

**PEMANFAATAN ARANG KULIT SALAK
DALAM ADSORPSI LOGAM TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN
AKTIVATOR HCl PADA VARIASI pH, WAKTU KONTAK, DAN
KONSENTRASI ION LOGAM**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**



DEWI PRAPTOMO AJI WIJAYANTI
19106030014
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1735/Un.02/DST/PP.00.9/07/2023

Tugas Akhir dengan judul : Pemanfaatan Arang Kulit Salak dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Aktivator HCl pada Variasi pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Ion Logam

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DEWI PRAPTOMO AJI WIJAYANTI
Nomor Induk Mahasiswa : 19106030014
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. Susy Yunita Prabawati, M.Si.
SIGNED

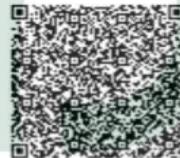
Valid ID: 64b4ac7842608



Penguji I

Karmanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

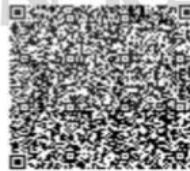
Valid ID: 64b4a3fd1f9df



Penguji II

Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64b6121d91f49



Yogyakarta, 26 Juni 2023

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 64b917eb44315



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal :
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 : Dewi Prptomomo Aji Wijayanti

NIM 19106030014

Judul Skripsi : Pemanfaatan Arang Kulit Salak Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Aktivator HCl Pada Variasi pH, Waktu Kontak, Dan Konsentrasi Ion Logam

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, 15 Juni 2023
Pembimbing

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



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 penguji berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Dewi Praptomo Aji Wijayanti
NIM : 19106030014
Judul Skripsi. : Pemanfaatan Arang Kulit Salak Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Aktivator HCl Pada Variasi pH, Waktu Kontak, Dan Konsentrasi Ion Logam

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, 20 Juli 2023

Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Karmanto, M. Sc
NIP. 19820504 200912 1 005



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 : Dewi Praptomo Aji Wijayanti

NIM 19106030014

Judul Skripsi. : Pemanfaatan Arang Kulit Salak Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb)
Menggunakan Aktivator HCl Pada Variasi pH, Waktu Kontak, Dan
Konsentrasi Ion Logam

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, 20 Juli 2023

Konsultan

Sudarlin, M. Si

NIP. 19850611 201503 1 002



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Praptomo Aji Wijayanti

NIM 19106030014

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi/tugas akhir dengan judul “Pemanfaatan Arang Kulit Salak Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Aktivator HCl Pada Variasi pH, Waktu Kontak, Dan Konsentrasi Ion Logam” 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, 15 Juni 2023

Yang menyatakan



Dewi Praptomo Aji Wijayanti
NIM. 19106030014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“Dan ketahuilah, sesungguhnya kemenangan itu beriringan dengan kesabaran. Jalan keluar beriringan dengan kesukaran. Dan sesudah kesulitan pasti akan datang kemudahan.” (HR. Tirmidzi)

“Kesulitan dalam hidupmu tidak akan menghancurkanmu, tetapi untuk membantu menyadari potensi tersembunyi pada dirimu”

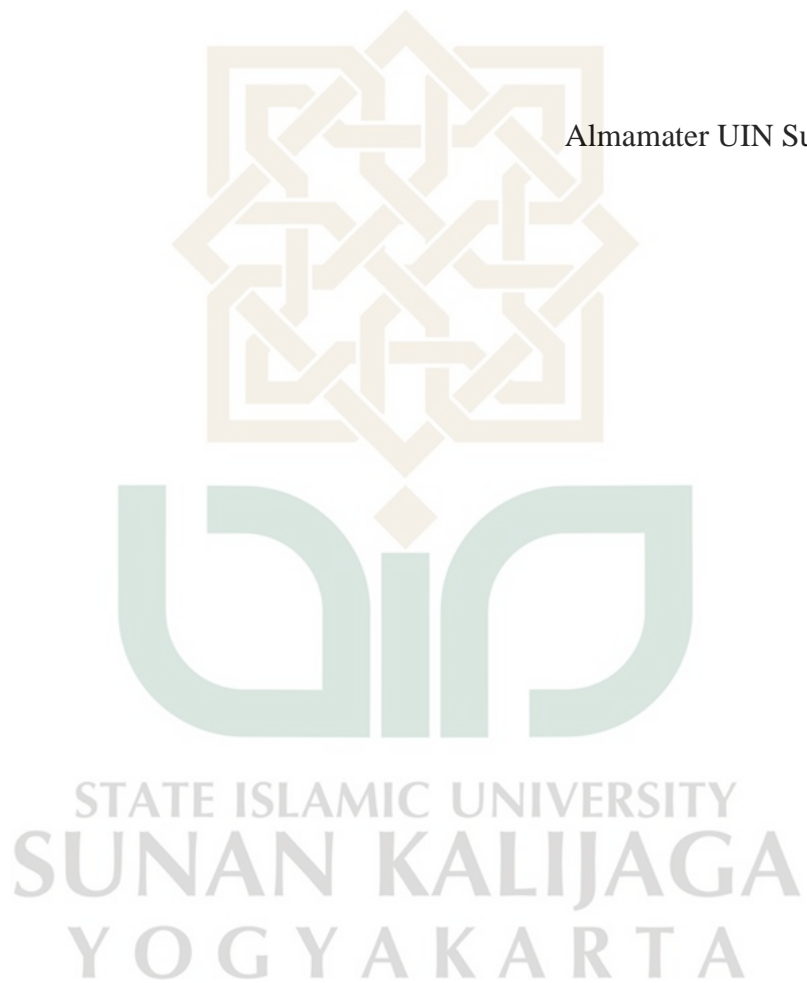


HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, atas Rahmat dan izin Allah SWT dengan penuh rasa syukur saya persembahkan skripsi ini untuk:

Progam Studi Kimia

Almamater UIN Sunan Kalijaga



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Arang Kulit Salak Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Aktivator HCl Pada Variasi pH, Waktu Kontak, Dan Konsentrasi Ion Logam” tak lupa shalawat serta salam penulis panjatkan kepada nabi agung Muhammad SAW yang syafaatnya senantiasa kita nantikan di Yaummul Akhir. Skripsi ini ditulis guna memenuhi salah satu persyaratan mencapai gelar Sarjana Kimia.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dorongan, motivasi, kritik, saran ide-ide kreatif maupun do'a sehingga tahap demi tahap penulisan skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al-Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, S.Si, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Bapak Wijayanto, S.Si selaku Laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

8. Bapak Sumarsono dan Ibu Iswarni selaku orang tua yang tiada henti memberikan do'a, dukungan serta semangat kepada penulis.
9. Mba Ajeng, Mas Valen dan Mas Adon selaku kakak yang selalu memberikan do'a, dukungan serta semangat kepada penulis.
10. Devi dan Ahsani selaku teman setema penelitian yang selalu memberikan motivasi.
11. Teman- teman penulis Program Studi Kimia angkatan 2019 yang telah memberikan bantuan, motivasi dan do'a.
12. Amel, Wity, Belang, Mas Jaka, Tata, Tosa, Sasa, MuneI, Ciput, Bitu, Dina, Irine, Arnan dan Zainal yang telah memberikan motivasi dan semangat.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari seluruh pihak agar skripsi ini bisa lebih baik lagi. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya perkembangan di bidang kimia.

Yogyakarta, 15 Juni 2023

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Dewi Prapto Aji Wijayanti

DAFTAR ISI

SURAT PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
NOTA DINAS PENGUJI I.....	iii
NOTA DINAS PENGUJI II.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Dasar Teori.....	10
1. Karbon Aktif.....	10
2. Adsorpsi.....	11
3. Logam berat Pb.....	13
4. Salak.....	16
5. Fourier Transform InfraRed (FTIR).....	19
6. Isoterm Adsorpsi <i>Freundlich</i> dan <i>Langmuir</i>	20
C. Hipotesis.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B. Alat Penelitian.....	24
C. Bahan Penelitian.....	24
D. Prosedur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Preparasi Sampel Kulit Salak.....	28
B. Pembuatan Karbon Kulit Salak Menjadi Karbon Aktif.....	29
C. Uji Karakterisasi FTIR Sebelum Dan Sesudah Aktivasi.....	31
D. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Pb^{2+}	34
E. Pola Isoterm Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Salak terhadap Ion Pb^{2+}	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karbon Aktif	11
Gambar 2. 2 Timbal	14
Gambar 2. 3 Diagram pH logam Pb^{2+}	15
Gambar 2. 4 Salak	17
Gambar 2. 5 Selulosa	18
Gambar 4. 1 Grafik Serapan Gugus Fungsi Kulit Salak	32
Gambar 4. 2 Grafik Konsentrasi Larutan Standar	35
Gambar 4. 3 Grafik Variasi pH vs Persen Adsorpsi	36
Gambar 4. 4 Grafik Waktu Kontak Adsorpsi vs Daya Serap	38
Gambar 4. 5 Grafik Isoterm <i>Langmuir</i>	40
Gambar 4. 6 Grafik Isoterm <i>Freundlich</i>	40
Gambar 4. 7 Prediksi Mekanisme Biosorben dengan Adsorbat	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Pori Karbon Aktif.....	10
Tabel 2. 2 Kandungan Salak	18
Tabel 4. 1 Data Serapan Gugus Fungsi Penelitian Terdahulu	32
Tabel 4. 2 Data Kapasitas Adsorpsi	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Larutan Standar Pb^{2+}	53
Lampiran 2. Data Pengujian Adsorpsi	53
Lampiran 3. Perhitungan Isoterm Adsorpsi	54
Lampiran 4. Dokumentasi.....	57



Abstrak

Pemanfaatan Arang Kulit Salak Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Aktivator HCl Pada Variasi pH, Waktu Kontak, Dan Konsentrasi Ion Logam

Oleh

Dewi Prapto Aji Wijayanti
NIM 19106030014

Pembimbing

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

Logam Pb (II) sangat berbahaya bagi lingkungan sekitar sehingga perlu adanya penanganan lebih lanjut. Penelitian ini melakukan penanganan logam Pb (II) dengan metode adsorpsi yang menggunakan arang kulit salak sebagai biosorben. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi arang aktif kulit salak sebelum dan sesudah aktivasi, kondisi optimum dari variasi pH dan waktu kontak, serta pola isotherm adsorpsi yang digunakan dalam mengadsorpsi logam Pb (II).

Pembuatan biosorben dilakukan melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses mengubah kulit salak menjadi arang melalui alat karbonisasi dengan suhu $> 300^{\circ}\text{C}$, sedangkan proses aktivasi yaitu proses penambahan aktivator asam seperti HCl ke dalam arang aktif kulit salak. Uji variasi pH dilakukan pada rentang 2-5 dikarenakan ion Pb^{2+} sering ditemukan di daerah tersebut. Pengujian waktu kontak dilakukan pada menit ke 15, 30, 45, 60 dan 75 menit, sedangkan uji variasi konsentrasi ion logam dilakukan untuk memperoleh konstanta adsorpsi.

Arang kulit salak mengandung gugus aktif yang dapat diketahui melalui karakterisasi FTIR. Gugus-gugus aktif yang terkandung pada penelitian ini seperti -OH, C=C, dan C-O dengan bilangan gelombang secara berturut-turut yakni $3199,76\text{ cm}^{-1} - 3202,15\text{ cm}^{-1}$, $1403,08\text{ cm}^{-1} - 1435,95\text{ cm}^{-1}$, dan $1190,28\text{ cm}^{-1} - 1221,63\text{ cm}^{-1}$. Hasil uji variasi pH didapatkan kondisi optimum pada pH 4 dengan efektivitas adsorpsi sebesar 85,05%. Kondisi optimum waktu penyerapan logam Pb (II) pada menit ke 60 dengan daya serap adsorpsi sebesar 0,7154 mg/g. Pola isotherm adsorpsi penelitian ini mengikuti pola isotherm adsorpsi *Langmuir* dengan nilai regresi 0,8278 dalam persamaan garis $y = 4.3898x + 10.981$, sehingga didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 0,2278 mg/g dan energi adsorpsi sebesar 26,767815 kJ/mol. Berdasarkan dari data yang diperoleh, disimpulkan bahwa kulit salak dapat digunakan untuk adsorpsi logam Pb dengan mengubahnya menjadi arang.

Kata kunci: Kulit Salak, Logam Pb (II), Adsorpsi

Abstrak

Utilization of Salacca Peel Charcoal in the Adsorption of Timber Metals (Pb) with HCl Activator in Variations pH, Contact Time, and Metallic Ion Concentration

Oleh

Dewi Praptomo Aji Wijayanti
NIM 19106030014

Pembimbing

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

Pb (II) metals need to be handled carefully because they are extremely hazardous to the environment. In this study, Pb (II) metals were treated using an adsorption technique that makes use of salacca peel charcoal as a biosorbent. The purpose of this work is to understand the properties of the charcoal of salacca peel function group before and after activation, the ideal pH variation and contact time, as well as the isothermal adsorption patterns applied to the adsorption of Pb metals (II).

Biosorbents are produced through carbonization and activation. Carbonization is the process of converting salacca peel into carbon through carbonization with a temperature > 300 °C, while activation is the procedure of adding acid activators such as HCl to the active charcoal of salacca peel. The pH variation test is carried out in the range 2–5, because Pb²⁺ ions are often found in the area. The contact time tests were performed at 15, 30, 45, 60, and 75 minutes, while the metal ion concentration variation testing was performed to obtain the adsorption constant.

Salacca peel charcoal contains active groups that can be identified through FTIR characterization. The active groups included in this study were -OH, C=C, and C-O with a sequential wave number of 3199.76 cm^{-1} – 3202.15 cm^{-1} , 1403.08 cm^{-1} – 1435.95 cm^{-1} , and $1190,28\text{ cm}^{-1}$ – 1221.63 cm^{-1} . The pH variation test resulted in optimal conditions at pH 4, with an adsorption effectiveness of 85.05%. Optimal conditions for the absorption time of the metal Pb (II) in the 60th minute with an adsorption capacity of 0.7154 mg/g. The isotherm adsorption pattern of this research follows the *Langmuir* isotherm pattern with a regression value of 0.8278 in the $y = 4.3898x + 10.981$ line equation, so that obtaining an adsorption capacity of 0.2278 mg/g and an energy of 26,767815 kJ/mol. Based on the data obtained, it was concluded that the leather can be used for the adsorption of Pb metal by converting it into charcoal.

Keyword: *salacca peel, metal Pb (II), adsorption*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia terkenal dengan banyaknya industri yang dapat memberi dampak positif maupun negatif diantaranya pencemaran logam berat. Pencemaran ini berbahaya bagi lingkungan sekitar karena logam berat akan sukar terurai sehingga dapat mengakumulasi rantai makanan makhluk hidup. Menurut (Dini, Rachmadiarti *and* Kuntjoro, 2013) menyatakan bahwa logam berat memiliki kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain, hanya saja berbeda pengaruh saat dikonsumsi oleh tubuh. Tidak semua logam berat akan berbahaya bagi tubuh. Justru sebagian dari logam berat tersebut jika tidak dikonsumsi atau diberikan sedikit saja bagi tubuh akan berakibat yang fatal untuk keberlangsungan organisme. Timbal menjadi salah satu logam berat berbahaya, karena sumber utama pencemarannya berasal dari emisi gas buangan kendaraan bermotor. Selain itu juga terdapat pada limbah industri seperti industri cat, industri keramik dan pembuatan baterai. Makanan atau lingkungan yang telah terkontaminasi logam Pb akan menyebabkan keracunan jika terkandung dengan jumlah yang besar. Logam Pb memiliki tingkat toksitas yang tinggi terhadap manusia dan dapat diakumulasi langsung melalui air dan sedimen (Baso Andika, 2016). Oleh karena itu, perlu adanya penanganan untuk mengurangi logam berat yang tercemar di lingkungan.

Penanganan logam berat telah banyak dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti metode pertukaran ion, elektrolisis, dan sebagainya. Akan tetapi, metode-metode tersebut memiliki kelemahan yakni biaya yang mahal dan

proses pengurangan logam berat memerlukan waktu yang lama (Zein *et al.*, 2018). Alternatif dari kelemahan metode tersebut dapat dilakukan dengan proses adsorpsi, dikarenakan prosesnya yang lebih terjangkau dari segi biaya serta tidak menimbulkan efek yang beracun sehingga dapat menguntungkan peneliti (Firda, 2016). Umumnya metode adsorpsi terjadi berdasarkan pada interaksi logam dengan gugus fungsional yang berada dalam permukaan biosorben. Metode adsorpsi terjadi akibat adanya pembentukan kompleks atau pertukaran ion pada permukaan padat yang mengandung gugus fungsi seperti -OH, -NH, -SH, dan COOH (Zaini and Sami, 2016). Ion logam yang mengandung muatan positif, akan terikat dengan gugus hidroksil yang kaya *electron* (Wulandari and Dewi, 2019). Ion logam berat akan berikatan dengan gugus hidroksil yang mempunyai pasangan *electron* bebas sehingga mampu bertindak sebagai ligan dan terjadinya mekanisme pembentukan kompleks pada proses adsorpsi (Mohadi, Hidayati and Lesbani, 2014). Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan pemisahan polutan rendah dari volume air limbah atau air solusi dengan sistem yang berupa: gas-cair, cair-cairan, padat-cair, dan gas padat.

Adsorpsi dengan menggunakan bahan alam untuk mengurangi ion logam berat saat ini telah banyak dilakukan, salah satunya yakni menggunakan salak. Salak merupakan komoditi tanaman buah-buahan dengan ciri khas mempunyai kulit seperti sisik ular atau dikenal dengan *snake fruit* (Hanifah *et al.*, 2020). Kandungan buah salak terdapat senyawa nutrisi utama dan memiliki antioksidan yang tinggi. Akan tetapi, limbah kulit salak masih belum banyak diolah menjadi produk yang bermanfaat oleh masyarakat (Turmuzi and Syaputra, 2015). Kulit

salak yang masih segar memiliki kandungan air, karbohidrat, dan protein masing-masing sebesar 74,67%; 3,8%; 0,565% (Tiara Rahmadini, 2016). Akan tetapi kulit salak mudah sekali membusuk, untuk itu perlu dibiarkan terbuka pada suhu kamar atau dijemur bawah matahari (Angraini, Subardi Bali *and* Sofia Anita, 2013). Selain itu kulit salak juga mengandung selulosa sebesar 25,8483% (Wijayanti, 2016). Adanya kandungan selulosa pada kulit salak dapat digunakan dalam mengurangi ion logam berat dengan mengubah menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Karbon aktif terdiri dari berbagai macam mineral yang akan menyerap anion, kation, dan molekul baik dalam bentuk senyawa anorganik ataupun senyawa organik. Kemampuan daya serap (adsorpsi) dan karakterisasi setiap karbon aktif berbeda antara satu bahan dengan satu bahan lainnya (Surbakti, 2018).

Permukaan karbon aktif akan relatif lebih luas permukaannya, pori-porinya menjadi terbuka dan memiliki daya serap yang tinggi dibandingkan dengan permukaan arang. Hal ini disebabkan salah satunya dengan pemakaian asam seperti HCl sebagai aktivator yang dapat merusak jaringan arang sehingga menyebabkan perbesaran pori saat terjadi adsorpsi antara adsorbat dan biosorben. Selain itu asam ini bersifat destruktif pada karbon aktif (Arung, Yudi *and* Chadijah, 2010). Menurut (Rachmawati, Badriyah *and* Pujiono, 2018) penggunaan asam sebagai aktivator dikarenakan dapat membentuk garam-garam mineral dari terlarutnya zat zat pengotor yang bersifat basa. Aktivator HCl merupakan golongan asam kuat yang stabil, mudah terlarut dalam air, dan mempunyai sifat yang mampu menghilangkan molekul air dari senyawa terhidrasi (Jawad *et al.*, 2016).

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon aktif dari kulit salak dengan menggunakan aktivator HCl dan penanganan untuk mengadsorpsi logam Pb. Hal ini didasarkan bahwa kulit salak terdapat kandungan selulosa yang dapat menyerap logam berat Pb karena adanya muatan ion positif yang berikatan dengan partikel koloid dimana terkandung ion negatif (Afrizal, 2008). Alasan penggunaan aktivator HCl dibandingkan dengan activator asam lainnya dikarenakan aktivator tersebut memiliki sifat *dehydrating agent* akan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon hasil dari proses karbonisasi sehingga daya serap adsorpsi akan bertambah besar serta dapat meningkatkan ukuran pori-pori permukaan sehingga menyebabkan kemampuan adsorpsi semakin besar (Mu'jizah, 2010).

B. Batasan Masalah

Menghindari adanya pengertian yang meluas, maka diperlukan batasan masalah seperti berikut:

1. Kulit salak yang digunakan berasal limbah hasil bisnis rumahan kripik salak di daerah Srumbung, Magelang
2. Aktivator arang kulit salak adalah HCl 2M
3. Variasi pH logam Pb^{2+} pada rentang pH 2-5
4. Variasi waktu kontak karbon aktif pada 15; 30; 45; 60; dan 75 menit.
5. Konsentrasi Logam Pb pada 4; 8; 12; 16; dan 20 ppm
6. Limbah logam berat Pb yang digunakan berasal dari limbah hasil simulasi larutan Pb $(NO_3)_2$.

7. Karakterisasi karbon aktif sebelum teraktivasi dan sesudah teraktivasi menggunakan FTIR (Fourier Transform Infra-Red) dan analisis kuantitatif sampel limbah menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan dalam latarbelakang, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif kulit salak sebelum dan setelah aktivasi dengan aktivator HCl ditinjau dari serapan gugus fungsinya?
2. Bagaimana kondisi optimum dari variasi pH dan waktu kontak pada proses adsorpsi terhadap ion Pb^{2+} ?
3. Bagaimana isoterm adsorpsi karbon aktif kulit salak dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} ?

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya:

1. Mengetahui karakteristik karbon aktif kulit salak sebelum dan setelah aktivasi dengan aktivator HCl ditinjau dari serapan gugus fungsinya.
2. Mengetahui kondisi optimum dari variasi pH dan waktu kontak pada proses adsorpsi terhadap ion Pb^{2+} .
3. Mengetahui isoterm adsorpsi karbon aktif kulit salak dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} .

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan bermanfaat untuk efektivitas penggunaan limbah kulit salak untuk menurunkan kadar ion logam Pb dengan menggunakan aktivator HCl, serta dapat digunakan sebagai alternatif yang efisien untuk menurunkan kadar logam berat lainnya. Selain itu juga diharapkan dapat menjadi tambahan referensi mengenai adsorpsi dengan bahan alam oleh penelitian selanjutnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil dari karakterisasi kulit salak dengan FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif kulit salak mengandung gugus fungsi -OH, C=C, dan C=O dengan bilangan gelombang secara berturut-turut yakni $3199,76\text{ cm}^{-1}$ – $3202,15\text{ cm}^{-1}$, $1403,08\text{ cm}^{-1}$ – $1435,95\text{ cm}^{-1}$, dan $1556,57\text{ cm}^{-1}$ – $1591,44\text{ cm}^{-1}$. Gugus-gugus aktif tersebut membuktikan bahwa kulit salak dapat digunakan sebagai biosorben untuk mengadsorpsi logam berat Pb
2. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan kondisi optimum. Variasi pH didapatkan kondisi optimum yakni pada pH 4. Kondisi optimum yang didapatkan pada variasi waktu kontak yakni pada menit ke-60.
3. Proses adsorpsi dari karbon aktif kulit salak dalam menurunkan logam berat Pb mengikuti pola isoterm adsorpsi *Langmuir* dengan nilai R^2 sebesar 0,8278 dengan kapasitas adsorpsi 0,2278 mg/g, sehingga didapatkan energi adsorpsi sebesar 26,767815 kJ/mol.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti memberikan saran kepada peneliti selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya variasi konsentrasi aktivator untuk membandingkan kondisi adsorpsi yang maksimal sehingga akan meningkatkan kemampuan karbon aktif kulit salak.
2. Perlu dilakukan kombinasi dengan bagian dari salak yang lain seperti biji buah salak untuk memperluas literatur mengenai buah salak yang dapat digunakan sebagai karbon aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal (2008) 'Selulosa Bakterial Nata De Coco Sebagai Adsorban Pada Proses Adsorpsi Logam Cr (III)', *Jurnal Gradien*, 4(1), pp. 308–313.
- Alfiandy, H. and Bahri, S. (2013) 'Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam', *Jurnal Natural Science*, 2(3), pp. 75–86.
- Alfiaturrahma, P. and Hendriyanto, O. (2018) 'Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben untuk Menyisihkan Logam Cu', *Envirotek*, 8(2), pp. 105–111.
- Alshabanat, M., Alsenani, G. and Almufarij, R. (2013) 'Removal of crystal violet dye from aqueous solutions onto date palm fiber by adsorption technique', *Journal of Chemistry*, 9(3), pp. 311–351. doi: 10.1155/2013/210239.
- Angraini, R. D., Subardi Bali and Sofia Anita (2013) *Potensi Arang Aktif Daging Buah Salak Padang Sidempuan (Salacca sumatrana) sebagai Adsorben Ion Cd(Ii) dan Ion Pb(Ii) dengan Aktivator Na₂CO₃*, *Repository University of Riau*. Available at: <http://www.eldis.org/vfile/upload/1/document/0708/DOC23587.pdf%0Ahttp://socserv2.socsci.mcmaster.ca/~econ/ugcm/3ll3/michels/polipart.pdf%0Ahttps://www.theatlantic.com/magazine/archive/1994/02/the-coming-anarchy/304670/%0Ahttps://scholar.google.it/scholar?>
- Anugrahwati, M., Indah Fajarwati, F. and Awaln Safitri, R. (2021) 'Adsorpsi Pb(II) Dari Air Dengan Karbon Aktif Dari Kulit Salak Pondoh : Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi', *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), pp. 1–11. doi: 10.20885/ijcr.vol6.iss1.art1.
- Anugrahwati, M., Safitri, R. A. and Fajarwati, F. I. (2019) 'Adsorptive Removal of Pb (II) from Water by Activated Carbon from Salacca Edulis Peel : Adsorption Kinetics and Isotherm Adsorpsi Pb (II) dari Air dengan Karbon Aktif dari Kulit Salak Pondoh : Kinetika dan Isoterm Adsorpsi', *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), pp. 1–11.
- Apecsiana, F., H., Kristianto dan A., A. (2016) 'Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak', in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*.
- Apriyanti, H., Candra, I. N. and Elvinawati, E. (2018) 'Karakterisasi Isoterm Adsorpsi Dari Ion Logam Besi (Fe) Pada Tanah Di Kota Bengkulu', *Alotrop*, 2(1), pp. 14–19. doi: 10.33369/atp.v2i1.4588.
- Arung, S., Yudi, M. and Chadijah, S. (2010) '(HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao . L) Pada Zat Warna Methanil Yellow', *Al-Kimia*, pp. 52–63.
- Asbahani (2013) 'Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk

- Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur', *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, 13(1), pp. 105–114.
- Asni, N., Saadilah, M. A. and Saleh, D. (2014) 'Optimasi Sintesis Kitosan dari Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Berat Pb(II)', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(1), pp. 18–25.
- ASWIN, S. P. (2011) *Preparasi Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Kulit Kacang Mete (Anacardium Occidentale) Serta Uji Aktivitas Adsorpsi Menggunakan Methylene Blue*. Universitas Gadjah Mada.
- Awwad, A. M. & Farhan, A. . (2012) 'Equilibrium and kinetic studies of Cd(II) and Pb(II) ions biosorption onto olive leaves powder.', *American Journal of Chemistry*, 2(4), pp. 238–244.
- Baso Andika (2016) *Pemanfaatan Tongkol Jagung (Zea Mays L) pada Sintesis Membran Silika Yang Termodifikasi Kitosan sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*. UIN ALAUDDIN MAKASSAR.
- Buasri, A. *et al.* (2013) 'Synthesis of Activated Carbon Using Agricultural Wastes from Biodiesel Production', *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical*, 7(1), pp. 98–102.
- Cahyaningrum, P. U. (2016) 'Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Ion Tembaga(Ii)', *Jurnal Kimia Dasar*, 6(August), p. 207.
- Destyorini, F., Andi Suhadi, Achmad Subhan, dan N. I. (2010) 'Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa', *Jurnal Fisika*, 10(2).
- Dewi, M. S. (2015) 'Pemanfaatan Arang Kulit Pisang Raja Teraktivasi H₂SO₄ untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ dalam Larutan', (Skripsi)Semarang:Universitas Negeri Semarang, pp. 1–118.
- Dini, M. K., Rachmadiarti, F. and Kuntjoro, S. (2013) 'Potensi Jerami Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Industri Batik Sidokare , Sidoarjo The Potential of Rice Straw as Pb Adsorbent on Wastewater of Batik Industry in Sidokare Sidoarjo', *LenteraBio*, 5(2012), pp. 111–116.
- Fessenden (1989) *Analisis Kimia Kuantitatif*. (Alih bahasa: Hadyana Pudjaatmaka). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Firda, M. (2016) *Pemanfaatan Bonggol Jagung Untuk Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Adsorben Logam Pb(II) Dan Cr(III)*. Yogyakarta.
- Gultom, E. M. and Lubis, M. T. (2014) 'Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H₃PO₄ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), p. 5.
- Hafidoh, D. M. (2021) 'Dari Bambu Menggunakan Aktivator Hcl Sebagai Adsorben Timbal (Pb) SKRIPSI Oleh : DINI MAHYA HAFIDOH', *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*.

- Hanifah, H. N. *et al.* (2020) 'LABORATORIUM FARMASI Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Al- Ghifari', (100).
- Hanifah, H. N. *et al.* (2021) 'Perbandingan Efektivitas Pektin Kulit Durian (*Durio zibethinus L.*) dan Pektin Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata X balbisiana ABB Group*) Sebagai Bioadsorben Logam Timbal', *Chimica et Natura Acta*, 9(2), pp. 81–89. doi: 10.24198/cna.v9.n2.35484.
- Hanifah, H. N. and Hadisoebroto, G. (2021) 'Perbandingan Efektivitas Bioadsorben Berbagai Serbuk Kulit Buah Terhadap Logam Pb Dari Limbah Cair Laboratorium Farmasi', *Al-Kimia*, 9(2), pp. 188–200. doi: 10.24252/al-kimia.v9i2.24660.
- Holtzapple, M. T. (2003) *Cellulose*. London: Academic Press.
- Huang, Y., Ma, E. and Zhao, G. (2015) 'Thermal And Structure Analysis On Reaction Mechanisms During The Preparation Of Activated Carbon Fibers By KOH Activation From Liquefied Wood-Based Fibers', *Industrial Crops and Products*, 69, pp. 447–455. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.03.002.
- Ibrahim, Martin, A. and Nasruddin (2014) 'Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit Dengan Metode Aktivasi Fisika Menggunakan Rotary Autoclave', *Jom FTEKNIK*, 1(No.2), pp. 1–11.
- Idrus, R., Lapanporo, B. P. and Putra, Y. S. (2013) 'Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa', *Prisma Fisika*, 1(1), pp. 50–55. Available at: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/view/1422>.
- Irhamni *et al.* (2017) 'Serapan Logam Berat Esensial Dan Non Esensial Pada Air Lindi TPA Kota Banda Aceh Dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan', *Serambi Engineering*, 2(3), pp. 134–140.
- Jawad, A. H. *et al.* (2016) 'Adsorption Of Methylene Blue Onto Activated Carbon Developed From Biomass Waste By H₂SO₄ Activation: Kinetic, Equilibrium And Thermodynamic Studies', *Desalination and Water Treatment*, 57(52), pp. 25194–25206. doi: 10.1080/19443994.2016.1144534.
- Kartika, G. F. *et al.* (2017) 'Pengaruh Aktivator Terhadap Kemampuan Bubuk Biji Alpukat (*Persea americana Mill*) dalam Menjerap Ion Timbal (II)', *Chimica et Natura Acta*, 5(1), p. 9. doi: 10.24198/cna.v5.n1.12814.
- Kristianingrum, S., Siswani, E. D. and Fillaeli, A. (2014) 'Optimasi Kondisi Pada Sintesis Biosorben Dari Pandan Laut Dan Uji Adsorptivitasnya Terhadap Ion Logam Kromium Dan Timbal Dalam Berbagai Macam Limbah', *Jurnal Sains Dasar*, 3(1), pp. 48–55.
- Kristiyani, D., Susatyo, E. B. and Prasetya, A. T. (2012) 'Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ pada Air SUMur',

Indonesian Journal of Chemical Science ., 1(1), pp. 13–19. Available at: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.

- Lehninger, A. . (1982) *Dasar-dasar biokimia. Jilid 1. (Alih bahasa oleh; M. Thenawidjaja)*. Jakarta: Erlangga Baru.
- Lisa, M. (2015) ‘Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Mn(II) Oleh Komposit Fe₃O₄-Zeolit’, in *Jurnal Dampak*. Serpong: Pusat Penelitian Metalurgi – LIP, p. 114. doi: 10.25077/dampak.12.2.114-119.2015.
- Mohadi, R., Hidayati, N. and Lesbani, A. (2014) ‘Adsorption Desorption of Chromium (III) Ion on Cellulose from Wood Powder’, *International Journal of Science and Engineering*, 7(1), pp. 77–80. doi: 10.12777/ijse.7.1.77-80.
- Mu’jizah, S. (2010) *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (Moringa Oleifera. Lamk) Dengan Nacl Sebagai Bahan Pengaktif, Fakultas Sains dan Teknologi*. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Muhammad Turmuzi, Ardiano Oktavianus Sahat Tua and Fatimah (2015) ‘Pengaruh Temperatur Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Salak (Salacca Sumatrana) Dengan Aktifator Seng Klorida (ZnCl₂)’, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2), pp. 59–64. doi: 10.32734/jtk.v4i2.1472.
- Nafi’ah, R. and Nugraheni, B. (2017) ‘Kinetika Adsorpsi Timbal dengan Adsorben Sabut Siwalan Terxanthasi’, *Cendekia Journal of Pharmacy*, 1(1), pp. 9–17. doi: 10.31596/cjp.v1i1.2.
- Oktasari, A. (2018) ‘Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai Adsorben Ion Pb(II)’, *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 2(1), pp. 17–27. doi: 10.19109/alkimia.v2i1.2258.
- Pujiyanto (2010) *Pembuatan Karbon Aktif Super Dari Batubara Dan Tempurung Kelapa, Tesis*. Universitas Indonesia.
- Purwiandono, G. and Haidar, A. S. (2022) ‘Studi Adsorpsi Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben Kulit Rambut Teraktivasi HNO₃ dan NaOH’, *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), pp. 8–16.
- Rachmawati, K. N., Badriyah, L. and Pujiono, E. K. O. (2018) ‘Sintesis Arang Aktif dari Bonggol Jagung Teraktivasi HCl Synthesis of Activated Carbon From Corncoobs Activated HCl’, *Prosiding Seminar Nasional Sains, Teknologi dan Analisis Ke-1*, pp. 107–110.
- Rahman Arif, A. et al. (2015) *Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium edule) Terhadap Penurunan Fenol, Al-Kimia*. Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin, Makasar. Available at: <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/al-kimia/article/view/1659>.
- Rahmawati, A. and Santoso, S. J. (2013) ‘Studi Adsorpsi Logam Pb(Ii) Dan Cd(II)

- Pada Asam Humat Dalam Medium Air', *Alchemy*, 2(1), pp. 46–67. doi: 10.18860/al.v0i0.2296.
- Rosema, R., Supriyantini, E. and Sedjati, S. (2021) 'Pemanfaatan Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Pb dalam Perairan yang Tercemar Minyak Bumi', *Buletin Oseanografi Marina*, 10(1), pp. 61–66. doi: 10.14710/buloma.v10i1.31051.
- Rustiah, W. O. (2016) 'Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H₂SO₄) Pada Karbon Aktif Ampas Teh Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)', *Jurnal Medika*, 1(2), pp. 45–51. doi: 10.53861/jmed.v1i2.108.
- Safitri, R. A. (2020) 'Pemanfaatan Limbah Kulit Salak Pondoh (*Salacca edulis*) sebagai Komposit Karbon Aktif Termodifikasi untuk Adsorpsi Logam Timbal (Pb)'. Available at: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/28975>.
- Sanjaya, A. S. and Agustine, R. P. (2015) 'Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang', *Konversi*, 4(1), p. 17. doi: 10.20527/k.v4i1.261.
- Sastrohamidjojo, H. (2001) *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Siringo-ringo, E. P. (2019) *Pengaruh Waktu Kontak , pH dan Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben dari Kulit Pisang*, *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- SNI (2009) 'Standar Nasional Indonesia Air dan Air Limbah-Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala Badan Standardisasi Nasional'.
- Sudarmaji, J. Mukono, C. I. P. (2006) 'Toksikologi Logam Berat B3 Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(23), pp. 129–142.
- Surbakti, C. I. (2018) *Pemanfaatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung (zea mays) sebagai Adsorben Larutan Asam dan Logam Berat pada Limbah Industri*, *Tesis*. Universitas Sumatera Utara. Available at: <https://www.usu.ac.id/id/fakultas.html>.
- Tiara Rahmadini (2016) *Modifikasi Kulit Salak Sebagai Absorben Ion Tembaga (II)*, *Asia-Pacific Development Journal*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Turmuzy, M. and Syaputra, A. (2015) 'Pengaruh suhu dalam pembuatan karbon aktif dari kulit salak (*Salacca edulis*) dengan impregnasi asam fosfat (H₃PO₄)', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), pp. 42–46.
- Wijayanti (2016) *Modifikasi Kulit Salak (Salacca Zalacca) Sebagai Adsorben Kromiun Dalam Limbah Penyamakan Kulit*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

- Wulandari, W. T. and Dewi, R. (2019) 'Selulosa Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Minyak Bekas Penggorengan', *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 4(3), pp. 332–339. doi: 10.22487/kovalen.2018.v4.i3.10920.
- Yunita Prabawati, S. *et al.* (2012) 'Study On The Adsorption Properties Of Novel Calix[6]Arene Polymers For Heavy Metal Cations', *Indonesian Journal of Chemistry*, 12(1), pp. 28–34. doi: 10.22146/ijc.21368.
- Zaini, H. and Sami, M. (2016) 'Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Menggunakan Sistem Kolom Dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, (November 2016), p. p-ISSN : 2407 – 1846 e-ISSN : 2460 – 8416 1-9.
- Zein, R. *et al.* (2018) 'Kulit Salak Sebagai Biosorben Potensial Untuk Pengolahan Timbal(II) Dan Cadmium(II) Dalam Larutan', *Chimica et Natura Acta*, 6(2), p. 56. doi: 10.24198/cna.v6.n2.17857.
- Zultiniar and Heltina, D. (2010) *Keseimbangan Adsorpsi Senyawa Penol dengan Tanah Gambut*, *Jurnal Teknik Kimia*.

