

TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS SERABUT KELAPA SEBAGAI ADSORBEN
UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN LOGAM BERAT
KADMIUM (Cd) DALAM AIR**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



ARMINA AMELINDA D

20513250

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR
EFEKTIVITAS LIMBAH SERABUT KELAPA UNTUK
MENGURANGI KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM
(Cd) DALAM AIR

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ARMINA AMELINDA DEWANTI
20513250

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIK. 155131304

Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
NIK. 025100406

Tanggal:

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN
EFEKTIVITAS LIMBAH SERABUT KELAPA UNTUK
MENGURANGI KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM
(Cd) DALAM AIR

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa

Tanggal : 22 Oktober 2024

Disusun Oleh:

ARMINA AMELINDA DEWANTI

20513250

Tim Penguji:

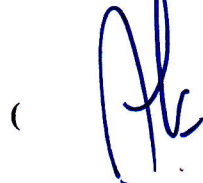
Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

() 24/10 - 24

Ir. Eko Siswovo, S.T., M.Sc.Es., Ph.D.

()

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Tulisan ini merupakan hasil orisinil dan belum pernah diajukan untuk tujuan mendapatkan gelar akademik di Universitas Islam Indonesia atau lembaga pendidikan tinggi lainnya.
2. Karya ini merupakan produk dari pemikiran, perumusan, dan penelitian saya sendiri, dengan panduan dan bimbingan dari Dosen Pembimbing, tanpa melibatkan pihak lain.
3. Dalam tulisan ini, tidak ada penggunaan karya atau pandangan orang lain kecuali jika diakui secara jelas dalam teks dengan menyebutkan nama penulisnya dan mengikutsertakannya dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di masa mendatang terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 21 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,



Armina Amelinda Dewanti

20513250

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Efektivitas Limbah Serabut Kelapa Untuk Mengurangi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Dalam Air” dengan baik.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas adsorpsi logam berat kadmium menggunakan media karbon aktif serabut kelapa untuk mengurangi kandungan logam berat di TPA Piyungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi masyarakat, pemerintah daerah, dan pihak-pihak terkait dalam upaya menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan sehat.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

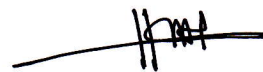
1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Bapak Setyadji dan Ibu Haryati Dwi Martani selaku orang tua penulis serta kakak Hilmy Donna Hastiar dan Della Hanggana Larasati yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan arahan dan semangat serta kritik, saran, dan penilaian terhadap penulis sejak penulisan proposal tugas akhir hingga tugas akhir ini selesai;
4. Bapak Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.

5. Para dosen dan pengajar yang selama ini telah memberikan ilmu maupun fasilitas yang sangat bermanfaat untuk penulis selama proses menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia;
6. Muhammad Faiq Purnama Nugraha selalu memberi semangat dan menemani semasa tugas akhir.
7. Nisa, dan Fadlur selalu menemani selama masa perkuliahan dari awal hingga akhir serta memberikan semangat.
8. Teman- teman keluarga Teknik Lingkungan yang telah membantu selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis meminta maaf sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang dirugikan oleh penulis akibat ucapan maupun perbuatan penulis yang kurang berkenan secara langsung maupun tidak langsung.

Yogyakarta, 21 Agustus 2024



Armina Amelinda Dewanti

ABSTRAK

ARMINA AMELINDA DEWANTI. “Efektivitas Limbah Serabut Kelapa Untuk Mengurangi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Dalam Air”. Dibimbing oleh Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Kehadiran kadmium (Cd) dalam air dapat memberikan dampak kesehatan bagi masyarakat. Metode yang digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat kadmium (Cd) adalah metode adsorpsi. Dengan menganalisis efektivitas karbon aktif teraktivasi HNO_3 yang dihasilkan dari serabut kelapa dalam menurunkan logam kadmium pada air dengan variasi massa adsorben, pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan. Oleh karena itu, untuk mengurangi kadar kadmium yang berlebih, dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan larutan buatan Cd serta diaplikasikan ke air. Penelitian ini menggunakan adsorben serabut kelapa dengan ukuran 100 mesh yang teraktivasi HNO_3 . Adsorben serabut kelapa diuji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Adsorpsi menggunakan larutan Cd buatan dengan kondisi optimum pH sebesar 7, massa adsorben 40 mg, konsentrasi 5 ppm selama 120 menit. Berdasarkan kondisi optimum efisiensi penyisihan sebesar 67,49% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,06 mg/g.

Kata kunci: Adsorpsi, Kadmium, Karbon Aktif Serabut Kelapa

ABSTRACT

ARMINA AMELINDA DEWANTI. *“Effectiveness of Cadmium (Cd) Heavy Metal Adsorption Using Coconut Coir Activated Carbon Media at Piyungan Landfill”*. Supervised by Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. and Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

The presence of cadmium (Cd) in water can have health impacts on the community. The method used to reduce the content of heavy metal cadmium (Cd) is adsorption method. By analyzing the effectiveness of HNO₃-activated activated carbon produced from coconut fibers in reducing cadmium metal in water with variations in adsorbent mass, pH, contact time and solution concentration. Therefore, to reduce excess cadmium levels, an adsorption process was carried out using artificial Cd solution and applied to water. This study used coconut fiber adsorbent with 100 mesh size activated with HNO₃. Coconut fiber adsorbent was tested by Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Adsorption using artificial Cd solution with optimum conditions of pH 7, adsorbent mass 40 mg, concentration 5 ppm for 120 minutes. Based on the optimum conditions, the removal efficiency was 67.49% with an adsorption capacity of 3.06 mg/g.

Keywords: Adsorption, Cadmium, Coconut Fiber.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	i
PRAKATA.....	ii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	8
1.1 Latar Belakang.....	8
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Ruang Lingkup	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Tempat pemrosesan Akhir (TPA)	11
2.2 Air Lindi	11
2.3 Logam Berat Kadmium (Cd).....	12
2.4 Karbon Aktif.....	12
2.5 Adsorpsi.....	13
2.6 Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS).....	15
2.7 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Prosedur Analisis Data	22
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	24
3.3.2 Preparasi Material.....	24

3.3.3	Pelaksanaan Penelitian	27
3.3.4	Analisis Data	34
3.3.5	Penyusunan Laporan	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Deskripsi Umum.....	37
4.2	Karakteristik Adsorben.....	38
4.2.1	Karakterisasi Adsorben menggunakan Fourier Transform-infra-Red (FTIR).....	38
4.2.2	Karakterisasi Adsorben menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)	42
4.3	Proses Adsorpsi Adsorpsi.....	43
4.3.1	Hasil Variasi pH Optimum.....	43
4.3.2	Hasil Variasi Massa Optimum	45
4.3.3	Hasil Variasi Waktu Kontak Optimum	47
4.3.4	Hasil Variasi Konsentrasi Optimum	49
4.4	Aplikasi Kondisi Optimum Adsorben pada Air Lindi	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		58
4.5	Kesimpulan.....	58
4.6	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		63
RIWAYAT HIDUP		70

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 4 1 Interpretasi Pita Serapan IR Adsorben Serabut Kelapa	39
Tabel 4 2 Hasil Variasi pH Optimum	44
Tabel 4 3 Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum.....	46
Tabel 4 4 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum.....	47
Tabel 4 5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum.....	49
Tabel 4 6 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Langmuir	51
Tabel 4 7 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Freundlich	54
Tabel 4 8 Aplikasi Kondisi Optimum Adsorben pada Air Lindi	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3 1 Diagram Alir Prosedur Analisis Data.....	23
Gambar 3 2 Diagram Alir Pengambilan Sampel.....	24
Gambar 3 3 Diagram Alir Preparasi Adsorben	26
Gambar 3 4 Diagram Alir Pengukuran Kadmium dalam Air Lindi.....	29
Gambar 3 5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum.....	31
Gambar 3 6 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum	32
Gambar 3 7 Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak Optimum	33
Gambar 3 8 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Larutan Cd Optimum	34
Gambar 4 1 Grafik Hasil FTIR Adsorben Serabut Kelapa Sebelum dan Sesudah Adsorpsi.....	40
Gambar 4 2 Hasil Uji SEM Adsorben Serabut Kelapa Non-aktivasi	43
Gambar 4 3 Hasil Uji SEM Adsorben Serabut Kelapa Aktivasi	43
Gambar 4 4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum.....	45
Gambar 4 5 Grafik Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum	46
Gambar 4 6 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum.....	48
Gambar 4 7 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum	50
Gambar 4 8 Model Isoterm <i>Langmuir</i> Linear	53
Gambar 4 9 Model Isoterm <i>Langmuir</i> Non-linear	54
Gambar 4 10 Grafik Model Isoterm Freundlich	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Efisiensi Penyisihan Logam Cd pada Variabel Bebas untuk Mengetahui Kondisi Optimum Adsorben	63
Lampiran 2 Perhitungan Isoterm Adsorpsi	66
Lampiran 3 Dokumentasi Pembuatan Adsorben.....	67
Lampiran 4 Dokumentasi Variasi Massa	67
Lampiran 5 Dokumentasi Variasi pH	68
Lampiran 6 Dokumentasi Variasi Waktu Kontak	68
Lampiran 7 Dokumentasi Variasi Konsentrasi	69
Lampiran 8 Dokumentasi Aplikasi Air Lindi	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) merupakan lokasi yang berfungsi sebagai pusat pengumpulan, pemilahan, daur ulang, serta pengolahan sampah yang berada pada tahap akhir pengelolaannya. Air yang mengalir melewati timbunan sampah akan meresap secara alami ke dalam lapisan sampah tersebut. Proses ini menghasilkan cairan rembesan dengan polutan dan membutuhkan kadar oksigen yang tinggi (Sulianto dkk, 2020). TPA Piyungan saat ini berperan sebagai tempat pembuangan akhir regional yang melayani tiga wilayah, yaitu Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Bantul. Dengan luas 12,5 hektar, TPA ini memiliki kapasitas penampungan sebesar 2,7 juta meter kubik sampah. Setiap hari, TPA Piyungan menerima 400-500 ton sampah dengan menggunakan sistem pengelolaan sampah kontrol landfill. Namun, kondisi TPA semakin memprihatinkan karena kapasitasnya sebagai tempat penampungan akhir sampah terus berkurang seiring waktu (Ardila, 2018). Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu kota besar dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi, yang berkontribusi pada meningkatnya jumlah sampah. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya konsumsi masyarakat serta berbagai aktivitas lainnya (Hidayat, 2020).

Air lindi adalah air yang terbentuk dari timbunan sampah dan melarutkan berbagai senyawa, sehingga memiliki kandungan pencemar yang tinggi, terutama zat organik. Air lindi memiliki potensi besar untuk mencemari air tanah maupun air permukaan, sehingga perlu penanganan yang tepat. Lindi terbentuk ketika air dari luar, seperti air hujan, air permukaan, air tanah, atau sumber lainnya, masuk ke dalam timbunan sampah. Air tersebut mengisi rongga di antara sampah, dan ketika tekanan air melebihi kapasitasnya, cairan ini keluar, membawa serta bahan organik dan anorganik melalui proses fisik, kimia, dan biologis yang terjadi pada sampah (Tchobanoglous, 1993). Cairan lindi juga berpotensi mencemari air permukaan dan air tanah. Lindi dari kolam penampung dapat meresap ke dalam tanah. Untuk mengurangi pencemaran ini, metode adsorpsi dapat diterapkan. Beberapa material, seperti karbon aktif, mampu menyaring cairan lindi dan menurunkan kadar pencemar di dalamnya, terutama logam berat seperti kadmium (Cd).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektivitas karbon aktif teraktivasi HNO_3 yang dihasilkan dari serabut kelapa dalam menurunkan logam kadmium pada air?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa, pH, waktu, konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi karbon aktif serabut kelapa teraktivasi HNO_3 pada penurunan logam kadmium di air?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini:

1. Menganalisis efektivitas karbon aktif teraktivasi HNO_3 yang dihasilkan dari serabut kelapa dalam menurunkan logam kadmium pada air.
2. Menganalisis pengaruh variasi massa, pH, waktu, konsentrasi terhadap kemampuan adsorpsi karbon aktif serabut kelapa teraktivasi HNO_3 pada penurunan logam kadmium di air.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini:

1. Memperluas pemahaman terkait efisiensi penggunaan karbon aktif yang berasal dari serabut kelapa dengan aplikasi HNO_3 dalam mengurangi konsentrasi logam kadmium (Cd) dalam air.
2. Memberikan pendekatan lain untuk mengurangi konsentrasi kadmium (Cd) dalam air.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini antara lain:

1. Lokasi pengambilan sampel penelitian dilakukan di inlet IPAL pada TPA Piyungan.
2. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

3. Metode yang digunakan pada penelitian adalah adsorpsi.
4. Adsorben yang digunakan adalah karbon aktif dari serabut kelapa dan larutan HNO_3

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat pemrosesan Akhir (TPA)

Sesuai dengan Undang-Undang No.18 Tahun 2008 tempat pemrosesan akhir (TPA), tempat pemrosesan akhir (TPA) adalah lokasi pembuangan sampah terakhir yang disediakan untuk masyarakat. Sampah yang dibuang ke TPA berasal dari berbagai sumber, seperti perumahan, instansi pemerintah, dan industri. Sampah yang masuk ke TPA dikelola untuk mencegah dampak negatif bagi masyarakat di sekitarnya. Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) merupakan fasilitas di mana semua aktivitas terkait pengelolaan sampah dilakukan, seperti pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah.

2.2 Air Lindi

Salah satu sumber pencemaran terbesar di tempat pembuangan sampah perkotaan adalah lindi TPA. Lindi TPA terbentuk dari resapan air hujan ke dalam sampah, proses biokimia di dalam sel sampah, serta kandungan air dari sampah itu sendiri. Jika lindi tidak dikelola dan dibuang dengan benar, cairan ini dapat meresap ke tanah dan lapisan bawah tanah, menyebabkan pencemaran tanah dan air permukaan. Pembuangan lindi dari TPA dapat menimbulkan dampak lingkungan yang serius. Lindi merupakan jenis air limbah yang paling sulit diolah karena komposisinya yang beragam dan kompleks, sehingga lindi menjadi salah satu jenis limbah paling berbahaya dibandingkan air limbah lainnya yang dihasilkan dari tempat pembuangan sampah (Gandhimathi dkk, 2013).

Oleh karena itu, banyak metode pengolahan awal dan kombinasi telah terbukti dapat mengatasi lindi. Pengolahan lindi TPA tradisional dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: (a) pemindahan lindi ke instalasi pengolahan limbah kota untuk diolah bersama dengan limbah domestik; (b) proses biodegradasi (aerobik dan anaerobik); (c) Metode kimia dan fisik metode seperti oksidasi kimia, adsorpsi, pengendapan kimia, koagulasi/flokulasi, sedimentasi/flotasi dan pengupasan gas.

2.3 Logam Berat Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan logam yang sangat memprihatinkan karena relevansinya dengan berbagai bidang dan termasuk dalam logam berat non esensial. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia, tingkat asupan kadmium yang diperbolehkan tetap 7 miligram per kilogram berat badan. Jika kadar tersebut terlampaui, logam kadmium dapat menyebabkan penyakit akut dan kronis. Untuk menghindari meluasnya dampak tersebut, maka perlu digunakan suatu metode yang dapat menurunkan kandungan logam berat. Berbagai metode dapat digunakan untuk memurnikan air dari kontaminasi logam berat, seperti metode elektrokoagulasi, presipitasi, filtrasi membran, pertukaran ion dan metode reverse osmosis. Namun cara tersebut dinilai sulit, mahal dan kurang efisien. Di sisi lain terdapat metode yang efisien, sederhana dan ekonomis dibandingkan metode lainnya, yaitu metode adsorpsi (Sophia dkk, 2022).

2.4 Karbon Aktif

Toksisitas logam pada manusia yang dapat menyebabkan terutama timbulnya kerusakan jaringan, terutama jaringan detoksifikasi dan ekskresi (hati dan ginjal) (Darmono, 1995). Serabut kelapa merupakan adsorben dan dapat digunakan dalam pengolahan lindi melalui adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu gaya pengikat yang bekerja pada permukaan suatu adsorben padat, yang berfungsi untuk menarik zat-zat yang harus dipisahkan dari campurannya, sehingga terjadilah proses pemisahan zat dari campuran gas atau cairan. Serabut kelapa juga dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang dapat mengadsorpsi ion logam. Serabut kelapa mengandung 33,5% lignin, 37,9% selulosa, dan 15,5% hemiselulosa. Adsorben serabut kelapa berhasil menurunkan kandungan fenol pada limbah buatan sebesar 98,49% dan kandungan logam besi pada cairan limbah industri galvanis sebesar 61,4%. Mengingat permasalahan kandungan logam berat pada lindi dan potensi pemanfaatan limbah serabut kelapa sebagai media adsorpsi untuk menghilangkan logam berat pada lindi, maka dilakukan penelitian adsorpsi logam berat kadmium (Cd) pada air lindi dengan metode adsorpsi.

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses yang terjadi di permukaan bahan, di mana molekul suatu zat terakumulasi di antara batasan antara fase padat dan fase cair, disebabkan oleh interaksi gayatarik antar molekul. Dalam proses adsorpsi, ada dua kategori utama, yaitu:

1. Adsorpsi Fisika Van Der Waals: Ini terjadi ketika molekul zat yang diadsorpsi menempel pada permukaan karbon aktif karena adanya gaya Van Der Waals, tanpa melibatkan perubahan kimia yang berarti.
2. Adsorpsi Kimia: Proses ini melibatkan reaksi kimia antara zat yang diadsorpsi dan permukaan karbon aktif, yang mengakibatkan terbentuknya ikatan kovalen atau ionik pada permukaan karbon.

Secara umum, molekul yang lebih besar cenderung lebih mudah diadsorpsi, sesuai dengan penelitian oleh (Widiyatno dkk, 2017).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi termasuk massa adsorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi larutan. Massa adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi, karena lebih lama masa adsorben akan menyerap lebih banyak senyawa adsorbat (Syauqiah dkk, 2011). Berikut ini adalah beberapa faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi:

1. Massa Adsorben

Sangat penting untuk menyerap adsorbat adalah banyaknya massa adsorben yang digunakan. Karena sisi aktif adsorben semakin banyak, penggunaan massa adsorben yang lebih besar meningkatkan efektivitas penyerapan adsorbat. Namun, jika massa adsorben yang digunakan terlalu banyak, akan terjadi jenuh, yang berarti kemampuan adsorben untuk menyerap adsorbat akan menurun (Husin dkk, 2021).

2. pH Larutan

pH larutan memiliki peran penting dalam proses adsorpsi. Proses adsorpsi tidak dapat berjalan sepenuhnya pada pH rendah karena permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ , yang menyebabkan permukaan adsorben menjadi lebih bermuatan positif karena protonasi. Akibatnya, kapasitas adsorpsi menurun karena terjadi tolak menolak antara muatan positif logam dengan permukaan adsorben (Buhani dkk, 2010).

3. Waktu Kontak

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi adalah waktu kontak. Untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi terbaik, harus menemukan kondisi waktu kontak optimum untuk ion Cd. Proses optimalisasi waktu kontak digunakan untuk menentukan jumlah waktu yang diperlukan adsorben untuk menyerap logam berat Cd secara optimal (Safrianti dkk, 2012).

4. Konsentrasi Larutan

Kapasitas adsorpsi meningkat pada variasi konsentrasi ini, dan setelah itu terjadi kesetimbangan, adsorben tidak dapat lagi menyerap lebih banyak adsorbat karena telah menyerap sebagian besar adsorbat (Arif dkk, 2020). Istilah isoterm, yang merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terjerap pada padatan terhadap konsentrasi larutan, dapat digunakan untuk mensimulasikan adsorpsi. Persamaan yang biasa digunakan untuk menjelaskan data percobaan isoterm dikembangkan dan dikaji oleh Langmuir dan Freundlich (Maslahat dkk, 2015). Metode adsorpsi isoterm digunakan untuk menunjukkan bagaimana adsorben serabut kelapa dapat meningkatkan kualitas air lindi dari adsorben serabut kelapa aktivasi. Berikut persamaan (3) untuk menghitung konsentrasi kesetimbangan (Novita dkk, 2021) sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{M} V \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

Q_e = Konsentrasi kesetimbangan banyaknya adsorben yang terserap (mg/g)

C_o = Konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_e = Konsentrasi larutan setelah adsorpsi (mg/L)

M = Massa adsorben (g)

V = Volume sampel (L)

a. Isoterm *Langmuir*

Karakteristik isotherm *Langmuir*, termasuk kapasitas, afinitas selektivitas, dan mekanisme interaksi adsorpsi, dikenal sebagai adsorpsi monolayer, dan asumsi bahwa tempat adsorpsi bersifat homogen, dapat dipelajari dengan menggunakan pendekatan dengan model kurva isoterm. Model adsorpsi isoterm Langmuir dan Freundlich kemudian dibuat berdasarkan data kesetimbangan (Widayana dkk, 2022). Persamaan isoterm Langmuir dapat dilihat pada persamaan (4) sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max} \times KL} + \frac{C_e}{Q_{max}} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

C_e = Konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

Q_e = Banyaknya zat yang diadsorpsi oleh adsorben (mg/g)

Q_{max} = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

KL = Konstanta Langmuir (L/mg)

b. Isoterm *Freundlich*

Isoterm adsorpsi *Freundlich* berpendapat bahwa permukaan pori adsorben bervariasi karena panas adsorpsi tersebar tidak seragam di seluruh permukaan. (Widayana dkk, 2022). Persamaan isoterm *Freundlich* dapat dilihat pada persamaan (5) sebagai berikut:

$$\log Q_e = \log KF + \frac{1}{n} \log C_e \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

Q_e = Banyaknya zat yang diadsorpsi oleh adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan (mg/L)

KF = Konstanta *Freundlich* (mg/g)

N = Intensitas adsorpsi (mg/g)

2.6 Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS)

Di Indonesia, pendeteksian logam berat biasanya dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)- Nyala. Karena reputasinya yang lebih baik SSA lebih sering digunakan daripada jenis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) lainnya. Metode pengoperasian dan penyiapan sampel yang sederhana, sensitivitas tinggi, spesifisitas, dan interferensi spektrum yang rendah adalah beberapa keuntungan besarnya. Penentuan kadmium (Cd) dalam air lindi melalui *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) didasarkan pada proses penyimpanan energi atom-atom yang berada padatingkat energi fundamental. Dengan mengukur intensitas radiasi yang ditransmisikan melalui sampel atau intensitas radiasi yang diserap sampel, maka konsentrasi unsur dalam sampel dapat ditentukan.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai kandungan logam berat Kadmium (Cd) menggunakan adsorben serabut kelapa di Tempat Pemrosesan Akhir telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, hal ini karena dapat menjadi rujukan pada pembahasan di kegiatan penelitian ini. Berikut beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan pada Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Lalu Muhammad faathir Chalid	2022	Analisis yang dijalankan dengan menggunakan teknik Spektrometri Serapan Atom (SSA)-Nyala mengungkapkan bahwa rata-rata kandungan logam berat dalam tanah adalah sebagai berikut: Cd = 4,21 mg/kg; Cu = 32,35 mg/kg; dan Pb = 42,13 mg/kg. didapati bahwa sumber konsentrasi Cd di tanah area TPA Piyungan mayoritas berasal dari pewarna pada sampah tekstil yang mengalami degradasi. Sementara itu, tingkat konsentrasi Cu diakibatkan oleh proses degradasi dari sampah	Kandungan Cd terbesar sebesar = 5,80 mg/kg dan terkecil sebesar = 3,24 mg/kg; Cu terbesar sebesar = 61,70 mg/kg dan terkecil sebesar = 17,84 mg/kg; Pb terbesar sebesar = 93,54 mg/kg dan terkecil sebesar = 22,39 mg/kg.

			logam, dan konsentrasi Pb terutama berasal dari bahan kimia yang digunakan sebagai pengikat warna pada sampah kertas yang mengandung tinta. Meskipun konsentrasi Cd di semua lokasi penelitian tercatat melebihi standar kualitas yang ditetapkan oleh Environment Protection Authority of Australia (EPAA) pada tahun 2012, rata-rata konsentrasi logam berat Cu dan Pb masih berada di bawah batas yang ditetapkan oleh EPAA 2012.	
2.	Alfina Nabila	2022	Analisis yang dilakukan menggunakan alat <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS) yang diacu berdasarkan SNI 6989.8:2009. Selain itu dilakukan pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dan	Hasilnya menunjukkan serabut kelapa memiliki kadar air sebesar 11,5 % dan kadar abu sebesar 2,25%. Uji SEM menunjukkan bahwa pori-pori serabut kelapa lebih tertutup setelah adsorpsi. Uji FTIR mengidentifikasi

			alat <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).	adanya gugus fungsi O-H, C-O, dan C=O pada adsorben. Kondisi optimum untuk penyisihan Pb dicapai pada pH 5 dengan efisiensi 90%, waktu kontak optimal 60 menit dengan efisiensi 92%, dan konsentrasi optimum 7 ppm dengan efisiensi 100%. Model kinetika yang sesuai adalah pseudo orde pertama dengan $R^2 = 0,9951$, sementara model isotherm yang cocok adalah isotherm <i>Langmuir</i> dengan $R^2 = 0,8354$.
3.	Aqilah Putri Sariningtyas	2023	Dalam penelitian ini, pemilihan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara "Purposive Sampling" pada 8 titik berbeda, di mana setiap titik diambil sampelnya sebanyak 3 kali pengulangan. Analisis sampel menggunakan teknik Spektrometri Serapan Atom (AAS)-Nyala,	Dalam studi ini, temuan menunjukkan adanya kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam air permukaan yang berlokasi di sekitar TPA Piyungan. Tingkat konsentrasi timbal (Pb) ditemukan antara 0,012 hingga 0,929 mg/L,

			sesuai dengan standar SNI 6989.8:2009 untuk pengujian timbal (Pb) dan SNI 6989.16:2009 untuk pengujian kadmium (Cd). Tingkat konsentrasi timbal (Pb) di air permukaan di area sekitar TPA Piyungan ditemukan berkisar antara 0,012 hingga 0,929 mg/L dan untuk kadmium (Cd) berkisar antara 0,019 hingga 0,095 mg/L. Pembuatan peta distribusi logam berat ini menggunakan perangkat lunak QGIS versi 3.20.3.	sedangkan untuk kadmium (Cd), konsentrasinya berkisar antara 0,019 hingga 0,095 mg/L.
4.	Ajeng Zahra Afifah	2023	Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini meliputi beberapa tahapan yaitu: pembuatan adsorben ampas tebu yang diaktivasi menggunakan HCl 1%; proses adsorpsi dengan larutan artifisial Cu^{2+} diadsorpsi menggunakan adsorben yang telah disiapkan; penentuan isotherm adsorpsi, analisis	Efektivitas ampas tebu terbukti efektif sebagai adsorben untuk menghilangkan ion Cu^{2+} dari larutan; kondisi optimum proses untuk proses adsorpsi adalah massa ampas tebu dengan berat 50 mg, dengan pH 4, waktu kontak selama 10 menit, konsentrasi ion Cu^{2+} 30 ppm

			dilakukan untuk menentukan isoterm adsorpsi yang paling sesuai dengan membandingkan isoterm Langmuir dan Freundlich; pengujian sampel limbah cair batik, adsorpsi dilakukan pada sampel limbah cair batik setelah kondisi optimum adsorben ditentukan. Variabel yang diuji meliputi variasi massa adsorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi larutan.	
--	--	--	---	--

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu untuk penelitian direncanakan berlangsung selama 4 bulan terhitung sejak bulan Maret 2024. Penelitian dilakukan di *Inlet* IPAL pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan yang terletak di Dusun Ngablak, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dilakukan uji sampel di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

Berikut ini alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian:

A. Alat

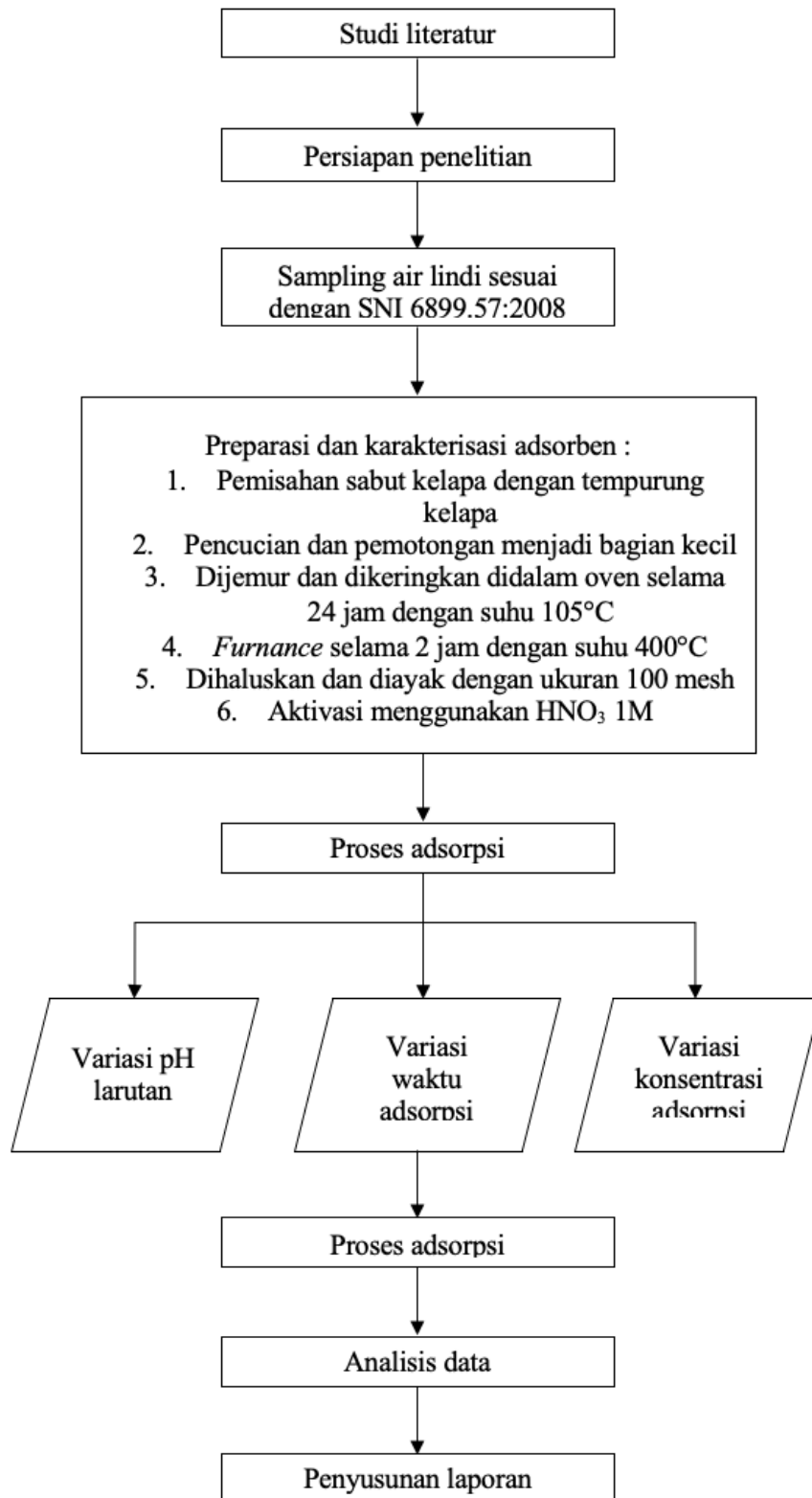
- Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)
- Fourier Transform Infrared Spektrofotometri (FTIR)
- Scanning Elektron Mikroskopi (SEM)
- Peralatan Gelas
- Pipet
- Erlenmeyer
- Labu Ukur
- Cawan Porselen
- Ayakan 100 Mesh
- pH universal
- Kertas Saring
- Blender
- Oven
- Furnance
- Kertas saring whatman No.42

B. Bahan

- HNO_3 1M
- Serabut kelapa
- Sampel air lindi
- Aquades
- Larutan $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$
- HCl 0,1M
- NaOH 0,1M

3.3 Prosedur Analisis Data

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan uji eksperimen di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang fokus terhadap pengujian kandungan logam berat kadmium (Cd) pada air lindi serta pengukuran daya serap dari serabut kelapa terhadap kandungan logam berat kadmium (Cd). Adapun diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Analisis Data dibawah ini:

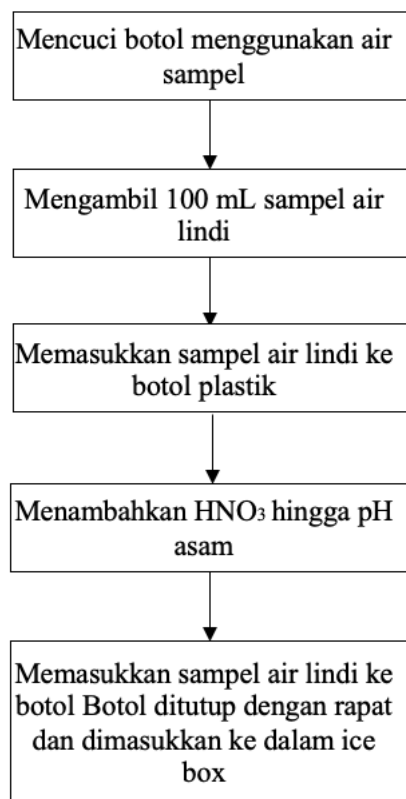


Gambar 3 1 Diagram Alir Prosedur Analisis Data

3.3.1 Persiapan Penelitian

3.3.1.1 Pengambilan Sampel

Prosedur pengambilan sampel akan mengikuti metode yang ditetapkan oleh SNI 6989.59:2008 mengenai Cara Pengambilan Sampel Air Limbah. Diagram alir pengambilan sampel disajikan pada Gambar 3.2 Diagram Alir Pengambilan Sampel dibawah ini:



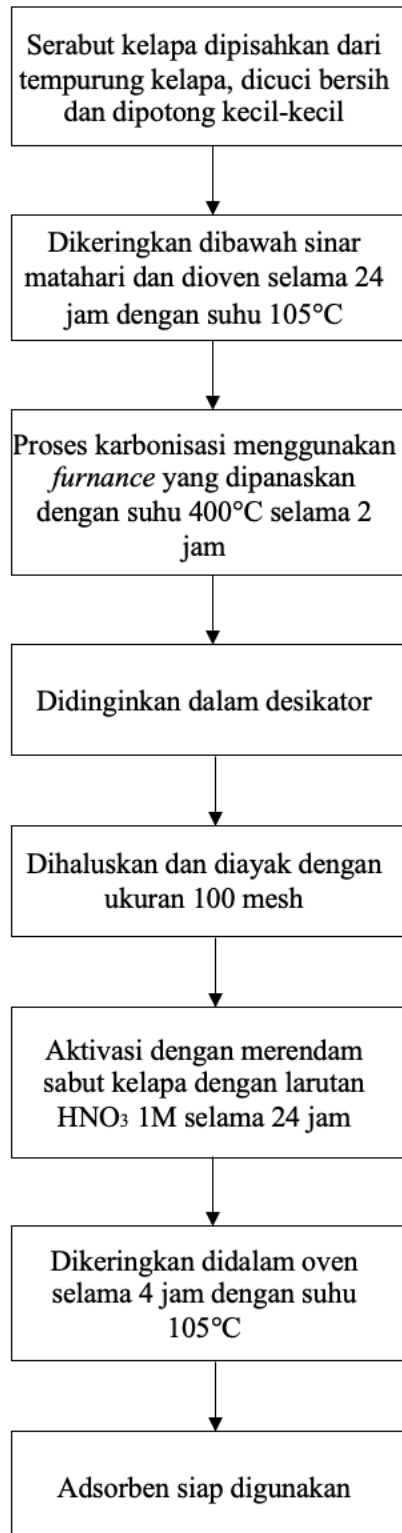
Gambar 3 2 Diagram Alir Pengambilan Sampel

3.3.2 Preparasi Material

3.3.2.1 Preparasi Adsorben

Pembuatan adsorben menggunakan limbah serabut kelapa yang didapat dari penjual air kelapa dan menggunakan umur kelapa 6-8 bulan. Langkah awal melibatkan mengupas dan mencuci serabut kelapa dengan air bersih sampai tidak ada kotoran yang tersisa. Setelah itu, serabut kelapa dijemur di bawah sinar matahari selama 8 jam hingga benar-benar kering. Serabut kelapa yang sudah kering selanjutnya dihaluskan dengan blender menjadi bentuk serbuk. Serbuk tersebut lalu

dikeringkan lagi menggunakan oven pada temperatur 105°C sampai semua airnya hilang. Proses karbonisasi menggunakan furnace yang dipanaskan dengan suhu 400°C selama 2 jam dan diayak dengan ukuran 100 mesh. Melakukan aktivasi adsorben dengan merendam serabut kelapa dengan larutan HNO₃ selama 2 x 24 jam. Dikeringkan dalam oven selama 4 jam dengan suhu 105°C agar kering. Adsorben siap digunakan.



Gambar 3.3 Diagram Alir Preparasi Adsorben

3.3.2.2 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dari limbah serabut kelapa akan dianalisis menggunakan dua metode, yaitu *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk memeriksa perubahan tekstur permukaan yang dihasilkan dari proses aktivasi, sedangkan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada adsorben. Setelah proses adsorpsi, perubahan pada jumlah gelombang dalam *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan adanya interaksi potensial antara logam berat kadmium dan gugus fungsional pada adsorben.

3.3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.3.1 Pengukuran Kadmium pada Air Lindi

Pengukuran kadmium berdasarkan SNI 6989.84.2019 yang dimana mengatur mengenai tata cara analisis konsentrasi kadmium dalam sampel air menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Pada air lindi dilakukan pengambilan sampel air lindi di inlet TPA Piyungan, Bantul. Pengambilan sampel dilakukan pada 1 titik sebanyak 3 sampel atau sebanyak 3 liter air lindi. Pengambilan sampel sesuai metode SNI 6989.59:2008 mengenai cara pengambilan sampel air limbah. Pengambilan sampel air lindi menggunakan botol plastik yang dibilas dengan air lindi dan pengambilan langsung dari inlet dan diberi larutan HNO_3 dengan perbandingan 1:1 sebagai pengawet.

Preparasi adsorben dengan pemanfaatan serabut kelapa yang didapatkan dari para penjual air kelapa dan dikeringkan dengan menjemur hingga kering dan dipotong menjadi ukuran yang kecil-kecil secara manual dan di oven dengan suhu 105° selama 24 jam untuk memastikan serabut kelapa benar-benar kering. Serabut kelapa yang sudah kering dikarbonisasi dengan furnace dengan suhu 350° .

Dihaluskan menggunakan mortar terlebih dahulu, lalu dihaluskan menggunakan blender. Saat adsorben sudah halus dengan ukuran 100 mesh, adsorben serabut kelapa dilakukan uji SEM dan FTIR. Setelah pengujian SEM dan FTIR adsorben

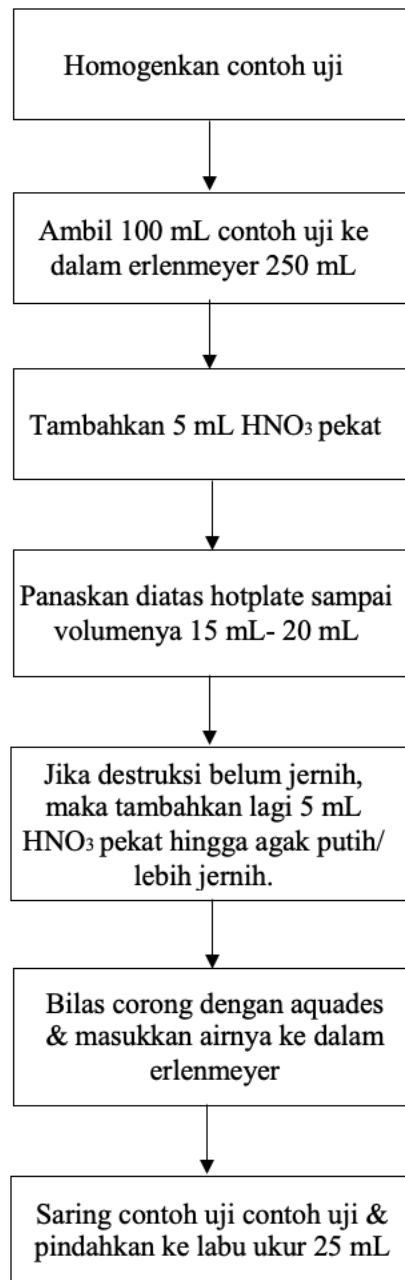
serabut kelapa diaktivasi menggunakan HNO_3 1: 6,4 dengan waktu aktivasi selama 2 x 24 jam. Karbon aktif yang sudah diaktivasi dibilas menggunakan aquades hingga pH netral. Karbon aktif di oven selama 4 jam dengan suhu 105°C dan diuji SEM dan FTIR. Berikut Persamaan (6) Perhitungan faktor pengenceran dan Gambar 3.4 Diagram Alir Pengukuran Cd dalam Air Lindi sebagai berikut :

$$\text{Cd (mg/l)} = C \times F_p \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

C = kadar hasil pengukuran (mg/L)

Fp = faktor pengenceran



Gambar 3 4 Diagram Alir Pengukuran Kadmium dalam Air Lindi

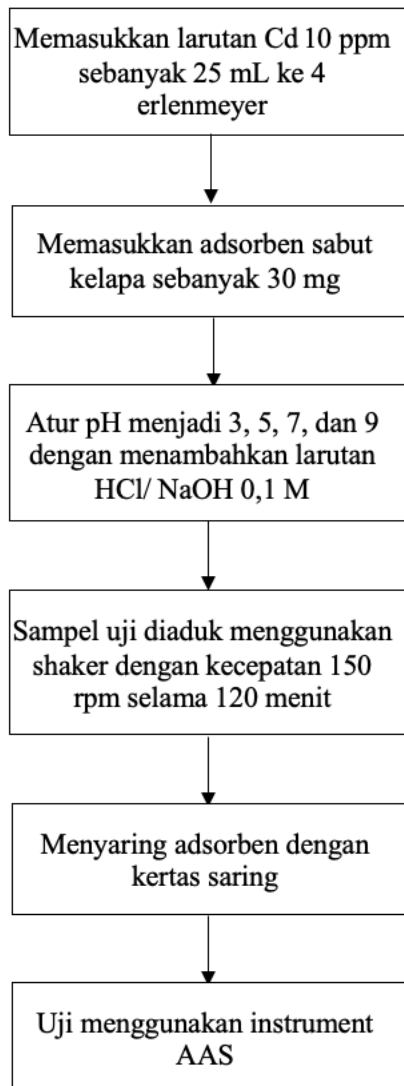
3.3.3.2 Proses Adsorpsi

Karbonisasi dilakukan di dalam furnace yang dipanaskan hingga suhu 400°C selama 2 jam, lalu karbon aktif serbaut kelapa tersebut didinginkan dalam desikator. Proses karbonisasi ini memecah komponen organik yang membentuk material menjadi produk seperti metanol, uap asam asetat, tar,

dan berbagai hidrokarbon. Akibat dari proses ini adalah pembentukan karbon yang memiliki bentuk serupa dengan arang dan ciri khas luas permukaan yang terbatas (Ramdja dkk, 2008). Setelah itu, arang dihaluskan dan diayak hingga mencapai ukuran 100 mesh.

A. Penentuan pH Optimum

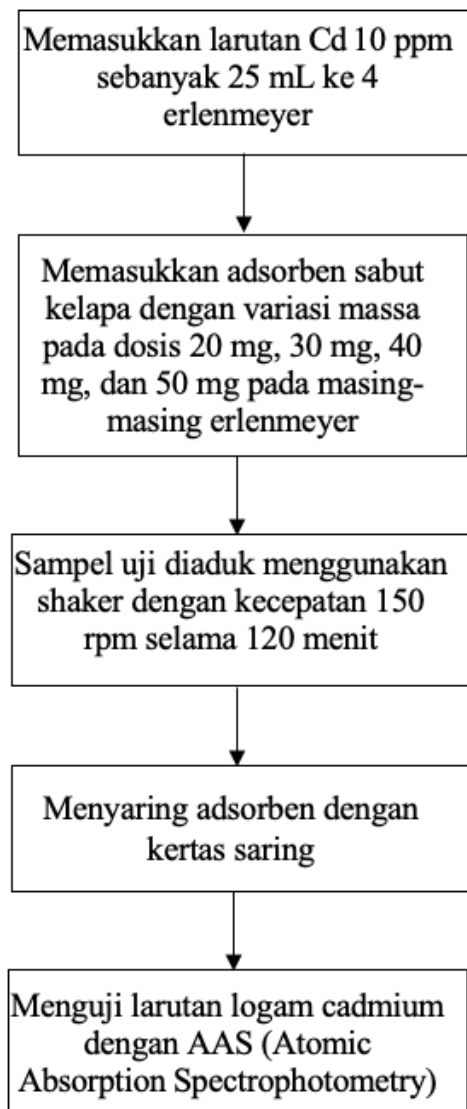
Dalam proses adsorpsi, pemilihan pH optimal bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas adsorben dalam menyerap polutan. Berikut adalah langkah-langkahnya dapat dilihat pada Gambar 3.5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum sebagai berikut:



Gambar 3 5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum

B. Penentuan Massa Optimum

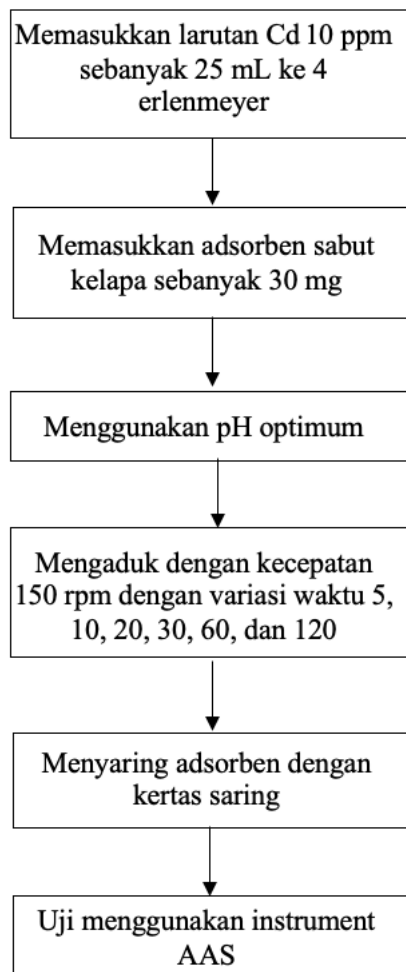
Untuk mencapai kondisi massa optimum, adsorben akan digunakan dalam kondisi keseimbangan dengan pH 6 dan waktu kontak 120 menit. Tujuan larutan HNO_3 pada konsentrasi 6,4 mg/L adalah untuk mengetahui persen penyerapan logam kadmium yang terbesar. Berikut urutan dari tahapan penentuan massa optimum yaitu terdapat pada Gambar 3.6 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum.



Gambar 3 6 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum

C. Penentuan Waktu Kontak Optimum

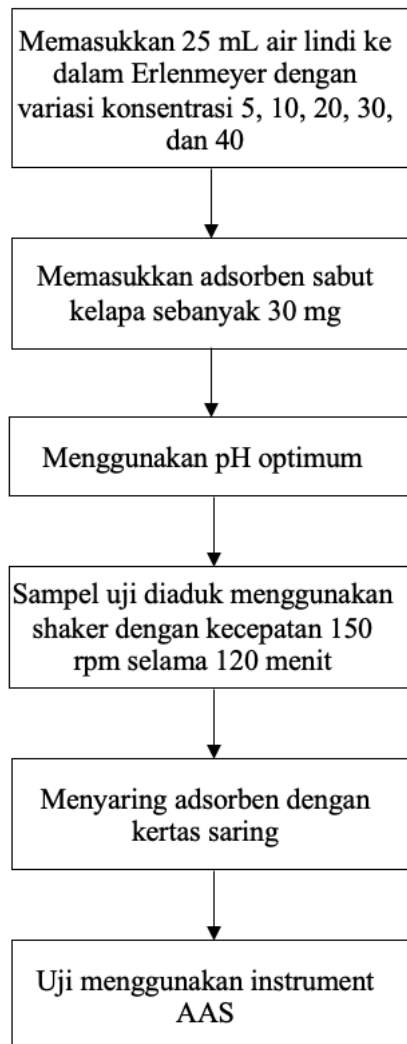
Setelah menentukan pH optimal, langkah berikutnya adalah menetapkan durasi adsorpsi yang optimum dimaksudkan untuk menemukan periode waktu yang diperlukan agar adsorben dapat mencapai kapasitas maksimal dalam menyerap polutan dari larutan. Berikut adalah langkah-langkahnya dapat dilihat pada Gambar 3.7 Diagram alir Penentuan Waktu Kontak Optimum



Gambar 3 7 Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak Optimum

D. Penentuan Konsentrasi Larutan Cd Optimum

Setelah menetapkan pH optimal dan durasi adsorpsi yang sesuai, langkah berikutnya adalah menentukan konsentrasi optimal adsorben. Tujuan dari penentuan ini adalah untuk mengidentifikasi kadar polutan dalam larutan yang dapat memaksimalkan efektivitas penyerapan oleh adsorben. Berikut adalah langkah-langkahnya dapat dilihat pada Gambar 3.8 Penentuan Konsentrasi Larutan Cd Optimum:



Gambar 3 8 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Larutan Cd Optimum

3.3.4 Analisis Data

Perhitungan efisiensi penyisihan logam Kadmium (Cd) pada air lindi serta analisis kemampuan adsorben dalam menyerap logam Kadmium (Cd) pada air lindi menggunakan persamaan (7) berikut:

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

C_o = konsentrasi awal Cd dalam air (mg/L)

C_a = konsentrasi Cd dalam air setelah adsorpsi (mg/L)

3.3.5 Isoterm Adsorpsi

Isoterm Langmuir dan Freundlich adalah dua model yang digunakan untuk menjelaskan proses adsorpsi, namun keduanya memiliki ciri khas yang berbeda. Model Langmuir berpendapat bahwa semua situs pada permukaan adsorben adalah identik dan mampu menampung satu molekul adsorbat saja, yang menghasilkan model adsorpsi monolayer. Sementara itu, isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi pada permukaan yang heterogen, dimana energi pada situs adsorpsi bervariasi, memungkinkan pembentukan multilayer. Persamaan Langmuir menunjukkan hubungan non-linear antara jumlah adsorbat yang teradsorpsi dan konsentrasi, sedangkan persamaan Freundlich sering bersifat lebih fleksibel dan dapat berupa hubungan linear. Selain itu, isoterm Langmuir lebih cocok untuk sistem dengan kapasitas terbatas, sedangkan isoterm Freundlich dapat menggambarkan interaksi yang lebih kompleks antara adsorbat dan adsorben.

Model isoterm Freundlich banyak digunakan dalam penelitian dan aplikasi praktis untuk memahami bagaimana zat padat (seperti karbon aktif, serabut kelapa, atau bahan lainnya) dapat menyerap zat terlarut dari larutan, termasuk pengurangan konsentrasi logam berat atau zat pencemar dalam air. Model ini membantu dalam merancang sistem pengolahan limbah yang efektif. Berikut model isoterm Langmuir pada persamaan (8) dan model isoterm Freundlich pada persamaan (9)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- Ce : konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)
- Qe : jumlah zat diadsorpsi adsorben per gram (mg/gr)
- Qo : kapasitas adsorpsi (mg/gr)
- B : interaksi adsorpsi (L/mg)

$$\log \frac{x_m}{m} = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

- X : jumlah zat terlarut yang diserap (mg)
- M : adsorben yang digunakan (g)

Ce : konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

K : kapasitas adsorpsi (mg/g)

n : insensitas adsorpsi (L/g)

3.3.6 Penyusunan Laporan

Menyusun data hasil penelitian dan analisa data dalam bentuk laporan hasil penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Umum

Air lindi dari kolam penampungan TPA Piyungan dapat meresap ke dalam tanah. Metode adsorpsi digunakan untuk menyaring air lindi dan mengurangi kadar pencemar, terutama logam berat seperti Kadmium (Cd). Serabut kelapa merupakan salah satu adsorben yang efektif dalam pengolahan air lindi melalui proses adsorpsi. Adsorpsi adalah proses di mana permukaan padat adsorben menarik zat yang ingin dipisahkan dari campuran, baik dalam bentuk gas maupun cair. Karena serabut kelapa mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang mampu menyerap ion logam, material ini cocok digunakan sebagai adsorben (Istifiarti dkk, 2016). Kandungan lignin serabut kelapa adalah lignin 33,5%, selulosa 37,9%, dan hemiselulosa adalah 15,5% dalam serabut kelapa membuatnya menjadi adsorben yang efisien untuk proses adsorpsi logam berat seperti kadmium (Cd). Gugus-gugus fungsional yang ada pada komponen-komponen tersebut memungkinkan serabut kelapa untuk mengikat dan mengurangi kadar logam berat dalam larutan. Selain itu, serabut kelapa merupakan solusi pengolahan limbah yang ramah lingkungan dan ekonomis, sehingga menjadi pilihan yang menjanjikan untuk penanganan air limbah yang tercemar logam berat. (La dkk, 2020).

Adsorben serabut kelapa diambil dari limbah serabut kelapa yang ada di penjual es kelapa dengan umur sekitar 6-12 bulan. Serabut kelapa dipotong lalu dikeringkan dengan dijemur selama 8 jam dan di oven dengan suhu 105°C selama 2 x 24 jam kemudian dihaluskan dan di furnace pada suhu 400°C selama 2 jam dan diayak dengan ukuran 100 mesh. Melakukan aktivasi adsorben dengan merendam serabut kelapa dengan larutan HNO₃ selama 2 x 24 jam. Dikeringkan dalam oven selama 4 jam dengan suhu 105°C agar kering.

Variasi yang digunakan meliputi variasi pH, massa adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi larutan. Metode adsorpsi isotherm menunjukkan bagaimana adsorben serabut kelapa aktivasi dapat meningkatkan kualitas air lindi. Isotherm Langmuir dan Isotherm Freundlich digunakan untuk mengukur kemampuan

adsorpsi. Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Scanning Electron Microscopy (SEM) digunakan untuk menentukan karakteristik serabut kelapa sebelum dan sesudah aktivasi sebagai adsorben.

4.2 Karakteristik Adsorben

Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) atau spektroskopi infra merah yang digunakan untuk mengidentifikasi senyawa, mengidentifikasi struktur molekul, mengidentifikasi kemurnian, dan mengamati reaksi yang berlangsung. Selain itu, bentuk permukaan bahan yang dianalisis digambarkan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) atau mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron.

4.2.1 Karakterisasi Adsorben menggunakan *Fourier Transform infra Red (FTIR)*

Tujuan dari penggunaan instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) adalah untuk menemukan gugus fungsi pada adsorben serabut kelapa yang akan digunakan dalam penelitian. Dengan memahami gugus fungsi di limbah serabut kelapa (yang mengandung selulosa sebesar 43,4% dan lignin sebesar 45,84% di dalam adsorben serabut kelapa). Dengan mengetahui gugus fungsi yang ada pada adsorben, dapat menentukan apakah HNO_3 tersebut memainkan peran penting dalam proses adsorpsi.

Analisis gugus fungsi FTIR dilakukan pada sampel adsorben serabut kelapa. Karakterisasi dilakukan dengan analisis terhadap spektra *Infrared* untuk mengetahui gugus fungsional dari produk yang dianalisis sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa yang dimaksud merupakan senyawa yang diharapkan. Keberadaan gugus yang dihasilkan dapat dilihat melalui puncak spektra *Infrared*. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) tidak mempengaruhi/ mengubah kemampuan adsorpsi suatu bahan, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) merupakan alat analisis yang digunakan untuk memahami apa yang terjadi pada permukaan adsorben setelah adsorpsi, dengan cara mendeteksi perubahan

gugus fungsi. Interpretasi pita serapan IR serabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4 1 Interpretasi Pita Serapan IR Adsorben Serabut Kelapa

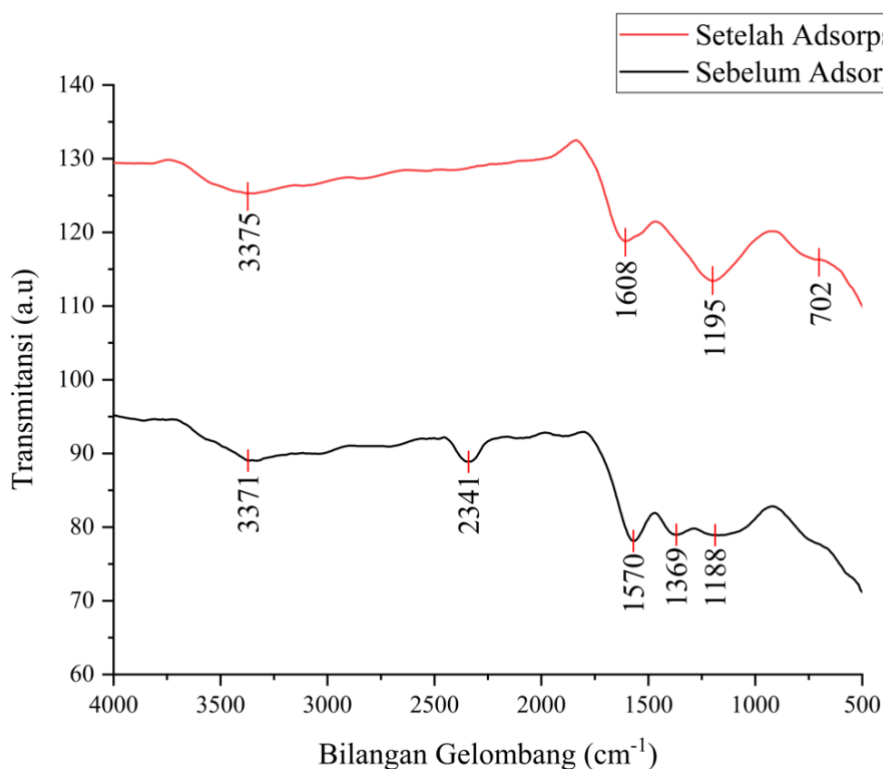
Interpretasi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Sebelum	Setelah
Regangan O-H	3371	3375
Regangan C≡C	2341	-
Vibrasi ulur C=C	1570	1608
Regangan C-H	1369	-
Vibrasi ulur C-O	1188	1195
Vibrasi tekuk C-H	-	702

Sumber : Data primer, 2024

Interpretasi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
	Sebelum	Setelah
Regangan O-H	3371	3375
Regangan C≡C	2341	-
Vibrasi ulur C=C	1570	1608
Regangan C-H	1369	-
Vibrasi ulur C-O	1188	1195
Vibrasi tekuk C-H	-	702

Aktivasi serabut kelapa dengan HNO₃ menghasilkan gugus fungsional baru. Puncak daerah 700-900 cm⁻¹ sebagai serapan C-H Cincin Aromatik. Hal ini sesuai dengan yang terlihat pada puncak 702 cm⁻¹ yang teridentifikasi pada sampel adsorben serabut kelapa setelah adsorpsi muncul dan mengindikasikan kehadiran vibrasi deformasi (bending) dari C-H dalam senyawa aromatik atau vibrasi skeletal dari struktur aromatik yang lebih besar (Fahmijal dkk, 2023). Serapan ini menunjukkan adanya interaksi yang lebih kuat antara adsorben serabut kelapa dengan zat yang teradsorpsi, yang dapat menghasilkan perubahan dalam struktur aromatik serat. Hal ini menunjukkan adanya perubahan dalam struktur aromatik,

yang diperkuat oleh aktivasi HNO_3 . Munculnya pita baru disebabkan oleh pembentukan gugus fungsi baru/ oksidasi permukaan material. Grafik hasil FTIR adsorben serabut kelapa sebelum dan sesudah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4 1 Grafik Hasil FTIR Adsorben Serabut Kelapa Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Pada spektrum FTIR adsorben serabut kelapa sebelum dan sesudah adsorpsi, terlihat puncak serapan signifikan pada berbagai bilangan gelombang, menunjukkan keberadaan gugus fungsi dalam sampel. Puncak pada sekitar $3391,94 \text{ cm}^{-1}$ diidentifikasi sebagai vibrasi regangan hidroksil ($-\text{OH}$), konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya (Etim dkk, 2016). Sebelum adsorpsi, puncak pada 3371 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur O-H, kemungkinan dari molekul air yang teradsorpsi atau gugus hidroksil pada selulosa atau lignin. Setelah adsorpsi, puncak bergeser ke 3375 cm^{-1} , masih menunjukkan vibrasi O-H. Aktivasi dengan HNO_3 memperkuat puncak ini, menunjukkan penambahan gugus hidroksil atau karboksil.

Pergeseran puncak ini menunjukkan perubahan lingkungan hidrogen akibat interaksi dengan molekul teradsorpsi. Puncak serapan C=C menunjukkan peningkatan kandungan karbon dalam serabut kelapa (Mentari dkk, 2018). Pada 1570 cm^{-1} sebelum adsorpsi, serapan ini dikaitkan dengan vibrasi ulur C=C dari cincin aromatik dalam lignin, komponen utama serabut kelapa. Setelah adsorpsi, puncak muncul di 1608 cm^{-1} , menunjukkan perubahan struktur kimia lignin atau interaksi komponen aromatik dengan zat yang teradsorpsi. Selain itu, pada 1188 cm^{-1} sebelum adsorpsi, serapan menunjukkan vibrasi ulur C-O dari gugus alkohol atau ester yang mengindikasikan adanya selulosa atau hemiselulosa. Setelah adsorpsi, puncak bergeser ke 1195 cm^{-1} , menunjukkan perubahan interaksi gugus C-O, kemungkinan akibat oksidasi oleh HNO_3 , dan keterlibatan gugus alkohol atau ester dalam proses adsorpsi.

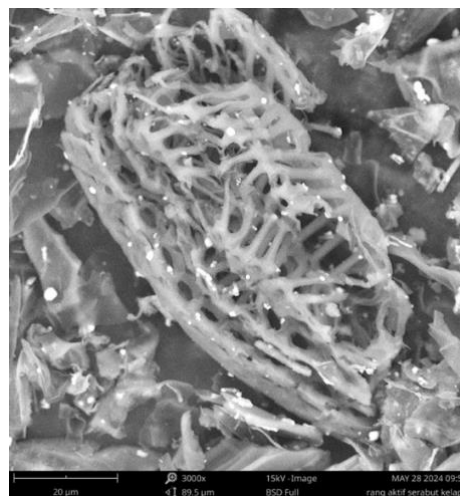
Hasil karakterisasi FTIR serabut kelapa yang diaktivasi untuk adsorpsi zat pewarna Rhodamine-B menunjukkan puncak pada $1377,17\text{ cm}^{-1}$ (gugus alkana/alkil regangan C-H) dan $2376,30\text{ cm}^{-1}$ (gugus alkuna $\text{C}\equiv\text{C}$) (Bello dkk, 2019). Pola ini konsisten dengan serabut kelapa sebelum adsorpsi yang menunjukkan puncak pada 1369 cm^{-1} (C-H) dan 2341 cm^{-1} ($\text{C}\equiv\text{C}$). Setelah adsorpsi, kedua puncak tersebut tidak teramati, kemungkinan karena perubahan kimia dan struktural akibat aktivasi dengan HNO_3 dan proses adsorpsi. Hilangnya pita disebabkan oleh penghilangan/ rusaknya gugus fungsi yang ada pada permukaan material selama aktivasi.

Berdasarkan hasil FTIR, aktivasi serabut kelapa dengan HNO_3 memodifikasi permukaan adsorben dengan meningkatkan gugus fungsi asam, seperti karboksil ($-\text{COOH}$) dan hidroksil ($-\text{OH}$), yang meningkatkan kapasitas adsorpsinya dan mengoksidasi struktur lignoselulosa. Aktivasi ini meningkatkan sifat adsorptif serabut kelapa, terlihat dari perubahan spektrum FTIR setelah adsorpsi. Sebelum adsorpsi, serabut kelapa mengandung selulosa, lignin, dan hemiselulosa, dengan gugus hidroksil, aromatik, dan alkoksi yang mendukung proses adsorpsi. Perubahan puncak FTIR setelah adsorpsi menunjukkan adanya interaksi kimia aktif antara serabut kelapa dan molekul yang teradsorpsi, bukan hanya penyaringan fisik.

4.2.2 Karakterisasi Adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Salah satu jenis mikroskop, yaitu *Scanning Electron Microscope (SEM)*, menggunakan aliran elektron untuk memvisualisasikan detail permukaan suatu objek. Elektron diarahkan ke permukaan objek, dan setelah melewati beberapa lensa elektromagnetik, partikel ini akan dipantulkan atau menghasilkan elektron sekunder yang menyebar ke berbagai arah. Partikel elektron ini kemudian dikumpulkan oleh detektor *Scanning Electron Microscope (SEM)*, yang menampilkan citra objek pada layar. Luas permukaan suatu objek memengaruhi kemampuannya untuk menyerap, dengan luas permukaan yang lebih besar meningkatkan kapasitas penyerapan dan memungkinkan lebih banyak ion logam terikat. *Scanning Electron Microscope (SEM)* memberikan pengamatan pola dan detail permukaan sampel yang sangat rinci.

Tujuan dari karakterisasi adsorben ini adalah untuk mengetahui bagaimana permukaan adsorben serabut kelapa yang teraktivasi dengan HNO_3 dan yang tidak diaktivasi. Ini dilakukan dengan menggunakan teknik *Scanning Electron Microscope (SEM)* ini. Hasil uji *Scanning Electron Microscope (SEM)* dilakukan dengan perbesaran 3000 dengan perbandingan adsorben serabut kelapa non-aktivasi dan aktivasi dengan asam nitrat. Hasil pengujian adsorben serabut kelapa menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3



Gambar 4 2 Hasil Uji SEM Adsorben Serabut Kelapa Non-aktivasi



Gambar 4 3 Hasil Uji SEM Adsorben Serabut Kelapa Aktivasi

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, perbedaan antara adsorben serabut kelapa yang diaktivasi dengan HNO_3 dan adsorben serabut kelapa yang tidak diaktivasi terlihat di kedua gambar tersebut. Ini menunjukkan bahwa adsorben yang diaktivasi dengan HNO_3 memiliki jumlah pori yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben serabut kelapa yang tidak diaktivasi. Ini menunjukkan bahwa tujuan aktivasi adsorben, yaitu membuka pori baru untuk menerima lebih banyak adsorbat, telah dicapai. Adsorben serabut kelapa aktivasi HNO_3 memiliki permukaan pori yang lebih terbuka daripada yang tidak aktivasi. Selain itu, adsorben yang berasal dari serabut kelapa yang telah mengalami aktivasi memiliki penampilan yang lebih terstruktur dan bersih daripada yang berasal dari serabut kelapa yang tidak mengalami aktivasi. Aktivasi HNO_3 dapat mempengaruhi perubahan pori pada adsorben serabut kelapa. Ini karena proses aktivasi tidak hanya mempengaruhi penghilangan bahan-bahan non-karbon tetapi juga mempengaruhi pembentukan pori yang lebih teratur di permukaan adsorben.

4.3 Proses Adsorpsi

4.3.1 Hasil Variasi pH Optimum

Uji adsorpsi variasi pH digunakan untuk mengetahui kondisi pH dalam penyerapan air lindi yang optimum. Dalam 20 mL, konsentrasi awal air lindi dengan

larutan Kadmium (Cd) yang digunakan adalah 10 ppm. Larutan penyangga digunakan untuk mengkondisikan pH. Larutan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M adalah larutan yang memiliki kemampuan untuk mempertahankan pH larutan sehingga tidak berubah karena penambahan asam atau basa atau pengenceran. Larutan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M digunakan untuk membuat larutan penyangga pada nilai pH 3, 5, 7, dan 9. Uji variasi pH menggunakan 20 mg adsorben, volume 20 mL, dan 120 menit. Berikut Hasil Variasi pH Optimum ditunjukkan pada Tabel 4.2

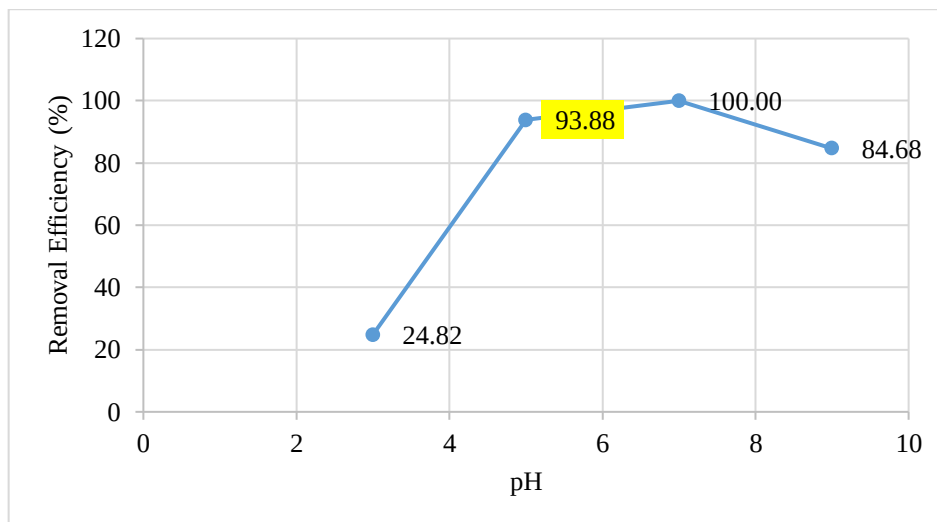
Tabel 4 2 Hasil Variasi pH Optimum

pH	Blanko (mg/L)	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (Qe)
3	5,74	5,64	4,24	24,82	1,4
5	2,53	4,41	0,27	93,88	4,14
7	0,98	2,48	0	100,00	2,48
9	4,14	3,46	0,53	84,68	2,93

Sumber : Data primer, 2024

Hasil penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi air lindi dengan larutan buatan Kadmium (Cd) setelah proses adsorpsi terkait dengan penurunan pH larutan. Dengan menggunakan adsorben serabut kelapa teraktivasi, tingkat efisiensi adsorpsi logam berat Kadmium (Cd) meningkat pada kondisi pH larutan 3, seperti yang ditunjukkan oleh data di dalam tabel dan grafik tersebut. Konsentrasi awal larutan Kadmium (Cd) pada pH 3 adalah 5,64 mg/L dan setelah melalui proses adsorpsi dengan adsorben serabut kelapa teraktivasi, larutan Kadmium (Cd) menurun menjadi 4,24 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 24, 82% dan kapasitas adsorpsi sebesar 1,4 mg/g. Konsentrasi awal larutan pada pH 5 turun dari 4,41 mg/L menjadi 0,27 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 93,88% dan kapasitas adsorpsi sebesar 4,14 mg/g, kondisi optimum pH terjadi pada pH 5 karena pada pH ini serabut kelapa bisa menyerap kandungan logam berat kadmium (Cd) dengan baik. Konsentrasi awal pH 7 turun dari 2,48 mg/L menjadi 0 dengan efisiensi penyisihan sebesar 100% dan kapasitas adsorpsi sebesar 2,48 mg/g , dan konsentrasi awal pada pH 9 turun dari 3,46 mg/L menjadi 0,53 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 84,68% dan kapasitas

adsorpsi sebesar 2,93 mg/g. Berikut Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum

Berdasarkan Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum, dapat disimpulkan bahwa pH 5 merupakan pH yang paling optimum, yaitu dengan efisiensi penyisihan sebesar 93,88 dan kapasitas adsorpsi sebesar 4,14 mg/g. Jika dibandingkan dengan variasi pH lainnya, pH 5 memiliki kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihan lebih tinggi, hal ini dapat terjadi karena pada pH 3 memiliki ion H^+ yang lebih tinggi dan adsorben yang digunakan diaktivasi dengan menggunakan HCl sehingga menyebabkan pH 3 lebih sulit untuk diserap oleh adsorben. Hasil ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengurangi konsentrasi Kadmium (Cd) dalam larutan paling banyak pada pH larutan 5. Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa pH 5 adalah kondisi terbaik untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi Kadmium (Cd) dengan adsorben serabut kelapa.

4.3.2 Hasil Variasi Massa Optimum

Uji coba ini bertujuan untuk mengukur kapasitas adsorben serabut kelapa untuk menyerap logam Kadmium (Cd) dengan larutan (Cd) 1 ppm. Massa yang dimasukkan ke dalam erlenmeyer masing-masing berisi 25 ml larutan (Cd) dengan konsentrasi awal 2,8 mg/l, dengan variasi massa antara 20, 30, 40, dan 50 mg. Setelah itu, selama 120 menit, diaduk dengan shaker. Ini dilakukan karena dianggap

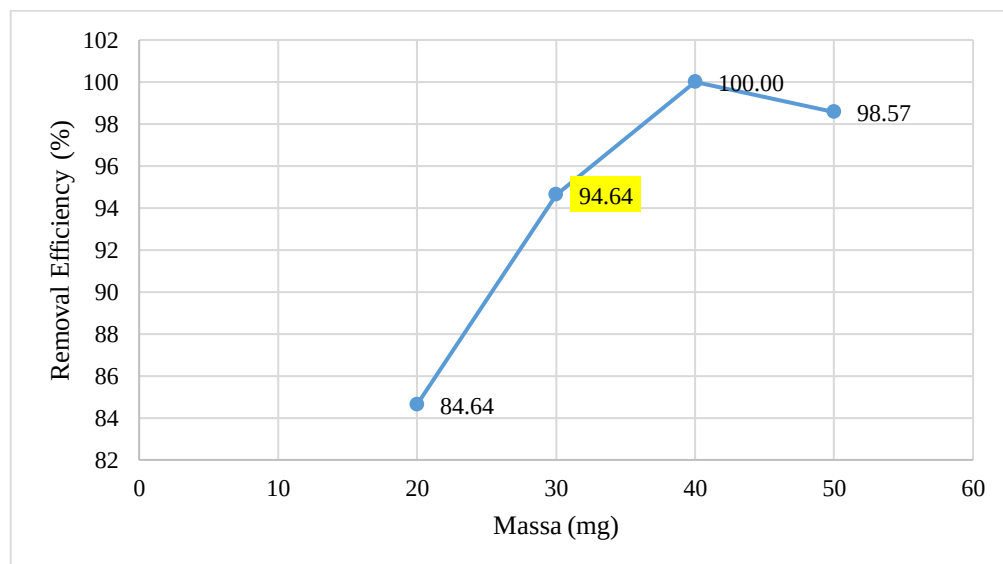
dapat menyerap ion Cd selama 120 menit, sehingga tidak ada penyerapan lagi. Untuk menaikkan pH, tambahkan larutan NaOH 0,1M dan larutan HCl 0,1M. Kemudian saring untuk membedakan adsorbat dari adsorben serabut kelapa. Sisa logam kadmium (Cd) dalam larutan diukur dengan Berikut hasil uji variasi massa adsorben optimum ditunjukkan pada Tabel 4.3 Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum.

Tabel 4 3 Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum

Massa (mg)	Ca (mg/L)	% Removal
20	0,43	84,64
30	0,15	94,64
40	0	100,00
50	0,04	98,57

Sumber: data primer, 2024

Berdasarkan penelitian yang saya lakukan, pada massa 20 mg konsentrasi akhir sebesar 0,43 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 84,64%. Pada massa 30 mg dengan konsentrasi akhir 0,15 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 94,64%. Pada massa 40 mg dengan konsentrasi akhir sebesar 0 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 100% dan pada massa 50 mg dengan konsentrasi akhir sebesar 0,04 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 98,57%.



Gambar 4 5 Grafik Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum

Berdasarkan Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum diatas dapat disimpulkan bahwa pada massa optimum terjadi pada massa

30 mg karena pada massa ini efisiensi penyisihan sebesar 94,64% dan penggunaan adsorben lebih efisien dibandingkan massa 40 mg maupun 50 mg. Meskipun pada massa 40 mg mencapai 100% karena tidak realistis dalam praktis dengan keterbatasan kapasitas adsorben. Dan pada massa 50 mg dengan efisiensi penyisihan 98,57% sedikit menurun, dimana menunjukkan bahwa penambahan adsorben tidak lagi memberi manfaat yang signifikan. Oleh karena itu, pada massa 30 mg memberikan keseimbangan terbaik antara efisiensi penyisihan dan penggunaan adsorben yang optimal.

4.3.3 Hasil Variasi Waktu Kontak Optimum

Tujuan penentuan waktu kontak adalah untuk menentukan waktu terbaik untuk mengurangi kadmium (Cd) hingga mencapai titik kesetimbangan atau keseimbangan. Untuk pengujian variasi waktu kontak terhadap adsorpsi logam kadmium (Cd) dengan adsorben serabut kelapa teraktivasi, dosis adsorben akan disesuaikan dengan 40 mg dengan volume 25 mL dan konsentrasi awal 4,83 mg/L. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 5, 10, 20, 30, 60, 120, dan 13,00-09.30 menit untuk setiap uji adsorpsi. Berikut Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum ditunjukkan pada Tabel 4.4.

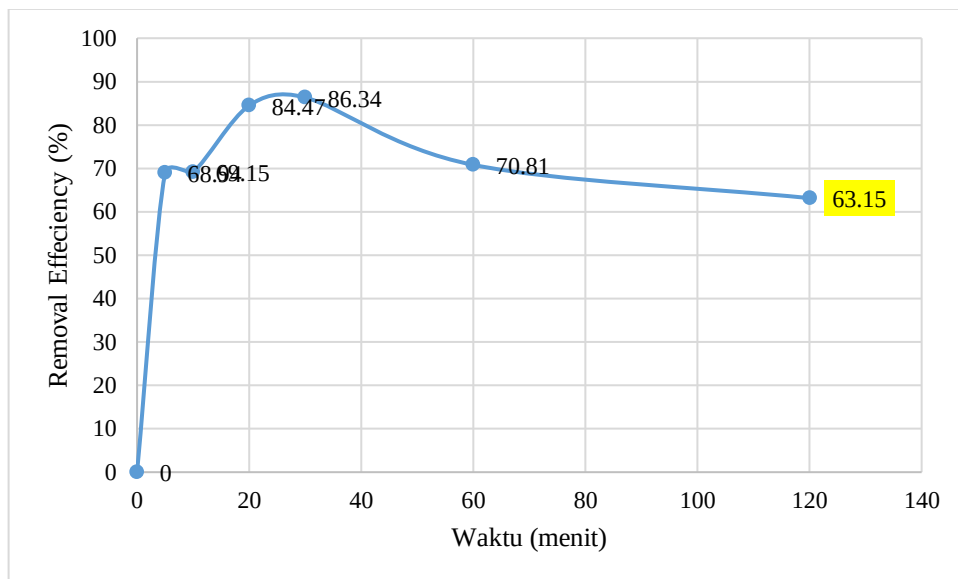
Tabel 4 4 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum

Waktu (menit)	Ca (mg/L)	% Removal
5	1,48	69,36
10	1,5	68,94
20	1,49	69,15
30	0,75	84,47
60	0,66	86,34
120	1,41	70,81
13.00-09.30	1,78	63,15

Sumber : Data primer, 2024

Berdasarkan pada penelitian saya, pada waktu 5 menit konsentrasi akhir sebesar 1,48 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 69,36%. Pada waktu 10 menit konsentrasi akhir sebesar 1,5 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 68,94%. Pada waktu 20 menit konsentrasi awal sebesar 1,49 dan efisiensi penyisihan sebesar

69,15%. Pada waktu 30 menit konsentrasi akhir sebesar 0,75 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 84,47%. Pada waktu 60 menit konsentrasi akhir sebesar 0,66 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 86,34%. Pada waktu 120 menit konsentrasi akhir sebesar 1,41 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 70,81%. Berikut Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum ditunjukkan pada Grafik 4.6.



Gambar 4 6 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, terlihat bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap bagaimana adsorben serabut kelapa teraktivasi asam nitrat adsorpsi kadmium (Cd). Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi kadmium (Cd) dalam larutan berkorelasi positif dengan waktu kontak adsorben; lebih lama waktu kontak adsorben, lebih efektif proses adsorpsi. Pada waktu kontak awal lima menit, ada perubahan konsentrasi yang jelas. Seiring bertambahnya waktu kontak, konsentrasi kadmium (Cd) dalam larutan menurun dengan lebih jelas. Pada waktu kontak 10 menit, penurunan yang cukup besar terjadi, turun menjadi 1,48 mg/L dari konsentrasi awal 4,83 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi kadmium (Cd) oleh adsorben serabut kelapa berlangsung dengan cepat. Setelah dua puluh menit kontak, perubahan konsentrasi menjadi lebih lambat, menunjukkan bahwa proses adsorpsi mendekati titik keseimbangan. Namun, setelah dua puluh menit kontak, perubahan konsentrasi menjadi lebih lambat. Selama kontak 60 menit, konsentrasi

kadmium (Cd) turun menjadi 0,66 mg/l, dan konsentrasi larutan turun menjadi 1,41 mg/l.

Setelah waktu kontak tertentu, perubahan konsentrasi yang lebih lambat menunjukkan bahwa proses adsorpsi mendekati kondisi keseimbangan, di mana jumlah ion kadmium (Cd) yang diadsorpsi hampir sama dengan jumlah larutan yang masih tersisa. Akibatnya, waktu kontak yang lebih lama cenderung menghasilkan efisiensi adsorpsi yang lebih tinggi. Jadi, waktu kontak ideal adalah sekitar 60 hingga 120 menit, ketika proses adsorpsi efektif dan perubahan konsentrasi kadmium (Cd) dalam larutan terjadi. Namun, karena tujuan pengujian adalah untuk mengurangi konsentrasi kadmium (Cd) sebanyak mungkin, waktu kontak yang paling lama, mungkin 120 menit atau lebih, harus digunakan. Waktu kontak yang lebih lama mampu menghabiskan sejumlah besar konsentrasi kadmium (Cd) dalam larutan, yang memberikan waktu kontak yang paling efektif untuk mengurangi konsentrasi.

4.3.4 Hasil Variasi Konsentrasi Optimum

Variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari adsorben serabut kelapa untuk menyerap logam berat kadmium (Cd). Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm dengan massa adsorben 20 mg, volume 25 ml dan waktu kontak optimum 120 menit. Berikut Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum ditunjukkan pada Tabel 4.5.

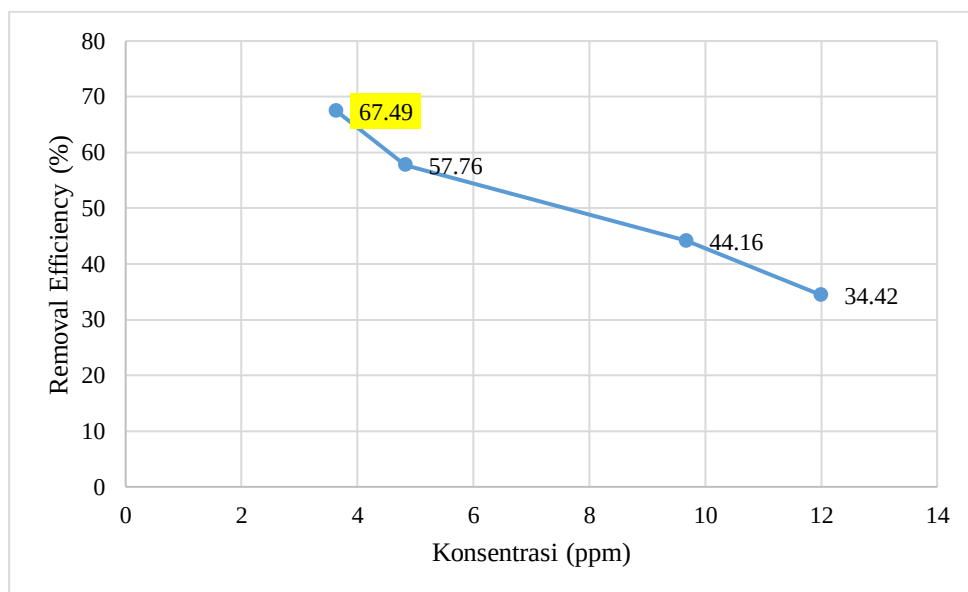
Tabel 4 5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum

Co (ppm)	Ca (mg/l)	Removal %	Qe (mg/g)
3,63	1,18	67,49	3,06
4,83	2,04	57,76	3,48
9,67	5,4	44,16	5,33
12	7,87	34,42	5,16

Sumber : Data primer, 2024

Berdasarkan penelitian saya, hasil uji variasi konsentrasi 3,63 ppm dengan konsentrasi akhir sebesar 1,18 mg/l dan efisiensi removal sebesar 67,49% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,06 mg/g. Pada konsentrasi 4,83 ppm dengan

konsentrasi akhir sebesar 2,04 mg/l dan efisiensi removal sebesar 57,76% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,48 mg/g. Pada konsentrasi 9,67 ppm dengan konsentrasi akhir sebesar 5,4 mg/l dan efisiensi penyisihan sebesar 44,16% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 5,33 mg/g. Pada konsentrasi 12 ppm dengan konsentrasi akhir sebesar 7,87 mg/l dan efisiensi removal sebesar 34,42% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 5,16 mg/g. Berikut Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4 7 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum

Hasil dari pengujian pengaruh adsorpsi dari adsorben serabut kelapa pada konsentrasi larutan kadmium (Cd). Berdasarkan tabel dan gambar terlihat bahwa konsentrasi optimum larutan kadmium adalah pada konsentrasi 5 ppm dengan konsentrasi awal 3,63 mg/l terjadi perubahan konsentrasi setelah adsorpsi menjadi 1,18 mg/l dengan efisiensi penyisihan 67,49% dan kapasitas adsorpsi sebesar 3,06 mg/g, setelah itu terjadi penurunan kemampuan penjerap adsorbat pada konsentrasi larutan 10 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, adsorben mencapai titik kejenuhan lebih cepat karena semua adsorben sudah terisi. Setelah titik ini dikarenakan adsorben yang digunakan telah menyerap adsorbat sepenuhnya, sehingga tidak dapat menyerap adsorbat lagi pada konsentrasi larutan yang lebih tinggi (Arif & Mawardi, 2020).

4.3.4.1 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Setelah mendapatkan kondisi adsorpsi serabut kelapa dengan kondisi optimum, termasuk massa adsorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi larutan, akan dilakukan analisis isoterm adsorpsi manakah yang paling sesuai. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui hubungan antara jumlah ion logam pada permukaan adsorben dan variasi konsentrasi yang berbeda. Tujuan dari penggunaan model isoterm ini adalah untuk menentukan kapasitas penyerapan adsorben, yang akan memungkinkan evaluasi mekanisme adsorpsi. Perbandingan model *Langmuir* dan *Freundlich* dapat digunakan untuk melakukan analisis kapasitas adsorpsi. Dalam model *Langmuir*, perhitungan dilakukan terhadap $1/Q_e$ dan dibandingkan dengan invers dari C_e ($1/C_e$), sedangkan dalam model *Freundlich*, perhitungan dilakukan terhadap $\log Q_e$ dan kemudian dibandingkan dengan $\log C_e$. Selanjutnya, nilai koefisien determinasi (R^2) didapat dari masing-masing model isoterm *Langmuir* dan *Freundlich*. Dalam analisis ini isoterm *Langmuir* dan *Freundlich* akan dibandingkan, isoterm dengan R^2 paling mendekati 1 adalah isoterm yang paling sesuai untuk pengujian ini. Berikut Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model *Langmuir* ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4 6 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model *Langmuir*

Konsentrasi Awal (C_o)	Konsentrasi Akhir (C_a)	Penyisihan (%)	Langmuir		
			Q_e	$1/Q_e$	$1/C_e$
3,63	1,18	67,49	3,06	0,33	0,85
4,83	2,04	57,76	3,49	0,29	0,49
9,67	5,4	44,16	5,34	0,19	0,19
12	7,87	34,42	5,16	0,19	0,13

(Sumber: Data Primer, 2024)

Berdasarkan penelitian saya, didapatkan perhitungan nilai adsorpsi oleh model *Langmuir Linear* dan *Langmuir Non-Linear*. Perhitungan model *Langmuir* melibatkan beberapa hal penting, seperti slope, kapasitas maksimum (q_{max}), intercept, konstanta adsorpsi (K_L), dan nilai (R^2). Ketika kita menggambar grafik dari jumlah adsorpsi dibandingkan dengan konsentrasi, slope garis yang terbentuk menunjukkan hubungan antara kedua variabel tersebut, sementara intercept memberi tahu kita tentang kapasitas maksimum. Dari slope, kita bisa menghitung

(KL) dan kapasitas maksimum dengan rumus yang ada. Nilai (R^2) menunjukkan seberapa baik model ini cocok dengan data kita, dengan angka mendekati 1 berarti model sangat tepat. Dengan semua perhitungan ini, kita bisa memahami karakteristik proses adsorpsi dengan lebih baik. Perhitungan Langmuir dapat dilihat pada Tabel 4.7 Perhitungan Langmuir.

Tabel 4 7 Perhitungan Langmuir

Langmuir				
Slope	Intercept	Q max (mg/g)	KL	R2
0,2024	0,1651	6,06	0,82	0,9409

Perhitungan nilai $Q_{\max}$

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{slope}}$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{0,2024}$$

$$Q_{\max} = 6,06 \text{ mg/g}$$

Perhitungan nilai K_L

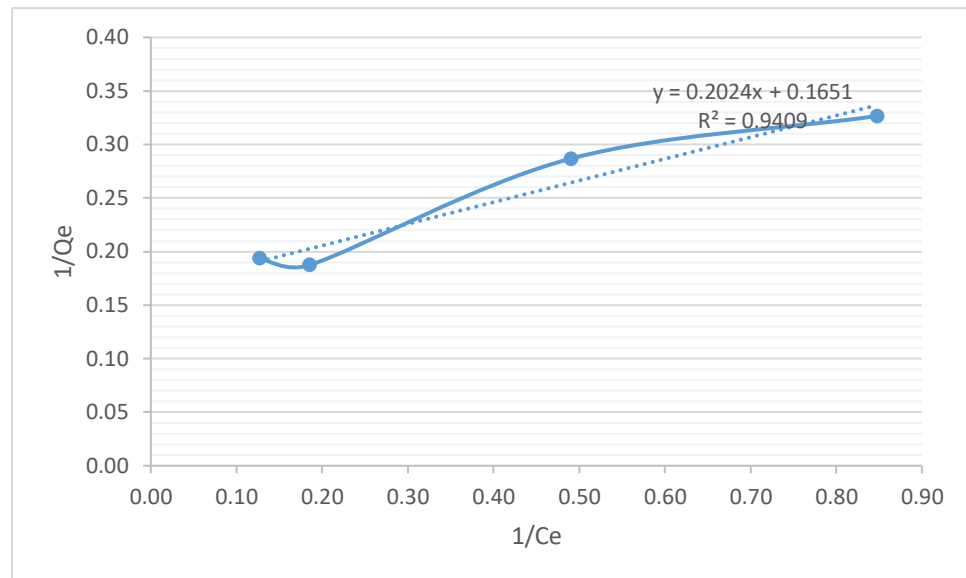
$$K_L = 1 \frac{\text{slope}}{Q_{\max}}$$

$$K_L = 1 \frac{0,2024}{6,06}$$

$$K_L = 0,82 \text{ 1/mg}$$

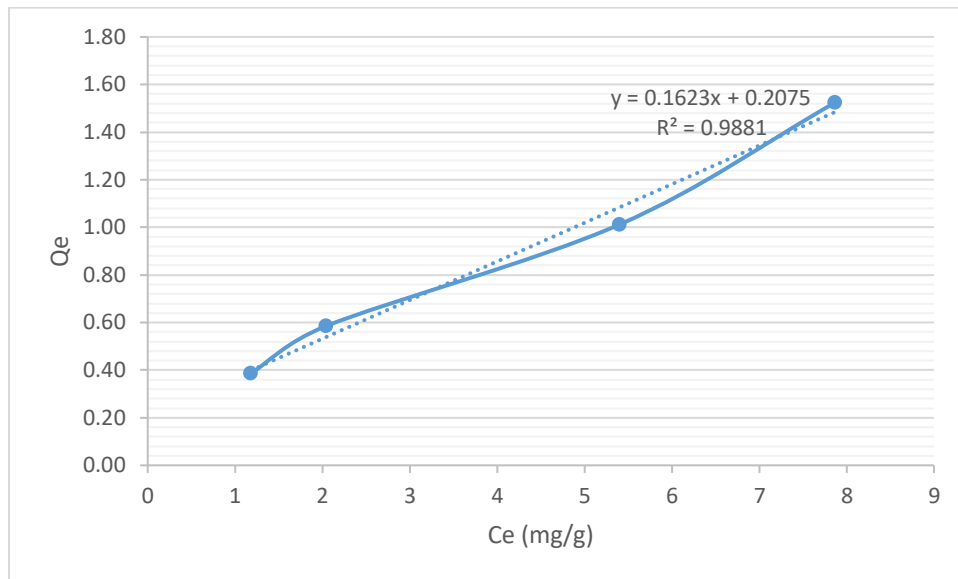
Isoterm model *Langmuir* Linear dan Non-Linear terletak pada metode analisis data. Model linear menunjukkan hubungan antara jumlah adsorpsi dan konsentrasi dalam bentuk grafik yang membentuk garis lurus, sehingga mudah dipahami. Sebaliknya, model non-linear menggunakan persamaan asli yang lebih rumit dan lebih tepat untuk kondisi di mana data tidak mengikuti pola linear, terutama pada konsentrasi tinggi. Model non-linear memberikan estimasi yang lebih akurat untuk kapasitas maksimum dan konstanta adsorpsi, sementara model

linear lebih mudah dan praktis untuk analisis awal. Model Isoterm *Langmuir* Linear ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Model Isoterm *Langmuir* Linear

Isoterm *Langmuir* Linear menggambarkan proses adsorpsi dengan cukup baik. Slope 0,2024 berarti jumlah adsorpsi akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi. Intercept 0,1651 memberi tahu kita bahwa kapasitas maksimum $Q_{\max}$ sekitar 6,06 yang menunjukkan seberapa banyak zat dapat diadsorpsi. Nilai R^2 0,9409 menunjukkan bahwa model ini sangat sesuai dengan data yang ada, menjelaskan hampir semua variasi dalam proses adsorpsi, meskipun ada sedikit yang tidak bisa dijelaskan. Secara keseluruhan, ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengikuti model *Langmuir* dengan baik.



Gambar 4 9 Model Isoterm *Langmuir* Non-linear
(Sumber: Data Primer, 2024)

Isoterm Langmuir non-linear yang kita lihat dengan slope 0,1623 dengan intercept 0,2075 dan R^2 0,9881 menunjukkan proses adsorpsi yang sangat baik. Slope 0,1623 berarti jumlah zat yang diadsorpsi meningkat seiring bertambahnya konsentrasi, sementara intercept 0,2075 memberikan informasi awal tentang kapasitas maksimum adsorpsi. Nilai R^2 yang tinggi yaitu 0,9881 menunjukkan bahwa model ini sangat cocok dengan data kita dan mampu menjelaskan hampir semua variasi dalam proses adsorpsi. Secara keseluruhan, ini menandakan bahwa proses adsorpsi mengikuti model Langmuir non-linear dengan sangat baik. Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Freundlich ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4 8 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Freundlich

Konsentrasi Awal (Co)	Konsentrasi Akhir (Ca)	Penyisihan (%)	Freundlich		
			Qe	Log Qe	Log Ce
3,63	1,18	1,18	3,06	0,49	0,07
4,83	2,04	2,04	3,49	0,54	0,31
9,67	5,4	5,4	5,34	0,73	0,73
12	7,87	7,87	5,16	0,71	0,90

(Sumber: Data Primer, 2024)

Dengan menggunakan persamaan Freundlich, kita dapat menganalisis hubungan antara jumlah adsorpsi dan konsentrasi. Nilai n yang lebih besar dari 1 menunjukkan peningkatan adsorpsi dengan konsentrasi, sedangkan nilai kurang dari 1 menunjukkan hambatan pada konsentrasi tinggi. Analisis ini memberikan pemahaman tentang efektivitas material dalam mengadsorpsi zat yang diuji dan potensi aplikasinya dalam pengolahan zat. Perhitungan Model Isoterm Freundlich ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4 9 Perhitungan Isoterm Freundlich

Freundlinch					
Slope	Intercept	1/n	Kf	R ²	ln kf
0,311	0,4609	3,22	2,89	0,9448	1,06

(Sumber: Data Primer, 2024)

Perhitungan nilai 1/n

$$1/n = \frac{1}{slope}$$

$$1/n = \frac{1}{0,311}$$

$$1/n = 3,22$$

Perhitungan nilai Kf

$$Kf = \text{antilog intercept}$$

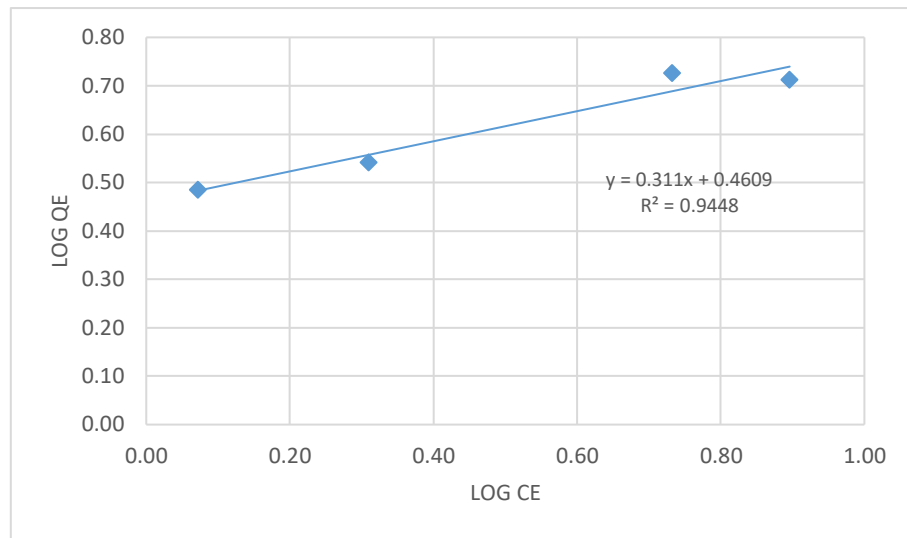
$$Kf = 10^{\text{intercept}}$$

$$Kf = 10^{0,4609}$$

$$Kf = 2,89 \text{ mg/g}$$

Perhitungan isoterm *Freundlich* diatas dengan slope 0,311 menunjukkan adanya hubungan positif antara jumlah adsorpsi dan konsentrasi, di mana jumlah adsorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Intercept 0,4609 mencerminkan nilai konstanta adsorpsi Kf yang mengindikasikan potensi adsorpsi pada konsentrasi rendah. Nilai R² 0,9448 menunjukkan bahwa model ini sangat baik dalam mencocokkan data yang ada, menjelaskan hampir semua variasi dalam proses adsorpsi. Secara keseluruhan, isoterm *Freundlich* ini menunjukkan bahwa material memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, dan analisis ini bermanfaat

untuk memahami seberapa efektif material dalam mengadsorpsi zat tertentu dalam berbagai kondisi. Grafik model Isoterm *Freundlich* ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4 10 Grafik Model Isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa isoterm *Freundlich* merupakan isoterm yang paling sesuai yang dimana isoterm dengan R^2 yang paling mendekati 1 dibandingkan dengan *Langmuir*. Isoterm *Langmuir* lebih mampu menangkap kompleksitas dan sifat fisik dari adsorben seperti serabut kelapa, terutama karena sifat permukaannya yang heterogen dan kemampuannya untuk membentuk multilayer.

4.4 Aplikasi Kondisi Optimum Adsorben pada Air Lindi

Untuk mengetahui seberapa efektif adsorben serabut kelapa untuk menyerap kandungan logam Cd, adsorben serabut kelapa ditambahkan pada sampel air lindi setelah mencapai kondisi optimum variasi massa, variasi pH, dan variasi waktu kontak. Konsentrasi Cd di air lindi memiliki kandungan kadmium (Cd) yang lebih besar dari standar baku mutu Kadar kadmium (Cd) yang terkandung dalam air lindi adalah sebesar 11,9 mg/L. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah yakni sebesar 0,05 mg/L. Aplikasi kondisi optimum adsorben pada air lindi ditunjukkan pada Tabel 4.10

Tabel 4 10 Aplikasi Kondisi Optimum Adsorben pada Air Lindi

Volume	Massa	Co	Ca	Removal (%)
100	40	11,9	1,04	91,26

Sumber: Data primer, 2024

Proses adsorpsi ini dilakukan dengan variasi optimum pH 7, massa 30 mg selama 120 menit dan volume air lindi sebesar 100 mL. Pada tabel terlihat bahwa efisiensi penyisihan kadar Cd pada air lindi hanya sebesar 12,60% dan kapasitas adsorpsi 0,03 mg/g.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.5 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Serabut kelapa yang teraktivasi HNO_3 sebagai adsorben untuk mengadsorpsi larutan buatan Cd 10 ppm memiliki efisiensi penyisihan sebesar 57,76% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,48 mg/g. Aplikasi air lindi dengan variasi optimum yang menggunakan adsorben serabut kelapa teraktivasi memiliki efisiensi penyisihan sebesar 12,60% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,03 mg/g. Rendahnya efisiensi penyisihan ini dikarenakan kandungan logam berat kadmium pada air lindi yang tinggi. (air bukan air lindi)
2. Pengaruh pengoptimalan proses adsorpsi untuk menghilangkan logam berat kadmium dari air lindi dengan variasi optimum pada pH, massa adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi larutan adsorpsi sangat penting. Setiap komponen memiliki dampak yang saling berkaitan pada efektivitas adsorpsi, dan menemukan setting yang ideal untuk masing-masing parameter akan meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan.

4.6 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Metode adsorpsi tidak cukup untuk menurunkan kandungan kadmium, perlu metode pengolahan lain sebelum adsorpsi untuk menurunkan kandungan kadmium yang tinggi dan mempermudah proses adsorpsi yang lebih efisien

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, A. Z. (2023). *Efektivitas Penurunan Kandungan Logam Cu dalam Larutan menggunakan Adsorben Ampas Tebu (Saccharum Officinarum)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Ardila, R. (2018). *Pengelolaan Sampah TPST Piyungan : Potret Bantul , dan Kabupaten Sleman*, 2018, 1–33.
- Arif, M. D., & Mawardi. (2020). Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Terhadap Penyerapan Ion Logam Cr+6 Menggunakan Biomassa Alga Hijau *Mougeotia Sp* yang Diimobilisasi Dengan Natrium Silika. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 9(2), 50–54.
- Bello, O.S., Adegoke, K.A., Fagbenro, S.O., and Lameed, O.S. (2019). Functionalized Coconut Husks for Rhodamine-B Dye Sequestration. *Applied Water Science*. 9: 189. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1051-4>
- Buhani, B., Narsito, N., Nuryono, N., & Kunarti, E. S. (2009). Amino and mercapto-silica hybrid for Cd (II) adsorption in aqueous solution. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(2), 170-176.
- Etim, U.J., Umoren, S.A., and Eduok, U.M. (2016). Coconut Coir Dust as a Low Cost Adsorbent for the Removal of Cationic Dye from Aqueous Solution. *Journal of Saudi Chemical Society*, 20(1): 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.09.014>
- Fahmijal, Lubis, R.Y., dan Sirait, R. (2023). Pembuatan Karbon Aktif dari Sabut Kelapa dengan Aktivasi Menggunakan H₃PO₄ Untuk Adsorpsi Air Gambut. *Journal Online of Physics*, 8(2): 23 – 28. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i2.20677>
- Gandhimathi, R., Durai, N. J., Nidheesh, P. V., Ramesh, S. T., & Kanmani, S. (2013). Use of combined coagulation-adsorption process as pretreatment of landfill leachate. *Iranian journal of environmental health science & engineering*, 10, 1-7.

- Hidayat, E. (2020). Strategi Pengelolaan Sampah Sebagai Upaya Peningkatan Pengelolaan Sampah Di Era Otonomi Daerah. *ASAS: Jurnal Hukum Ekonomi Syariah*, 12(2), 68-79.
- Holle, R. B., Wuntu, A. D., & Sangi, M. S. (2013). Kinetika adsorpsi gas benzena pada karbon aktif tempurung kelapa. *Jurnal MIPA*, 2(2), 100-104.
- Husna, O. L., Hanifah, T. A., & Kartika, G. F. (2015). *Analisis Kandungan Logam Timbal, Kadmium dan Merkuri Dalam Produk Jamu Pegal Linu Yang Beredar Di Kota Pekanbaru* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Ifa, L., Pakala, F. R., Jaya, F., & Majid, R. A. (2020). Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bioadsorben logam berat Pb (II) pada air limbah industri. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(1), 54-60.
- CHALID, L. M. F. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Cu Dan Pb Menggunakan Metode Spektrometer Serapan Atom Pada Tanah Tpa Piyungan, Bantul.
- Mandasari, I., & Purnomo, A. (2016). Penurunan ion besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air dengan serbuk gergaji kayu kamper. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1).
- Maslahat, M., Taufik, A., & Subagja, P. W. (2015). Pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai biosorben untuk adsorpsi logam Pb dan Cd. *Jurnal Sains Natural*, 5(1), 92-100.
- Mentari, A. V., Handika, G., and Maulina, S. (2019). The Comparison of Function Group and Surface Morphology of Activated Carbon from Oil Palm Frond Using Phosporic Acid (H₃PO₄). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1): 16–20. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012023>
- NABILA, A. (2022). Aplikasi Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Timbal (Pb) Dalam Media Air.
- Nafiah, R. (2016). Kinetika adsorpsi Pb (II) dengan adsorben arang aktif dari sabut siwalan. *Jurnal farmasi Sains dan praktis*, 1(2), 28-35.
- Nomor, U. U. (18). tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Kamil, N. S., & Pradana, H. A. (2021). Model Adsorpsi Isoterm Arang Aktif Kulit Kopi pada Penurunan Warna Air Limbah Pengolahan Kopi. *Agrin*, 25(1), 22-35.

- Saef, S. K., AMALIA, V., & SUPRIATNA, A. M. (2022, December). Adsorpsi ion logam Cd (II) oleh selulosa limbah sabut kelapa sebagai adsorben berbiaya murah. In *Gunung Djati Conference Series* (Vol. 15, pp. 60-68).
- Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. (2012). Adsorpsi timbal (II) oleh selulosa limbah jerami padi teraktivasi asam nitrat: pengaruh pH dan waktu kontak. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1(1).
- Sariningtyas, A. P. (2023). *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air Permukaan di Lingkungan Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Piyungan, Kabupaten Bantul* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Silaban, D. S., Sulistyani, S., & Rahardjo, M. (2017). Efektivitas Variasi Dosis Ferri Klorida (FeCl_3) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Air Lindi Tpa Jatibarang Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(1), 438-443.
- Simbolon, L. A., Widarti, B. N., & Sarwono, E. (2022). PEMANFAATAN SABUT KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KONSENTRASI BESI (FE) DAN KROMIUM (CR) AIR LINDI DENGAN VARIASI WAKTU KONTAK DAN KECEPATAN PENGADUKAN MENGGUNAKAN SISTEM BATCH. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1), 12-24.
- Sitinjak, P. D. R., & Husin, A. (2021). Studi Adsorpsi Furfural Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian Termodifikasi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 19-24.
- Sulianto, A. A., Kurniati, E., & Tri Rahmawati, C. (2020). Sebaran Kualitas Air Sumur di Sekitar TPA Randegan Kota Mojokerto Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Sumber Daya Alam*, 7(1), 28-35.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *Info-Teknik*, 12(1), 11-20.
- Tchobanoglous. 1993. *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah

- Widayana, S., Kurniawati, I., & Susilowati, S. (2022). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bioadsorben pada Penurunan Warna Minyak Bekas Penggorengan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2), 10191-10202.
- Widayatno, T. (2017). Adsorpsi logam berat (Pb) dari limbah cair dengan adsorben arang bambu aktif. *Jurnal teknologi bahan alam*, 1(1), 17-23.

LAMPIRAN

Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi pH

Konsentrasi Cd = 10 ppm

Massa Adsorben = 20 mg

Volume Larutan = 20 mL

Waktu = 120 menit

Lampiran 1 Perhitungan Efisiensi Penyisihan Logam Cd pada Variabel Bebas
untuk Mengetahui Kondisi Optimum Adsorben

Tabel Lampiran 1.1 Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi pH

pH	Blanko (mg/L)	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (Qe)
3	5,74	5,64	4,24	24,822695	1,4
5	2,53	4,41	0,27	93,877551	4,14
7	0,98	2,48	-0,03	101,209677	2,51
9	4,14	3,46	0,53	84,6820809	2,93

Keterangan Perhitungan Variasi pH 7

C. Efisiensi Penyisihan (%) =

$$\begin{aligned}
 &= \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100 \\
 &= \frac{2,48 \text{ mg/l} - (-0,03) \text{ mg/l}}{2,48 \text{ mg/l}} \times 100 \\
 &= 101,20 \%
 \end{aligned}$$

D. Kapasitas Adsorpsi (Qe)

$$\begin{aligned}
 &= (C_o - C_a) \times \frac{\text{Volume}}{\text{Massa}} \\
 &= (2,48 \text{ mg/l} - (-0,03) \text{ mg/l}) \times \frac{20 \text{ ml}}{20 \text{ mg}} \\
 &= 2,51 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Perhitungan variasi pH lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Massa

Konsentrasi Cd = 1 ppm

Konsentrasi awal = 2,8 mg/L

Volume Larutan = 25 mL

Waktu = 120 menit

Tabel Lampiran 1.2 Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Massa Adsorben

Massa (mg)	Ca (mg/L)	Pengenceran 10 x	% Removal
20	0,043	0,43	84,6428571
30	0,015	0,15	94,6428571
40	-0,001	-0,01	100,357143
50	0,004	0,04	98,5714286

Keterangan Perhitungan Massa Adsorben 40 mg

$$\begin{aligned} \text{E. Efisiensi Penyisihan (\%)} &= \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100 \\ &= \frac{2,8 \text{ mg/l} - (-0,01) \text{ mg/l}}{2,8 \text{ mg/l}} \times 100 \\ &= 100,35 \% \end{aligned}$$

Perhitungan variasi massa lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Waktu Kontak

Konsentrasi Cd = 10 ppm

Co = 4,83 mg/l

Massa Adsorben = 40 mg

Volume Larutan = 25 ml

Tabel Lampiran 1.3 Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Waktu Kontak

Waktu (menit)	Ca (mg/L)	Pengenceran 10 x	% Removal
5	0,148	1,48	69,3581781
10	0,15	1,5	68,9440994
20	0,149	1,49	69,1511387
30	0,075	0,75	84,4720497
60	0,066	0,66	86,3354037
120	0,141	1,41	70,8074534
13.00-09.30	0,178	1,78	63,1469979

Keterangan Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Waktu Kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{F. Efisiensi Penyisihan (\%)} &= \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100 \\ &= \frac{4,83 \text{ mg/l} - 1,41 \text{ mg/l}}{4,83 \text{ mg/l}} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 70,80 \%$$

Perhitungan variasi waktu kontak lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi Cd = 10 ppm

Massa Adsorben = 20 mg

Volume Larutan = 25 mL

Waktu = 120 menit

Tabel Lampiran 1.4 Perhitungan Efisiensi Penyisihan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal %	Qe (mg/g)
5	3,63	1,18	67,4931129	3,0625
10	4,83	2,04	57,7639752	3,4875
20	9,67	5,4	44,1571872	5,3375
25	12	7,87	34,4166667	5,1625

Keterangan Perhitungan Variasi Konsentrasi 5 ppm

G. Efisiensi Penyisihan (%) =

$$\begin{aligned}
 &= \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100 \\
 &= \frac{3,63 \text{ mg/l} - 1,18 \text{ mg/l}}{3,63 \text{ mg/l}} \times 100 \\
 &= 67,49 \%
 \end{aligned}$$

H. Kapasitas Adsorpsi (Qe)

$$\begin{aligned}
 &= (C_o - C_a) \times \frac{\text{Volume}}{\text{Massa}} \\
 &= (3,63 \text{ mg/l} - 1,18 \text{ mg/l}) \times \frac{25 \text{ ml}}{20 \text{ mg}} \\
 &= 3,06 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Perhitungan variasi konsentrasi lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Lampiran 2 Perhitungan Isoterm Adsorpsi

Lampiran 2 Perhitungan Isoterm Adsorpsi

Tabel 2.1 Perhitungan Isoterm *Langmuir*

Langmuir				
Slope	Intercept	Q max (mg/g)	K _L	R ²
0,2024	0,1651	6,06	0,82	0,9409

Perhitungan nilai Q_{max}

$$Q_{\max} = \frac{1}{\text{slope}}$$

$$Q_{\max} = \frac{1}{0,2024}$$

$$Q_{\max} = 6,06 \text{ mg/g}$$

Perhitungan nilai K_L

$$K_L = 1 \frac{\text{slope}}{Q_{\max}}$$

$$K_L = 1 \frac{0,2024}{6,06}$$

$$K_L = 0,82 \text{ 1/mg}$$

Tabel 2.2 Perhitungan isoterm *Freundlich*

Freundlinch					
Slope	Intercept	1/n	Kf	R ₂	LN kf
0,311	0,4609	3,22	2,89	0,9448	1,06

Perhitungan nilai 1/n

$$1/n = \frac{1}{\text{slope}}$$

$$1/n = \frac{1}{0,311}$$

$$1/n = 3,22$$

Perhitungan nilai Kf

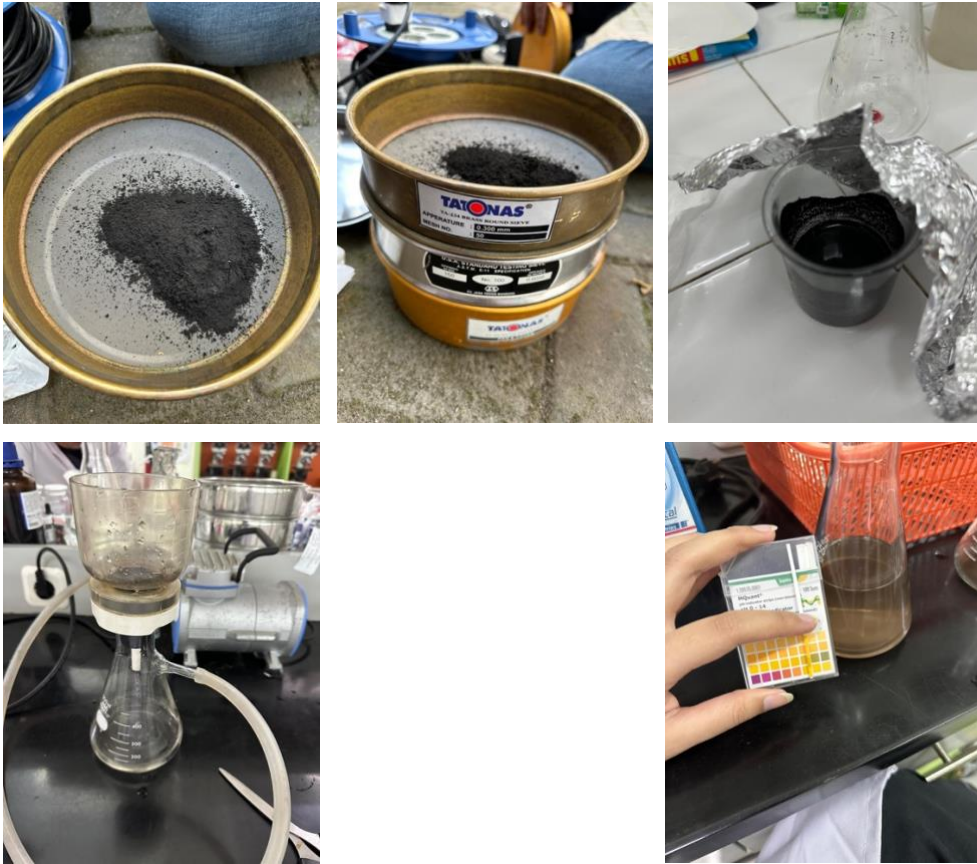
$$K_f = \text{antilog intercept}$$

$$K_f = 10^{\text{intercept}}$$

$$K_f = 10^{0,4609}$$

$$K_f = 2,89 \text{ mg/g}$$

Dokumentasi Variasi



Lampiran 3 Dokumentasi Pembuatan Adsorben



Lampiran 4 Dokumentasi Variasi Massa



Lampiran 5 Dokumentasi Variasi pH



Lampiran 6 Dokumentasi Variasi Waktu Kontak



Lampiran 7 Dokumentasi Variasi Konsentrasi



Lampiran 8 Dokumentasi Aplikasi Air Lindi

RIWAYAT HIDUP

Nama saya Armina Amelinda Dewanti lahir pada tanggal 14 Februari 2002 di Pekalongan. Saya merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Setyadji R.S dan Ibu Haryati D.M. Saya berpendidikan di SDN 3 Bandar, di SMPN 1 Bandar saya mengikuti ekstrakurikuler PKS dan pramuka, dan SMAN 1 Bandar saya mengikuti ekstrakurikuler cinematography, basket, pramuka dan mengikuti prakibra. Setelah lulus saya berkuliah di jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Beberapa kepanitiaan yang saya ikuti saat kuliah yaitu Enviro Champions dan Lintang Lingkungan. Selain itu saya melakukan kerja praktik di PLTA Indonesia Power di Banjarnegara. Dengan pengalaman ini, saya berharap menjadi individu yang bermanfaat bagi orang lain.