusra*”
(QS. Al-Insyirah 94: 5-6)

“Nanti engkau akan paham tentang skenario Allah yang paling indah. Disaat engkau tidak berniat untuk mencari sesuatu, tetapi Allah justru hadirkan satu anugerah. Disaat engkau tidak pernah berpikir untuk mengejar, tetapi Allah berikan kemudahan untuk tiba-tiba engkau dapatkan”
(KH. Ahmad Bahauddin Nursalim)

“The possibility of all those possibilities being possible is just another possibility that can possibly happen”
(Mark Lee)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya dedikasikan
untuk almamater Program Studi Kimia
UIN Sunan Kalijaga



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayat, dan ridha-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sintesis Arang Aktif Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Teraktivasi HCl serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) dan Kromium (Cr^{6+})". Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dorongan serta ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap laporan ini dapat terselesaikan, Ucapan terima kasih tersebut secara khusus penyusun sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Noorhadi, M. A., M. Phil., Ph. D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Khurul Wardati, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.
4. Ibu Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memberikan semangat serta motivasi dalam pengerjaan skripsi.
5. Bapak Endaruji Sedyadi, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa studi.
6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
7. Teristimewa kedua orang tua, Ibu Siti Sulikah, S.Pd., M.Pd.i dan Bapak Gatot Prayogo. Terima kasih atas do'a, kasih sayang, pengorbanan, nasihat, dan tanpa lelah mendukung segala keputusan serta pilihan setiap langkah yang penulis tempuh. Terakhir, terima kasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan Aamiin.
8. Kepada cinta kasih saudara-saudari penulis. Mba Ainun, Mas Dicky, Mba Annisa, dan Mas Ilham. Terima kasih atas segala do'a, usaha, dukungan, motivasi yang telah diberikan kepada adik terakhir ini.
9. Hesti, Annisa, Firly, Martha, Mariska, Shafa, Nabil, Jihan, Eta, Wilma, dan Arina selaku teman yang menjadi tempat berbagi cerita,

pengalaman, dukungan dalam masa pendidikan dan selama proses penelitian.

10. Fatma Rizki dan Nia Nurwantini selaku teman satu bimbingan, atas kerjasama, dukungan, dan semangat yang telah diberikan selama proses penelitian.
11. Teman-teman kimia angkatan 2021 atas kerjasama, dukungan, dan semangat yang telah diberikan selama proses penelitian.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran, bimbingan, dan kritik yang membangun agar penulisan skripsi ini dapat diperbaiki di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 11 Agustus 2025



Afifah Hanun Salsabila

21106030067

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
A. Tinjauan Pustaka.....	6
B. Landasan Teori.....	9
1. Arang aktif	9
2. Adsorpsi	10
3. Logam Berat Tembaga (Cu^{2+}).....	11
4. Logam Berat Kromium (Cr^{6+})	13
5. Kinetika Adsorpsi	15
6. Isoterm Adsorpsi.....	16
7. Kulit Jagung (<i>Zea mays</i> L.)	19
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian	20
BAB III METODE PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian	23
B. Alat Penelitian	23
C. Bahan Penelitian	23
D. Prosedur Kerja.....	23
1. Preparasi Kulit Jagung	23
2. Pembuatan Arang Kulit Jagung Teraktivasi HCl	24
3. Pembuatan Larutan Sampel Uji Cu^{2+}	24
4. Pembuatan Larutan Sampel Uji Cr^{6+}	25
5. Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} oleh Arang Kulit Jagung Teraktivasi HCl pada Variasi pH	25

6. Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} oleh Arang Kulit Jagung Teraktivasi HCl pada Variasi Waktu Kontak	25
7. Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} oleh Arang Kulit Jagung Teraktivasi HCl pada Variasi Konsentrasi Larutan	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Preparasi Kulit Jagung	27
B. Aktivasi Arang Kulit Jagung	28
C. Karakterisasi Arang Kulit Jagung Sebelum dan Sesudah Aktivasi	31
D. Hasil Uji Adsorpsi Arang Kulit Jagung terhadap Ion Logam Cu^{2+} dan Ion Logam Cr^{6+}	34
1. Pembuatan Larutan Uji Cu^{2+} dan Cr^{6+}	34
2. Penentuan pH Optimum	36
3. Penentuan Waktu Kontak	39
4. Isoterm Adsorpsi Arang Aktif Kulit Jagung terhadap Ion Logam Cu^{2+} dan Ion Logam Cr^{6+}	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	59
CURRICULUM VITAE	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Kulit Jagung	19
Tabel 4. 1 Parameter model kinetika adsorpsi orde satu semu dan orde dua semu	43
Tabel 4. 2 Parameter perhitungan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	47
Tabel 4. 3 Perbandingan kapasitas adsorpsi ion Cu^{2+} dan Cr^{6+} menggunakan berbagai jenis adsorben dari penelitian sebelumnya	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram pourbaix logam Cu^{2+} dengan pH yang berbeda	13
Gambar 2. 2 Diagram pourbaix logam Cr^{6+} dengan pH yang berbeda	14
Gambar 2. 3 Struktur Selulosa.....	20
Gambar 4. 1 Mekanisme aktivasi arang aktif dengan larutan HCl.....	29
Gambar 4. 2 Arang kulit jagung teraktivasi HCl	31
Gambar 4. 3 Spektra FTIR arang kulit jagung sebelum (a) dan sesudah aktivasi(b)	31
Gambar 4. 4 Difaktogram arang kulit jagung sebelum (a) dan sesudah aktivasi (b)	33
Gambar 4. 5 Grafik konsentrasi larutan standar ion logam Cu^{2+}	35
Gambar 4. 6 Grafik konsentrasi larutan standar ion logam Cr^{6+}	35
Gambar 4. 7 Grafik variasi pH vs persen adsorpsi ion logam Cu^{2+}	37
Gambar 4. 8 Grafik variasi pH vs persen adsorpsi ion logam Cr^{6+}	37
Gambar 4. 9 Grafik waktu kontak adsorpsi vs daya serap	39
Gambar 4. 10 Model kinetika adsorpsi orde satu semu.....	42
Gambar 4. 11 Model kinetika adsorpsi orde dua semu	42
Gambar 4. 12 Model isoterm adsorpsi ion logam Cu^{2+} Langmuir.....	45
Gambar 4. 13 Model isoterm adsorpsi ion logam Cu^{2+} Freundlich.....	45
Gambar 4. 14 Model isoterm adsorpsi ion logam Cr^{6+} Langmuir	46
Gambar 4. 15 Model isoterm adsorpsi ion logam Cr^{6+} Freundlich	46

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Larutan Standar Cu^{2+} dan Cr^{6+}	59
Lampiran 2. Data Pengujian Adsorpsi Cu^{2+} dan Cr^{6+}	60
Lampiran 3. Data Kinetika Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} terhadap Arang Kulit Jagung.....	62
Lampiran 4. Data Isoterm Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} terhadap Arang Kulit Jagung.....	68
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	74



ABSTRAK
SINTESIS ARANG AKTIF KULIT JAGUNG (*Zea mays L.*)
TERAKTIVASI HCl SERTA APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu^{2+}) DAN KROMIUM
(Cr^{6+})

Oleh:

Afifah Hanun Salsabila
21106030067

Pembimbing:

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

Limbah logam berat yang volumenya terus bertambah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu metode untuk mengurangi limbah logam yaitu dengan adsorpsi menggunakan arang aktif. Arang aktif memiliki permukaan yang luas dan mampu menyerap ion logam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakterisasi gugus fungsi adsorben menggunakan FTIR dan XRD, kemampuan adsorpsi, dan pola isoterm adsorpsi ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} dengan variasi pH 3;4;5;6;7, variasi waktu kontak 30;60;90;120;150 menit, dan variasi konsentrasi 4;8;12;16;20 ppm. Bahan arang aktif yang digunakan terbuat dari kulit jagung teraktivasi dengan HCl 0,2 M. Hasil analisis menggunakan FTIR sebelum dan sesudah aktivasi menunjukkan adanya gugus -OH, C=O, C=C, C-O dan terjadi pergeseran intensitas gugus fungsi. Sementara itu, hasil analisis XRD sebelum dan sesudah aktivasi menunjukkan puncak difraksi pada rentang $2\theta = 20^\circ - 30^\circ$ ditandai dengan puncak difraksi yang melebar, bersifat amorf, dan tidak tajam. Kondisi pH optimum adsorpsi ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} terjadi pada pH 3 dan pH 6, memberikan waktu kestabilan pada 120 menit dan 60 menit dengan mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu (PSO). Pola isoterm adsorpsi pada ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} mengikuti model isoterm Langmuir dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 1,3139 mg/g dan 0,7668 mg/g serta diperoleh energi bebas sebesar 29,51 kJ/mol dan 21,92 kJ/mol yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi membentuk lapisan tunggal (*monolayer*) dan terjadi secara kimia (kemosorpsi).

Kata kunci: arang aktif kulit jagung, adsorpsi, ion logam Cu^{2+} , ion logam Cr^{6+} , kinetika adsorpsi, isoterm adsorpsi

ABSTRACT
**SYNTHESIS OF ACTIVATED CHARCOAL OF CORN
HUSK (*Zea mays* L.) ACTIVATED HCl AND ITS APPLICATION
AS AN ADSORBENT OF COPPER (Cu^{2+}) AND CHROMIUM
(Cr^{6+}) METAL IONS**

By:

Afifah Hanun Salsabila
21106030067

Advisor:

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

Heavy metal waste that continues to grow can cause environmental pollution. One method to reduce heavy metal waste is by adsorption using activated charcoal. Activated charcoal has a large surface area and is capable of absorbing metal ions. The purpose of this study is to determine the characterization of adsorbent functional groups using FTIR and XRD, adsorption ability, and isothermal adsorption patterns of Cu^{2+} and Cr^{6+} metal ions with pH variations 3; 4; 5; 6; 7, contact time variation 30; 60; 90; 120; 150 minutes, and concentration variation 4; 8; 12; 16; 20 ppm. The activated charcoal material used was made of activated corn husks with HCl 0.2 M. The results of the analysis using FTIR before and after activation showed the presence of -OH, C=O, C=C, C-O groups and there was a shift in the intensity of the functional groups. Meanwhile, the results of XRD analysis before and after activation showed that the peak of diffraction in the range of $2\theta = 20^\circ - 30^\circ$ was characterized by a dilated, amorphous, and not sharp diffraction peak. The optimum pH conditions of Cu^{2+} and Cr^{6+} metal ion adsorption occurred at pH 3 and pH 6, providing stability times at 120 minutes and 60 minutes by following the pseudo-second-order adsorption (PSO) kinetics model. The adsorption isothermal pattern on Cu^{2+} and Cr^{6+} metal ions followed the Langmuir isothermal model with adsorption capacity values of 1.3139 mg/g and 0.7668 mg/g and free energy of 29.51 kJ/mol and 21.92 kJ/mol which showed that the adsorption process formed a single layer (monolayer) and occurred chemically (chemabsorption).

Keywords: *corn husk activated charcoal, adsorption, Cu^{2+} metal ions, Cr^{6+} metal ions, adsorption kinetics, adsorption isotherms*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Limbah logam berat yang terus bertambah volumenya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan sifatnya yang sulit terurai perlu dilakukan pengolahan logam berat sebelum dibuang ke badan air. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengurangi logam berat yakni adsorpsi yang menjadi metode yang paling efisien. Pemilihan adsorben sangat penting untuk memaksimalkan proses adsorpsi. Adsorben merupakan tempat terjadi proses adsorpsi pada permukaannya dengan cara menjerap dan mengikat partikel pencemar seperti logam berat. (Indah *et al.*, 2022). Ada beberapa limbah logam berat yang berada pada daftar toksisitas tinggi terhadap lingkungan yaitu As (III), Cr (VI), Cu(II), Cd(II), Pb(II) (Liyang *et al.*, 2024)

Salah satu jenis adsorben yang sering digunakan adalah arang aktif. Arang aktif memiliki luas permukaan yang luas dan banyak pori-pori, sehingga mampu mengadsorpsi logam berat dengan sangat baik. (Wijaya *et al.*, 2020). Arang aktif juga dapat diproduksi dari berbagai sumber selulosa seperti dari limbah pertanian (Setiorini *et al.*, 2020). Hasil limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan untuk arang aktif yaitu kulit jagung. Kulit jagung mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi dengan mengandung senyawa kimia yaitu selulosa (44,08%) (Aremu and Aperolola, 2022). Adsorben perlu dilakukan proses karbonisasi dengan menggunakan suhu tertentu untuk memperoleh arang aktif sebelum proses adsorpsi. Hasil arang aktif dari proses karbonisasi perlu dilakukan proses aktivasi. Proses aktivasi biasanya melibatkan

perlakuan dengan larutan kimia tertentu, seperti asam, basa, atau oksidator. Perlakuan ini akan menghilangkan komponen yang tidak diinginkan pada permukaan arang dan membuka pori-pori sehingga luas permukaan menjadi lebih besar. Oleh karena itu, jumlah gugus fungsi aktif yang dapat berinteraksi dengan ion logam akan meningkat, sehingga efisiensi adsorpsi logam berat dapat ditingkatkan (Ischak *et al.*, 2021).

Keberhasilan dalam proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh pH, waktu kontak, dan konsentrasi. Nilai pH awal akan memberikan dampak signifikan terhadap mekanisme adsorpsi, kapasitas adsorpsi ion logam, dan kesetimbangan kimia antara adsorbat dan adsorben. Menurut penelitian (Efendi *et al.*, 2021) pH optimum untuk logam kadmium (Cd^{2+}) yaitu pada pH 5. Sedangkan (Ariyani *et al.*, 2018) pH optimum logam seng (Zn^{2+}) yaitu pada pH 4. Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mendapatkan waktu kestabilan yang diperlukan agar arang aktif mencapai kapasitas adsorpsi maksimum (Sa'diyah *et al.*, 2020). Sedangkan waktu kontak pada penelitian (Pulungan & Nasra, 2023) menggunakan adsorben kulit durian dan waktu optimum pada 90 menit pada ion logam tembaga (Cu^{2+}). Hal tersebut menunjukkan pH optimum dan waktu kontak mempengaruhi proses adsorpsi. Peningkatan waktu kontak memberikan kesempatan yang lebih besar bagi ion logam untuk berdifusi ke dalam pori-pori arang aktif dan berinteraksi dengan situs aktif, sehingga meningkatkan jumlah ion logam yang teradsorpsi.

Penentuan waktu kontak dalam proses adsorpsi memengaruhi laju dan kapasitas adsorpsi. Laju adsorpsi tersebut menunjukkan kecepatan adsorbat yang berpindah dari larutan menuju permukaan arang aktif dan dapat ditentukan melalui kinetika adsorpsi. Kinetika adsorpsi

digunakan untuk mengetahui mekanisme dan laju suatu adsorpsi. Kinetika adsorpsi yang sering digunakan yaitu model kinetika orde satu semu dan orde dua semu (Alam and Asam 2024). Kapasitas adsorpsi diperoleh dari proses penyebaran adsorbat antara fase cair dan fase padat yang dijelaskan oleh isoterm adsorpsi. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan arang aktif kulit jagung teraktivasi HCl sebagai adsorben ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan kromium (Cr^{6+}) untuk mengetahui kemampuan adsorpsi, kinetika adsorpsi, dan pola isoterm adsorpsi pada variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion logam.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka batasan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Kulit jagung diperoleh dari kebun jagung di Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta
2. Analisis dilakukan pada kemampuan kulit jagung sebagai adsorben ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+})
3. Larutan aktivator arang kulit jagung adalah larutan HCl 0,2 M.
4. Variasi pH ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+}) pada 3, 4, 5, 6, dan 7.
5. Variasi waktu kontak arang aktif kulit jagung pada 30, 60, 90, 120, dan 150 menit.
6. Variasi konsentrasi ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+}) pada 4, 8, 12, 16, dan 20 ppm.
7. Uji Karakterisasi arang setelah dan sebelum aktivasi menggunakan analisis instrumen FTIR dan XRD, sedangkan pada sampel ion logam menggunakan analisis instrumen AAS.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah diuraikan maka dirumuskan suatu masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana karakterisasi arang aktif kulit jagung sebelum dan setelah aktivasi dengan HCl menggunakan FT-IR dan XRD?
2. Bagaimana kemampuan adsorpsi terhadap ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+}) pada variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion logam?
3. Bagaimana pola isoterm adsorpsi arang aktif kulit jagung terhadap ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+})?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mensintesis arang dari kulit jagung dilanjutkan dengan aktivasi HCl
2. Mengkarakterisasi kristalinitas dan gugus fungsi arang sebelum dan sesudah teraktivasi HCl dengan FTIR dan XRD
3. Menganalisis aktivitas adsorpsi arang aktif kulit jagung terhadap ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+}) melalui analisis variasi pH, kinetika adsorpsi dan kesetimbangan adsorpsi

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah disebutkan maka manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai alternatif lain pengolahan limbah kulit jagung yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan sehingga dapat mengurangi limbah kulit jagung.

2. Memberikan informasi mengenai kemampuan adsorpsi kulit jagung terhadap logam berat pencemaran lingkungan yaitu ion logam tembaga (Cu^{2+}) dan ion logam kromium (Cr^{6+}).
3. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan adsorben dari limbah pertanian.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR, arang aktif kulit jagung sebelum dan sesudah teraktivasi HCl menunjukkan terdapatnya gugus fungsi yaitu -OH, C=O, C=C aromatik, dan C-O yang mengalami pergeseran serapan setelah proses aktivasi, sedangkan hasil karakterisasi menggunakan XRD memperlihatkan bahwa arang sebelum dan sesudah aktivasi bersifat amorf dengan puncak melebar $2\theta = 20^\circ - 30^\circ$.
2. Variasi pH didapatkan kondisi optimum ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} pada pH 3 dan pH 6. Adsorpsi ion logam Cu^{2+} mencapai kestabilan pada waktu 120 menit dengan laju adsorpsi sebesar 0,0105 (mg/g.min), sedangkan ion logam Cr^{6+} mencapai kestabilan pada 60 menit dengan laju adsorpsi ion sebesar 0,0399 (mg/g.min).
3. Hasil kesetimbangan adsorpsi menggunakan model isoterm adsorpsi, ion logam Cu^{2+} dan ion logam Cr^{6+} mengikuti isoterm Langmuir diperoleh persamaan linier $y = 0,7611x + 0,1091$ dengan nilai $R^2 = 0,9254$ dan $y = 1,4192x - 6,5816$ dengan nilai $R^2 = 0,9058$, sedangkan perhitungan energi bebas adsorpsi (E_{ads}) pada ion logam Cu^{2+} dan Cr^{6+} sebesar 29,51 kJ/mol dan 21,16 kJ/mol. Kapasitas adsorpsi pada ion logam Cu^{2+} diperoleh sebesar 1,3139 mg/g dan ion logam Cr^{6+} yang diperoleh sebesar 0,7046 mg/g.

B. Saran

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

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan adsorben jagung untuk mengadsorpsi logam berat lainnya.
2. Melakukan analisis dengan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben.
3. Melakukan variasi suhu larutan terhadap adsorpsi logam Cu^{2+} dan logam Cr^{6+} .



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. J., Danish, M., Anastopoulos, I., & Iwuozor, K. O. (2023). Recent progress on corn (*Zea mays L.*)-based materials as raw, chemically modified, carbonaceous, and composite adsorbents for aquatic pollutants: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 172(February), 106004. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.106004>
- Agusriyadin. (2020). Karakterisasi, kinetika, dan isoterm adsorpsi limbah ampas kelapa sebagai adsorben ion Cu(II). *Saintifi*. 6: 104-115.
- Al Qory, D. R., Ginting, Z., & Bahri, S. (2021). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Salak (*Salacca Zalacca*). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 26–36.
- Al Qory, D. R., Ginting, Z., Bahri, S., & Bahri, S. (2021). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Salak (*Salacca Zalacca*) sebagai Adsorben Alami dengan Aktivator H₂SO₄. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 26. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.4727>
- Amanda, D., Arfi, F., & Nisah, K. (2021). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Ion Logam Kobalt (II) oleh Kitosan dari Kulit Udang Windu (*Penaeus Monodon*). *Amina*, 3(3), 123–135.
- Amir Husin, A. H. (2020). Jurnal Teknik Kimia USU. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 09(2), 80–86.
- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Lubis, N., & FathoniRif'an. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*) Adsorption Ability Of Cu Heavy Metal Using Corn Husk Adsorbens (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 03(3), 255–264.
- Anwana Abel, U., Rhoda Habor, G., & Innocent Oseribho, O. (2020). Adsorption Studies of Oil Spill Clean-up Using Coconut Coir Activated Carbon (CCAC). *American Journal of Chemical Engineering*, 8(2), 36. <https://doi.org/10.11648/j.ajche.20200802.11>
- Ariyani, D., Cahaya, N., & Mujiyanti, D. R. (2018). Pengaruh pH dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Logam Zn(II) pada Komposit Arang Eceng Gondok Termomodifikasi Kitosan-Epiklorohidrin. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 85–92. <https://doi.org/10.15408/jkv.v4i2.6521>
- Ayed, S. Ben, Aloui, L., Mansour, L., & Ayari, F. (2023). Synthesized and characterization of calcium alginate beads as biosorbent of pollutants dye and phosphate from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*, 314, 199–209. <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.30085>
- Bastian, V., & Nasra, E. (2023). Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Waktu Kontak Ampas Kulit Durian (*Durio Zibethinus L.*) terhadap Penyerapan

- Ion Logam Tembaga (II) dengan Metode Batch. *Masaliq*, 4(1), 27–36.
<https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i1.2094>
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76.
<https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7791>
- Daryati, S. E., Wibowo, M. A., & Sitorus, B. (2016). *Karakterisasi Arang Aktif Kulit Biji Karet (Hevea Brasiliensis Muell . Arg) Sebagai Biosorben Gas H₂ S Characterization Of Rubber Seed Shells Activated Carbon*. 1(1), 10–17.
- Desianna, I., Putri, C. A., Yulianti, I., & Sujarwata. (2017). Selulosa Kulit Jagung sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 19–24.
- Efendi, Y. D., Nasution, H. I., Rahmah, S., & Zubir, M. (2021). Process Treatment of Heavy Metal Waste from Various Types of Adosorbents (clay, flay ash, and natural zeolite) : A Review. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 4(1), 34.
<https://doi.org/10.24114/ijcst.v4i1.23093>
- Efiyanti, L., Wati, S. A., Maslahat, M., & Kehutanan, J. I. (2020). Pembuatan dan Analisis Karbon Aktif dari Cangkang Buah Karet dengan Proses Kimia dan Fisika Manufacture and Analysis of Activated Carbon from Rubber Fruit Shell with Chemical and Physical Processing. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14, 94–108. <https://jurnal.ugm.ac.id/jikfkt>
- Elawati, N. Y., Kandowanko, D., Lamondo, S., & Oktaviana, G. (2019). Efisiensi Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) Oleh Tumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forks) dengan Waktu Kontak yang Berbeda. *Radial*, 6(2), 162–166.
<https://doi.org/10.37971/radial.v6i2.175>
- Farida, A., Ariyani, S., Sulistyaningsih, N. E., & Kurniasari, L. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung (*Zea Mays* L.) Sebagai Adsorben Logam Kadmium Dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 27–32. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3022>
- Fatimah, Effendi, S. R. E., & Sofith, C. D. (2021). Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg²⁺ pada Penjerapan Ion Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 13–18.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v10i1.4010>
- Gobel, A. P., & Arief, A. T. (2022). Pengaruh Karbonisasi Terhadap Karakteristik Tempurung Kelapa Berdasarkan Uji Proksimat Dan Nilai Kalor. *Jurnal Mineral, Energi, Dan Lingkungan*, 5(1), 48.
<https://doi.org/10.31315/jmel.v5i1.5370>
- Guntama, D., Nuriani Dewi, M., Nulhakim, L., Armawan Sandi, S.,

- Trisnaeni, A., & Lintang, A. (2023). Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) dan Asam Fosfat (H₃PO₄) Sebagai Adsorben Logam Kromin (Cr) pada Limbah Tekstil. *Jurnal Migasian*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.36601/jm.v7i1.226>
- Hariyanti, P., & Razif, M. (2019). Pemanfaatan Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L) sebagai Adsorben untuk Penurunan Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) pada Limbah Buatan dengan Menggunakan Metode Batch. *Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 72, 420.
- Hartanto, D. A., Yuwita, P. E., & Faila, R. N. (2023). Karakterisasi Gugus Fungsi pada Karbon Aktif Kulit Jagung Menggunakan Uji Fourier Transform Infrared sebagai Bahan Pembuatan Adsorben. *INVENTOR (Journal of Science and Technology)*, 4(1), 1–9.
- Haywardini, A., & Mulyani, B. (2022). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu (Bagasse) sebagai adsorben Larutan Campuran Ion Pb²⁺ dan Cu²⁺. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia Xiii*, 110–120.
- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) Yang Di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1). <https://doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3397>
- Indah, S., Helard, D., & Lathifuzzahrah, S. (2022). Penyisihan fosfat dari air limbah artifisial laundry memanfaatkan kulit jagung sebagai adsorben. *Jurnal Litbang Industri*, 12(1), 33. <https://doi.org/10.24960/jli.v12i1.7504>
- Ischak, N. I., Fazriani, D., & Botutihe, D. N. (2021). Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Kulit Kacang Tanah (*Arachys hypogaea* L.) Sebagai Adsorben Ion Logam Besi. *Jambura Journal of Chemistry*, 3(1), 27–36. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v3i1.9290>
- Joko Sapto Pramono, W. (2021). The Indonesian Journal of Public Health. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 16(2), 2004.
- Karim, M. A., Juniar, H., & Ambarsari, M. F. P. (2018). Adsorpsi Ion Logam Fe dalam Limbah Tekstil Sintesis dengan Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 68. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1205>
- Khalisa, Fahilatul Syukro, Nuzulia Yona, Putri Nugraha, Edi Nasra, D. K. (2025). *Adsorpsi Ion Logam Cr (VI) Dari Adsorben Karbon Aktif Tongkol Jagung*. 2.
- Liyang, L., Meiling, H., Qiang, Y., & Yinghao, L. (2024). Toxic heavy metal ions contamination in the aqueous environment, its toxicity and methods of microbial remediation. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 17(1).

<https://doi.org/10.1080/17518253.2024.2317824>

- Marinho, B. A., Cristóvão, R. O., Boaventura, R. A. R., & Vilar, V. J. P. (2019). As(III) and Cr(VI) oxyanion removal from water by advanced oxidation/reduction processes—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2203–2227. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3595-5>
- Mayangsari, Novi Eka Astuti, U. P. (2021). Model Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cu Menggunakan Selulosa Daun Nanas. *Jurnal Chemurgy*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.30872/cmg.v5i1.5477>
- Meila Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I., & Tekn. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon. *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37.
- Mentari, R. J., Soenardjo, N., & Yulianto, B. (2022). Potensi Fitoremediasi Mangrove *Rhizophora mucronata* Terhadap Logam Berat Tembaga di Kawasan Mangrove Park, Pekalongan. *Journal of Marine Research*, 11(2), 183–188. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.33246>
- Mudaim, S., & Hidayat, S. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 05(02), 157–163.
- Muhammad, H. N., Nikmah, F., Hidayah, N. U., & Haqiqi, A. K. (2020). Arang Aktif Kayu *Leucaena Leucocephala* sebagai Adsorben Minyak Goreng Bekas Pakai (Minyak Jelantah). *Physics Education Research Journal*, 2(2), 123. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.2.6176>
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi Dan Karakterisasi Selulosa: Review. *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, 1(2), 177. <https://doi.org/10.32493/jsmu.v1i2.2381>
- Nafi'ah, R. (2016). Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsorben Arang Aktif Dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 1(2), 28–37.
- Nurohmah, L., Wulandari, P. A., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu dan Pb dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 18. <https://doi.org/10.30872/cmg.v3i2.3579>
- Nury, D., Luthfi, M. Z., Deviany, D., Deviany, D., Achmad, F., Achmad, F., & Panjaitan, J. R. H. (2023). Pengaruh Massa Karbon Aktif dan Konsentrasi Adsorbat dalam Penyerapan Zat Warna Metilen Blue. *ISTA Online Teknologi Journal*, 4(2), 55–67. <https://doi.org/10.62702/ion.v4i2.89>
- Pranoto, P., Martini, T., & Maharditya, W. (2020). Uji Efektivitas dan Karakterisasi Komposit Tanah Andisol/Arang Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Besi (Fe). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 50. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.33286.50-66>

- Prasatia, R., Meriatna, M., Masrullita, M., Jalaluddin, J., & Ginting, Z. (2024). Pemanfaatan Ampas Kopi Saring sebagai Arang Aktif dalam Menyerap Logam Kromium VI (Cr6+). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 4(1), 21–35. <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i1.12128>
- Pratiwi, I., & Indah Agustiorini. (2023). Penurunan Nilai pH, COD, TDS, TSS pada Air Sungai Menggunakan Limbah Kulit Jagung Melalui Adsorben. *Jurnal Redoks*, 8(1), 55–62. <https://doi.org/10.31851/redoks.v8i1.10830>
- Pulungan, A. R. ., & Nasra, E. (2023). Adsorpsi Ion Cu(II) Menggunakan Selulosa dari Kulit Durian (*Durio zibethinus*) dengan Metode Batch. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 16641–16650.
- Purba, D. G. D., Ginting, A. P., & Sinuhaji, T. R. F. (2021). Perancangan Design “CO Filter” Teknologi Penyisihan Gas CO Pada Kendaraan Bermotor di Kota Medan (Berdasarkan Filtrasi-Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Kopi). *Jurnal Pembangunan Perkotaan*, 9(1), 2021.
- Purnomo, S., & Vitasari, D. (2023). Efisiensi Adsorpsi Zat Warna Indigo Dengan Karbon Aktif Menggunakan Kolom Bahan Isian. *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan Dan Industri*, 136–141.
- Putri, Y., & Hasna Oktaviana, A. (2024). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Pada Limbah Industri Batik Menggunakan Adsorben dari Mahkota Buah Nanas Adsorption of Remazol Brilliant Blue R Dye on Batik Industry Waste Using Pineapple Crown Adsorbent. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 21(1), 2460–8203.
- Rahmayanti, M. (2020). Recovery Emas dalam Sistem Au tunggal dan Sistem Multilogam (Au/Cu) Menggunakan Adsorben Asam Askorbat Termomodifikasi Magnetit. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(2), 179. <https://doi.org/10.20961/alchemistry.16.2.36129.179-189>
- Rahmayanti, M., Putra, M. D., Karmanto, & Sedyadi, E. (2023). Potential organic magnetic nanoparticles from peel extract of *Archidendron pauciflorum* for the effective removal of cationic and anionic dyes. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 40(11), 2759–2770. <https://doi.org/10.1007/s11814-023-1499-7>
- Rahmayanti, M., Yahdiyani, A., & Afifah, I. Q. (2022). Eco-friendly synthesis of magnetite based on tea dregs (Fe₃O₄-TD) for methylene blue adsorbent from simulation waste. *Communications in Science and Technology*, 7(2), 119–126. <https://doi.org/10.21924/cst.7.2.2022.965>
- Sahania, R. R., Utubira, Y., & Manuhutu, J. B. (2024). Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif dari Kulit Jagung dalam Menurunkan Kadar

- Logam Fe. *MJoCE*, 14(1), 60–69.
- Satria, R. M., Hamdiani, S., & Ulfa, M. (2018). Potensi Selulosa Bakterial dan Selulosa Asetat Limbah Cair Tahu sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) DAN Cr(VI). *Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Mataram, Nusa Tenggara*(62), 1–10.
- Sekewael, S. J., Latupeirissa, J., & Johannes, R. (2015). Adsorption of Cd Metal Using Active Carbon From Cacao Shell (*Theobroma cacao*). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2(2), 197–204. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2015.2-ser>
- Setiorini, I. A., Atmojo, B. T., Ramdhani, A., Studi, P., Pengolahan, T., Politeknik, M., & Palembang, A. (2020). Indah Agus Setiorini 1), Bagus Tri Atmojo 2), Ahmad Ramdhani 3) Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia Corresponding Author E-mail: *Teknik Putra Akademika*, 11(01), 28–38.
- Sjafruddin, R., Fajar, Nisa, K., Indah Sari, N., & Ajeng Ferawati, A. (2022). Model Isoterm Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Tebu Pada Penjerapan Zat Warna Metilen Biru. Prosiding. *Prosiding 6 Th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022*, 121–126.
- Sočo, E., & Kalemekiewicz, J. (2015). Removal of copper(II) and zinc(II) ions from aqueous solution by chemical treatment of coal fly ash. *Croatica Chemica Acta*, 88(3), 267–279. <https://doi.org/10.5562/cca2646>
- SYAKIR, N., OKTAVIANI, D., & FITRILAWATI, F. (2024). Pengaruh Waktu Dan Dosis Terhadap Efektivitas Adsorpsi Rhodamine B Oleh Graphene Oxide. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 13(2), 45. <https://doi.org/10.24198/jme.v13i2.49307>
- Taihutto, B., Kayadoe, V., & Mariwy, A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Ion Fe (Iii) Menggunakan Limbah Ampas Sagu. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, 9(1), 9–17. <https://doi.org/10.30598/mjocevol9iss1pp9-17>
- Ulloh, M. U. M. I. N. I. K. N., Upriatna, A. D. I. M. U. S., & Malia, D. A. N. V. I. N. A. A. (2023). *Sintesis Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Jagung (Zea Mays L) Sebagai Adsorben Limbah Cair Industri Laundry*.
- Verayana, Paputungan, M., & Iyabu, H. (2021). Pengaruh aktivator HCl dan H3PO4 terhadap karakteristik (morfologi pori) arang aktif tempurung kelapa serta uji adsorpsi pada logam timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13(1), 66–75.
- Wijaya, I. K., Farra Yulia, Y., & Udyani, K. (2020). Pemanfaatan Daun Teh Sebagai Biosorben Logam Berat Dalam Air Limbah (Review). *Jurnal*

- Envirotek*, 12(2), 25–33. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i2.55>
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., & Kurniawan, C. (2018). Adsorpsi Logam Cr(VI) Dan Cu(II) Pada Tanah Dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242–248.
- Yuansah, S. C. (2019). The Potential for Non-Digestible Sugar Production from Cellulose and Hemicellulose using Enzymatic Hydrolysis. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 2(2), 69–74. <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i2.116>
- Yustinah, Hudzaifah, Maya Aprilia, S. A. (2019). Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. 8(2), 37–43.
- Zainuri, K. Y. dan M. (2015). Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Kulit Singkong dan Barium M-Heksaferit. 4(1), 3–6.