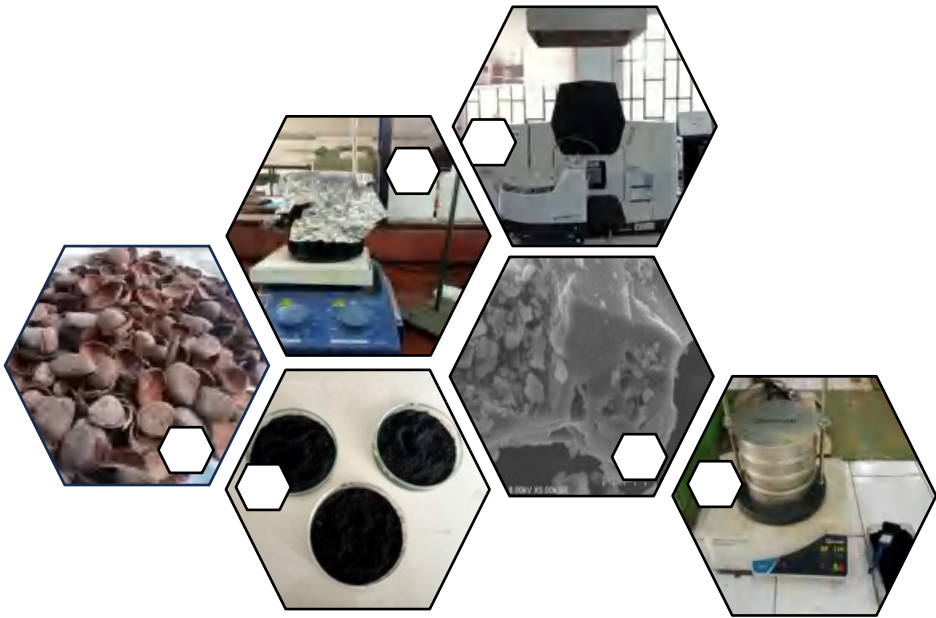


**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KARBON AKTIF CANGKANG KLUWAK
(*Pangium edule Reinw*) SEBAGAI ADSORBEN ION Pb(II) DAN Cu(II) PADA
LIMBAH CAIR LABORATORIUM**

**EFFECTIVENESS OF USING ACTIVATED CARBON FROM KLUWAK SHELL
(*Pangium edule Reinw*) AS AN ADSORBENT OF Pb(II) AND Cu(II) IONS IN
LABORATORY WASTEWATER**



YUYUN SUKAWATI RUSMA

P032221003



**M STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

Optimized using
trial version
www.balesio.com

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KARBON AKTIF CANGKANG KLUWAK
(*Pangium edule Reinw*) SEBAGAI ADSORBEN ION Pb(II) DAN Cu(II) PADA
LIMBAH CAIR LABORATORIUM**

YUYUN SUKAWATI RUSMA

P032 22 1003



**M STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**EFFECTIVENESS OF USING ACTIVATED CARBON FROM KLUWAK SHELL
(*Pangium edule Reinw*) AS ADSORBENT OF Pb(II) AND Cu(II) IONS IN
LABORATORY WASTEWATER**

YUYUN SUKAWATI RUSMA

P032 22 1003



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**ENVIRONMENTAL MANAGEMENT STUDY PROGRAM
POSTGRADUATE SCHOOL
HASANUDDIN UNIVERSITY
MAKASSAR, INDONESIA
2024**

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KARBON AKTIF CANGKANG KLUWAK
(*Pangium edule Reinw*) SEBAGAI ADSORBEN ION Pb(II) DAN Cu(II) PADA
LIMBAH CAIR LABORATORIUM**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi
Pengelolaan Lingkungan Hidup

Disusun dan diajukan oleh

YUYUN SUKAWATI RUSMA

P032221003

Kepada



**M STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN KARBON AKTIF CANGKANG KLUWAK (*Pangium edule Reinw*) SEBAGAI ADSORBEN ION Pb(II) DAN Cu(II) PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM

YUYUN SUKAWATI RUSMA
P032221003

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tanggal 16 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup
Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Prof. Dra. Paulina Taba, M.Phil., Ph.D.
NIP. 19571115 198810 2 001


Pembimbing Pendamping,



Dr. St. Fauziah, S.Si., M.Si.
NIP. 19720202 199903 2 002

Ketua Program Studi
Pengelolaan Lingkungan Hidup




Prof. Dr. Farid Samawi, M.Si.
199103 1 006

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.Med.Ed.
NIP. 19661231 199503 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai Adsorben Ion Pb(II) dan Cu(II) pada Limbah Cair Laboratorium" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dra. Paulina Taba, M.Phil, Ph.D sebagai pembimbing utama dan Dr. St. Fauziah, S.Si, M.Si sebagai pembimbing pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dalam karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal *Ecological Engineering and Environmental Technology*, Vol 25(9) sebagai artikel dengan judul "*Study into the Effectiveness of Using Activated Carbon of Kluwak Shell (Pangium edule Reinw) as Adsorbent of Heavy Metals in Wastewater*". Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis adalah karya orang lain, maka saya bersedia sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 31 Juli 2024



Yuyun Sukawati Rusma
NIM. P032221003



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, penulis berterima kasih kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberinya kekuatan dan kasih sayang untuk menyelesaikan tesis ini. “Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai Adsorben Ion Pb(II) dan Cu(II) pada Limbah Cair Laboratorium”. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister dalam Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, tesis ini disusun berdasarkan temuan penelitian yang dilakukan. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua orang yang telah membantu dan mendorong proses penyusunan tesis ini hingga selesai, terutama mereka yang telah memberikan bantuan moril dan materil:

1. Ibu Prof. Dra. Paulina Taba., M.Phil., Ph.D Sebagai dosen pembimbing I yang meluangkan waktunya untuk membantu, memberikan masukan, dan mendorong saya untuk menyelesaikan penelitian saya sampai tahap penyelesaian tesis.
2. Ibu Dr. St. Fauziah, S.Si., M.Si Sebagai dosen pembimbing II yang juga telah memberikan banyak pengetahuan, bantuan, masukan, dorongan, dan inspirasi untuk mendorong saya untuk menyelesaikan penelitian saya sampai tahap penyelesaian tesis.
3. Bapak Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si., Bapak Dr. Eng. Alimuddin Hamzah, M.Eng dan Bapak Dr. Ir. Muhammad Farid Samawi, M.Si sebagai penguji yang telah memeriksa tesis ini dan memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun untuk memperbaikinya. Dan juga telah melihat bagaimana tesis penulis berkembang selama proses penulisan dan penyajian.
4. Dekan Sekolah Pascasarjana Bapak Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K).M.MedEd., ketua program studi pengelolaan Lingkungan Hidup Bapak Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si., bersama dengan semua dosen dan karyawan yang telah berbagi pengetahuan dan membantu dalam proses menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh staf akademik Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah membantu saya dari awal perkuliahan sampai selesai.
6. Seluruh staf Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) FMIPA Universitas Hasanuddin dan analis Laboratorium Kimia Fisika



Kimia Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam penelitian sehingga penelitian berjalan lancar dan bisa terselesaikan. Saya Suhardi Malan dan Rusniati serta Adik saya Muhammad yang selalu mendukung, mendorong, dan memberikan cinta t sepanjang perjalanan hidup saya. Doa, nasihat, dan mereka telah menjadi pendorong utama dalam setiap langkah

8. Ulla partner dalam segala kondisi yang senantiasa memberikan semangat, doa dan bantuan dari awal perkuliahan sampai penyelesaian tugas akhir.
9. Ridha, Ishar, Irja, Huda, Febri, Lala, Yola, Kak Fiby, Kak Anti, Kak Linda dan Kak Tenri yang memberikan semangat dan bantuan dari awal kuliah, penelitian, dan proses penyusunan sampai penyelesaian tugas akhir.
10. Teman-Teman Alifatik 2017 dan Kimia 2017 yang senantiasa membantu baik dalam proses penyusunan sampai penyelesaian tugas akhir maupun dalam kehidupan sehari-hari.
11. Teman-Teman kelas prodi Pengelolaan Lingkungan Hidup angkatan 2022 ganjil yang senantiasa memberikan semangat, saran dan solusi terhadap proses mulai kuliah sampai tahap penyelesaian tugas akhir.

Semua pihak yang tidak sempat tertulis namanya yang telah memberikan dukungan maupun bantuan kepada penulis. Semoga segala bentuk bantuan, yaitu doa, saran, motivasi dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis dapat bernilai ibadah dan diganjar pahala di sisi Allah Subhanahu wa Ta'ala. Aamiin.

Makassar, 16 Agustus 2024

Penulis





ABSTRAK

YUYUN SUKAWATI RUSMA. Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai Adsorben Ion Pb(II) dan Cu(II) pada Limbah Cair Laboratorium (dibimbing oleh Paulina Taba dan St. Fauziah)

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas karbon aktif yang dibuat dari cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai adsorben untuk menghilangkan ion Pb(II) dan Cu(II) dari limbah cair laboratorium. Cangkang kluwak dipilih karena bahan ini merupakan limbah pertanian dengan kandungan karbon sebesar 70,52% yang berpotensi untuk dijadikan karbon aktif. Tujuan utama penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum untuk waktu kontak dan pH, kapasitas adsorpsi serta memahami kinetika dan model isoterm adsorpsi. Metode penelitian meliputi karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan KOH 25%, karakterisasi menggunakan FTIR, SEM, dan SAA. Hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H, C=C dan C-O, sementara SEM menunjukkan pori-pori yang lebih terbuka setelah aktivasi. Analisis SAA mengindikasikan luas permukaan karbon aktif sebesar 3,11 m²/g, volume pori 0,006 cm³/g, dan diameter pori 4,08 nm, yang dikategorikan sebagai mesopori. Kondisi optimum untuk adsorpsi ion Pb(II) adalah pada pH 5 dengan waktu kontak 10 menit. Sedangkan untuk ion Cu(II), kondisi optimum adalah pada pH 4 dengan waktu kontak 20 menit. Adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) memenuhi model isoterm Sips dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut adalah 22,96 mg/g dan 9,21 mg/g dengan mengikuti kinetika orde dua semu. Efektivitas adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) dari limbah cair laboratorium masing-masing adalah 19,95% dan 3,99%.

Kata Kunci: Adsorpsi, cangkang kluwak, ion Cu(II), ion Pb(II), limbah cair laboratorium

 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : 30/7/2024	Paraf Ketua / Sekretaris.
	





ABSTRACT

YUYUN SUKAWATI RUSMA. **Effectiveness of Using Activated Carbon from Kluwak Shell (*Pangium edule Reinw*) as Adsorbent for Ions Pb(II) And Cu(II) in Laboratory Wastewater** (Supervised by Paulina Taba and St. Fauziah)

The aims of this research to find out how works well activated carbon made from kluwak shell (*Pangium edule Reinw*) as an adsorbent for the removal of Pb(II) and Cu(II) in laboratory wastewater. Kluwak shell was chosen because this material is an agricultural waste with a carbon content of 70.52% which has potential to be using as activated carbon. This study's primary goals were to ascertain the ideal values for pH, the contact time, and the adsorption capacity to comprehend the isotherm of adsorption and kinetics. The study utilized a variety of techniques, SAA, FTIR, SEM, and carbonization and chemical activation use 25% KOH. FTIR results showed the presence of O-H, C-H, C=C and C-O functional groups, while SEM showed more open pores after activation. The results of the SAA analysis classified the activated carbon as mesoporous, with a surface area of 3.11 m²/g, pore volume of 0.006 cm³/g, and pore diameter of 4.08 nm. The optimum condition for adsorption of Pb(II) ions was at pH 5 with a contact time of 10 minutes. As for Cu(II) ions, the optimum condition was at pH 4 with a contact time of 20 minutes. Adsorption of Pb(II) and Cu(II) ions follows the pseudo second-order and satisfies the isotherm Sips model with adsorptive capacities of 22.96 mg/g and 9.21 mg/g. The effectiveness of adsorption of Pb(II) and Cu(II) ion from laboratory wastewater was 19.95% and 3.99%, respectively.

Keywords: Adsorption, Cu(II) ions, laboratory wastewater, *Pangium* shell, Pb(II) ions

 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : _____	Paraf Ketua / Sekretaris. 



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II METODE PENELITIAN.....	4
2.1 Jenis Penelitian.....	4
2.2 Sumber Data.....	4
2.3 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	4
2.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	4
2.5 Teknik Pengambilan Sampel.....	4
2.6 Prosedur Kerja.....	5
1. Preparasi Sampel (Oktaviandra dkk., 2020).....	5
2. Karbonisasi (Latifan dan Susanti, 2012).....	5
3. Aktivasi (Nurdiansah dan Susanti, 2013).....	5
4. Pembuatan Larutan Induk ion Pb(II) 1000 ppm (Malacas et.al., 2019).....	5
5. Pembuatan Larutan Induk ion Cu(II) 1000 ppm (Malacas et.al., 2019).....	5
6. Penentuan Waktu Kontak Optimum (Pabbenteng dkk., 2020).....	5
7. Penentuan pH Optimum.....	5
8. Penentuan Kapasitas Adsorpsi (Pabbenteng dkk., 2020).....	6
9. Efektivitas Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II).....	6
10. Efektivitas Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cu(II) dalam Limbah Cair Laboratorium.....	6
11. Karakterisasi Adsorben (Tandigau dkk., 2018).....	7
2.7 Analisis Data.....	7
Penelitian.....	8
PEMBAHASAN.....	9
Karbon Aktif.....	9
Gugus Fungsi dengan FTIR.....	9
SEM.....	10
Desorpsi N ₂	11
Kapasitas Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II).....	12
Efektivitas Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II).....	13



3.4 Kapasitas Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II)	14
3.5 Kinetika Adsorpsi	19
3.6 Efektivitas Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cu(II) pada Limbah Cair Laboratorium	22
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	24
4.1 Kesimpulan	24
4.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	30



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Model isoterm adsorpsi oleh karbon aktif cangkang kluwak persamaan linier	17
2. Model isoterm adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) oleh karbon aktif cangkang kluwak dari persamaan non-linier (program solver)	18
3. Parameter model kinetika adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II).....	21
4. Jumlah ion teradsorpsi pada Limbah Campuran dan Limbah Cair Laboratorium	23



DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1. Diagram Alir Penelitian.....		8
2. Spektrum FTIR karbon cangkang kluwak (a), karbon aktif cangkang Kluwak (b).....		9
3. Morfologi permukaan karbon cangkang kluwak (a), karbon aktif cangkang kluwak (b) pada perbesaran 5000x.....		10
4. Kurva isoterm adsorpsi dan desorpsi.....		11
5. Pengaruh waktu kontak pada jumlah ion Pb(II) dan Cu(II) yang teradsorpsi oleh karbon aktif cangkang kluwak		12
6. Pengaruh pH pada jumlah ion logam Pb(II) dan Cu(II) yang teradsorpsi oleh karbon aktif cangkang kluwak		13
7. Pengaruh konsentrasi ion Pb(II) dan Cu(II) terhadap adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) oleh karbon aktif cangkang kluwak		14
8. Model isoterm Langmuir adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II) persamaan linier oleh karbon aktif cangkang kluwak.....		15
9. Model isoterm Freundlich adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II) persamaan linier oleh karbon aktif cangkang kluwak.....		16
10. Model isoterm Sips adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cu(II) persamaan linier oleh karbon aktif cangkang kluwak		16
11. Pemodelan isoterm Langmuir, Freundlich dan Sips dari persamaan non- linier (program solver) pada ion Pb(II) menggunakan adsorben karbon aktif cangkang kluwak		17
12. Pemodelan isoterm Langmuir, Freundlich dan Sips dari persamaan non- linier (program solver) pada ion Cu(II) menggunakan adsorben karbon aktif cangkang kluwak		17
13. Model kinetika orde satu semu untuk data adsorpsi ion Pb(II).....		18
	a orde dua semu untuk data adsorpsi ion Pb(II).....	18
	a orde satu semu untuk data adsorpsi ion Cu(II).....	20
	a orde dua semu untuk data adsorpsi ion Cu(II)	20



DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
BET	<i>Brunauer-Emmet-Teller</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
SAA	<i>Surface Area Analyzer</i>
SSA	Spektrofotometer Serapan Atom
RSS	<i>Residual Sum of Squares</i>
Q_0	Kapasitas adsorpsi
q_e	Jumlah ion teradsorpsi per gram adsorben
E_f	Efektivitas Penurunan
g	gram
mg	miligram
nm	nanometer
cm^3	centimeter kubik
m^2	meter kuadrat



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bagan kerja penelitian.....	30
2. Dokumentasi penelitian.....	34
3. Hasil karakterisasi FTIR.....	37
4. Hasil karakterisasi SEM.....	39
5. Data analisis <i>Surface Area Analyzer</i> (SAA).....	40
6. Data Absorbansi Penentuan Waktu Optimum, pH Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II).....	42
7. Data hasil penentuan waktu optimum.....	44
8. Data hasil penentuan pH optimum.....	46
9. Data hasil penentuan kapasitas adsorpsi.....	48
10. Perhitungan isoterm adsorpsi ion Pb(II) oleh karbon aktif cangkang kluwak.....	50
11. Perhitungan isoterm adsorpsi ion Cu(II) oleh karbon aktif cangkang kluwak.....	55
12. Kinetika adsorpsi.....	60
13. Data hasil efektivitas adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) pada limbah artifisial dan limbah cair laboratorium.....	65
14. Daftar Riwayat Hidup.....	66



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu faktor perusak lingkungan yang akan berdampak pada makhluk hidup di sekitarnya (Geca dkk., 2022). Sumber pencemaran lingkungan diantaranya berasal dari air, tanah, dan udara. Limbah yang berasal dari laboratorium adalah salah satu sumber pencemar lingkungan. Limbah tersebut dapat mengandung senyawa logam berat dan bahan organik (Sunarti dan Sutejo, 2021). Jika logam berat yang terkandung di dalamnya melebihi ambang batas, limbah ini akan sangat berbahaya. Logam berat memiliki efek toksisitas yang tinggi dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia (Hayati dan Sawir, 2017). Logam berat dapat ditemukan dalam limbah laboratorium.

Limbah laboratorium masih belum mendapatkan perhatian khusus. Pengolahan limbah laboratorium belum menjadi hal utama yang harus diselesaikan. Pada umumnya limbah laboratorium dari lembaga pendidikan langsung dibuang ke dalam wastafel pembuangan atau hanya ditampung pada jerigen-jerigen limbah untuk selanjutnya dikirim ke lembaga-lembaga pengolah limbah yang bersertifikat. Limbah laboratorium yang dibuang langsung ke lingkungan dapat merusak struktur tanah, mengganggu keseimbangan ekosistem, serta menimbulkan gangguan kesehatan (Fajri et al, 2018). Air limbah laboratorium dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Beberapa logam berat yang terdapat dalam air limbah laboratorium diantaranya adalah timbal (Pb) dan tembaga (Cu).

Secara umum, logam berat timbal (Pb) merupakan unsur yang berbahaya di permukaan bumi dan merupakan salah satu logam non-esensial yang tidak berfungsi di dalam tubuh manusia dan bahkan sangat berbahaya hingga dapat menyebabkan keracunan pada manusia (Putra dkk., 2022). Oleh karena itu, kontaminasi logam berat Pb di lingkungan menjadi masalah besar saat ini. Ketika logam berat Pb terakumulasi di rantai makanan dan meningkat di alam akan menyebabkan pencemaran lingkungan yang signifikan (Gultom dan Lubis, 2014).

Logam tembaga (Cu) merupakan mineral mikro yang sering ditemukan dalam perairan. Logam Cu merupakan logam esensial yang dibutuhkan hewan, manusia, dan tumbuhan untuk berbagai fungsi, termasuk proses fisiologik, pembentukan hemoglobin, dan proses metabolisme. Logam Cu sulit terdegradasi



... in. Air yang tercemar logam Cu dapat menyebabkan masalah sia, seperti kerusakan otak dan penurunan kerja ginjal (Zulfiah

roses untuk menghilangkan logam berat dalam limbah cair sorpsi. Metode ini memiliki banyak keuntungan, seperti biaya penerapan yang mudah, penggunaan yang memungkinkan proses yang berkelanjutan, dan adsorben yang dapat

digunakan kembali. Adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan oleh zat padat (adsorben) terhadap zat pencemar (adsorbat). Adsorpsi dapat terjadi pada fase cair maupun gas. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, sehingga banyaknya penjerapan zat pencemar bergantung pada luas permukaan adsorben. Pembuatan adsorben dapat dilakukan melalui proses karbonisasi sehingga diperoleh karbon. Hasil karbonisasi selanjutnya diaktivasi untuk memperbesar luas permukaan. Aktivasi yaitu suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon aktif mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi (Sahendra dkk., 2021).

Sumber karbon dapat berasal dari limbah biomassa pertanian. Biomassa yang berasal dari aktifitas pertanian antara lain adalah lignin, selulosa, hemiselulosa, dan beberapa protein. Cangkang kluwak adalah salah satu jenis limbah biomassa yang memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga bisa digunakan sebagai karbon aktif.

Menurut Oktaviandra dkk (2020) cangkang kluwak mengandung jumlah selulosa yaitu sebesar 70,52%. Berdasarkan penelitian karbon aktif dari cangkang kluwak yang dilakukan oleh Latifan dan Susanti (2012) diperoleh nilai karbon tetap yaitu 92,15%. Karbon aktif yang berasal dari limbah cangkang kluwak juga memiliki kapasitas adsorpsi yang baik, seperti yang ditunjukkan pada penelitian Faisal dan Pato (2021) yang melaporkan bahwa daya jerap karbon aktif cangkang kluwak terhadap larutan iodin adalah 1510,47 mg/g yang telah memenuhi SNI standar karbon aktif yaitu minimal 750 mg/g. Selain itu, Oktaviandra dkk., (2020) menggunakan tempurung kluwak sebagai adsorben ion Cu(II), hasil penelitian menunjukkan waktu kontak 80 menit dan efisiensi adsorpsi yaitu 25,38%. Salsabila (2022) mengadsorpsi ion Cd(II) diperoleh kemampuan adsorpsi sebesar 3,67 mg/g. Peningkatan kemampuan adsorpsi karbon aktif dapat dilakukan dengan aktivasi. Aktivasi kimia dapat dilakukan dengan menggunakan basa, seperti kalium hidroksida (KOH). Basa ini berinteraksi dengan karbon dan menghasilkan pori-pori baru dan karbon dioksida akan berdifusi ke permukaan karbon (Hydhayat dkk., 2022). Berdasarkan penelitian oleh Erlina (2015) menggunakan KOH pada tempurung kelapa menghasilkan efisiensi adsorpsi terhadap logam Cu sebesar 83,87%.

Untuk mengurangi kandungan ion logam berat dalam limbah cair laboratorium, penelitian tentang efektivitas penggunaan karbon aktif dari cangkang kluwak sebagai adsorben ion logam berat pada limbah cair laboratorium khususnya ion Pb(II) dan Cu(II) dilakukan. Adsorben karbon aktif dari cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) memerlukan kondisi tertentu agar adsorpsi ion Pb(II) dan



. Kondisi tersebut mencakup waktu kontak dan pH. Dari aspek ini memanfaatkan limbah pertanian untuk mengolah limbah dan pencemaran lingkungan dapat dikurangi.

ah

teristik karbon aktif dari cangkang kluwak (*Pangium edule*

Reinw)?

2. Berapakah kondisi optimum (Waktu kontak dan pH) yang dibutuhkan karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) untuk mengadsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II)?
3. Berapakah kapasitas adsorpsi dari karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) terhadap ion Pb(II) dan Cu(II)?
4. Bagaimana model isoterm adsorpsi yang sesuai dan kinetika adsorpsi pada proses adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) oleh karbon aktif dari cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*)?
5. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair laboratorium yang telah ditentukan konsentrasinya dengan menggunakan adsorben karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis karakteristik dari karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*)
2. Menentukan kondisi optimum (Waktu kontak dan pH) dari karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) untuk mengadsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II).
3. Menghitung kapasitas adsorpsi dari karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) terhadap ion Pb(II) dan Cu(II)
4. Menentukan model isoterm adsorpsi (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai dan kinetika adsorpsi untuk proses adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) dari karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*)
5. Menganalisis efektivitas pengolahan limbah cair laboratorium yang telah ditentukan konsentrasinya melalui proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, terutama memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) sebagai adsorben yang dapat mengurangi kandungan logam berat pada laboratorium dan sebagai sumber kepada instansi terkait dan masyarakat mengenai pemanfaatan cangkang kluwak sebagai media yang dapat digunakan untuk pencegahan pencemaran logam berat yang ada pada laboratorium.



Penelitian

ni dibatasi pada kajian adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II). Selama ameter yang dipelajari adalah waktu kontak, pH. Model isoterm ai, kapasitas adsorpsi ion Pb(II) dan Cu(II) serta efektivitas cair laboratorium ditentukan dengan menggunakan karbon kluwak (*Pangium edule Reinw*).

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan maksud untuk mendapatkan data tentang kemampuan adsorpsi karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) terhadap ion Pb(II) dan Cu(II) pada limbah cair laboratorium.

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil eksperimen dan hasil analisis sampel limbah cair laboratorium, sedangkan data sekunder diperoleh dari penelusuran pustaka.

2.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) FMIPA Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Kimia Fisika Departemen Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023 – Maret 2024.

2.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan adalah FTIR, SEM, SAA, spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu, pipet volume, buret, neraca analitik, pH meter, *Magnetic stirrer*, *Furnace*, *Crusher* dan *Shaker* dan alat gelas biasa di laboratorium.

Bahan yang digunakan adalah karbon aktif dari cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*) dari Desa Biru, Kec.Kahu, Kab. Bone, Sulawesi Selatan. Limbah cair laboratorium diperoleh dari Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) FMIPA Universitas Hasanuddin, Aquabides, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, KOH, HNO_3 , Kertas saring Whatman 42.

2.5 Teknik Pengambilan Sampel



Sampel limbah cair dibuat secara artifisial dengan konsentrasi ion logam ah ini kemudian dimasukkan ke dalam wadah penampungan n disimpan dalam suhu ruang untuk menghindari kontaminasi

2.6 Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel (Oktaviandra dkk., 2020)

Cangkang kluwak terlebih dahulu dibersihkan dengan air untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel kemudian cangkang kluwak dikeringkan di bawah sinar matahari.

2. Karbonisasi (Latifan dan Susanti, 2012)

Cangkang kluwak kering diarangkan di dalam *furnance* pada suhu 350°C selama 2 jam. Karbon yang dihasilkan didinginkan dan dihaluskan dengan menggunakan *crusher* kemudian diayak untuk menghasilkan ukuran karbon yang lolos saringan 100 mesh.

3. Aktivasi (Nurdiansah dan Susanti, 2013)

Karbon cangkang kluwak diaktivasi dengan KOH 25% dengan perbandingan 1:4 b/v (karbon : KOH). Campuran dipanaskan dan diaduk dengan *hot plate stirrer* suhu 80°C selama 4 jam. Campuran kemudian didiamkan selama 24 jam. Campuran disaring dengan menggunakan corong *Buchner*. Endapan yang terbentuk dicuci dengan akuades secara berulang sampai pH filtrat mendekati netral, dikeringkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu 150°C selama 2 jam dan didinginkan dalam desikator.

4. Pembuatan Larutan Induk ion Pb(II) 1000 ppm (Malacas et.al., 2019).

Serbuk $Pb(NO_3)_2$ ditimbang sebanyak 0,1599 gram ke dalam gelas kimia 50 mL dan dilarutkan dengan akuabides. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan dihimpitkan dengan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan.

5. Pembuatan Larutan Induk ion Cu(II) 1000 ppm (Malacas et.al., 2019)

Serbuk $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ditimbang sebanyak 0,3929 gram ke dalam gelas kimia 50 mL dan dilarutkan dengan akuabides. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan dihimpitkan dengan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan.

6. Penentuan Waktu Kontak Optimum (Pabbenteng dkk., 2020)

Karbon aktif cangkang kluwak dimasukkan ke dalam 7 buah erlenmeyer masing-masing sebanyak 0,1 gram dan ditambahkan 50 mL larutan ion Pb(II) 25 ppm. Masing-masing Erlenmeyer diaduk dengan menggunakan *Shaker* dengan waktu 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Campuran disaring dan filtratnya ditampung untuk diukur kadarnya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) berdasarkan SNI 6989-84:2019. Prosedur ini juga berlaku untuk ion Cu(II).

7. Penentuan pH Optimum



Karbon aktif cangkang kluwak dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 50 mL masing-masing larutan ion Pb(II) 25 ppm pada Campuran diaduk dengan menggunakan *Shaker* dan disaring. n, diukur kadarnya dengan menggunakan SSA, prosedur yang : ion Cu(II). pH optimum adalah pH dengan Jumlah ion si) paling banyak.

8. Penentuan Kapasitas Adsorpsi (Pabbenteng dkk., 2020)

Karbon aktif cangkang kluwak dimasukkan ke dalam 7 buah erlenmeyer masing-masing sebanyak 0,1 gram dan ditambahkan larutan ion Pb(II) dengan konsentrasi masing-masing 25, 50, 75, 100, 125, 150, dan 200 mg/L. Campuran diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan waktu dan pH optimum yang telah diperoleh. Filtrat disaring dan hasil saringan diukur kadar logam Pb(II) dengan menggunakan SSA. Prosedur yang sama dilakukan untuk larutan ion Cu(II).

Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan isoterm Langmuir yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0}$$

atau menggunakan persamaan isoterm Freundlich pada persamaan (2),

$$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log C_e$$

atau menggunakan persamaan isoterm Sips pada persamaan (3),

$$\ln \frac{q_e}{q_m - q_e} = \ln K_s + \frac{1}{n} \ln C_e$$

Keterangan :

- C_e : Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)
- Q_0 : Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- b : intensitas adsorpsi (L/mg)
- q_e : Jumlah ion yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g)

9. Efektivitas Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II)

Karbon aktif cangkang kluwak ditimbang sebanyak 0,1 gram dan dimasukkan ke dalam 2 buah Erlenmeyer, ditambahkan masing-masing 50 mL larutan Pb(II) dan Cu(II) yang telah dicampur ke dalam Erlenmeyer dengan konsentrasi 25 ppm. Campuran diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan waktu optimum dan pH optimum Pb(II) dan Cu(II) dan disaring. Filtrat kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA). Pengukuran efektivitas penurunan adsorpsi dapat dilihat pada persamaan (4) (Hajar dkk., 2016).

$$Ef (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

Keterangan: Ef = Efektivitas Penurunan (%)



Y_i : dengan logam berat awal (mg/L)

Y_f : dengan logam berat akhir (mg/L)

Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cu(II) dalam Limbah Cair

Karbon aktif cangkang kluwak ditimbang sebanyak 0,1 gram dan dimasukkan ke dalam 2 buah Erlenmeyer, ditambahkan 50 mL air limbah ke dalam Erlenmeyer. Campuran diaduk dengan menggunakan *shaker*

dengan waktu optimum Pb dan Cu dan disaring. Filtrat kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

11. Karakterisasi Adsorben (Tandigau dkk., 2018)

Adsorben cangkang kluwak sebelum dan setelah aktivasi dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Analisis morfologi dan pori dari karbon aktif cangkang kluwak dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Morfologi pori karbon cangkang kluwak dibandingkan dengan morfologi pori karbon aktif cangkang kluwak. Analisis luas dan ukuran pori menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) dengan metode BET.

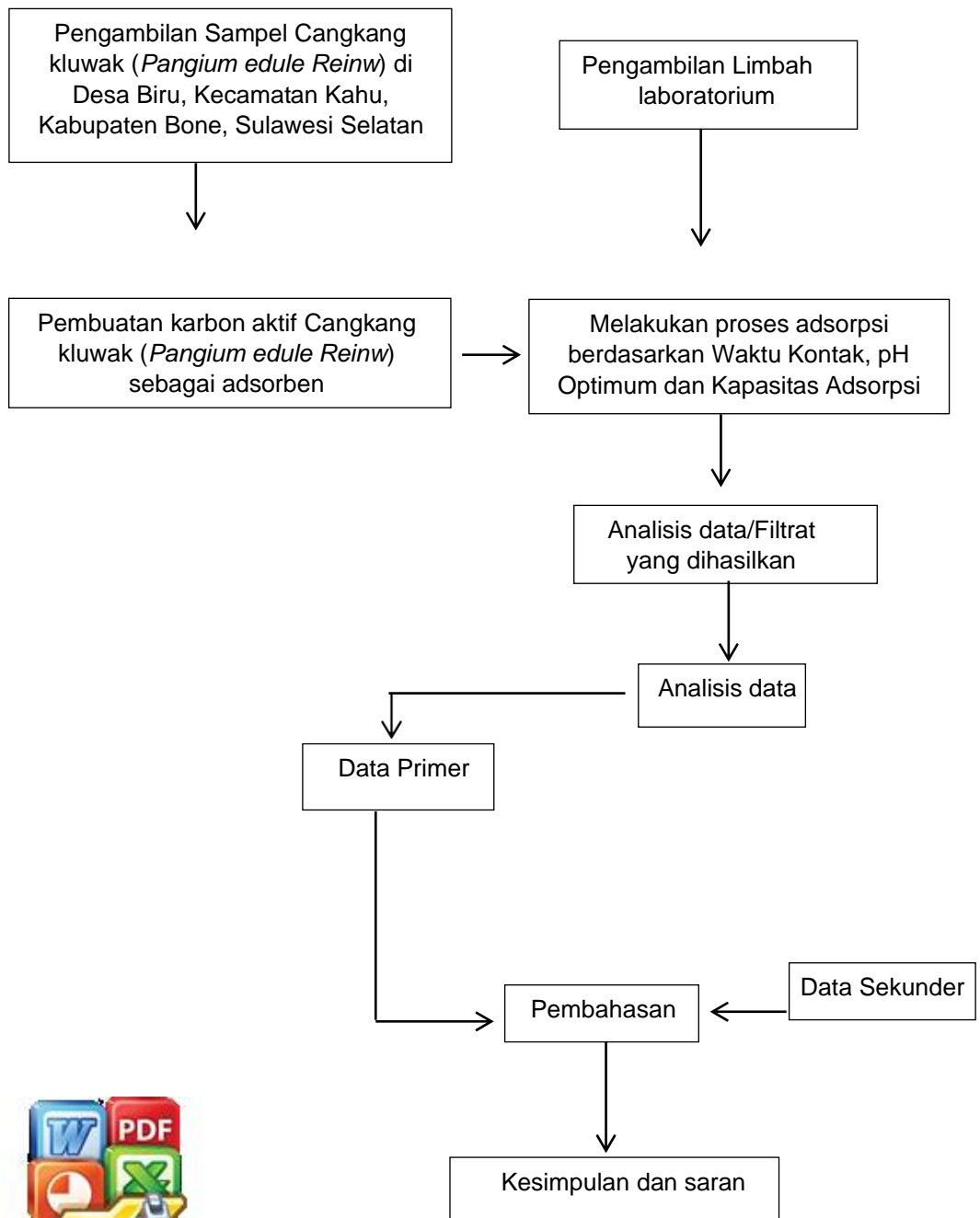
2.7 Analisis Data

Data yang diperoleh di analisis secara deskriptif yang dilaporkan dalam bentuk tabel dan grafik dengan menggunakan Microsoft Office Excel 2021. Kemudian sampel dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui jumlah ion Pb(II) dan Cu(II) yang diadsorpsi dari limbah laboratorium dengan menggunakan karbon aktif cangkang kluwak (*Pangium edule Reinw*)



2.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

