

**ADSORPSI-DESORPSI ION KROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ )  
MENGUNAKAN ARANG KULIT PISANG KEPOK (*Musa  
acuminata balbisiana*) DAN ARANG KULIT PISANG AMBON  
(*Musa acuminata cavendish*) TERAKTIVASI HCl**

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



**Oleh:  
Devi Rahmadhani  
19106030033**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2023**

# PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



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-1795/Un.02/DST/PP.00.9/07/2023

Tugas Akhir dengan judul : Adsorpsi-Desorpsi Ion Kromium (Cr6+) Menggunakan Arang Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana*) dan Arang Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata cavendish*) Teraktivasi HCl

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DEVI RAHMADHANI  
Nomor Induk Mahasiswa : 19106030033  
Telah diujikan pada : Senin, 26 Juni 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Dr. Sasy Yunita Prabawati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64b9ac9d71ca5



Penguji I  
Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64b72ca2549e2



Penguji II  
Priyagung Dhemmi Widiakongko, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 64b8d323a4877



Yogyakarta, 26 Juni 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64b87d36a993

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



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  
Di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr.wb.*

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

Nama : Devi Rahmadhani

NIM : 19106030033

Judul Skripsi : Adsorpsi-Desorpsi Ion Kromium ( $Cr^{6+}$ ) Menggunakan Arang Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana*) dan Arang Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata cavendish*) Teraktivasi HCl

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

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

*Wassalamu 'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, 6 Juni 2023

Pembimbing

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

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

## NOTA DINAS PEMBIMBINGAN I



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### NOTA DINAS KONSULTASI

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 : Devi Rahmadhani  
NIM : 19106030033  
Judul Skripsi. : Adsorpsi-Desorpsi Ion Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Menggunakan Arang Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana*) dan Arang Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata cavendish*) Teraktivasi HCl

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 25 Juli 2023  
Konsultan

**Dr. Maya Rahmayanti, M.Si.**  
**NIP. 19810627 200604 2 003**

## NOTA DINAS PEMBIMBINGAN II



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### NOTA DINAS KONSULTASI

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 : Devi Rahmadhani  
NIM : 19106030033  
Judul Skripsi. : Adsorpsi-Desorpsi Ion Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Menggunakan Arang Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana*) dan Arang Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata cavendish*) Teraktivasi HCl

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 25 Juli 2023  
Konsultan

  
**Priyagung Dhemi Widiakongko, M.Sc.**  
NIP. 19900330 2019031 008

## SURAT PERNYATAAN



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Rahmadhani  
NIM : 19106030033  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi/tugas akhir dengan judul “Adsorpsi-Desorpsi Ion Kromium ( $Cr^{6+}$ ) Menggunakan Arang Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana*) dan Arang Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata cavendish*) Teraktivasi HCl” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 Juni 2023

Yang menyatakan



Devi Rahmadhani

NIM. 19106030033

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”  
[2:286]

“Jangan jadikan kegagalan sebagai ketakutan paling besar, tetapi takutlah ketika kamu tidak pernah mencoba dan melakukannya. Bukankah hal yang paling kamu takutkan adalah hal yang belum pernah kamu lakukan?”  
(anonim)

“*Failures are experience and experience is your best teacher. The more you fail, the more you know what life has in store for you.*”  
(anonim)

“Allah mengambil sesuatu dari dirimu yang tidak pernah engkau sangka, maka Allah akan memberimu sesuatu yang tidak pernah engkau sangka akan memilikinya.”  
(Prof. Dr. Mutawalli Assya’rawi)

“Jangan terlalu keras memikirkan sesuatu diluar kendalimu, urusanmu sudah diatur indah dengan takdir Allah. Berdoa, berusaha, bersyukur, dan berbuat baik adalah kunci terbaik menjalani hidup.”  
(Ivantara Suranto)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* *rabbil'alamiin*. Segala puji syukur penulis panjatkan Kehadirat-Nya karena berkat-Nya lah dengan seluruh nikmat-Nya yang senantiasa tercurahkan sehingga penyusunan tugas akhir yang berjudul “**Adsorpsi-Desorpsi Ion Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Menggunakan Arang Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana*) dan Arang Kulit Pisang Ambon (*Musa acuminata cavendish*) Teraktivasi HCl**” dapat selesai sebagai sebagian persyaratan untuk mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penulis tersadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari seluruh bantuan dan dukungan berbagai dari pihak. Baik dengan dukungan semangat, materiil maupun non-materiil yang diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan doa, semangat, arahan, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan tugas akhir ini telah selesai. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains & Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si, selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga sekaligus selaku Dosen Pembimbing Akademik.
3. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si, selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah membimbing, memberi arahan, nasihat, dukungan, dan motivasi kepada penulis dalam penulisan tugas akhir.
4. Pranata Laboratorium Pendidikan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.
5. Kedua orangtua dan keluarga tercinta yang senantiasa mendukung upaya yang penulis lakukan dengan seluruh doa dan kasih serta sayangnya.
6. Sahabat dan teman-teman yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam penulisan tugas akhir.
7. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis tersadar bahwa kesempurnaan itu tidak ada selain dari-Nya, termasuk tugas akhir yang dibuat ini. Demi kesempurnaan tugas akhir ini, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 6 Juni 2023

Penulis



**Devi Rahmadhani**  
**NIM. 19106030033**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
NOTA DINAS PEMBIMBINGAN I .....	iv
NOTA DINAS PEMBIMBINGAN II .....	v
SURAT PERNYATAAN.....	vi
HALAMAN MOTTO .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
BAB I.....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Batasan Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II.....	7
A. Tinjauan Pustaka .....	7
B. Landasan Teori .....	10
1. Logam Berat Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) .....	10
2. Adsorpsi.....	12
3. Desorpsi.....	15
4. Kinetika Adsorpsi .....	16
5. Isoterm Adsorpsi.....	17
6. Arang Aktif.....	19
7. Kulit Pisang .....	22
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian.....	24
BAB III .....	29
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
B. Alat-alat Penelitian .....	29
C. Bahan Penelitian .....	29
D. Prosedur Kerja .....	29
1. Preparasi Kulit Pisang .....	29
2. Pembuatan Arang Kulit Pisang Kepok dan Ambon Teraktivasi HCl 2 M.....	30
3. Uji Karakterisasi Arang Kulit Pisang Kepok dan Ambon .....	31
4. Pembuatan Larutan Uji $\text{Cr}^{6+}$ .....	31
5. Uji Adsorpsi Ion $\text{Cr}^{6+}$ oleh Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dan Ambon pada Variasi Waktu Kontak .....	32

6.	Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ion $\text{Cr}^{6+}$ oleh Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dan Ambon .....	32
7.	Uji Desorpsi Sekuensial Ion $\text{Cr}^{6+}$ dari Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dan Ambon .....	33
BAB IV .....		35
A.	Preparasi Kulit Pisang.....	35
B.	Aktivasi Arang Kulit Pisang .....	38
C.	Karakterisasi Arang Kulit Pisang Kepok dan Ambon.....	41
D.	Penentuan Kurva Kalibrasi Larutan Standar $\text{Cr}^{6+}$ .....	43
E.	Hasil Uji Adsorpsi Ion Logam $\text{Cr}^{6+}$ oleh Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dan Ambon pada Variasi Waktu Kontak.....	45
F.	Isoterm Adsorpsi Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dan Ambon terhadap Ion Logam $\text{Cr}^{6+}$ .....	49
G.	Hasil Uji Desorpsi Sekuensial Ion $\text{Cr}^{6+}$ dari Arang Aktif Kulit Pisang Kepok dan Ambon.....	54
BAB V.....		60
A.	Kesimpulan .....	60
B.	Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....		62
LAMPIRAN .....		67



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh aktivasi dari beberapa jenis arang aktif.....	20
Tabel 2.2 Komposisi kimia dalam kulit pisang .....	23
Tabel 4.1 Parameter terhitung model kinetika adsorpsi PFO dan PSO .....	49
Tabel 4.2 Parameter terhitung model isoterm Langmuir dan Freundlich ...	52
Tabel 4.3 Perbandingan kapasitas adsorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ menggunakan berbagai jenis arang aktif dari penelitian sebelumnya.....	53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Struktur selulosa .....	3
Gambar 2.1 Diagram Pourbaix ion $\text{Cr}^{6+}$ .....	11
Gambar 4.1 Arang kulit pisang (a) kepok (b) ambon setelah karbonisasi ...	37
Gambar 4.2 Dugaan mekanisme interaksi selama proses aktivasi .....	39
Gambar 4.3 Arang kulit pisang (a) kepok (b) ambon teraktivasi HCl.....	40
Gambar 4.4 Spektra arang kulit pisang kepok dan ambon sebelum dan setelah teraktivasi HCl .....	41
Gambar 4.5 Ilustrasi mekanisme reaksi protonasi gugus -OH oleh aktivator HCl.....	42
Gambar 4.6 Kurva kalibrasi larutan standar ion $\text{Cr}^{6+}$ pada pH 2 .....	44
Gambar 4.7 Grafik jumlah ion $\text{Cr}^{6+}$ terserap oleh arang aktif kulit pisang kepok dan ambon pada variasi waktu kontak.....	46
Gambar 4.8 Model kinetika adsorpsi (a) PFO dan (b) PSO.....	48
Gambar 4.9 Model isoterm (a) Langmuir (b) Freundlich oleh arang aktif kulit pisang kepok (c) Langmuir (d) Freundlich oleh arang aktif kulit pisang ambon .....	50
Gambar 4.10 Desorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ pada arang aktif kulit pisang kepok dan ambon .....	55
Gambar 4.11 Proses desorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ menggunakan agen pendesorpsi $\text{HNO}_3$ .....	56
Gambar 4.12 Dugaan mekanisme interaksi melalui pembentukan ikatan hidrogen antara adsorbat ion $\text{Cr}^{6+}$ dengan situs aktif arang kulit pisang .....	57
Gambar 4.13 Senyawa kompleks yang terbentuk antara agen pendesorpsi $\text{Na}_2\text{EDTA}$ dengan ion $\text{Cr}^{3+}$ .....	58
Gambar 4.14 Mekanisme interaksi melalui pembentukan ikatan kompleks antara adsorbat ion $\text{Cr}^{6+}$ dengan situs aktif arang kulit pisang .....	59

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Larutan Standar Cr <sup>6+</sup> .....	67
Lampiran 2. Data Pengujian Adsorpsi Ion Cr <sup>6+</sup> .....	68
Lampiran 3. Data Kinetika Adsorpsi Ion Cr <sup>6+</sup> Terhadap Arang Aktif Kulit Pisang.....	70
Lampiran 4. Data Isoterm Adsorpsi Ion Cr <sup>6+</sup> Terhadap Arang Aktif Kulit Pisang.....	74
Lampiran 5. Data Desorpsi Sekuensial Ion Cr <sup>6+</sup> .....	78
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian .....	79



## ABSTRAK

### ADSORPSI-DESORPSI ION KROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ ) MENGUNAKAN ARANG KULIT PISANG KEPOK (*Musa acuminata balbisiana*) DAN ARANG KULIT PISANG AMBON (*Musa acuminata cavendish*) TERAKTIVASI HCl

Oleh:

**Devi Rahmadhani**

19106030033

Pembimbing:

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

Kajian adsorpsi ion logam kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) telah dilakukan menggunakan arang kulit pisang kepok dan arang kulit pisang ambon teraktivasi HCl. Adsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  perlu dilakukan karena merupakan salah satu metode alternatif untuk mengurangi kadar ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang memiliki toksisitas tinggi, bersifat stabil, dan mudah terakumulasi dalam tubuh hingga memicu sel-sel kanker. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkarakterisasi gugus fungsi arang aktif kulit pisang kepok dan ambon, mengetahui stabilitas waktu adsorpsi, jenis isoterm adsorpsi, dan mekanisme interaksi  $\text{Cr}^{6+}$  dalam arang aktif kulit pisang kepok dan ambon.

Pembuatan arang aktif kulit pisang dilakukan melalui tiga proses, yaitu dehidrasi menggunakan oven, karbonisasi dengan *furnace*, dan aktivasi kimia menggunakan aktivator HCl 2 M. Aktivasi secara kimia sangat diperlukan untuk meningkatkan daya serap arang aktif kulit pisang.

Hasil karakterisasi FT-IR pada arang kulit pisang kepok dan ambon setelah teraktivasi menunjukkan adanya perubahan intensitas serapan pada puncak utama yaitu gugus -OH. Aktivasi dengan asam menyebabkan gugus -OH berkurang dan terprotonasi menjadi  $\text{OH}_2^+$ . Adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  terhadap arang aktif kulit pisang kepok dan ambon pada pH 2 memberikan waktu stabil pada 75 menit, mengikuti model kinetika adsorpsi *pseudo second order* (PSO) dengan laju reaksi sebesar 0,05713 mg/g.min dan 0,04079 mg/g.min. Pola isoterm adsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  terhadap arang aktif kulit pisang kepok dan ambon mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 0,7036 dan 0,6387 mg/g serta besarnya energi adsorpsi sebesar 26,67 dan 23,55 kJ/mol. Berdasarkan hasil desorpsi sekuensial, mekanisme interaksi yang terjadi melibatkan interaksi kimia melalui pembentukan ikatan hidrogen dan kompleks.

**Kata kunci:** *arang aktif kulit pisang kepok dan ambon, ion  $\text{Cr}^{6+}$ , adsorpsi, desorpsi, kinetika adsorpsi, isoterm adsorpsi, mekanisme adsorpsi*

## ABSTRACT

### ADSORPTION-DESORPTION OF CHROMIUM ION ( $\text{Cr}^{6+}$ ) USING KEPOK BANANA'S PEEL (*Musa acuminata balbisiana*) AND AMBON BANANA'S PEEL (*Musa acuminata cavendish*) AS CHARCOAL ACTIVATED WITH HCl

By:

**Devi Rahmadhani**

**19106030033**

Adviser:

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

Adsorption study of chromium metal ion ( $\text{Cr}^{6+}$ ) was carried out using kepok and ambon banana peel as charcoal activated with HCl. Adsorption of  $\text{Cr}^{6+}$  metal ions is carried out because it is an alternative method to reduce  $\text{Cr}^{6+}$  ions which have high toxicity, stable, and easily accumulate in the body to trigger cancer cells. The purpose of this research was to characterize the functional groups of kepok and ambon banana peels charcoal, to determine the stability of adsorption time, to determine the type of adsorption isotherm, and to determine the mechanism interaction of  $\text{Cr}^{6+}$  in activated charcoal of kepok and ambon banana peels.

Banana peels charcoal is made through three processes, they are dehydration using an oven, carbonization with a furnace, and chemical activation using HCl 2 M as activator. Chemical activation is needed to increase the absorption capacity of banana peels charcoal.

The results of the FT-IR characterization on kepok and ambon banana peel charcoal after activation showed a change in absorption intensity at the main peak, namely the -OH group. Activation with acids causes the -OH group to decrease so that it is protonated become  $\text{OH}_2^+$ . Adsorption of  $\text{Cr}^{6+}$  on the kepok and ambon banana peels charcoal at pH 2 give a stable time of 75 minutes, following the pseudo second order (PSO) model with a reaction rate are 0.05713 mg/g.min and 0.04079 mg/g.min. The isotherm adsorption of  $\text{Cr}^{6+}$  for kepok and ambon banana peels charcoal followed the Langmuir model with adsorption capacities are 0.7036 and 0.6387 mg/g and the adsorption energies were 26.67 and 23.55 kJ/mol. Based on the desorption sequential results, the interaction mechanism involves chemical interactions through the mechanism of forming hydrogen bonds and complexes bonds.

**Keywords:** *activated charcoal of kepok and ambon banana peel,  $\text{Cr}^{6+}$  ion, adsorption, desorption, adsorption kinetics, isotherm, adsorption mechanism*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Kasus pencemaran air merupakan salah satu masalah serius yang memerlukan penanganan khusus. Pencemaran air terjadi karena adanya pembuangan limbah cair buangan industri melalui saluran yang kemudian mengalir ke badan perairan. Limbah cair mengandung logam berat yang bervariasi, sehingga adanya peningkatan kegiatan industri menyebabkan kehadiran limbah logam berat dalam perairan ikut bertambah. Logam berat dalam perairan akan terakumulasi ke dalam tubuh makhluk hidup melalui saluran pernafasan, pencernaan, dan kulit (Adhani & Husaini, 2017).

Salah satu logam berat yang memiliki toksisitas tinggi dalam lingkungan perairan ialah logam kromium (Cr). Logam Cr memiliki bilangan oksidasi berbeda-beda antara lain kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dan kromium trivalen ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Ion  $\text{Cr}^{6+}$  lebih berbahaya daripada ion  $\text{Cr}^{3+}$  karena ion  $\text{Cr}^{6+}$  memiliki kelarutan dan mobilitas dalam lingkungan perairan yang lebih baik daripada ion  $\text{Cr}^{3+}$ . Ion  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan agen pengoksidasi yang kuat, beracun, mudah larut dalam tanah, dan mudah terakumulasi dalam tubuh hingga memicu sel-sel kanker (Irianti dkk., 2017).

Adanya ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang penyebarannya sangat luas di lingkungan perairan hingga efek toksisitasnya yang tinggi tentu memerlukan metode lanjutan. Berbagai metode pengolahan air limbah telah banyak dilakukan seperti koagulasi, flokulasi, pertukaran ion, dan fotokatalis. Namun, hal tersebut dalam rentang waktu tertentu dapat merusak lingkungan karena



tidak seimbangnya akumulasi logam berat dengan metode yang diterapkan (Arifiyana & Devianti, 2020).

Adsorpsi merupakan salah satu metode penjerapan ion logam berat melalui peristiwa pengikatan ion logam berat (adsorbat) ke permukaan suatu agen penyerap (arang aktif). Arang aktif merupakan agen penyerap yang telah diproses melalui tahap aktivasi sehingga memiliki pori yang terbuka dengan luas permukaan yang lebih besar. Arang yang tidak diaktivasi pori-porinya masih tertutupi oleh zat pengotor sehingga adsorbat sulit terserap ke dalam permukaan arang aktif (Erlina dkk., 2015).

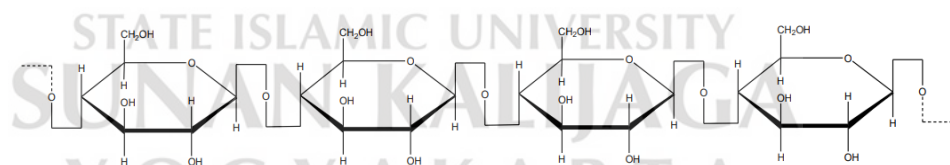
Proses adsorpsi dapat dilakukan menggunakan arang aktif dari bahan alam. Penggunaan arang aktif yang berasal dari bahan alam dapat didaur ulang dan dinilai lebih efektif dalam mengurangi kadar logam berat. Keunggulan menggunakan arang aktif dari bahan alam adalah mudah diregenerasi melalui proses desorpsi sehingga arang aktif yang telah menyerap adsorbat dapat digunakan kembali menggunakan bantuan agen pendesorpsi. Desorpsi juga dapat menjelaskan mekanisme interaksi yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan arang aktif (Fuadah & Rahmayanti, 2019).

Salah satu bahan alam yang efektif digunakan sebagai arang aktif antara lain batang pisang, kulit pisang uli, dan kulit pisang kepok (Yuliono dkk., 2014; Fajrianti dkk., 2016; Sherly & Cahyaningrum 2014). Beberapa kandungan yang dimiliki kulit pisang adalah selulosa, hemiselulosa, zat pektin, dan lignin. Komponen tersebut mengandung gugus fungsi berupa

gugus hidroksil, karboksil, dan amina yang berperan sebagai gugus aktif dalam mengikat ion logam berat dalam perairan (Rahayu dkk., 2021).

Menurut Asih dkk. (2014) dan Tuhuloula dkk. (2013) kulit pisang kepok memiliki kandungan 37,52% selulosa, 12,06% hemiselulosa, 7,04% lignin, dan 10,96% pektin. Penelitian Tuhuloula dkk. (2013) melaporkan bahwa kulit pisang ambon memiliki kandungan 23,20% selulosa, 12,02% hemiselulosa, 21,29% lignin, dan 14,90% pektin. Artinya kandungan selulosa kulit pisang kepok lebih besar daripada kulit pisang ambon.

Selulosa yang terkandung dalam kulit pisang memiliki kemampuan mengikat ion logam berat karena memiliki gugus aktif hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH). Selulosa merupakan polimer unit piranosa yang bergabung dengan atom oksigen melalui ikatan  $\beta$ -1,4 glukopiranosida. Ikatan tersebut menyebabkan permukaan rantai selulosa membentuk struktur berpori yang berperan dalam menyerap bahan-bahan disekitarnya termasuk ion logam berat (Mohadi dkk., 2014).



Gambar 1.1 Struktur selulosa  
(Kusuna, 2017)

Sejauh ini, penelitian tentang arang kulit pisang belum banyak dilakukan, salah satunya adalah arang kulit pisang kepok dan ambon. Mengingat kulit pisang kepok dan ambon merupakan limbah organik paling banyak yang dihasilkan di Indonesia. Kandungan selulosa dan yang melimpah dalam kulit pisang kepok dan ambon sangat memungkinkan

pemanfaatan kulit pisang tersebut sebagai arang aktif dalam menjerap ion logam berat (Mohadi dkk., 2014).

Penelitian mengenai arang aktif kulit pisang kepok telah dilakukan oleh Sherly & Cahyaningrum (2014) untuk menurunkan kadar ion  $\text{Cr}^{6+}$ . Aktivasi arang kulit pisang kepok dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 M mampu menurunkan kadar ion  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 9,85 mg/L dengan daya serap sebesar 0,197 mg/g. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah kulit pisang kepok sangat memungkinkan digunakan sebagai arang aktif ion logam berat. Namun sayangnya, penelitian tentang pemanfaatan kulit pisang kepok dan ambon sebagai arang aktif dalam menjerap ion  $\text{Cr}^{6+}$  belum banyak dilakukan.

Berdasarkan uraian di atas, akan dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan adsorpsi-desorpsi kulit pisang kepok dan ambon teraktivasi HCl 2 M terhadap logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Mengingat kulit pisang kepok dan ambon memiliki kandungan selulosa yang efektif digunakan sebagai arang aktif dalam menjerap ion logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Karakterisasi gugus fungsi arang kulit pisang kepok dan ambon dilakukan sebelum dan setelah teraktivasi HCl 2 M melalui analisis FT-IR. Pengujian kadar  $\text{Cr}^{6+}$  sebelum dan setelah proses adsorpsi-desorpsi dilakukan melalui analisis AAS.

## **B. Batasan Masalah**

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

1. Kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon yang digunakan berasal dari Bantul dan Toko Roti Aneka di Sleman.

2. Limbah logam  $\text{Cr}^{6+}$  yang digunakan berasal dari limbah sintetik dengan variasi konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  adalah 4, 8, 12, 16, dan 20 ppm.
3. Massa arang aktif kulit pisang kepok dan ambon masing-masing sebesar 0,5 g.
4. Variasi waktu kontak adsorpsi antara arang aktif kulit pisang dengan larutan limbah  $\text{Cr}^{6+}$  adalah 15, 30, 45, 60, 75, dan 120 menit.
5. Percobaan dilakukan menggunakan aktivator HCl 2 M, sedangkan pH larutan  $\text{Cr}^{6+}$  diatur pada pH 2 sesuai diagram pourbaix ion  $\text{Cr}^{6+}$ .
6. Proses desorpsi sekuensial dilakukan menggunakan agen pendesorpsi berupa akuabides;  $\text{KNO}_3$  1 M;  $\text{HNO}_3$  0,5 M; dan  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  0,1 M.

### C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakterisasi arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon ditinjau dari gugus fungsinya sebelum dan setelah teraktivasi HCl?
2. Bagaimana kemampuan arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon teraktivasi HCl terhadap adsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  pada variasi waktu kontak?
3. Bagaimana pola isoterm adsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  oleh arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon teraktivasi HCl?
4. Bagaimana mekanisme interaksi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  dalam arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon teraktivasi HCl berdasarkan kemampuan desorpsi sekuensial ion logam  $\text{Cr}^{6+}$ ?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mempelajari karakterisasi arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon ditinjau dari gugus fungsinya sebelum dan setelah teraktivasi HCl.
2. Mempelajari kemampuan arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon teraktivasi HCl terhadap adsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  pada variasi waktu kontak.
3. Mempelajari pola isoterm adsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  oleh arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon teraktivasi HCl.
4. Mempelajari mekanisme interaksi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  dalam arang kulit pisang kepok dan kulit pisang ambon teraktivasi HCl berdasarkan kemampuan desorpsi sekuensial ion logam  $\text{Cr}^{6+}$ .

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk meningkatkan nilai ekonomis limbah kulit pisang kepok dan ambon sebagai arang aktif ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  yang efektif dan dapat didaur ulang. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi mengenai stabilitas waktu adsorpsi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Hasil penelitian yang dilakukan dapat menjadi salah satu solusi dalam penanganan masalah pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran oleh ion logam  $\text{Cr}^{6+}$ .

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil karakterisasi FT-IR pada arang kulit pisang kepok dan ambon setelah teraktivasi menunjukkan adanya perubahan intensitas serapan pada puncak utama yaitu gugus fungsi -OH. Aktivasi dengan asam menyebabkan gugus -OH terprotonasi menjadi  $\text{OH}_2^+$  sehingga arang aktif kulit pisang cenderung bermuatan positif sebagian.
2. Proses adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  terhadap arang aktif kulit pisang kepok dan ambon mencapai kestabilan pada waktu 75 menit, mengikuti model kinetika adsorpsi *Pseudo Second Order* (PSO) dan memberikan laju reaksi untuk arang aktif kulit pisang kepok dan ambon masing-masing sebesar 0,05713 mg/g.min dan 0,04079 mg/g.min.
3. Studi isoterm adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  terhadap arang aktif kulit pisang kepok dan ambon mengikuti model isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 0,7036 mg/g dan 0,6387 mg/g. Energi adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  terhadap arang aktif kulit pisang kepok dan ambon masing-masing sebesar 26,67 kJ/mol dan 23,55 kJ/mol.
4. Mekanisme interaksi ion  $\text{Cr}^{6+}$  dalam arang aktif kulit pisang kepok dan ambon keduanya melibatkan interaksi secara kimia melalui mekanisme pembentukan ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks.

## B. Saran

Saran yang dapat disampaikan sebagai penelitian lebih lanjut adalah:

1. Melakukan inovasi lebih lanjut mengenai adsorpsi-desorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  menggunakan adsorben yang berasal dari limbah bahan alam.
2. Melakukan optimasi pH larutan uji  $\text{Cr}^{6+}$ .
3. Melakukan uji adsorpsi menggunakan adsorben sebelum dan setelah teraktivasi untuk melihat pengaruh aktivasi terhadap proses adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$ .
4. Melakukan uji adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  pada adsorben yang telah didesorpsi untuk mengetahui kemampuan regenerasi suatu adsorben.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press.
- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37.
- Anshar, A. M., Santosa, S. J., & Sudiono, S. (2015). Kapasitas dan Energi Adsorpsi Humin Terhadap Eosin. *Al Kimia*, 3(2), 1–14.
- Arifiyana, D., & Devianti, V. A. (2020). Biosorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Biosorben Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*). *Jurnal Kimia Riset*, 5(1), 1–8.
- Arvianto, R. I., Mauludi, K., Damayanti, A. K., & Pradipta, M. F. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Emas Menggunakan Kulit Mangga (*Mangifera indica*) Termodifikasi Asam Sulfat. *Chimica et Natura Acta*, 7(1), 1.
- Asih, S., Sutikno, & Rizal, S. (2014). Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang Melalui Hidrolisis Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi Dan Industri Hasil Pertanian*, 19(3), 274–288.
- Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. UNNES PRESS.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Produksi Tanaman Buah-Buahan Tahun 2022*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Chairunnisa, & Nasra, E. (2022). Pengaruh pH dan Konsentrasi Ion Logam Cr(VI) Terhadap Penyerapan Karbon Aktif Kulit Durian. *Chemistry Journal*, 11(1), 45–50.
- Desi, Suharman, A., & Vinsiah, R. (2015). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*). *Prosiding SEMIRATA*, 294–303.
- Dhal, B., Thatoi, H., Das, N. N., & Pandey, B. D. (2013). Chemical and Microbial Remediation of Hexavalent Chromium from Contaminated Soil and Mining/Metallurgical Solid Waste: A Review. *Journal of Hazardous Materials*, 250–251, 272–291.
- Diantariani, N. P., Sudiarta, I. W., & Elantiani, N. K. (2008). Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr(VI) pada Biosorben Rumput Laut *Euclima spinosum*. *Jurnal Kimia*, 2(1), 45–52.
- Effendy. (2007). *Perspektif Baru Kimia Koordinasi Jilid I*. Bayumedia Publishing.
- Erlina, Umiatin, & Budi, E. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika(E-Journal)*, 55–60.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl<sub>2</sub>, KOH, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepeh Aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47–52.



- Fajrianti, H., Oktiawan, W., & Wardhana, I. W. (2016). Pengaruh Waktu Perendaman Dalam Aktivator NaOH Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Krom Total (Cr) Dan Seng (Zn) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–9.
- Fuadah, S. R., & Rahmayanti, M. (2019). Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna Naftol Blue Black Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(2), 59–67.
- Hafizi-Atabak, H. R., Ghanbari-Tuedeshki, H., Shafaroudi, A., Akbari, M., Safaei-Ghomi, J., & Shariaty-Niassar, M. (2013). Production of Activated Carbon from Cellulose Wastes. *Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 47(1), 13–25.
- Handika, G., Maulina, S., & Mentari, V. A. (2017). Karakteristik Karbon Aktif dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan Natrium Klorida (NaCl). *Jurnal Teknik Kimia*, 6(4), 41–44.
- Hasri. (2015). Studi Adsorpsi Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben biomassa *Aspergillus niger* Hasil Pemerangkapan. *Jurnal Sainsmat*, IV(2), 126–135.
- Huda, S., Rita, D. R., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) yang Diaktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1), 22–27.
- Irianti, T. T., Kuswandi, Nuranto, S., & Budiyatni, A. (2017). *Logam Berat dan Kesehatan*. UGM Press.
- Ismadji, S., Soetaredjo, F. E., Santoso, S. P., Putro, J. N., Yuliana, M., Irawaty, W., Hartono, S. B., & Lunardi, L. (2021). *Adsorpsi Pada Fase Cair: Kesetimbangan, Kinetika, Dan Termodinamika*. Universitas Katolik Widya Mandala.
- Jubilate, F., Anita Zaharah, T., & Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi(II) Pada Air Tanah. *Jurnal JKK*, 5(4), 14–21.
- Karim, A. B., Mounir, B., Hachkar, M., Bakasse, M., & Yaacoubi, A. (2017). Adsorption/Desorption Behavior of Cationic Dyes on Moroccan Clay: Equilibrium and Mechanism. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(3), 1082–1096.
- Khoerunnisa, F., Santosa, S. J., & Kunarti, E. S. (2007). Kajian Adsorpsi Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>3-</sup> dalam Limbah Fotografi pada Adsorben Kitin dan Asam Humat Terimobilisasi Pada Kitin. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 9(2), 58–67.
- Kilo, A. la. (2018). *Kimia Anorganik: Struktur Dan Kereaktifan*. UNG Press Gorontalo.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi Tunggal H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Kombinasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>, dan Termal. *Reaktor*, 17(2), 74–80.

- Kusuna, W. R. (2017). Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokrystalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung. *Jurnal Entropi*, 12(1), 105–108.
- Mahmudha, S., & Nugraha, I. (2016). Pengaruh Penggunaan Bentonit Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol pada Minyak Sereh Wangi Kabupaten Gayo Lues-Aceh. *Chimica et Natura Acta*, 4(3), 123–129.
- Maryono, Sudding, & Rahmawati. (2013). Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica*, 14(1), 74–83.
- Masriatini, R. (2017). Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang. *Jurnal Redoks*, 2(1), 53–57.
- Mohadi, R., Hidayati, N., & Lesbani, A. (2014). Adsorption Desorption of Chromium (III) Ion on Cellulose from Wood Powder. *International Journal of Science and Engineering*, 7(1), 77–80.
- Muniroh, S., & Rahmayanti, M. (2019). Kinetika Adsorpsi Kromium (VI) yang Terkandung dalam Limbah Batik pada Asam Humat Termodifikasi Magnetit (AH-Fe-3O<sub>4</sub>). *Integrated Lab Journal*, 07(02), 42–46.
- Nisah, K., & Nadhifa, H. (2020). Analisis Kadar Logam Fe dan Mn pada Air Minum dalam Kemasan (AMDK) dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Amina: Ar-Raniry Chemistry Journal*, 2(1), 6–12.
- Novianti, P., & Setyowati, W. A. E. (2016). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode Pemisahan Alkalisasi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 459–466.
- Nurdjanah, N., & Usmiati, S. (2006). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Labu Kuning. *Jurnal Pascapanen*, 3(1), 13–23.
- Oko, S., Kurniawan, A., & Ega, S. B. P. (2021). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi. *JuniMetana: Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Tepat Guna*, 17(1), 15–21.
- Pangau, J. R., Sangian, H. F., & Lumi, B. M. (2017). Karakterisasi Bahan Selulosa Dengan Iradiasi Pretreatment Gelombang Mikro Terhadap Serbuk Kayu Cempaka Wasian (*Elmerillia Ovalis*) Di Sulawesi Utara*Codiaeum*. *Jurnal MIPA Unsrat*, 6(1), 53–58.
- Prabawati, S. Y., Jumina, Santosa, S. J., & Mustofa. (2011). Synthesis of Polypropylcalix[6]Arene from p-t-Butylphenol as Adsorbent for Cr(III) Metal Ion. *Indonesian Journal of Chemistry*, 11(1), 37–42.
- Prabawati, S. Y., Jumina, Santosa, S. J., Mustofa, & Ohto, K. (2012). Study on The Adsorption Properties of Novel Calix[6]Arene Polymers for Heavy Metal Cations. *Indonesian Journal of Chemistry*, 12(1), 28–34.
- Purwiandono, G., & Ibrahim, S. (2022). Adsorption of Cu(II) Using Salacca's Peel Activated by HNO<sub>3</sub>. *IJCR (Indonesian Journal of Chemical Research)*, 7(1), 1–7.
- Rahayu, W. P., Harisma, I. W., Syamsuddin, Y., Sofyana, & Mulyati, S. (2021). Ekstraksi Pektin dari Kulit Jeruk dan Kulit Pisang sebagai

- Biosorben pada Proses Adsorpsi Logam Berat Fe. *Serambi Engineering*, VI(2), 1899–1907.
- Rahmansyah, A., Ismuyanto, B., & Dwi Saptati NH, dan A. (2017). Pembuatan Karbon Aktif Berbasis Kulit Pisang Dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Brawijaya Physics Student Journal*, 4(1), 1–7.
- Rahmawati, P. (2021). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok-Polivinil Alkohol (PVA) Tersulfonasi Sebagai Adsorben Ion Tembaga (II). *Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo*.
- Ramadhani, L. F., Nurjannah, I. M., Yulistiani, R., & Saputro, E. A. (2020). Teknologi Aktivasi Fisika pada Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 42–53.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. (2012). Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*, 1(1), 1–7.
- Saraswati, N. L. P. A. (2022). Pengaruh Suhu Aktivasi Arang Terhadap Kondisi Equilibrium dan Parameter Termodinamika Adsorpsi Senyawa Remazol Red. *Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 16(3), 1858–0629.
- Setyawan, F. L., & Khunur, M. M. (2013). PENGARUH pH dan Lama Kontak pada Adsorpsi  $\text{Ca}^{2+}$  Menggunakan Adsorben Kitin Terfosforilasi Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*). *Kimia Student Journal*, 1(2), 201–207.
- Shafirinia, R., Wardana, I. W., & Oktawan, W. (2016). Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben Dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) dan Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–9.
- Sherly, A., & Cahyaningrum, S. E. (2014). Aktivasi Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) Dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Cr(VI). *Journal of Chemistry*, 3(1), 22–25.
- Sudiarta, I. W. (2009). Biosorpsi Ion Cr(III) pada Rumpun Laut *Eucheuma Spinosum* Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Kimia*, 3(2), 93–100.
- Suhaeri, A., Maryono, & Side, S. (2014). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong Terhadap Ion  $\text{Cr}^{6+}$ . *Jurnal Chemica*, 15(2), 95–104.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Taihuttu, B., Kayadoe, V., & Mariwy, A. (2018). Studi Kinetika Adsorpsi Ion Fe (III) Menggunakan Limbah Ampas Sagu. *Molluca Journal of Chemistry Education*, 9(1), 9–17.
- Tuhuloula, A., Budiyarti, L., & Fitriana, E. N. (2013). Karakterisasi Pektin Dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi. *Konversi*, 2(1), 21–27.
- Verayana, Papatungan, M., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif

- Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13(1), 67–75.
- Wardalia, Rusdi, Hartono, R., & Adiwibowo, M. T. (2021). Pengaruh Jenis Aktivasi pada Adsorben Cangkang Kacang Tanah Terhadap Adsorpsi Metil Violet. *Jurnal Integrasi Proses*, 10(2), 115–119.
- Yanuarita, D., Pratiwi, A. S., & Saragih, S. M. R. (2020). Pemanfaatan Kulit Pisang Sebagai Media Penyerapan Logam Pada Limbah Cair (Review Jurnal). *Jurnal Envirotek*, 12(2), 10–18.
- Yuliono, Herawati, N., & Maryono. (2014). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Batang Pisang (*Musa paradisiaca*) Terhadap Ion Logam Kromium VI. *Jurnal Chemica*, 15(2), 24–32.
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., & Syamsudin, A. (2020). Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. *Konversi*, 9(12), 17–28.
- Zian, Ulfin, I., & Harmami. (2016). Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 2337–3520.