ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF DARI KELOPAK JANTUNG PISANG TERAKTIVASI KOH

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia

Disusun oleh:

ADHE NUR ASYIAH ZAMZAM

2108036044

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adhe Nur Asyiah Zamzam

NIM : 2108036044

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF DARI KELOPAK JANTUNG PISANG TERAKTIVASI KOH

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya.

Semarang, 30 Juni 2025
Pembuat pernyataan,



Adhe Nur Asyiah Zamzam
NIM. 2108036044

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah Skripsi berikut ini:

Judul :**Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Kelopak Jantung Pisang Teraktivasi KOH**

Penulis : Adhe Nur Asyiah Zamzam

NIM : 2108036044

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqasyah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu kimia.

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang	Sekretaris Sidang
Deni Ebit Nugroho, S.Si., M.Pd	**Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M.Si.**
NIP: 198507202019031007	NIP. 197407162009122001
Penguji I	Penguji II
Dr. Eng. Anissa Adiwena Putri M.Sc	**Wirda Udaibah, M.Si**
NIP. 198504052011012015	NIP. 198501042009122003

Pembimbing

Deni Ebit Nugroho, S.Si., M.Pd
NIP: 198507202019031007

NOTA DINAS

Semarang, 30 Juni 2025

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikum. wr. wb.

Dengan ini memberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul :**ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF DARI KELOPAK JANTUNG PISANG TERAKTIVASI KOH**

Penulis : Adhe Nur Asyiah Zamzam

NIM : 2108036044

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum. wr. wb.

Pembimbing,

Deni Ebit Nugroho, S.Si., M.Pd.

NIP:198507202019031007

ABSTRAK

Pencemaran logam berat, khususnya ion logam Pb(II), di lingkungan perairan merupakan permasalahan yang serius mengingat sifat toksiknya yang dapat mengganggu kesehatan manusia serta merusak ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arang aktif kelopak jantung pisang teraktivasi KOH sebagai bahan adsorben, mengevaluasi kondisi optimum adsorpsi ion logam Pb(II), serta menganalisis kinetika proses adsorpsi yang terjadi. Proses penelitian meliputi pembuatan arang aktif melalui tahapan karbonisasi dan aktivasi, dilanjutkan dengan karakterisasi sifat fisik dan kimia adsorben menggunakan analisis kadar air, abu, zat mudah menguap, karbon tetap, dayar serap iod, serta instrumen FTIR dan SEM untuk mengidentifikasi gugus fungsi serta untuk mengamati morfologi permukaan. Pengujian adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan pH dan waktu kontak, kemudian ditentukan kinetika adsorpsi menggunakan model pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Berdasarkan hasil Karakteristik arang dari kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi uji kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon tetap telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Meskipun demikian, daya serap iod dari arang yang telah diaktivasi masih berada di bawah standar SNI 06-3730-1995, yaitu sebesar 710,695 mg/g. Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsional seperti –OH, C-H, C=C, dan C–O. Selain itu, dari analisis morfologi permukaan menggunakan SEM menunjukkan arang teraktivasi memiliki permukaan yang lebih berpori. Kondisi optimum adsorpsi terjadi pada pH 4 dan waktu kontak 120 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 6,17 mg/g. Hasil analisis kinetika menunjukkan bahwa adsorpsi ion Pb(II) menggunakan arang aktif kelopak jantung pisang mengikuti model pseudo orde dua dengan k = 0,02 $g.mg^{1}.menit^{-1}$ dan q_e = 6,04 mg/g.

Kata kunci : Adsorpsi, Pb(II), Arang Aktif, Jantung Pisang, Pseudo Orde Dua

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang tak terhingga penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya dengan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya semata, penulis senantiasa diberi kekuatan, kesabaran, serta kemudahan dalam menjalani setiap tahapan proses penyusunan karya ilmiah ini. Segala bentuk cobaan, hambatan, dan tantangan yang hadir selama proses penyusunan skripsi ini pada akhirnya dapat terlewati berkat izin dan kehendak-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan alam, Nabi Muhammad SAW, suri teladan terbaik umat manusia, yang telah menuntun umat Islam dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang penuh ilmu dan hikmah. Beliau adalah panutan sejati dalam segala aspek kehidupan, dan ajaran-ajarannya menjadi inspirasi besar bagi umat Islam di seluruh dunia, termasuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Syukur Alhamdulillah atas Kehendak Allah SWT penulis senantiasa diberikan kemudahan dan kelancaran untuk menyelesaikan skripsi yang merupakan syarat untuk menjadi sarjana sarjana sains ilmu kimia di UIN Walisongo Semarang, Fakultas Sains dan Teknologi dengan skripsi yang berjudul "Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Kelopak Jantung Pisang Teraktivasi Koh".

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan karya tulis ini masih terdapat banyak kekurangan, baik dari segi isi, struktur, maupun penulisan. Hal ini tak lepas dari keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis serta tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dukungan, serta doa. Oleh karena itu Selanjutnya Saya mengucapkan terimakasih sebesar besarnya melalui kesempatan ini menyampaikan rasa hormat kepada:

1. Prof. Dr. H. Nizar Ali, M.Ag selaku PLT Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Mulyatun, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia
4. Almarhumah Dyah Fitasari, M.Si selaku dosen pembimbing pertama yang sudah memberikan inspirasi dan dukungan nya kepada penulis.
5. Deni Ebit Nugroho M.Pd selaku dosen pembimbing yang sudah sabar membimbing dan menemani serta memberikan arahan juga dukungannnya kepada penulis.
6. Ana Mardliyah, M.Si. selaku dosen wali yang sudah menyemangati dan memberikan dukungan selama penulis berkuliah.
7. Segenap Dosen, Pegawai, dan Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo

Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah.

8. Kedua Orang tua penulis yang sangat penulis cintai Bapak Asep Nur Fata Hermawan dan Ibu Debby Rosana yang selama ini telah banyak berkorban dari mulai materi, waktu, tenaga, peluh keringat serta selalu menyemangati penulis hingga dapat kuat untuk menyelesaikan skripsi ini dan selalu menemani di kondisi apapun.
9. Saudari kandung penulis satu-satunya Dhea Amalia Sholihah yang sudah memberikan dukungan dan motivasinya selama penulis menyelesaikan skripsinya.
10. Sahabat terbaik penulis Mei Ega Yovida, Pratiwi Eka Cahyani dan Edelweis yang sudah menemani penulis dari awal semester, yang selalu memberikan dukungan, memberikan motivasi dan menghibur serta mendengarkan keluh kesah penulis
11. Teman-teman kelas Kimia 21B dan teman-teman seperjuangan Kimia 2021 yang senantiasa memberikan semangat satu sama lain.
12. Teman-teman seperjuangan Mahad Uin Walisongo Semarang yang telah memberikan dukungan dan juga doa.
13. Teman seperjuangan dalam membantu penulisan skripsi penulis ananda Mahanis Azzahro, Esa Miftahul Izar, Rega Raif Setiawan dan Dimas Rizqi Fajar, S.Si

14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan susunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu
15. Saya mempersembahkan karya ini untuk diri saya sendiri, sebagai bentuk penghargaan atas perjuangan, ketekunan, dan semangat yang tidak pernah padam dalam menghadapi setiap tantangan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah bertahan sejauh ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga karya tulis ini dapat diterima dengan baik dan memberikan kontribusi yang positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah menjadi bagian penting dalam proses penyusunan karya ini.

Semarang, 01 Juni 2025

Penulis

Adhe Nur Asyiah Zamzam

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
NOTA DINAS ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 7
C. Tujuan Penelitian 7
D. Manfaat Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
A. Landasan Teori 8
B. Kajian Riset Yang Relavan 32
C. Hipotesis 36
BAB III METODE PENELITIAN **37**
A. Waktu dan tempat 37
B. Alat dan Bahan 37
C. Prosedur Kerja 38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **48**
A. Krakterisasi Adsorben 50
B. Optimasi Kondisi Adsorpsi 61
C. Kinetika Adsorpsi 68
BAB V PENUTUP **71**

A. KESIMPULAN 71
B. SARAN 72
DAFTAR PUSTAKA 73
LAMPIRAN 84
RIWAYAT HIDUP 108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik SpesiasiIon Logam Pb(II) (Martina et al., 2016) 15
Gambar 2. 2 Jantung Pisang (Tarigan,2016) 24
Gambar 2. 3 Penampang Alat FTIR (Gunawan et al., 2010) .. 27
Gambar 2. 4 Penampang Alat Scanning Electron Microscope (SEM) (B.J. Inkson, 2016) 29
Gambar 2. 5 Penampang Alat AAS (Djunaidi, 2018) 30
Gambar 4. 1 Arang Sebelum Aktivasi 50
Gambar 4. 2 Arang Sesudah Aktivasi 50
Gambar 4. 3 (a)Spektrum FTIR arang kelopak jantung pisang sebelum aktivasi dan (b)Spektrum FTIR arang kelopak jantung pisang sesudah aktivasi 56
Gambar 4. 4 Arang Kelopak Jantung Pisang Pembesaran 5000× 59
Gambar 4. 5 Arang Aktif Kelopak Jantung Pisang Pembesaran 5000× 59
Gambar 4. 6 Pengaruh pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi 63
Gambar 4. 7 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi 66
Gambar 4. 8 Persamaan Kinetika Pseudo Orde Satu 68
Gambar 4. 9 Persamaan Kinetika Pseudo Orde Dua 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 SNI Arang Aktif 06-3730-1995 (Fasya, A, Z, & Fadila, 2017) 18
Tabel 4. 1 Kadar Air 51
Tabel 4. 2 Kadar Abu 52
Tabel 4. 3 Kadar Zat Menguap 53
Tabel 4. 4 Kadar Karbon Tetap 54
Tabel 4. 5 Daya Serap Iodin 55

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagai substansi alami di permukaan bumi, air sangat bermanfaat untuk kesehatan manusia, seperti mengatur proses metabolisme, mengangkut nutrisi serta menjaga suhu tubuh. Meskipun demikian, beberapa wilayah indonesia mengalami kekurangan air bersih akibat pencemaran oleh logam berat. Pencemaran ini dapat berdampak serius pada ekosistem. Logam berat dalam limbah cair sangat beracun dan bisa merusak lingkungan secara serius (Pratomo et al., 2017). Beberapa Logam berat yang mencemari serta berbahaya bagi lingkungan adalah Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr) dan Nikel (Ni). Logam berat biasanya beracun bagi makhluk hidup, meski sedikit jumlahnya bisa penting. Mereka masuk ke lingkungan terutama melalui udara, makanan, dan air. Logam berat tersebut berpotensi menyebar ke berbagai organ tubuh manusia dan dalam beberapa kasus dapat terakumulasi secara progresif. Akumulasi paparan terus-menerus dapat mencapai konsentrasi berbahaya dan memengaruhi kesehatan manusia di masa depan (Rochyatun & Rozak, 2010).

Kerusakan alam akibat ulah manusia, sebagaimana firman Allah dalam Al-Qur'an, dijelaskan pada Q.S Ar-rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ اَيْدِى النَّاسِ لِيُذِيْقَهُمْ بَعْضَ الَّذِىْ عَمِلُوْا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُوْنَ

Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)."

Kerusakan di bumi akibat ulah manusia, sesuai dengan Surat Ar-Rum ayat 41. Manusia harus mengelola dan mempergunakan sumber daya alam secara bijak untuk keuntungan yang optimal. Pencemaran air kini menjadi bentuk kerusakan lingkungan yang sering ditemukan. Pencemaran air merupakan contoh nyata degradasi lingkungan yang disebabkan oleh masuknya zat pencemar ke dalam badan air, seperti sungai, sehingga mengubah kondisi fisika dan kimia air tersebut serta mengganggu keseimbangan ekosistem perairan (Merliyana, 2017).

Limbah logam berat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, membahayakan ekosistem dan kesehatan manusia. Salah satu logam berat paling berbahaya adalah timbal (Pb), khususnya dalam bentuk ion Pb(II). Ion Pb(II) dikenal bersifat toksik, sulit terdegradasi

secara alami, dan dapat terakumulasi dalam jaringan makhluk hidup, sehingga menimbulkan efek kronis seperti gangguan sistem saraf, kerusakan ginjal, dan gangguan pada sistem reproduksi. Keberadaan ion logam Pb(II) dalam lingkungan perairan sering kali berasal dari limbah industri baterai, pertambangan, cat, industri logam, serta pembuangan limbah rumah tangga yang tidak terkontrol. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. P.68/MENLHK/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang baku mutu air limbah, konsentrasi maksimum timbal (Pb) yang diperbolehkan adalah 0,1 mg/L. Apabila konsentrasi timbal dalam air limbah melebihi ambang batas tersebut, maka berpotensi mencemari air permukaan, tanah, dan organisme akuatik, serta membahayakan kesehatan manusia secara langsung maupun tidak langsung melalui rantai makanan. (Boskabady et al., 2018).

Kesadaran tentang pengendalian limbah berbahaya meningkatkan pengembangan metode penghilangan logam berat, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, filtrasi membran, elektrolisis, dan adsorpsi. Adsorpsi menjadi pilihan utama karena dinilai lebih ekonomis, efisien, dan ramah lingkungan. Adsorpsi memiliki keunggulan dalam hal kemampuan regenerasi adsorben, kemudahan pengoperasian, serta efektivitas dalam menghilangkan

kontaminan logam berat meskipun dalam konsentrasi rendah (Sopiah, 2017).

Adsorpsi adalah proses penyerapan partikel terlarut ke permukaan zat padat (adsorben), dan sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan kimia dari adsorben tersebut, termasuk struktur pori, luas permukaan, serta keberadaan gugus fungsional aktif (Cundari et al., 2019). Oleh karena itu, pemilihan dan modifikasi bahan adsorben menjadi aspek penting untuk meningkatkan kinerja adsorpsi. Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian ilmuwan mulai beralih pada pengembangan adsorben berbasis biomassa limbah pertanian, yang tidak hanya berbiaya rendah, tetapi juga berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Sebagai limbah pertanian, kelopak jantung pisang memiliki potensi besar namun kurang dimanfaatkan. Bagian ini, yang berwarna ungu kecokelatan, biasanya dibuang begitu saja (Astija & Djaswintari, 2020). Dengan kandungan lignoselulosa dan karbon yang tinggi, bagian ini berpotensi menjadi bahan dasar arang aktif (prithivirajan et al. 2020). Menurut Herawati (2018) pemanfaatan jantung pisang sebagai bahan baku adsorben memiliki potensi karena selain tersedia melimpah juga dapat ditemukan dengan mudah. Penelitian yang dilakukan herawati dalam pemanfatannya dalam menggunkan jantung pisang sebagai

adsorpsi fluidasi zat warna ini, mendapatkan hasil yang baik terhadap jantung pisang yang digunakan sebagai bio-adsorben. Pemanfaatan jantung pisang ini dapat diaplikasikan sebagai adsorben tidak hanya untuk mengurangi limbah industri tekstil tapi juga dapat digunakan untuk mengurangi limbah cair dengan adsorben karbon aktif.

Guna meningkatkan daya adsorpsi, bahan karbon dari kelopak jantung pisang butuh aktivasi. Aktivasi kimia dengan kalium hidroksida (KOH) adalah metode yang paling efektif. Proses ini dapat meningkatkan luas permukaan spesifik, membuka struktur pori, dan menambahkan gugus fungsional aktif pada permukaan karbon, sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi terhadap ion logam berat (Siregar et al., 2015). Setiawati & Suroto (2010) menyebutkan bahwa aktivasi kimia menggunakan KOH mampu mengubah struktur internal arang menjadi lebih poros, yang dimana hal ini sangat penting dalam proses penyerapan.

Penelitian ini memiliki unsur keterbaruan yaitu dengan memanfaatkan kelopak jantung pisang bagian limbah pertanian yang belum banyak digunakan secara luas sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif untuk adsorpsi ion logam berat Pb(II). Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan bagian batang atau

kulit pisang, penelitian ini secara spesifik mengolah bagian kelopak jantung pisang yang diaktivasi menggunakan KOH. Kombinasi bahan baku dan metode aktivasi ini menjadikan penelitian ini sebagai pendekatan baru dalam pengembangan bioadsorben ramah lingkungan untuk pengolahan limbah logam berat.

Dengan merujuk pada latar belakang yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi potensi arang aktif berbahan dasar kelopak jantung pisang yang telah diaktivasi menggunakan KOH sebagai adsorben dalam proses penyerapan ion logam Pb(II) dari larutan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan adsorben alternatif yang bersifat ramah lingkungan serta memiliki aplikasi yang efektif dalam pengolahan air limbah yang tercemar logam berat. Penggunaan kelopak jantung pisang sebagai bahan baku arang aktif dalam penelitian ini merupakan pendekatan yang relatif baru, mengingat limbah pertanian ini masih jarang dimanfaatkan sebagai adsorben dalam pengolahan ion logam berat.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik arang kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi ?
2. Bagaimana kondisi optimum arang aktif dari kelopak jantung pisang teraktivasi KOH dalam mengadsorpsi ion logam Pb(II)?
3. Bagaimana kinetika adsorpsi pada ion logam Pb(II) menggunakan arang aktif kelopak jantung pisang ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik arang kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi.
2. Untuk mengetahui kondisi optimum arang aktif dari kelopak jantung pisang teraktivasi KOH dalam mengadsorpsi ion logam Pb(II).
3. Untuk mengetahui kinetika adsorpsi pada ion logam Pb(II) menggunakan arang aktif kelopak jantung pisang.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Menawarkan solusi terkait pengolahan limbah timbal (Pb) guna meminimalkan pencemaran lingkungan.
2. Menyajikan informasi terkait penggunaan jantung pisang sebagai penyerap dalam upaya mengurangi ion timbal (Pb).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Adsorpsi

Proses adsorpsi terjadi ketika molekul dalam fase cair atau gas berinteraksi dengan permukaan padat, melalui gaya tarik-menarik yang menutupi permukaan tersebut. Besarnya adsorpsi dipengaruhi oleh karakteristik pori adsorben, termasuk jumlah dan jenisnya. Adsorbat itu yang diserap, sementara adsorben adalah media penyerapnya (Cundari et al., 2019). Sebagai solusi pencemaran lingkungan, metode adsorpsi menawarkan beragam keunggulan, antara lain proses yang relatif sederhana, biaya operasional yang rendah, kemampuan adsorben untuk diregenerasi, serta tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi (Sopiah, 2017).

Ada dua jenis utama adsorpsi fisika dan kimia. Adsorpsi fisika merupakan proses penyerapan yang terjadi akibat gaya tarik-menarik lemah, seperti gaya Van der Waals, antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben. Interaksi ini tidak menyebabkan terbentuknya ikatan kimia dan umumnya bersifat reversibel, sehingga molekul adsorbat dapat dengan mudah dilepaskan kembali dari permukaan adsorben. Sebaliknya, pada adsorpsi kimia, proses penyerapan melibatkan

pembentukan ikatan kimia antara adsorbat dan adsorben, baik dalam bentuk ikatan kovalen maupun ionik. Karena ikatan yang terbentuk bersifat lebih kuat, proses ini bersifat irreversibel, sehingga adsorbat sulit terlepas dari permukaan adsorben (Cundari et al., 2019).

Secara umum, kinerja proses adsorpsi dipengaruhi oleh berbagai faktor (Rengga et al., 2020), antara lain:

a. Luas permukaan, kapasitas adsorpsi suatu material akan semakin besar jika luas permukaan adsorben yang tersedia semakin tinggi. Luas permukaan ini sangat ditentukan oleh ukuran partikel serta jumlah adsorben yang digunakan.
b. Jenis adsorbat, sifat molekul adsorbat, seperti polarisabilitas, berperan penting dalam menentukan tingkat penyerapan. Molekul polar cenderung memiliki interaksi yang lebih kuat dibandingkan molekul non-polar. Selain itu, molekul dengan massa relatif lebih besar biasanya lebih mudah diadsorpsi. Struktur molekul juga turut memengaruhi, misalnya molekul dengan rantai bercabang umumnya lebih mudah terikat dibandingkan molekul dengan struktur rantai lurus.
c. Struktur molekul adsorbat, karakteristik fisik dan kimia dari molekul, seperti ukuran, polaritas, serta gugus fungsional, sangat menentukan keberhasilan

adsorpsi. Kesesuaian antara struktur molekul adsorbat dengan sifat permukaan adsorben akan meningkatkan efisiensi penyerapan.

d. Konsentrasi adsorbat, peningkatan konsentrasi adsorbat dalam larutan akan menambah jumlah molekul yang berinteraksi dengan permukaan adsorben sehingga jumlah zat yang terikat juga meningkat.
e. Suhu, perlakuan termal pada adsorben dapat memperluas pori-pori dan meningkatkan kapasitas penyerapan. Namun, jika suhu pemanasan terlalu tinggi, struktur pori dapat rusak sehingga efektivitas adsorpsi menurun.
f. pH larutan, nilai pH sangat berpengaruh karena dapat memengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi di permukaan adsorben, serta kompetisi antar ion dalam memperebutkan situs aktif.
g. Kecepatan pengadukan, pengadukan yang terlalu lambat menyebabkan perpindahan massa menuju permukaan adsorben kurang maksimal, sedangkan pengadukan yang terlalu cepat bisa merusak struktur fisik adsorben. Oleh karena itu, diperlukan kecepatan pengadukan yang optimal agar proses adsorpsi berlangsung efektif.

h. Waktu kontak, durasi interaksi antara adsorben dan adsorbat perlu diperhatikan. Waktu kontak yang cukup memungkinkan tercapainya kapasitas adsorpsi maksimum, yaitu saat sistem telah berada dalam kondisi kesetimbangan (Rengga et al., 2020).

2. Kinetika Adsorpsi

Persamaan pseudo orde satu dan pseudo orde dua adalah model kinetika adsorpsi paling umum untuk menentukan konstanta dan durasi adsorpsi (Fitriani & Fadli, 2016).

1. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama

Setiap reaktan mengikuti hukum laju orde pertama, seperti ditunjukkan oleh persamaan ini q_e dan q_t yang ditunjukan pada Persamaan 2.1 (Sagita et al., 2021).

$$\frac{dq}{d_t} = k_1 (qe\text{-}q_t) \qquad (2.1)$$

Dengan q_e adalah jumlah ion logam divalen yang teradsorpsi pada kondisi kesetimbangan (mg/g). Sedangkan q_t adalah jumlah ion logam divalen yang teradsorpsi pada waktu (t). Adapun k_1 menyatakan konstanta laju adsorpsi berdasarkan model kinetika pseudo-orde satu dengan satuan menit^{-1}.

Integrasi persamaan sebelumnya, dengan kondisi batas t=0 sampai t=t dan $q_t=q_t$ akan menghasilkan Persamaan 2.2 (Sagita et al., 2021).

$$\ln(q_e-q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2.2)$$

$$2{,}303 \log (q_e-q_t) = 2{,}303 \log q_e - k_1 t \quad (2.3)$$

$$\log (q_e-q_t) = \log q_e - \frac{k_1 t}{2{,}303} \quad (2.4)$$

Persamaan linear log (q_e-q_t) terhadap t akan digunakan untuk mendapatkan konstanta k_1 sesuai pada Persamaan 2.4 (Sagita et al., 2021).

2. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua

Berikut adalah persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde kedua secara umum ditunjukkan pada Persamaan 2.5 (Said & Widiastuti, 2008).

$$\frac{dq}{d_t} = k_2 (q_e-q_t)^2 \quad (2.5)$$

Dengan q_e merupakan jumlah ion logam divalen yang teradsorpsi pada kondisi kesetimbangan (mg/g), sedangkan q_t adalah jumlah ion logam divalen yang teradsorpsi pada waktu (t). Sementara itu, k_2 merupakan konstanta laju

adsorpsi berdasarkan model kinetika pseudo-orde dua dengan satuan g·mg^{-1}·menit^{-1}.

Integrasi menghasilkan persamaan linear dengan kondisi batas $q_t = 0$ pada t=0 dan $q_t = q_t$ pada t=t yang dapat dilihat pada Persamaan 2.6 (Said & Widiastuti, 2008).

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{e^2}} + \frac{1}{q_e} t \qquad (2.6)$$

Dengan q_t merupakan jumlah ion logam yang teradsorpsi pada waktu (t), sedangkan q_e adalah jumlah ion yang teradsorpsi pada kondisi kesetimbangan (mg/g). Adapun k_2 merupakan konstanta laju adsorpsi pseudo-orde dua dengan satuan g·mg^{-1}·menit^{-1}, yang ditentukan dari pembentukan plot antara $\frac{t}{q_t}$ terhadap t

3. Logam Pb

Logam berat umumnya dikelompokkan menjadi esensial dan non-esensial. Jenis non-esensial (kadmium, timbal, merkuri) bersifat toksik dan dapat membahayakan kesehatan manusia, bahkan pada dosis rendah dan paparan yang lama. Sebaliknya, logam esensial seperti mangan, tembaga, dan nikel memiliki peranan penting dalam berbagai proses biologis (Irhamni et al., 2017).

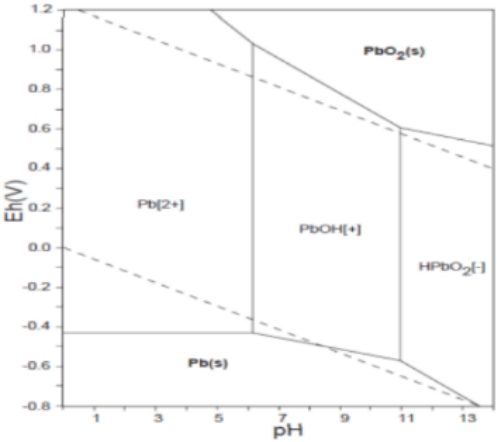
Sebagai logam berat yang sangat berbahaya meski konsentrasinya rendah, timbal (Pb) bisa berdampak buruk pada organ seperti ginjal, hati, sistem pencernaan, dan saraf pusat. Timbal juga dapat memicu anemia, hepatitis, serta sindrom nefritik (Abou El-Maaty, 2014). Aktivitas industri seperti pelapisan logam, pertambangan, serta berbagai proses industri lainnya merupakan salah satu sumber utama pencemaran air oleh logam timbal (Pb). Di sektor industri, logam Pb sering digunakan dalam produksi kabel telepon, baterai, cat, pengkilap keramik, bahan tahan api, dan bahan bakar kendaraan (Rahmi & Sajidah, 2017).

Baik dari alam maupun aktivitas industri, logam timbal (Pb) memiliki toksisitas tinggi terhadap manusia. khususnya pada anak-anak. Keracunan Pb dapat memicu gejala seperti kram usus dan kelelahan, serta menimbulkan efek nefrotoksik dan neurotoksik. Akumulasi Pb dalam tubuh berpotensi merusak berbagai organ vital (Kamarati et al., 2018). Manusia terkena timbal (Pb) bisa menurunkan masa hidup eritrosit. Pada anak-anak, mengalami kenaikan kadar Pb dalam darah berpotensi menimbulkan risiko gangguan fungsi otak (Boskabady et al., 2018).

Laju pertumbuhan organisme dapat terganggu akibat toksisitas logam berat timbal (Pb). Penumpukan Pb

di dalam tubuh berpotensi merusak sistem metabolisme dan menghambat kerja enzim, yang pada akhirnya mengakibatkan penghentian proses pertumbuhan (Yulaipi & Aunurohim, 2013). Menurut Sudarwin (2008), Paparan timbal (Pb) dalam jumlah toksik dapat memicu berbagai efek merugikan terhadap kesehatan, termasuk munculnya halusinasi, kelainan perkembangan janin selama masa kehamilan, serta disfungsi pada kelenjar tiroid.

2.1 Spesiasi pH pada Ion Logam Pb(II)



Gambar 2. 1 Grafik SpesiasiIon Logam Pb(II) (Martina et al., 2016)

Grafik spesiasi ion logam Pb(II) dapat dilihat pada Gambar 2.1 hal menjelaskan efektivitas adsorpsi logam berat dari air sangat dipengaruhi oleh nilai pH larutan. Ion logam Pb(II) dapat teradsorpsi maksimal

pada kondisi larutan yang bersifat asam, yaitu pada kisaran pH 1 hingga 6 (Jiang et al., 2012). Spesies dominan dari ion Pb(II) umumnya stabil pada pH antara 3 sampai 5, namun pada pH sekitar 6, mulai terjadi perubahan bentuk spesies, yang ditandai dengan munculnya endapan $Pb(OH)_2$ (Issabayeva et al., 2006). El-Wakil et al (2014) juga menyampaikan bahwa pada pH di atas 6, diagram spesiasi menunjukkan terbentuknya spesies kompleks seperti $[Pb(OH)]^+$, $[Pb_3(OH)_4]^{+,}$ dan $[Pb(OH)_2]$.

4. Adsorben

Adsorben adalah material padat yang mampu menarik dan mengikat partikel atau molekul dari fase fluida, baik berupa gas maupun cairan, melalui mekanisme fisik maupun kimia (Sugiarti et al., 2017). Sebagai zat padat, adsorben dapat menarik partikel dari fase cair selama proses adsorpsi. Adsorben perlu dipilih sesuai karakteristik zat yang diadsorpsi sebab memiliki keunikan dan pori besar (Suarya, 2008).

Adsorpsi terjadi pada dinding pori adsorben yang sangat kecil, sebab adsorben pada umumnya berpori (Alfarisi, 2017). Penyerapan adsorben dipengaruhi oleh volume dan luas permukaan spesifiknya. Ciri adsorben yang baik adalah:

1. Kapasitas penyerapan adsorben berbanding lurus dengan luas permukaannya.
2. Baik dalam adsorpsi maupun desorpsi, volume tetap konstan.
3. Adsorben murni memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih baik
4. Adanya gugus fungsi atau jenis atom pada permukaan adsorben (Ginting, 2008).

5. Arang Aktif

Arang aktif biasanya granular atau serbuk dan merupakan padatan dengan pori dengan kandungan karbon 80-90% yang diperoleh dari bahan dengan kandungan karbon tinggi melalui peleburan pada suhu tinggi (Nafi'ah, 2016). Struktur dasar arang aktif menyerupai grafit murni, yang terdiri dari lapisan heksagonal atom karbon. Lapisan ini memiliki konfigurasi yang serupa dengan cincin aromatik pada senyawa organik, sehingga memberikan karakteristik struktural khas yang berkontribusi terhadap sifat adsorptif arang aktif. Arang aktif dicirikan oleh struktur berporinya yang punya luas permukaan spesifik antara 300 hingga 2000 m^2/gram, berfungsi secara efektif sebagai material adsorben (Salamah, 2008). Arang aktif memiliki standar nasional pada syarat mutu arang ktif yang terdapat pada SNI No. 06-3730-1995 ditunjukan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 SNI Arang Aktif 06-3730-1995 (Fasya, A, Z, & Fadila, 2017)

Jenis uji	Butiran	Padatan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	Max. 15%	Max. 25%
Takaran Air	Max. 4,4 %	Max. 15%
Takaran Abu	Max. 2,5%	Max. 10%
Fixed Karbon	Min. 80%	Min. 65%
Daya serap pada I_2	Min. 750 mg/g	Min. 750 mg/g
Daya serap metilen biru	Min 120 mg/g	Min 120 mg/g

Ada dua pengaplikasian arang aktif, yaitu penyerap uap dan pemutih. Arang aktif digunakan sebagai pemutih dalam larutan air (bubuk tunggal, diameter pori maks. 1000 Å) untuk menghilangkan zat berbahaya. Sementara itu, arang aktif penyerap uap (butiran/pelet, fase gas, dengan pori-pori 10-200 Å) berperan dalam pemurnian, katalisis, pemisahan, dan pemurnian gas (Sembiring & Sinaga, 2003).

Berbagai faktor yang berdampak pada produksi arang aktif termasuk:

a. Bahan Baku

Pembuatan arang aktif biasanya menggunakan material organik kaya karbon sebagai bahan dasar. Agar efektif membentuk pori saat aktivasi, bahan baku harus punya kandungan karbon tinggi dan anorganik rendah, serta rendemen dan kekuatan yang baik, serta kandungan volatil yang cukup, dan murah. Pemilihan bahan ini memiliki banyak faktor yang harus diperhatikan, seperti tidak rusak selama penyimpanan.

b. Suhu

Karakteristik arang aktif yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh suhu saat proses aktivasi berlangsung. Secara komersial, arang aktif diproduksi pada suhu di atas 800°C memakai udara dan Co_2. Suhu aktivasi 200 hingga 1100°C bisa mengubah luas permukaan arang aktif dengan melepaskan zat volatil dan memperlebar pori-pori.

c. Waktu aktivasi

Waktu aktivasi saat membuat arang aktif punya dampak besar di tahap karbonisasi dan sifat karbon aktif. Durasi yang biasa dipakai adalah satu sampai tiga jam.

Pembentukan arang aktif terdapat 3 tahapan sebagai berikut:

a. Dehidrasi

Untuk menyelesaikan tahap karbonisasi, tahap dehidrasi melibatkan pemanasan bahan sampai 170°C untuk menghilangkan kadar airnya.

b. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan tahap pembakaran bahan baku dalam proses pembuatan arang aktif yang dilakukan pada rentang suhu antara 300 hingga 900°C. Selama proses ini, senyawa organik material terurai membentuk metanol, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Hasilnya adalah karbon padat mirip arang, tapi dengan luas permukaan yang masih sempit (Ramdja et al., 2008).

Karbonisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Waktu karbonisasi

Lama waktu karbonisasi bervariasi tergantung jenis dan jumlah bahan baku. Durasi yang lebih panjang akan membuat proses pirolisis berlangsung lebih sempurna. Namun, hal ini cenderung

menghasilkan jumlah arang aktif yang lebih sedikit, karena sebagian besar komponen bahan akan terurai menjadi produk cair dan gas.

2. Suhu karbonisasi

Peningkatan suhu selama proses karbonisasi cenderung mengurangi jumlah arang aktif yang dihasilkan, sementara produksi gas dan cairan justru meningkat. Hal ini terjadi karena lebih banyak senyawa dalam bahan baku terurai dan menguap di suhu yang lebih tinggi.

c. Aktivasi

Guna memperbesar ukuran dan jumlah pori, aktivasi menjadi langkah penting dalam proses produksi arang aktif. Proses ini dilakukan dengan bantuan agen pengaktif, seperti uap air atau gas karbon dioksida (CO_2), guna meningkatkan luas permukaan dan kemampuan adsorpsi dari material karbon (Ramdja et al., 2008). Sebagai reagen pengaktif atom karbon, aktivator berfungsi meningkatkan kemampuan adsorpsi material karbon. Ia juga mampu menarik dan mengikat molekul air, akibatnya, air akan tetap di dalam

pori-pori karbon dan tidak menguap selama karbonisasi. Ikatan ini memungkinkan aktivator menembus pori-pori karbon, membuka area permukaan arang yang tertutup. Pembuatan arang aktif memiliki dua jenis aktivasi:

1. Aktivasi Fisika

   Aktivasi fisika adalah fase pengaktifan di mana panas, uap, dan karbondioksida digunakan untuk memotong rantai karbon senyawa organik. Dalam tanur, arang dipanaskan hingga 800-900 °C. Proses aktivasi umumnya dilakukan menggunakan uap air atau gas karbon dioksida yang dipanaskan pada suhu tinggi. Reaksi ini bersifat endotermik dan relatif mudah dikendalikan, sehingga sering digunakan dalam pembuatan arang aktif untuk meningkatkan karakteristik pori dan luas permukaan bahan karbon. Sebaliknya, oksidasi udara pada suhu rendah adalah reaksi isotermal yang sulit dikendalikan.

2. Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia dilakukan dengan cara memutus rantai karbon dari senyawa organik menggunakan pereaksi kimia tertentu. Beberapa jenis zat yang umum digunakan sebagai aktivator antara lain adalah hidroksida dari logam alkali, garam seng klorida ($ZnCl_2$), serta berbagai jenis asam organik (Udyani et al., 2019).

6. Jantung Pisang

jantung pisang yaitu merupakan bunga berwarna merah keunguan yang tumbuh di ujung tandan buah tanaman pisang. Kandungan gizi penting pada bagian ini meliputi protein, karbohidrat, lemak, serta mineral seperti kalsium, fluor, dan zat besi, vitamin (A, B1, dan C), serta serat pangan. Selain memiliki kandungan gizi yang tinggi, jantung pisang juga memiliki peran biologis sebagai antioksidan dan pengatur sel, yang berpotensi menurunkan kadar glukosa darah. Senyawa aktif dalam jantung pisang berfungsi sebagai antikoagulan alami, yang bermanfaat dalam pencegahan penyakit kardiovaskular seperti penyakit jantung dan stroke (Wickramarachchi & Ranamukhaarachchi, 2005). Sebagai bahan pangan, jantung pisang sering diolah menjadi beragam produk

makanan, sedangkan bagian yang tidak digunakan sering kali dibuang sebagai limbah organik. Selain penggunaannya dalam bidang pangan, jantung pisang juga telah diaplikasikan dalam bidang teknik material, salah satunya sebagai agen penghambat korosi pada baja ringan (Gunavathy, 2013). Ilustrasi jantung pisang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Jantung Pisang (Tarigan,2016)

Bagian bunga tanaman pisang, jantung pisang, tersusun atas beberapa lapisan. Bagian terluarnya berwarna ungu kecokelatan hingga cokelat tua, sedangkan bagian dalamnya memiliki warna putih susu. Di antara kelopak bunganya terdapat bakal buah berupa sisir, dan pada bagian pusat struktur tersebut terdapat tangkai bunga lunak yang dikenal sebagai *rachis* (Astija & Djaswintari, 2020).

Tanaman pisang umumnya dibudidayakan untuk produksi buahnya, namun bagian lain dari tanaman tersebut, seperti umbi, batang, dan daun, juga memiliki potensi pemanfaatan yang dapat mendukung nilai guna secara menyeluruh. Dikenal sebagai jantung pisang, inilah bagian bunga pisang yang gagal menjadi buah. Komponen ini umumnya kurang dimanfaatkan oleh masyarakat karena dianggap memiliki rasa yang kurang disukai serta nilai kegunaan yang terbatas dalam berbagai aplikasi (Azizah et al., 2019).

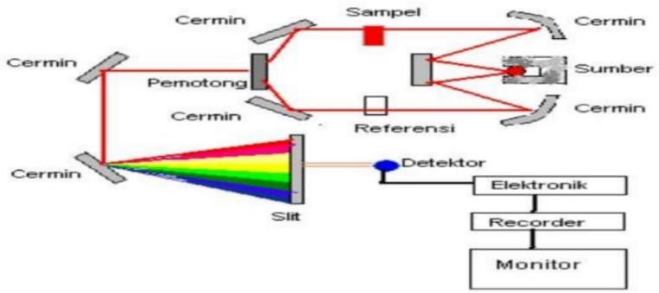
Menurut Herawati et al. (2018) Jantung pisang merupakan limbah biomassa yang berasal dari tanaman pisang dan mengandung senyawa-senyawa organik seperti serat, flavonoid, tanin, karbohidrat, protein, serta berbagai mineral. Kandungan ini menjadikan jantung pisang berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan adsorben alami. Jantung pisang yang diolah dalam bentuk serbuk dan diaktivasi menggunakan larutan HCl mampu menyerap zat warna dalam limbah tekstil, seperti Congo Red dan Remazol Yellow, dengan efisiensi yang bervariasi tergantung pada kondisi pH, suhu, dan waktu kontak. Aktivasi kimia tersebut dapat memperluas permukaan pori dan memperkaya gugus fungsional aktif, seperti -OH dan -COOH, yang berperan penting dalam proses adsorpsi. Selain itu, struktur jantung pisang yang berserat dan

berpori mendukung kemampuannya dalam menyerap kontaminan dari larutan. Potensi ini menunjukkan bahwa jantung pisang, khususnya bagian kelopaknya, dapat dijadikan sebagai alternatif bioadsorben yang murah, melimpah, dan ramah lingkungan, terutama dalam pengolahan air limbah yang tercemar zat warna maupun logam berat.

7. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan teknik analisis instrumental yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur molekul suatu senyawa berdasarkan penyerapan gelombang inframerah oleh gugus-gugus fungsional. Prinsip kerja spektroskopi FTIR didasarkan pada kemampuan ikatan kimia dalam molekul untuk menyerap radiasi inframerah pada frekuensi tertentu sesuai karakteristik masing-masing ikatan (Siringo-ringo, 2019). Perbedaan pola serapan ini dipengaruhi oleh sifat fisikokimia senyawa, jenis ikatan antar atom, dan struktur intramolekulernya. Pembacaan spektrum dalam FTIR dilakukan dengan dua pendekatan umum, yaitu metode reflektansi dan transmisi, yang keduanya memberikan informasi tentang ikatan kimia

berdasarkan penyerapan inframerah (Siregar et al., 2015).



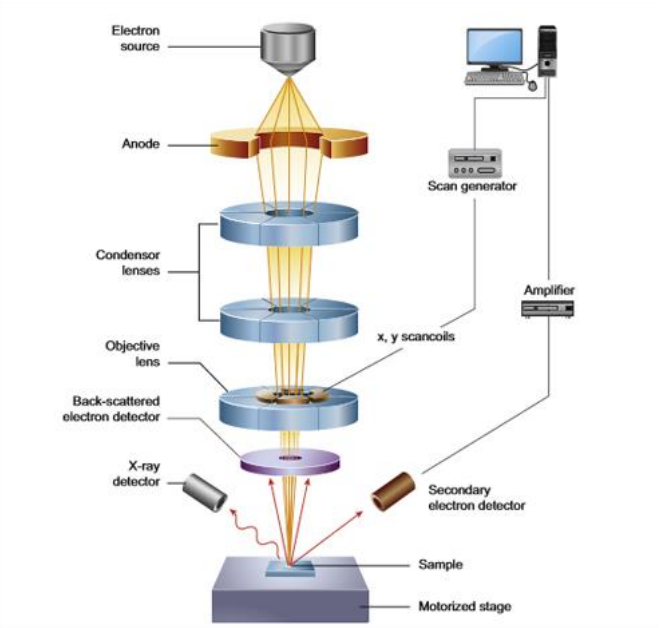
Gambar 2. 3 Penampang Alat FTIR (Gunawan et al., 2010)

Berdasarkan Gambar 2.3, cahaya inframerah pertama kali dipancarkan dari sumber sinar inframerah dan diarahkan oleh sistem cermin ke sebuah pemotong sinar (*chopper*). *Chopper* ini bertugas membagi sinar inframerah menjadi dua berkas, yaitu satu menuju sampel dan satu lagi menuju referensi. Setelah melalui sampel dan referensi, kedua berkas sinar dipantulkan kembali oleh cermin dan difokuskan menuju detektor. Sebelum mencapai detektor, sinar terlebih dahulu melewati slit dan sistem dispersi yang berfungsi untuk memisahkan panjang gelombang cahaya. Di dalam detektor, sinyal cahaya diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal ini kemudian diperkuat oleh sistem elektronik, direkam oleh perekam data (*recorder*), dan akhirnya ditampilkan pada monitor

dalam bentuk spektrum inframerah (Pambudi et al., 2017).

8. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop yang berfungsi untuk melihat permukaan bahan secara sangat detail. Alat ini dapat menunjukkan bentuk, struktur, dan penyebaran pori-pori pada permukaan material. Tidak seperti mikroskop biasa yang menggunakan cahaya, SEM menggunakan berkas elektron sehingga mampu menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi (Susmanto et al., 2020). Hasil analisis menggunakan SEM menunjukkan bahwa permukaan arang aktif memiliki struktur morfologi berupa rongga dan pori-pori dalam jumlah yang cukup banyak. Melalui pengamatan ini, SEM mampu mengidentifikasi bentuk dan tekstur permukaan material secara detail, bahkan hingga pada struktur yang sangat halus (Yuliyanti et al., 2013).



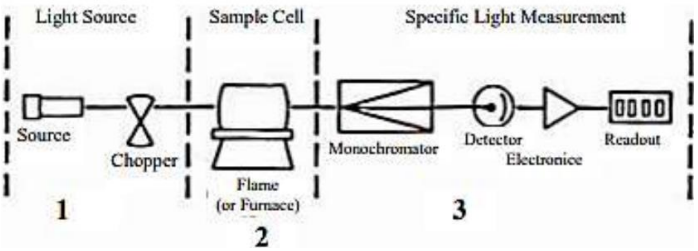
Gambar 2. 4 Penampang Alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) (B.J. Inkson, 2016)

Sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 2.4, prinsip kerja SEM dimulai dari *electron gun* yang menghasilkan berkas elektron dari *filamen tungsten* (berperan sebagai katoda). Elektron kemudian dipercepat oleh anoda, dan diarahkan oleh sistem lensa elektromagnetik (*condenser* dan *objective lens*) untuk memusatkan sinar ke titik kecil pada permukaan sampel. Koil pemindai (*x, y scan coils*) bertugas menggerakkan berkas elektron agar memindai seluruh permukaan sampel secara raster. Ketika berkas elektron mengenai permukaan sampel, akan terjadi hamburan elektron, baik

berupa *secondary electrons* (SE) maupun *backscattered electrons* (BSE), yang kemudian ditangkap oleh detektor. SE memberikan informasi topografi permukaan, sedangkan BSE berkaitan dengan komposisi unsur. Sinyal ini lalu dikonversi menjadi gambar digital dan ditampilkan di layar monitor (Farikhin, 2016).

9. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) merupakan salah satu instrumen laboratorium yang digunakan untuk mengukur kadar logam dalam suatu larutan, seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), atau besi (Fe). AAS bekerja berdasarkan prinsip bahwa atom logam akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Ketika cahaya dari lampu khusus melewati sampel, atom logam yang terdapat dalam sampel akan menyerap sebagian cahaya tersebut. Semakin besar jumlah cahaya yang diserap, semakin tinggi pula kandungan logam yang terdapat dalam sampel (Asra et al., 2019).



Gambar 2. 5 Penampang Alat AAS (Djunaidi, 2018)

Prinsip kerja *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) sesuai dengan Gambar 2.5 dimulai dari sumber cahaya berupa *Hollow Cathode Lamp* (HCL) yang memancarkan sinar dengan panjang gelombang spesifik sesuai dengan unsur yang akan dianalisis. Cahaya dari HCL kemudian diarahkan menuju *chopper* yang berfungsi memotong sinyal secara berkala untuk membedakan antara cahaya dari sumber dan cahaya dari nyala. Setelah itu, cahaya melewati ruang atomisasi, yaitu *flame* atau *furnace*, yang digunakan untuk mengubah ion logam dalam larutan sampel menjadi atom-atom netral dalam fase gas. Atom-atom inilah yang akan menyerap sebagian cahaya yang melintas. Selanjutnya, cahaya yang tidak diserap diteruskan menuju monokromator. Alat ini menyaring panjang gelombang agar hanya sinar dengan frekuensi tertentu yang sesuai dengan unsur yang dianalisis yang mencapai detektor. Detektor kemudian mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Sinyal ini diperkuat oleh sistem elektronik dan hasil akhirnya ditampilkan pada alat pembaca (*readout*) dalam bentuk angka atau grafik. Nilai ini menunjukkan seberapa banyak cahaya yang diserap oleh atom logam dalam sampel, yang berbanding lurus dengan konsentrasi logam tersebut. Dengan demikian, AAS memungkinkan analisis kandungan logam

berat dalam larutan secara cepat, sensitif, dan akurat (Kusuma et al., 2019).

B. Kajian Riset Yang Relavan

Penelitian yang dilakukan oleh Herawati et al. (2018) menunjukkan bahwa jantung pisang memiliki potensi sebagai adsorben alami dalam proses pengolahan limbah tekstil yang mengandung zat warna *seperti Congo Red, Remazol Yellow, Remazol Black, dan Methylene Blue*. Dalam penelitian tersebut, jantung pisang digunakan dalam bentuk serbuk yang telah diaktivasi dengan asam klorida (HCl) dan diterapkan melalui metode adsorpsi-fluidisasi. Hasilnya menunjukkan bahwa jantung pisang mampu menyerap zat warna dengan efektivitas yang bervariasi tergantung pada kondisi pH, suhu, dan waktu kontak. Penyerapan optimal untuk *Congo Red* terjadi pada pH 5 dan suhu 60°C, sedangkan untuk *Remazol Yellow* optimal pada pH 9 dan suhu 50°C. Penelitian ini memperkuat potensi jantung pisang sebagai bioadsorben yang murah, mudah diperoleh, dan ramah lingkungan. Hasil ini relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan karena sama-sama menggunakan bahan dasar jantung pisang sebagai adsorben, meskipun dalam konteks yang berbeda, yaitu untuk penghilangan ion logam berat Pb(II) dari larutan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hidayah et al. (2012) membuktikan bahwa limbah batang pisang dapat

dimanfaatkan sebagai bahan dasar karbon aktif untuk menurunkan kadar logam berat besi (Fe) dalam air Sungai Barito. Adsorben dikembangkan melalui proses aktivasi kimia menggunakan larutan $ZnCl_2$ dan $KMnO_4$, serta aktivasi fisika dengan pirolisis pada suhu 500°C. Hasil terbaik diperoleh dari adsorben berukuran 40 mesh dengan aktivasi fisika-kimia menggunakan $KMnO_4$ dan waktu kontak selama 1 jam, yang mampu menurunkan kadar Fe hingga di bawah baku mutu air bersih menurut Kepmenkes RI. Kajian ini menunjukkan bahwa limbah tanaman pisang, yang selama ini belum banyak dimanfaatkan, memiliki potensi besar sebagai adsorben alternatif dalam pengolahan air tercemar logam berat. Penelitian ini relevan dengan studi yang dilakukan saat ini, yang menggunakan bagian kelopak jantung pisang sebagai bahan dasar arang aktif dalam proses adsorpsi ion Pb(II), meskipun berbeda pada jenis bagian tanaman yang digunakan dan jenis logam berat yang ditargetkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Alfiany & Bahri (2013) membahas pemanfaatan arang aktif dari tongkol jagung sebagai adsorben logam Pb(II) dengan aktivasi menggunakan beberapa jenis asam, yaitu HCl, H_2SO_4, dan HNO_3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif yang diaktivasi dengan HCl memberikan daya serap iod tertinggi sebesar 773,85 mg/g, diikuti oleh H_2SO_4 (665,76

mg/g) dan HNO_3 (637,82 mg/g). Kapasitas adsorpsi optimum tercapai pada penggunaan 14 gram arang aktif dengan penurunan konsentrasi Pb(II) hingga 0,508 ppm. Penelitian ini menunjukkan bahwa aktivasi kimia dengan jenis asam tertentu berperan penting dalam meningkatkan daya adsorpsi arang aktif.

Penelitian yang dilakukan oleh Samosir et al (2019) meneliti arang aktif dari ampas kopi untuk menyerap logam Cu^{2+}. Meskipun variasi waktu kontak dilakukan, daya adsorpsi terhadap ion Cu^{2+} tetap rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak semua limbah organik efektif sebagai adsorben untuk logam berat tertentu.

Penelitian yang dilakukan oleh Roni et al (2021) mengkaji pemanfaatan arang aktif dari sekam padi dan kulit pisang kepok sebagai adsorben untuk menurunkan kadar logam besi (Fe), TSS, dan pH dalam air sungai Gasing, Sumatera Selatan. Bahan-bahan tersebut diolah melalui proses karbonisasi dan aktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 0,1 N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit pisang kepok dengan dosis 50 gram mampu menurunkan kadar Fe dari 0,568 ppm menjadi 0 ppm serta menurunkan TSS dari 168,2 ppm menjadi 0,42 ppm. Selain itu, nilai pH air juga meningkat dari 5,2 menjadi 6,4, mendekati netral. Penelitian ini membuktikan bahwa limbah pertanian

seperti kulit pisang memiliki potensi tinggi sebagai bahan dasar adsorben ramah lingkungan.

Penelitian oleh Wan Ibrahim et al (2021) mengkaji potensi biomassa *Leucaena leucocephala* sebagai bahan baku alternatif dalam produksi karbon aktif berbasis alkali untuk adsorpsi logam berat kadmium (Cd^{2+}) dari air. Karbon aktif diproduksi melalui aktivasi kimia menggunakan NaOH pada suhu 700°C hingga 800°C dengan berbagai rasio NaOH terhadap arang (1:1, 2:1, dan 3:1). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa peningkatan suhu aktivasi dan rasio NaOH menghasilkan luas permukaan yang lebih besar, mencapai maksimum 776 m^2/g. Uji adsorpsi menunjukkan bahwa model isoterm Langmuir paling sesuai, menandakan proses adsorpsi monolayer yang homogen, serta bersifat spontan dan endotermik. Penelitian ini menunjukkan bahwa *Leucaena leucocephala* berpotensi sebagai bahan baku karbon aktif yang efektif dan ekonomis untuk pengolahan air limbah yang terkontaminasi logam berat.

Penelitian yang dilakukan oleh Erlina et al. (2015) menunjukkan bahwa aktivasi kimia menggunakan larutan basa kuat seperti KOH sangat berpengaruh terhadap pembentukan pori-pori dan daya adsorpsi arang aktif. Dalam riset tersebut, arang tempurung kelapa diaktivasi dengan variasi konsentrasi KOH (30%, 40%, 50%, dan

60%) selama 24 jam. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH hingga 50% mampu meningkatkan efisiensi adsorpsi logam Cu hingga mencapai 83,57%. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya pori-pori yang terbentuk dan luas permukaan yang meningkat seiring meningkatnya konsentrasi KOH. Namun, pada konsentrasi 60%, efisiensi justru menurun karena kejenuhan pori dan penurunan kualitas aktivasi.

C. Hipotesis

Jika arang hasil karbonisasi biomassa diaktivasi dengan larutan basa KOH akan memiliki pori yang lebih banyak dan luas permukaan yang lebih besar, maka arang dari kelopak jantung pisang yang diaktivasi dengan KOH akan memiliki pori yang lebih banyak dibandingkan arang yang tidak diaktivasi. Hal ini dikarenakan larutan basa dapat bereaksi dengan permukaan arang dan memicu terbentuknya rongga dan pori pada arang. Adanya pori-pori tersebut akan menunjang proses adsorpsi.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Mei tahun 2025 yang bertempat di Laboratorium Riset Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, serta melakukan pengujian Spektroskopi Inframerah (FTIR) di Universitas Negeri Semarang

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang dipakai dalam riset ini adalah: Neraca Analitik, Loyang Besar, Oven, Gelas Ukur, Batang Pengaduk, Furnace, Labu Erlenmeyer, Corong, Ayakan 100 Mesh, Gelas Beker, Kertas Saring, Indikator pH Universal, Aluminium Foil, Labu Ukur, Pipet Volume, Mikro Pipet, Pipet, Wadah Sampel Plastik, Botol Kaca, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merk *Thermo Scientific iCE 3000 Series*, Spektroskopi Inframerah (FTIR) merk *Perkin-Elmer UATR Spectrum Two*, *Scanning Electron Microscope* (SEM) merk *Thermo Scientific Phenom Pro-X.*

2. Bahan

Riset ini memakai bahan Jantung pisang, larutan KOH 1N (p. a. Merck), larutan NaOH 0,1N (p. a. Merck), larutan HCl 0,1N (p. a. Merck), aquades, serta larutan induk $(PbNO_3)_2$ (p. a. Merck).

C. Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel

Jantung pisang yang sudah dikumpulkan di pisahkan menjadi lembaran, lalu dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering. Gunakan nampan kosong sebagai tempat menyimpan jantung pisang yang telah dikeringkan di ruang bersuhu stabil dan kering. Setelah disimpan, jantung pisang dipotong kecil dan dikeringkan di oven 60˚C selama satu jam untuk menghilangkan sisa kadar air (Alfiaturrahma and Hendriyanto, 2018).

2. Pembuatan Arang Aktif dari Kelopak Jantung Pisang

Jantung pisang yang sudah dikeringkan ke dalam oven kemudian dilakukan karbonisasi menggunakan furnace pada suhu 300˚C selama 30 menit, lalu serbuk diayak dengan ayakan 100 Mesh (Alfiaturrahma and Hendriyanto, 2018).

3. **Aktivasi Arang Kelopak Jantung Pisang menggunakan KOH**

Arang jantung pisang sebanyak 10 gram yang sudah diayak terendam dalam larutan KOH 1N sebagai agen aktivator basa, didiamkan selama 24 jam. Arang aktif hasil aktivasi kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan akuades sampai pH nya netral. Arang aktif yang sudah disaring di oven kembali pada suhu 110˚C selama 3 jam dan didiamkan sampai suhu ruang (Muhammad & Dewi, 2020).

4. **Karakterisasi Gugus Fungsi Arang Kelopak Jantung Pisang Menggunakan FTIR**

Arang kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi akan dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, dengan menyiapkan sampel arang sebelum dan sesudah aktivasi sebanyak 1 gram. Analisis dilakukan dengan menghaluskan sedikit sampel bersama KBr lalu dijadikan pellet. Pellet campuran tersebut ditempatkan di holder lalu diidentifikasi pada bilangan gelombang antara 4000-400 cm^{-1}. Data yang dihasilkan berupa spektrum IR yang menunjukkan gugus fungsi pada arang kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi.

5. Karakterisasi Permukaan Arang Kelopak Jantung Pisang Menggunakan SEM

Arang jantung pisang akan dilakukan karakterisasi menggunakan SEM, dengan menyiapkan 1 gram sampel arang sebelum dan sudah aktivasi. Preparasi sampel dilakukan dengan menempatkan sedikit material pada permukaan *pan* yang telah dilapisi *copper tipe*. Selanjutnya, sampel mengalami proses pelapisan (*coating*) agar permukaannya menjadi konduktif. Setelah proses *coating*, sampel dimasukkan ke dalam *chamber* untuk dianalisis oleh detektor. Karakterisasi menggunkan SEM yang akan menghasilkan data terkait morfologi arang sebelum dan sesudah aktivasi.

6. Pengujian Parameter Arang Aktif

a. Pengujian Kadar Air

Untuk uji kadar air, 0,5 gram arang aktif jantung pisang ditempatkan ke cawan porselin yang sudah ditimbang. Selanjutnya, sampel dikeringkan pada suhu 105 °C hingga diperoleh suhu konstan. Sempel yang sudah di oven kemudian didinginkan didalam desikator sampai suhu ruang, kemudian dilakukan penimbangan bobot akhir. Data yang didapatkan kemudian

dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 (Tasanif et al., 2020).

$$\text{Rumus kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \qquad (3.1)$$

Dengan W_1 adalah cawan kosong (g), W_2 adalah cawan + sampel sebelum dipanaskan (g), W_3 adalah cawan + sampel sesudah dipanaskan (g).

b. Pengujian Kadar Abu

Proses analisis kadar abu diawali dengan memasukkan 1 gram adsorben arang aktif jantung pisang ke dalam cawan porselin bermassa awal terukur, Kemudian dipanaskan di furnace bersuhu 600 °C selama 3 jam. Setelah pemanasan, sampel dibiarkan dingin dalam desikator hingga mencapai suhu ruang dan berat tetap, kemudian dilakukan penimbangan massa akhir dengan timbangan analitik. Sampel yang sudah ditimbang dicatat bobot akhirnya, lalu diakukan perhitungan menggunakan Persamaan 3.2 (Tasanif et al., 2020).

$$\text{Rumus kadar abu} = \frac{W_1 - W_2}{W_3} \times 100\% \qquad (3.2)$$

Dengan W_1 adalah cawan + sampel sebelum dikarbonisasi (g), W_2 adalah cawan + sampel

sesudah dikarbonisasi (g), W_3 adalah berat sampel karbon aktif (g).

c. Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap

Analisis zat mudah menguap dimulai dengan meletakkan 1 gram adsorben arang aktif jantung pisang di cawan porselin yang sudah diketahui massanya. Selanjutnya, sampel dimasukkan ke furnace bersuhu 900℃ selama 15 menit. Sampel yang sudah di furnace kemudian didinginkan sampai suhu ruang, lalu ditimbang bobot akhirnya. Sempel yang sudah ditimbang lalu dilakukan penghitungan menggunakan Persamaan 3.3 (Tasanif et al., 2020).

Rumus kadar zat mudah menguap

$$= \frac{b-c}{b} \times 100\% \qquad (3.3)$$

Dengan b adalah massa bahan awal (g) dan c adalah massa setelah pemanasan (g)

d. Pengujian Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat pada arang aktif dari jantung pisang ditetapkan dengan mengurangkan jumlah kadar air, abu, serta komponen volatil. Perhitungan dilakukan Persamaan 3.4 (Tasanif et al., 2020).

Kadar karbon terikat = 100% - (a + b + c) (3. 4)

Dengan a adalah hasil pengujian kadar air, b adalah hasil pengujian kadar abu total dan c adalah hasil pengujian kadar zat mudah menguap.

e. Pengujian Daya Serap Iod

0,1 gram arang aktif kelopak jantung pisang ditimbang, dimasukkan wadah gelap, lalu ditambah 50 mL larutan iodin 0,1 N. Campuran diaduk dengan shaker 15 menit, disaring. Dari filtrat, 10 mL diambil, dimasukkan Erlenmeyer, dan dititrasi dengan natrium tiosulfat 0,1 N menggunakan amilum hingga jernih. Selanjutnya penentuan daya serap iod dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 (Lajja, 2021)

Daya Serap Iodin

$$= \frac{a}{b} \times \frac{\left(V_{blanko} - V_{sampel}\right) \times N_{Na_2SO_3} \times BEI_2}{W} \quad (3.5)$$

Dengan a adalah volume larutan iod untuk sampel (ml), b adalah volume filtrat (ml), V adalah volume larutan $Na_2S_2O_3$ yang diperlukan (ml), N adalah normalitas larutan $Na_2S_2O_3$ (ml), BE adalah berat ekuivalen I_2 (126,91), dan W adalah berat karbon aktif (gram).

7. Pembuatan larutan Ion Logam Pb(II)

a. Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Pb(II) 1000 ppm

1,599 gram ion logam Pb(II) ditimbang, dimasukkan ke labu ukur 1000 mL, lalu akuades ditambahkan hingga garis batas, kemudian dikocok sampai larutan homogen sempurna. (Satriani et al., 2016).

b. Pembuatan Larutan ion logam Pb(II) 25 ppm dari Larutan Induk ion logam Pb(II) 1000 ppm sebanyak 500 mL

Sebanyak 12,5 mL larutan ion logam Pb(II) 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL untuk memperoleh larutan Pb(II) 25 ppm. Volume larutan disesuaikan hingga tanda kalibrasi menggunakan akuades, kemudian dikocok hingga tercampur secara merata (Satriani et al., 2016).

c. Pembuatan Larutan Standar Ion Logam Pb(II) dari Larutan Induk ion logam Pb(II) 1000 ppm sebanyak 100 ml

Larutan standar ion logam Pb(II) 0,25; 0,5; 1; 2 dan 4 ppm dibuat dengan mengambil larutan induk Pb(II) 1000 ppm berturut-turut sebanyak 0,025; 0,05; 0,1; 0,2 dan 0,4 mL. Masing-masing larutan diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Akuades ditambahkan hingga tanda batas. Larutan kemudian dikocok hingga homogen.

d. Pembuatan Kurva Standar Ion Logam Pb(II)

Masing-masing larutan standar diukur absorbansinya menggunakan AAS. Dari data absorbansi dan konsentrasi kemudian dibuat kurva kalibrasi. Persamaan garis lurus dari kurva ditunjukkan pada persamaan 3.6, selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan.

$$y = ax + b \qquad 3.6$$

y adalah absorbansi, a adalah slope, x adalah konsentrasi, dan b adalah intersep (Kusumaningrum et al., 2022).

e. Penentuan Konsentrasi Ion Logam Pb(II)

Larutan ion logam Pb(II) hasil adsorpsi diukur menggunakan AAS sehingga didapatkan data absorbansi (A). Untuk menentukan konsentrasinya, data A dimasukkan ke dalam persamaan 3.6 yang diperoleh dari kurva kalibrasi.

8. Optimasi Adsorpsi ion Pb(II) Menggunakan Arang Aktif Kelopak Jantung Pisang

a. Optimasi Adsorpsi Logam Pb Variasi pH Optimum

Sampel arang aktif 0,1 gram dimasukkan Erlenmeyer, dicampur 50 mL larutan ion logam

Pb(II) 25 ppm pada pH 2 pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan HCl 0,1N dan NaOH 0,1N lalu diaduk 1 jam dengan shaker. Kemudian larutan disaring, dan filtratnya diukur konsentrasinya menggunakan AAS. Pengujian serupa juga dilakukan pada pH 3, 4, 5, dan 6. (Setyawan et al., 2018).

b. Optimasi Adsorpsi Logam Pb Variasi Waktu Kontak

0,1 gram arang aktif ditimbang, dimasukkan Erlenmeyer, lalu ditambahkan 50 mL larutan ion logam Pb(II) 25 ppm pada pH optimum. Campuran diaduk 10 menit dengan shaker, disaring, dan filtratnya dianalisis pakai AAS. Prosedur ini diulang untuk waktu kontak 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit (Siswarni et al.,2017).

9. Perhitungan Kinetika Adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui orde reaksi yang paling sesuai dengan proses adsorpsi yang terjadi. Penilaian dilakukan berdasarkan nilai koefisien regresi linear (R^2) yang mendekati 1, serta kesesuaian antara nilai kapasitas adsorpsi teoritis (q_e) dengan nilai kapasitas adsorpsi eksperimen (q_e). Untuk menentukan model kinetika yang paling tepat, digunakan dua pendekatan yaitu model pseudo orde satu dan pseudo orde dua, dengan menggunakan data dari variasi waktu kontak optimum. Pada model pseudo orde satu, grafik kinetika diperoleh dengan memplotkan waktu kontak (t) pada sumbu x dan $\log(q_e - q_t)$ pada sumbu y sesuai dengan Persamaan 2.4. Sementara itu, pada model pseudo orde dua, waktu kontak juga diplotkan pada sumbu x, tetapi sumbu y diisi dengan nilai t/q_t. Dari masing-masing kurva tersebut, akan diperoleh persamaan linear dengan bentuk $y = ax + b$, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung konstanta laju adsorpsi (k) dan kapasitas adsorpsi teoritis (qe) dari masing-masing model kinetika menggunakan Persamaan 2.6 (Sagita et al., 2021).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian ini berlangsung di Laboratorium Kimia UIN Walisongo Semarang pada rentang waktu 12 Januari hingga 15 Maret 2025. Pembuatan adsorben jantung pisang dengan bahan dasar jantung pisang menggunakan metode karbonisasi.

Tahap pertama pada pembuatan arang aktif jantung pisang yang teraktivasi KOH 1N pada penelitian ini, yaitu dengan mengeringkan jantung pisang dibawah panas matahari. Pengeringan dilakukan sebagai upaya untuk menguapkan kelembaban yang masih terdapat dalam bahan jantung pisang. Selanjutnya tahap karbonisasi dimana jantung pisang dimasukkan ke dalam furnace pada suhu 300℃ selama 30 menit. Tahapan karbonisasi diperlukan karena senyawa organik dalam material mengalami pemecahan termal yang menghasilkan metanol, uap asam asetat, tar, serta senyawa hidrokarbon sebagai produk degradasi. Produk yang dihasilkan berupa karbon berbentuk padatan arang, namun dengan pori -pori yang masih sedikit, pada penelitiaan ini dihasilkan arang jantung pisang (Ramdja et al., 2008). Tahap berikutnya melibatkan proses pengayakan arang jantung pisang menggunakan saringan 100 mesh, yang bertujuan untuk menghasilkan partikel dengan ukuran yang seragam.

Selanjutnya yaitu tahap aktivasi kimia pada sampel 10 gram arang dengan menambahkan larutan KOH 1N dengan cara didiamkan selama 24 jam. Larutan KOH 1N ditambahkan ke dalam arang sebagai agen aktivasi kimia untuk memperluas area permukaan adsorben dan meningkatkan kapasitas adsorpsi, serta membantu melarutkan senyawa lignin yang masih tersisa dalam material jantung pisang. Lignin yang terdapat dalam material adsorben berpotensi menghambat adsorpsi dengan menghalangi akses ion ke permukaan aktif, sehingga menurunkan efektivitas proses adsorpsi (Ismiyati et al., 2021). Kandungan −OH dalam larutan KOH 1N berperan dalam memutus ikatan antara selulosa dan lignin, sehingga memudahkan pelarutan lignin. Proses perendaman dilakukan selama 24 jam, dilanjutkan dengan netralisasi menggunakan aquadest hingga pH netral tercapai. Adsorben kemudian dikeringkan pada suhu 110 °C dan selanjutnya dikarakterisasi berdasarkan kadar air, kadar abu, zat volatil, karbon tetap, serta dianalisis menggunakan FTIR dan SEM. Tahap berikutnya melibatkan optimasi terhadap pH, dan waktu kontak. Arang sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4. 1 Arang Sebelum Aktivasi



Gambar 4. 2 Arang Sesudah Aktivasi

A. Karakterisasi Adsorben

1. Kadar Air

Tujuan adanya pengujian untuk menentukan tingkat kelembapan pada arang aktif, karena keberadaan air dalam jumlah signifikan dapat memengaruhi degradasi kualitasnya (Ariyanto et al., 2021). Langkah pertama dalam penentuan kadar air pada adsorben, dilakukan dengan menimbang arang sebnayak 0,5 gram. Sampel arang yang telah melalui penimbangan kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 100 ℃ sampai beratnya tidak mengalami perubahan. Proses pemanasan ini berujuan untung menghilangkan kadar air pada arang dengan maksimal. Tahap selanjutnya arang yang sudah dipanaskan kemudian didinginkan sampai suhu ruang, Ketika arang sudah mencapai suhu ruang dilakukan penimbangan bobot akhir.

Pengujian kadar air sebelum dan sesudah proses aktivasi dilakukan untuk menjamin bahwa arang jantung pisang sebelum dan sesudah diaktivasi memenuhi standar mutu sebagaimana tercantum dalam SNI 06-3730:1995. Data hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kadar Air

Kadar Air (%)		SNI 06.3730:1995
Sebelum diaktivasi	Sesudah diaktivasi	
2	10	Max. 15%

Kadar air sebelum dan sesudah aktivasi memiliki peningkatan yang signifikan, hal ini terjadi karena activator KOH mengandung H_2O. Karbon aktif jantung pisang memenuhi standar SNI untuk kadar airnya, yakni tidak lebih dari 15%, baik sebelum atau sesudah aktivasi.

2. Kadar Abu

Uji kadar abu pada arang aktif bertujuan menentukan proporsi kandungan anorganik, yang menjadi acuan dalam menilai standar kemurnian dan performa arang aktif. Kadar abu mencerminkan jumlah residu mineral anorganik yang tersisa setelah proses

pembakaran sempurna. Mineral dalam konsentrasi tinggi berisiko menutup pori-pori arang aktif, sehingga berdampak negatif terhadap kinerja adsorpsi. Rendahnya kadar abu mencerminkan kualitas arang aktif yang lebih tinggi, karena menunjukkan minimnya kandungan mineral serta efisiensi kapasitas adsorpsi yang lebih optimal (Herlandien, 2013). Hasil pengujian kadar abu pada arang sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan KOH disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kadar Abu

Kadar Abu (%)		SNI 06.3730:1995
Sebelum diaktivasi	Sesudah diaktivasi	
2,7	2,3	Max. 25%

Sebelum proses aktivasi, kadar abu cenderung tinggi akibat akumulasi mineral anorganik. Penurunan kadar abu pasca-aktivasi disebabkan oleh kemampuan KOH dalam melarutkan atau menghilangkan komponen anorganik, sehingga residu mineral yang tersisa menjadi lebih rendah.

3. Kadar Zat Mudah Menguap

Uji ini bertujuan menentukan konsentrasi komponen volatil yang masih terkandung dalam arang aktif, yang dapat memengaruhi kestabilan dan kualitasnya. Uji kadar ini dilakukan dengan memanaskan arang jantung pisang sebelum dan sesudah di aktivasi pada suhu 900℃, pemanasan pada suhu tersebut dapat menguapkan semua zat-zat yang terkandung pada arang (Tahir,1992). Paparan suhu tinggi dalam uji kadar zat volatil memicu degradasi senyawa non-karbon, sehingga kandungan zat yang mudah menguap mengalami penurunan seiring berlangsungnya proses termal (Aryani, 2019). Hasil uji kadar zat menguap sudah sesuai dengan standar SNI yaitu Max 25%. Data hasil pengujian kadar zat volatil pada arang jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kadar Zat Menguap

Kadar zat menguap (%)		SNI 06.3730:1995
Sebelum diaktivasi	Sesudah diaktivasi	
2,4	2,2	Max. 25%

4. Kadar Karbon Tetap

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kandungan karbon tetap sebagai indikator keberadaan karbon murni dalam struktur adsorben dari jantung pisang (Manurung et al., 2019). Kadar karbon tetap di lihat dari kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap pada arang aktif jatung pisang, peningkatan suhu yang digunakan saat karbonisasi akan mempengaruhi kadar karbon tetap pada adsorben (Huda et al., 2016). Tabel 4.4 memuat hasil analisis terhadap kadar karbon terikat pada sampel.

Tabel 4. 4 Kadar Karbon Tetap

Kadar Karbon Tetap (%)		SNI 06.3730:1995
Sebelum diaktivasi	Sesudah diaktivasi	
92,9	85,5	Min. 65%

Kadar karbon tetap yang dihasilkan dari adsorben jantung pisang menunjukkan kadar yang cukup tinggi untuk syarat kadar karbon tetap yang dimiliki oleh adsorben jantung pisang yaitu minimal 65%.

5. Daya serap iodin

Uji daya serap iod dilakukan untuk menilai sejauh mana efisiensi karbon aktif dalam menyerap molekul iod, yang merefleksikan kapasitas adsorpsinya. Hasil menunjukkan bahwa arang aktif dari kelopak jantung pisang teraktivasi KOH memiliki kapasitas daya serap iodin yang belum memenuhi standar minimal SNI 06-3730-1995 yaitu sebesar 750 mg/g. Dengan demikian bedasarkan hasil daya serap iodin yang ditunjukan pada Tabel 4.5 kemampuan adsorpsi arang aktif terhadap molekul iod belum memenuhi standar kualitas yang ditentukan.

Tabel 4. 5 Daya Serap Iodin

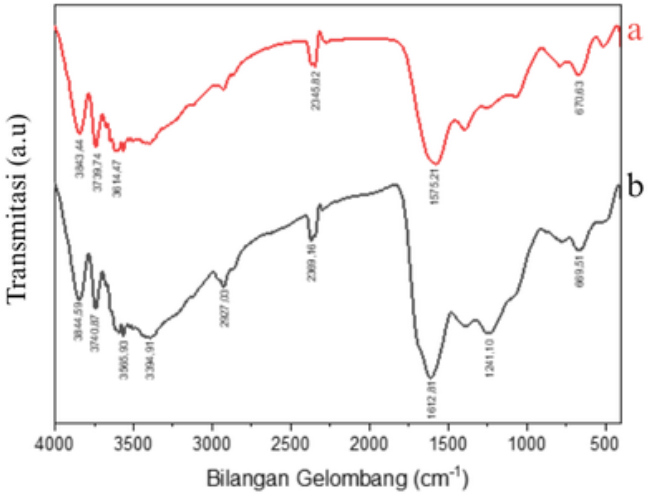
Kadar iodin mg/g	SNI 06.3730:1995
Sesudah diaktivasi	
710,696	750 mg/g

Metode titrasi iodometri diterapkan dalam pengujian ini, di mana larutan iod berperan sebagai adsorbat yang diadsorpsi oleh karbon aktif. Daya serap iod mencerminkan tingkat reaktivitas permukaan karbon aktif, yang berhubungan langsung dengan kemampuan adsorpsi terhadap zat terlarut. Kenaikan

nilai serapan iod menunjukkan peningkatan kemampuan adsorptif karbon aktif, yang mengindikasikan efisiensi permukaan aktif yang lebih tinggi. Oleh karena itu, angka iod menjadi parameter penting dalam menilai kualitas dan efektivitas adsorben (Dewi et al., 2020).

6. Karakterisasi dengan FTIR

Penggunaan FTIR sebagai instrumen analitik bertujuan mengungkap keberadaan gugus fungsi pada adsorben kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi. Spektrum hasil karakterisasi ditampilkan dalam Gambar 4.3 sebagai representasi rentang gugus yang teridentifikasi.



Gambar 4. 3 (a)Spektrum FTIR arang kelopak jantung pisang sebelum aktivasi dan (b)Spektrum FTIR arang kelopak jantung pisang sesudah aktivasi

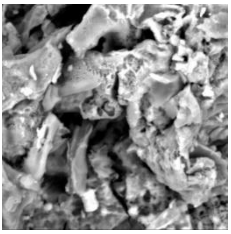
Berdasarkan hasil analisis spektrum FTIR, arang jantung pisang sebelum aktivasi menunjukkan puncak khas untuk gugus C=C pada bilangan gelombang 1575,21 cm^{-1}. Gugus hidroksil (O–H) teramati pada 3614,47 cm^{-1}, 3739,74 cm^{-1}, dan 3843,44 cm^{-1}. Selain itu, arang sebelum aktivasi memperlihatkan keberadaan gugus C–H di wilayah 670,63 cm^{-1}.

Hasil spektrum FTIR yang didapat dari arang jantung pisang sesudah aktivasi menunjukkan adanya pergeseran spektrum C=C menjadi 1612,81 cm^{-1}, pada pita serapan 1241,1 cm^{-1} terdapat penambahan gugus yaitu terdapat gugus C-O dari karboksil, terdapat gugus O-H pada pita serapan berturut- turut 3394,91 cm^{-1}, 3565,93 cm^{-1}, 3740,87 cm^{-1}, 3844,59 $cm^{-}1$, pada pita serapan 2927,03 cm^{-1} terdapat penambahan gugus fungsi yaitu gugus C-H. Pada pita serapan 669.51cm^{-1} terdapat gugus C-H. Perbedan pada hasil FTIR arang kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi yaitu pada penambahan gugus C-O dan C-H yang terdapat di arang aktif kelopak jantung pisang. Spektrum FTIR menunjukkan bahwa arang aktif kelopak jantung pisang memiliki kandungan gugus fungsional yang melimpah, seperti hidroksil, karbonil, karboksil dan alkana. Arang aktif kelopak jantung

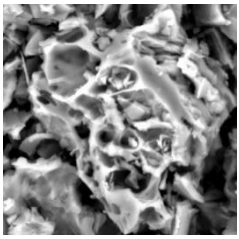
pisang cenderung bersifat hidrofilik, hal ini ditunjukkan oleh adanya ikatan O–H. Adsorben yang bersifat hidrofilik dapat digunakan dalam pengolahan air limbah logam berat (Zeng et al., 2014). Selain itu, gugus hidroksil dan karboksil yang melimpah juga dapat berinteraksi dengan ion Pb(II) melalui mekanisme koordinasi dalam bentuk terdeprotonasi (Kurniawan et al., 2014).

7. Karakterisasi dengan SEM

Tujuan dari penggunaan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dalam penelitian ini adalah untuk mengamati dan menganalisis morfologi permukaan arang aktif yang dihasilkan dari kelopak jantung pisang setelah proses karbonisasi dan aktivasi kimia. Melalui pengamatan SEM, dapat diperoleh informasi mengenai bentuk permukaan, struktur pori, ukuran pori, serta sebaran pori dari adsorben. Hasil morfologi arang sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4. 4 Arang Kelopak Jantung Pisang Pembesaran 5000×



Gambar 4. 5 Arang Aktif Kelopak Jantung Pisang Pembesaran 5000×

Hasil analisis morfologi permukaan arang dan arang aktif dari kelopak jantung pisang menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan permukaan yang tidak rata dengan keberadaan pori-pori. Pada arang tidak teraktivasi terlihat masih memiliki pori yang lebih sedkit dibandingkan dengan arang teraktivasi. Permukaan arang teraktivasi terlihat memiliki rongga dan celah yang cukup banyak dan tersebar merata, yang mengindikasikan bahwa proses karbonisasi dan aktivasi menggunakan larutan KOH telah berhasil membentuk struktur berpori. Kehadiran pori-pori ini sangat penting dalam proses adsorpsi, karena semakin banyak dan terbuka pori-pori yang terbentuk, maka semakin besar pula luas permukaan spesifik yang tersedia untuk mengikat ion logam Pb(II). Pori-pori tersebut berperan sebagai jalur difusi bagi molekul adsorbat, sehingga mempermudah interaksi antara ion logam dengan situs aktif pada permukaan

adsorben. Struktur permukaan yang kasar dan berpori menandakan bahwa adsorben memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi pengolahan limbah cair, khususnya dalam penjerapan logam berat seperti Pb(II). Proses pembentukan pori-pori tersebut umumnya terjadi akibat reaksi pengikisan yang berlangsung antara permukaan adsorben dan zat pengaktif (aktivator) yang digunakan (Pongener et al., 2015).

Penelitian ini sejalan dengan temuan dari Erlina et al., (2015) yang menunjukkan bahwa aktivasi kimia menggunakan basa kuat seperti KOH mampu membentuk pori-pori pada arang aktif. Aktivasi ini menyebabkan ion hidroksida (OH^-) yang terdapat dalam larutan basa mampu bereaksi dengan permukaan arang, sehingga memicu terbentuknya rongga dan pori-pori pada permukaan arang aktif. Hal ini tidak hanya membuka pori-pori yang sudah ada, tetapi juga dapat membentuk pori-pori baru sebagaimana terjadi pada adsorben berbahan dasar kelopak jantung pisang.

B. Optimasi Kondisi Adsorpsi

1. pH Optimum

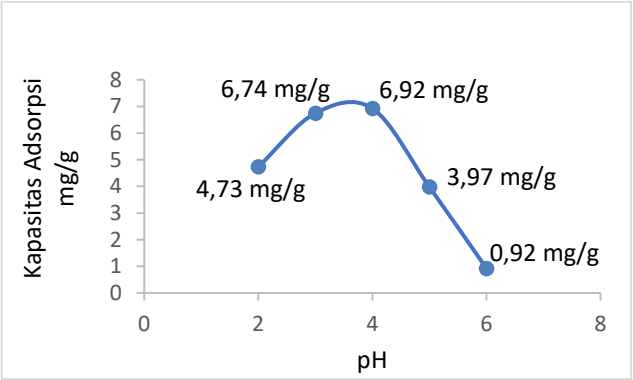
Derajat pH, yang mencerminkan keasaman atau kebasaan larutan, termasuk parameter fundamental dalam kajian karakteristik larutan (Tangio, 2013). Nilai pH sangat berpengaruh terhadap efektivitas proses adsorpsi, karena dapat menentukan tingkat interaksi antara adsorbat dan adsorben dalam medium larutan (Murthy et al., 2020). Keasaman larutan (pH) berperan penting dalam memengaruhi muatan pada gugus fungsi di permukaan adsorben. Variasi pH dapat memicu kompetisi antara ion H^+ dan kation logam dalam berinteraksi dengan permukaan adsorben, sehingga berdampak pada efisiensi adsorpsi. Selain itu, nilai pH juga menentukan jenis dan bentuk spesies logam yang terdapat dalam larutan, yang turut memengaruhi mekanisme interaksi antara logam dan adsorben (Safrianti et al., 2012). Optimalisasi pH dilakukan guna menentukan titik pH di mana kapasitas adsorpsi ion Pb(II) oleh arang aktif kelopak jantung pisang berada pada tingkat tertingginya (Dewi et al., 2015).

Penetapan pH optimum dalam proses adsorpsi ion Pb(II) dilakukan dengan menambahkan 0,1 gram arang aktif kelopak jantung pisang ke dalam larutan ion

logam Pb(II) 25 ppm yang pH-nya telah diatur menggunakan HCl 0,1N dan NaOH 0,1N. Proses pencampuran berlangsung selama satu jam menggunakan orbital shaker pada suhu ruang. Pemilihan suhu ruang didasarkan pada temuan bahwa suhu tinggi dapat menurunkan efektivitas adsorpsi ion logam (Gultom & M. Turmuzi Lubis, 2014). Selama proses berlangsung, terjadi interaksi antara ion logam Pb(II) dengan permukaan adsorben, yang menyebabkan penurunan kadar logam dalam larutan. Setelah proses selesai, campuran disaring dan filtrat dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).

Variasi pH antara 2 hingga 6 digunakan dalam pengujian larutan ion logam Pb(II) karena dalam kisaran ini, ion Pb^{2+} masih stabil sebagai kation, mendukung efektivitas proses adsorpsi. Pada kondisi asam, gugus oksigen bermuatan negatif pada permukaan arang lebih cenderung terprotonasi oleh ion H^{+}, sehingga kemampuan mengikat ion logam menurun. Seiring meningkatnya pH, deprotonasi terjadi, menghasilkan muatan negatif yang meningkatkan interaksi dengan ion logam Pb(II). Kondisi ini meningkatkan afinitas permukaan terhadap ion logam Pb(II), sehingga kapasitas adsorpsi

pun meningkat secara signifikan (Liu & Zhang, 2009). Pada pH larutan di atas 6, kelarutan ion logam Pb(II) cenderung menurun, disebabkan oleh meningkatnya sifat basa yang mendorong terbentuknya spesies logam tak larut dalam medium, sehingga pada kondisi tersebut mulai terjadi proses pengendapan sehingga menyebabkan penurunan kondisi adsorpsi (Aryanti et al., 2014). Grafik data hasil optimasi dapat dlihat pada Gambar 4.6



Gambar 4. 6 Pengaruh pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pH larutan menyebabkan kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) meningkat hingga mencapai titik optimum. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya konsentrasi ion H^+ pada pH yang lebih tinggi, sehingga ion logam Pb(II) dapat berinteraksi lebih efektif

dengan permukaan adsorben karena tidak terganggu oleh keberadaan H^+ dalam jumlah tinggi. Dengan demikian, lebih banyak ion logam Pb(II) yang dapat berinteraksi dan teradsorpsi secara efektif. Namun, setelah melewati pH optimum, kapasitas adsorpsi justru menurun. Penurunan ini terjadi karena pada kondisi basa dominasi ion OH^- memicu pembentukan kompleks hidroksida dengan ion logam Pb(II) yaitu terjadinya pembentukan $Pb(OH)_2$, yang menghambat keterikatan langsung ion logam pada permukaan adsorben dan menurunkan kapasitas adsorpsi (Wulandari et al., 2014).

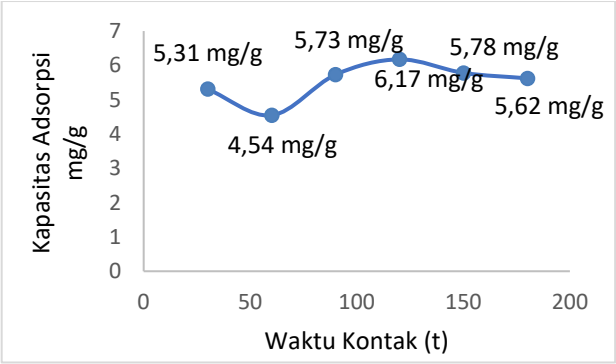
Berdasarkan hasil pengamatan, proses adsorpsi ion logam Pb(II) dengan arang aktif kelopak jantung pisang mencapai efisiensi maksimum pada pH 4, dengan kapasitas adsorpsi mencapai 6,92 mg/g, penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Liu dan Zhang (2009), serta Wulandari et al. (2014), yang menyatakan bahwa peningkatan pH akan meningkatkan kapasitas adsorpsi hingga mencapai titik optimum, dan setelah melewati pH tersebut, akan terjadi penurunan akibat presipitasi logam dalam bentuk senyawa hidroksida.

2. Waktu Kontak

Variabel waktu kontak memiliki peran signifikan dalam mengendalikan optimalisasi kinerja sistem adsorpsi. Semakin lama waktu kontak yang diberikan, maka semakin tinggi frekuensi interaksi atau tumbukan antara partikel adsorben dan adsorbat, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya proses adsorpsi (Baryatik et al., 2019).

Evaluasi terhadap waktu kontak dilakukan dengan mengamati kinerja adsorpsi pada rentang waktu 30–180 menit. Tujuan pengujian ini adalah untuk menetapkan waktu adsorpsi ion logam Pb(II) terbanyak dalam adsorpsi ion logam Pb(II) oleh arang aktif kelopak jantung pisang. Sebanyak 0,1 gram adsorben ditambahkan ke dalam 50 mL larutan ion logam Pb(II) berkonsentrasi 25 ppm dengan pH yang telah disesuaikan ke kondisi optimum (pH 4), lalu digojok menggunakan *orbital shaker* sesuai waktu yang divariasikan. Filtrat dari campuran kemudian dilakukan analisis konsentrasinya menggunakan alat AAS. Waktu kontak adsorpsi oleh arang aktif kelopak jantung pisang ditentukan berdasarkan kurva hubungan antara kapasitas adsorpsi dan lama waktu interaksi. Jumlah ion logam Pb(II) yang teradsorpsi terbanyak terjadi pada saat proses adsorpsi mencapai

nilai maksimum, yaitu ketika sebagian besar ion logam Pb(II) telah berinteraksi dengan permukaan adsorben. Setelah kondisi ini tercapai, penambahan waktu kontak tidak lagi meningkatkan jumlah ion logam Pb(II) yang teradsorpsi secara signifikan (Sudiarta et al., 2022). Gambar 4.7 menyajikan grafik yang menggambarkan keterkaitan antara waktu kontak dan jumlah ion logam Pb(II) yang berhasil teradsorpsi.



Gambar 4. 7 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Hasil tersebut menunjukkan bahwa adsorpsi Jumlah ion logam Pb(II) teradsorpsi terbanyak terjadi pada menit ke-120 dengan kapasitas tertinggi sebesar 6,17 mg/g. Setelah waktu tersebut, waktu kontak adsorpsi tidak mengalami peningkatan yang signifikan dan cenderung menurun, yang mengindikasikan bahwa kondisi optimum telah tercapai. Penurunan jumlah ion logam Pb(II) teradsorpsi pada waktu kontak

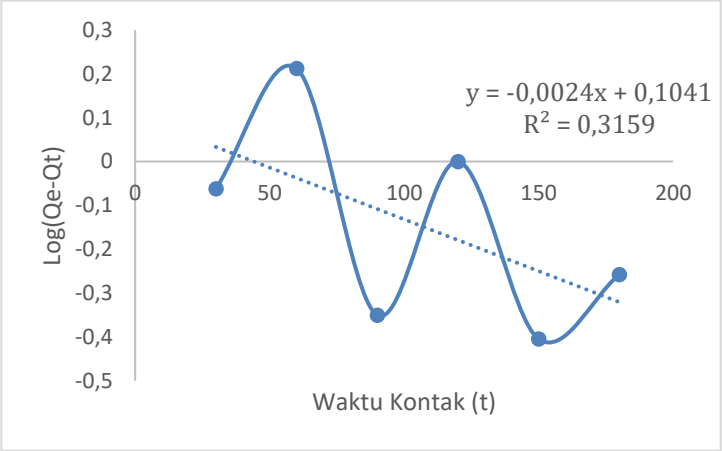
tertentu disebabkan oleh tercapainya kondisi optimum, di mana permukaan adsorben telah mencapai titik jenuh. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa seluruh area aktif adsorben telah tersaturasi oleh ion logam, sehingga kemampuan adsorpsi mencapai batas maksimal (Zian et al., 2016).

Lamanya waktu kontak antara ion logam Pb(II) dan permukaan adsorben secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan kemungkinan terjadinya mekanisme adsorpsi. Namun, jika waktu kontak terlalu lama, kapasitas adsorpsi justru bisa menurun karena adsorben mulai jenuh atau terjadi pelepasan kembali ion logam Pb(II) dari permukaan adsorben (Pranoto et al., 2018). Dalam adsorpsi fisika yang bersifat reversibel, ion yang telah teradsorpsi pada permukaan padatan dapat mengalami pelepasan kembali ke larutan melalui proses desorpsi. Kejadian ini mengindikasikan bahwa sistem telah mencapai kondisi optimum. Kondisi tersebut terjadi karena adsorben telah mencapai kapasitas maksimum dalam menyerap ion logam, sehingga tidak memungkinkan terjadinya peningkatan adsorpsi lebih lanjut (Irmanto & Suyata, 2009).

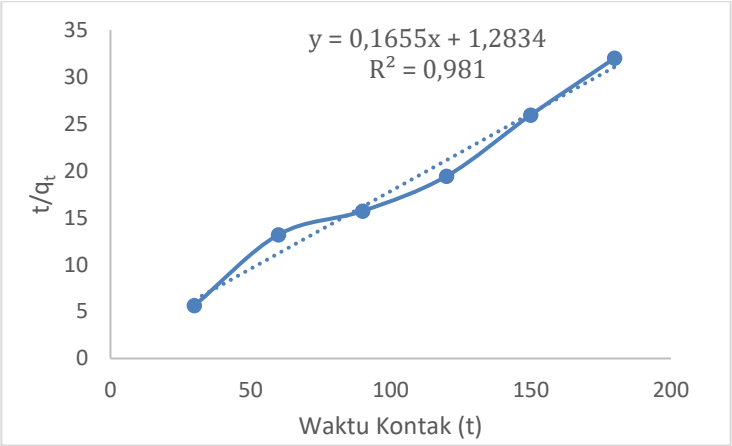
C. Kinetika Adsorpsi

Guna menentukan laju penyerapan adsorbat oleh adsorben, digunakan kinetika adsorpsi dengan data waktu kontak dan kapasitas adsorpsi. Analisis ini untuk menemukan konstanta laju adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan model pseudo-orde satu dan pseudo-orde dua.

Pemilihan model kinetika didasarkan pada nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi, yang mencerminkan tingkat kesesuaian antara model dan data eksperimen. Semakin mendekati nilai 1, R^2 menunjukkan bahwa model memberikan representasi yang lebih akurat terhadap dinamika adsorpsi. Grafik pemodelan pseudo-orde satu dan dua dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4. 8 Persamaan Kinetika Pseudo Orde Satu



Gambar 4. 9 Persamaan Kinetika Pseudo Orde Dua

Hasil regresi grafik model pseudo-orde satu menunjukkan persamaan y = -0,0024x + 0,1041 dengan nilai R^2 sebesar 0,3159. Diperoleh konstanta laju adsorpsi k sebesar 0,0055 $menit^{-1}$ dan kapasitas adsorpsi q_e sebesar 1,27087 mg/g. Sedangkan pada model pseudo-orde dua, regresi y = 0,1655x + 1,2834 menghasilkan R^2 sebesar 0,981, dengan k sebesar 0,0213419 $g.mg^{1}.menit^{-1}$ dan q_e sebesar 6,0423 mg/g.

Konstanta laju adsorpsi (k) yang dinyatakan dalam satuan $menit^{-1}$ merepresentasikan kecepatan berlangsungnya proses adsorpsi. Analisis terhadap data kinetika mengungkapkan bahwa model pseudo-orde dua menghasilkan nilai k lebih besar (0,0213419 $menit^{-1}$) daripada pseudo-orde satu, menandakan bahwa laju proses adsorpsi lebih tinggi. Secara umum, peningkatan nilai k

berkorelasi langsung dengan percepatan laju adsorpsi (Hastuti et al., 2021). Kecocokan model kinetika adsorpsi tidak hanya ditinjau dari besarnya konstanta laju (k), tetapi juga melalui dua indikator utama, yakni kesesuaian antara nilai q_e teoritis dan eksperimental, serta nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati satu. Pada model pseudo-orde dua, diperoleh q_e teoritis sebesar 6,04 mg/g, yang sangat mendekati nilai q_e eksperimental yaitu 6,17 mg/g , serta R^2 sebesar 0,981. Oleh karena itu, model kinetika pseudo-orde dua merupakan model yang paling sesuai untuk menggambarkan proses adsorpsi ion logam Pb(II) oleh arang aktif kelopak jantung pisang, karena memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 (Fitriani & Fadli, 2016).

BAB V
PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Karakteristik arang dari kelopak jantung pisang sebelum dan sesudah aktivasi, sudah memenuhi standar SNI 06-3730-1995 untuk kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon tetap. Namun, daya serap iod setelah aktivasi masih di bawah standar SNI 06-3730-1995. Selanjutnya, hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR menunjukkan adanya penambahan gugus fungsi C–O dan C–H pada arang teraktivasi. Selain itu, dari analisis morfologi permukaan menggunakan SEM menunjukkan bahwa arang teraktivasi memiliki permukaan lebih berpori, yang mendukung kinerja adsorpsi.
2. Kondisi pH optimum dan waktu kontak untuk adsorpsi ion logam Pb(II) oleh arang dari kelopak jantung pisang yang diaktivasi menggunakan KOH terjadi pada pH 4 dan waktu kontak selama 120 menit, dengan kapasitas adsorpsi mencapai 6,17 mg/g.
3. Proses adsorpsi ion Pb(II) pada arang aktif kelopak jantung pisang sesuai dengan model kinetika pseudo-orde dua, dengan konstanta laju k= 0,02 $g \cdot mg^{-1} \cdot menit^{-1}$ dan kapasitas adsorpsi q_e = 6,04 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion logam Pb(II)

oleh arang aktif kelopak jantung pisang berlangsung relatif cepat dengan kemampuan penjerapan yang baik.

B. SARAN

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan karakterisasi menggunakan metode BET guna mengetahui luas permukaan spesifik, serta melakukan optimasi terhadap variasi konsentrasi larutan pada arang aktif kelopak jantung pisang.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan evaluasi ulang terhadap daya serap iod guna memperoleh hasil yang lebih optimal.
3. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan aktivator lain untuk meningkatkan daya adsorpsi arang aktif kelopak jantung pisang.
4. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengkajian ulang terhadap variasi waktu kontak.

DAFTAR PUSTAKA

Abou El-Maaty, E.-W.A. 2014. Removal of Lead from Aqueous Solution on Activated Carbon and Modified Activated Carbon Prepared from Dried Water Hyacinth Plant. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*. 5(2): 1-14.

Alfarisi, F. (2017). *Sintesis dan Karakteristik Karbon Aktif dari Tandan Pisang dengan Menggunakan Aktivator KOH untuk Adsorpsi Fenol.* Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Alfiany, H. and Bahri, S. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*, 2(3): 75–86.

Alfiaturrahma, P. and Hendriyanto, O. 2018. Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben untuk Menyisihkan Logam Cu. *Envirotek*, 8(2): 105–111.

Ariyanto, E., Lestari, D. D., & Kharismadewi, D. 2021. Analisa Kemampuan Dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Ketapang Terhadap Zat Warna Metil Oranye. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, *32*(2): 166–178.

Aryani, F. 2019. Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia pada Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa *(Cocos nucifera L). Indonesian Journal of Laboratory*, *1*(2): 16–20.

Aryanti, A. Y., Hastuti, R., & Khabibi. 2014. Pengaruh Penambahan Polietilen Glikol (PEG) pada Selulosa dalam Serbuk Tongkol Jagung *(Zea Mays)* terhadap Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb^{2+}). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, *17*(1): 1–5.

Asra, R., Maisitoh, M. and Rusdi, R. 2019. Analysis of Metal Contents Lead and Cadmium in Uretic Acid Jamu By Using Atomic Absorption Spectrophotometric. *Journal of*

Pharmaceutical and Sciences. 2(1): 10-16.

Astija, A. and Djaswintari, D. 2020. Analisis Kandungan Lemak Pada Abon yang Dibuat dari Jantung Pisang *(Musa Paradisiaca)* dan Ikan Sidat *(Anguilla Marmorata)*. *Journal of Nutrition College*. 9(4): 241-246.

Atkins, P., Paula, J. de and Keeler, J. 2022. *Atkins' Physical Chemistry*. United Kingdom: Oxford University Press.

Azizah *et al.* 2019. *Pemanfaatan Jantung Pisang Sebagai Campuran Produk Nugget dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Fisika, Organoleptik, Kadar Serat dan Antosinasin.* Poltekkes Kemenkes Yogyakarta: Repository Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.

Baryatik, P., Moelyaningrum, A. D., Asihta, U., Nurcahyaningsih, W., Baroroh, A., & Herdian, R. 2019. Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Kadmium pada Air Sumur. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *02*(1): 11–19.

Boskabady, M. *et al.* 2018. The Effect of Environmental Lead Exposure on Human Health and The Contribution of Inflammatory Mechanisms, a Review. *Environment International*. 120(2018): 404–420.

Cundari, L., Yanti, P. and Syaputri, K.A. 2019. Pengolahan Limbah Cair Kain Jumputan Menggunakan Karbon Aktif dari Sampah Plastik. *Jurnal Teknik Kimia*.

Darmayanti Darmayanti, Nurdin Rahman and Supriadi Supriadi. 2012. Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati *(Biocharcoal)* Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH. *Jurnal Akademika Kimia*. 1(4): 159–165.

Dewi, R., Azhari, & Nofriadi, I. 2020. Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal*

Teknologi Kimia Unimal, *9*(2): 12–22.

El-Wakil, A. M., El-Maaty, W. M., & Awad, F. S. (2014). Removal of Lead from Aqueous Solution on Activated Carbon and Modified Activated Carbon Prepared from Dried Water Hyacinth Plant. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 5(2): 1–14

Erlina, Umiatin, & Budi, e. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu. *Prosiding seminar nasional fisika (e-journal)*. 55–60.

Farikhin, F. 2016. Analisa Scanning Electron Microscope Komposit Polyester Dengan Filler Karbon Aktif. *Publikasi Ilmiah*, 1–16

Fasya, A, Z., Fadila, N. (2017). Pemanfaatan Arang Sekam Padi sebagai Adsorben Guna Mengurangi Limbah Cr. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Faza, N. 2021. Adsorpsi Logam Cd (II) Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Kulit Buah Matoa Teraktivasi Asam Nitrat. Skripsi. Semarang: Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Fitriani, I. and Fadli, A. 2016. Terlarut Dalam Air Menggunakan Partikel. 3(1): 1-6

Ginting, F.D. 2008. *Pengujuan Alat Pendingin Sistem Adsorpsi Dua Adsorber dengan Menggunakan Metanol 1000 mL sebagai Refrigeran.* Skripsi. Jakarta : Universitas Indonesia.

Gultom, E. M., & M. Turmuzi Lubis. 2014. Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *3*(1): 5–10.

Gunavathy, N. 2013. Corrosion Inhibition Study of Bract Extract of Musa Acuminata Inflorescence on Mild Steel in

Hydrochloric Acid Medium. *IOSR Journal of Applied Chemistry*. *5*(2): 29–35.

Gunawan, B. 2010. Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethylen Glycol (PEG). Jurnal Sains. doi: 1979-6870

Haura, U., Razi, F. and Meilina, H. 2017. Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya Pada Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI). *Biopropal Industri*. 8(1): 47-54

Herawati, D., Santoso, S. D., & Amalina, I. 2018. Kondisi Optimum Adsorpsi-Fluidisasi Zat Warna Limbah Tekstil Menggunakan Adsorben Jantung Pisang. *Jurnal SainHealth*. *2*(1): 1-7

Herlandien, Y. L. (2013). *Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat*. 1–84.

Hidayah, N., Deviyani, E. and Wicakso, D.R. 2012. Adsorpsi Logam Besi (Fe) Sungai Barito Menggunakan Adsorben dari Batang Pisang. *Konversi*. 1(1): 19-25.

Hidayati, E.N. 2013. *Perbandingan Metode Destruksi pada Analisis Pb dalam Rambut dengan Aas.* Skripsi. Semarang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2016). Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Ori (Bambusa Arundinacea) Yang Di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Inovasi Teknik Kimia.*, *5*(1): 22–27.

Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. 2017. Serapan Logam Berat Esensial dan Non Esensial Pada Air Lindi TPA Kota Banda Aceh. *Serambi Engineering*. *2*(3): 134–140.

Irmanto, & Suyata. (2009). Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, Dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Molekul*, *4*(2): 105–114.

Ismiyati, M., Setyowati, R. D. N., & Nengse, S. (2021). Pembuatan Bioadsorben Dari Sabut Kelapa Dan Tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, *7*(1): 33–45.

Issabayeva, G., Aroua, M. K., & Sulaiman, N. M. N. (2006). Removal of Lead From Aqueous Solutions on Palm Shell Activated Carbon. *Bioresource Technology*, 97: 2350–2355.

Jiang, J., Xu, R. kou, Jiang, T. yu, & Li, Z. (2012). Immobilization of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by The Addition of Rice Straw Derived Biochar To a Simulated Polluted Ultisol. *Journal of Hazardous Materials*, 229–230: 145–150

Kamarati, K.F.A., Marlon, I.A. and Sumaryono, M. 2018. Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Timbal (Pb) dan Mangan (Mn) pada Air Sungai Santan Heavy Metal Content Iron (Fe), Lead (Pb) and Manganese (Mn) in The Water of The Santan River. *JURNAL Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. 4(1): 49–56.

Kurniawan, M. I., Abdullah, Z., Rahmadani, A., Zein, R., & Munaf, E. 2014. Isotherm and Kinetic Modeling of Pb (II) and Cu (II) Uptake by *Annona muricata L. Seeds*. *Asian Journal of Chemistry*. 26(12): 3588–3594.

Kusuma, A.T. *et al.* 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Raksa (Hg) pada Cat Rambut yang Beredar di Kota Makassar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Celebes Enviromental Science Journal*. 1(1): 6–12.

Kusumaningrum, D. I. P., Sudarni, D. H. A., & Wahyuningsih, S. 2022. Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (Melaleuca cajuputi)

dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir Optimization of the Effect of Contact Time and Adsorbent Dosage of Eucalyptus (Melaleuca cajuputi. Jurnal Teknik Kimia USU, 11(2), 72–79

Liu, Z., & Zhang, F.-S. 2009. Removal of lead from water using biochars prepared from hydrothermal liquefaction of biomass. *Journal of Hazardous Materials*, *167(2009)*: 933–939.

Merliyana. 2017. *Analisis Status Pencemaran Air Sungai dengan Makrobentos Sebagai Bioindikator di Aliran Sungai Sumur Putri Teluk Betung*. Skripsi. Lampung: Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung 2017.

Martina, D., Hastuti, R., & Widodo, D. S. (2016). Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (Zea mays) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb2+). Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi, 19(3), 77–82.

Mihranyan, A. 2005. *Engineering of Native Cellulose Structure for Pharmaceutical Applications*. Disertasi. Swedia: From The Faculty Of Pharmacy Uppsala Universitet.

Mohamad, E., Oputu, I. J., & Tangio, J. S. 2020. Pemanfaatan Gulma Siam (Chromolaena odarata L.) Sebagai Adsorben Logam Timbal. *Jambura Journal of Chemistry*, *2*(1): 25–32.

Murthy, T. P. K., Gowrishankar, B. S., Krishna, R. H., Chandraprabha, M. N., & Mathew, B. B. (2020). Magnetic modification of coffee husk hydrochar for adsorptive removal of methylene blue: Isotherms, kinetics and thermodynamic studies. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, *2*: 205–212

Nafi'ah, R. 2016. Kinetika Adsorpsi Pb (II) dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*. I(2): 28–37.

Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Penerbit Rieneka Cipta.

Pambudi, A., Farid, M., & Nurdiansah, H. 2017. Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorbsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*, *6*(2): 441–444.

Pongener, C., Kibami, D., Rao, K., Goswamee, R., & Sinha, D. 2015. Synthesis and Characterization of Activated Carbon from the Biowaste of the Plant Manihot Esculenta. Chemical Science Transactions, 4(1): 59–68.

Pratomo, S.W. *et al.* 2017. Indonesian Journal of Chemical Science Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H_3PO_4 sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II) dalam Larutan. *J. Chem. Sci*. 6(2): 162-167.

Rahmi, R. *et al.* 2017. *Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal(Pb) dalam Limbah Cair*. Prosiding Seminar Nasional Biotik. Banda Aceh 05 April 2017.

Ramdja, A.F., Halim, M. and Handi, J. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa *(Cocus nucifera). Teknik Kimia*. 15(0258): 1–8.

Rengga, W. D. P. (2020). Karbon Aktif: Perpanjangan Masa Pakai 66 Minyak Goreng. Yogyakarta: Deepublish.

Rochery, M., Vroman, I. and Campagne, C. 2006. Coating of polyester with poly(dimethylsiloxane)- and poly(tetramethylene oxide)-based polyurethane. *Journal of Industrial Textiles*. 35(3): 227–238.

Rochyatun, E. and Rozak, A. 2010. Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *MAKARA of Science Series*. 11(1): 28-36

Roni, K.A., Martini, S. and Legiso, L. 2021. Analisis Adsorben Arang Aktif Sekam Padi dan Kulit Pisang Kepok untuk Pengolahan Air Sungai Gasing, Talang Kelapa, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Konversi*. 10(2): 13–18.

Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. 2012. Adsorpsi Timbal (Ii) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*, *1*(1): 1–7.

Sagita, C.P., Nulandaya, L. and Kurniawan, Y.S. 2021. Efficient and Low-Cost Removal of Methylene Blue using Activated Natural Kaolinite Material. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*. 1(2): 69–77.

Said, N.F. and Widiastuti, N. 2008. Adsorpsi Cu (II) Pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara Pt Ipmomi Paiton. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 7(1): 1–11.

Salamah, S. 2008. P*embuatan Karbon Aktif dari Kulit Buah Mahoni dengan Perlakuan Perendaman Larutan KOH*. Prosiding Seminar Nasional Teknoin2. Yogyakarta 22 November 2008.

Samosir, A.F., Yulianto, B. and Suryono, C.A. 2019. Arang Aktif dari Ampas Kopi sebagai Absorben Logam Cu Terlarut dalam Skala Laboratorium. *Journal of Marine Research*. 8(3): 237–240.

Sembiring, M.T. and Sinaga, T.S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya).* USU Digital Library.

Setiawati, E. and Suroto, S. 2010. Pengaruh Bahan Aktivator pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 2(1): 21-26.

Siregar, T. (2011). Interaksi Ion Pb2+ Pada Biomassa Fitoplankton Laut Tetraselmis chuii. Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara, 7(4), 192–201.

Siregar, Y. D. I., Heryanto, R., Lela, N., & Lestari, T. H. 2015. Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *Jurnal Kimia VALENSI*, *1*(2): 103–116.

Siringo-ringo, E. P. (2019). Pengaruh Waktu Kontak , pH dan Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben dari Kulit Pisang. *Pengaruh Waktu Kontak , PH dan Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben dari Kulit Pisang*, 1–90.

Solikha, F.D. 2019. Penentuan Kadar Tembaga (II) pada Sampel Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) *Perkin Erlmer Analyst 100* Metode Kurva Kalibrasi', *Jurnal Ilmiah Indonesia*. 4(2): 1–11.

Sopiah, N. 2017. Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit *(Elais Guineensis)* Sebagai Adsorben Kadmium Terlarut. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. *8*(2): 55–66.

Suarya, P. 2008. Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh Oleh Lempung Teraktivasi Asam. *Jurnal Kimia*. 2(1): 19–24.

Sudarwin. 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang.* Tesis. Semarang: Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

Sudiarta, I. W., Saputra, I. G. D. V., & Suarya, P. 2022. Modifikasi Silika Gel Dari Abu Limbah Hasil Proses Pembakaran Industri Batu Bata Dengan Difenilkarbazon Sebagai Adsorben Serta Uji Daya Serap Terhadap Ion Logam Cr(Iii) dan Cu(Ii). *Jurnal Kimia*, *16*(2): 226–236.

Sugiarti, S., Charlena, C. and Aflakhah, N.A. 2017. Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1- Propantiol

sebagai Adsorben Kation Cu(II) dan Biru Metilena. *Jurnal Kimia VALENSI*. 3(1): 11–19.

Susmanto, P., Yandriani, Y., Dila, A. P., & Pratiwi, D. R. 2020. Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom Adsorpsi. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, *4*(2): 77–87.

Tasanif, R., Isa, I., & Rewini Kunusa, W. 2020. Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd, Cu dan Cr. Jamb.J.Chem. 2(1): 33–43.

Udyani, K. *et al.* 2019. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*. 23(1): 39–46.

Wan Ibrahim, W. M. H., Mohamad Amini, M. H., Sulaiman, N. S., & Wan Abdul Kadir, W. R. (2021). Evaluation of alkaline-based activated carbon from Leucaena Leucocephala produced at different activation temperatures for cadmium adsorption. *Applied Water Science*, *11*(1), 1–13.

Wickramarachchi, K. S., & Ranamukhaarachchi, S. L. 2005. Preservation of Fiber-Rich Banana Blossom As A Dehydrated Vegetable. *ScienceAsia*. *31*(3). 265–271

Yulaipi, S. and Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair *(Oreochromis mossambicus)*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 166–170.

Yuliyanti, A., Sarah, D., & Soebowo, E. 2013. Pengaruh Lempung Ekspansif Terhadap Potensi Amblesan Tanah Di Daerah Semarang. *Jurnal RISET Geologi Dan Pertambangan*, *22*(2): 93–104.

Zeng, Y., Prasetyo, L., Nguyen, V. T., Horikawa, T., Do, D. D., & Nicholson, D. (2014). Characterization of oxygen functional

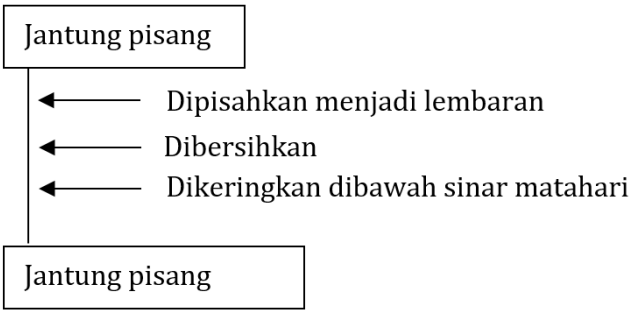
groups on carbon surfaces with water and methanol adsorption. *Carbon*, *81*(1), 447–457.

Zian, Ulfin, I., & Harmami. 2016. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *5*(2): 2337–3520.

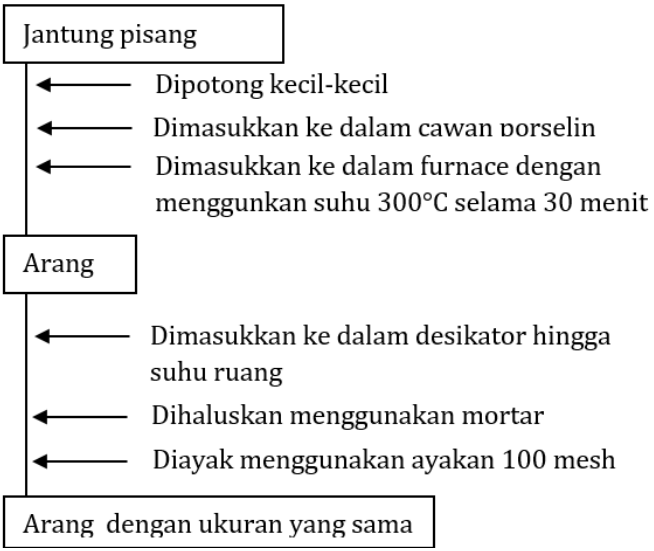
Zielinski, J. 2013. Nanocoatings and Ultra-Thin Films Edited by. n.d.', *Intertek: Chemical & Pharmaceuticals*.

LAMPIRAN

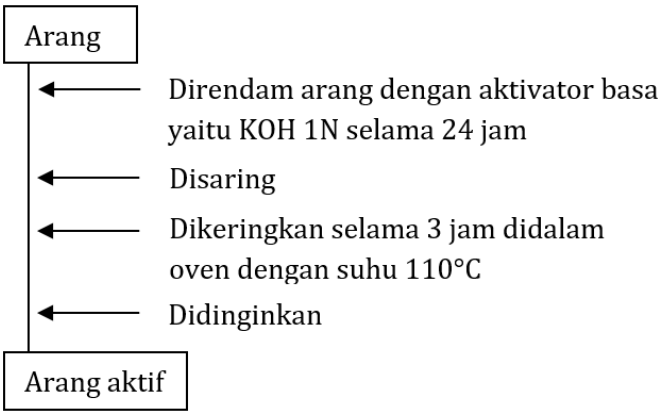
Lampiran 1 Preparasi Sampel



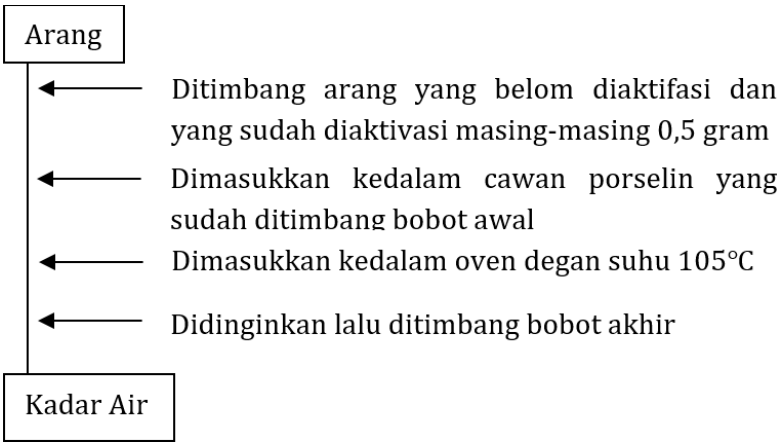
Lampiran 2 Tahap Karbonisasi



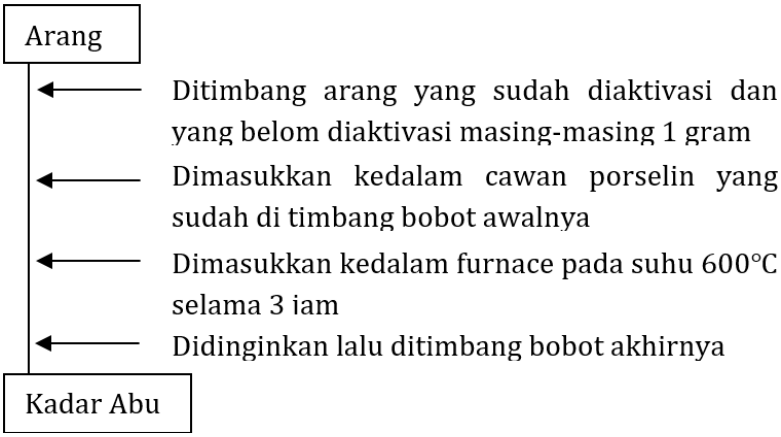
Lampiran 3 Tahap Aktivasi



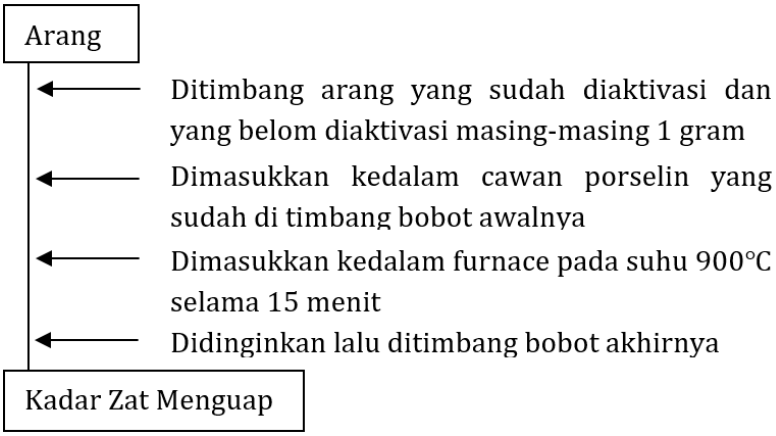
Lampiran 4 Uji Kadar Air



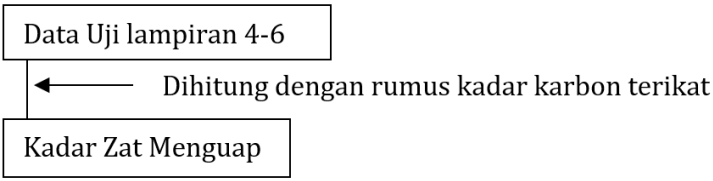
Lampiran 5 Uji Kadar Abu



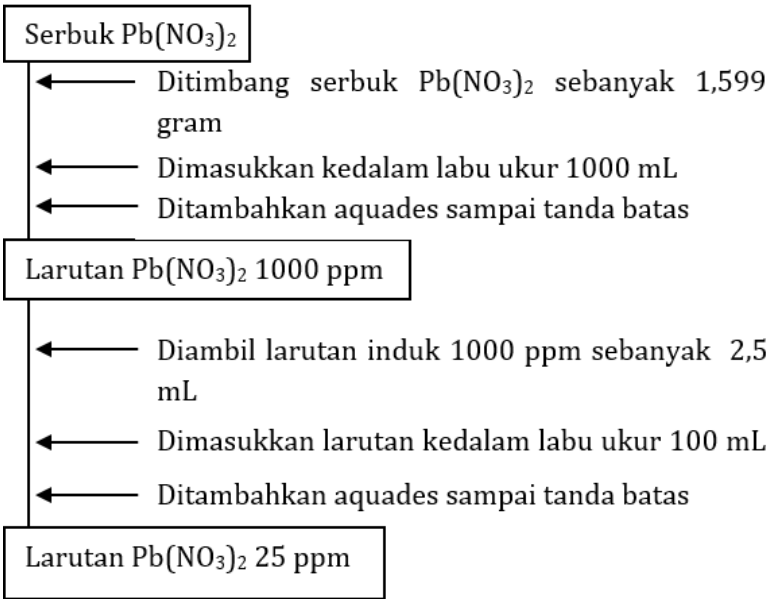
Lampiran 6 Uji Kadar Zat Menguap



Lampiran 7 Uji Kadar Karbon Terikat

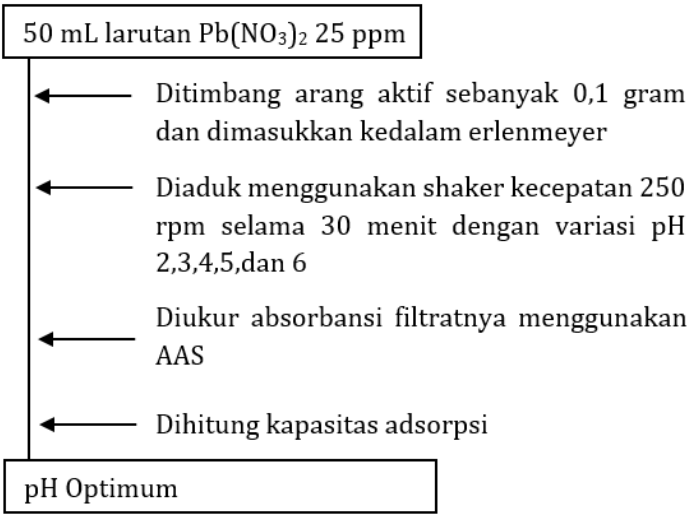


Lampiran 8 Pembuatan Larutan standar $Pb(NO_3)_2$

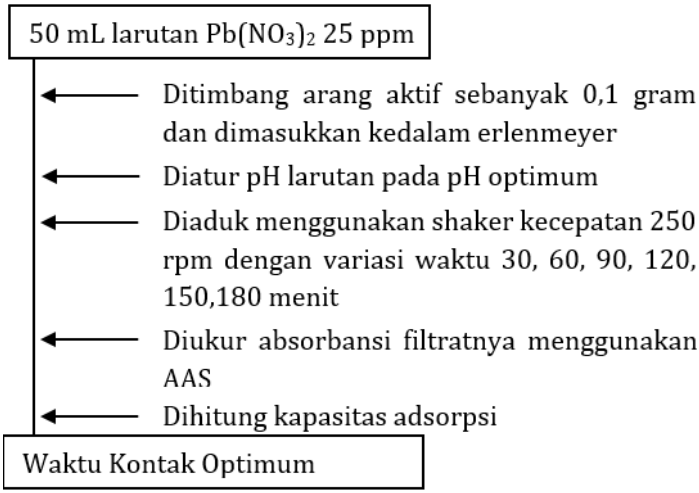


Lampiran 9 Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi

a. pH Optimum



b. Waktu Kontak Optimum



Lampiran 10 Analisis Data

A. pembuatan larutan Ion Logam Pb(II)

1. larutan induk Ion Logam Pb(II)1000 ppm dalam 1L

$$\text{massa} = \frac{ppm \times V \times Mr\ \text{Pb(NO3)}_2}{Ar\ Pb\ (II)}$$

$$= \frac{1000\ mg/L \times 1L \times 331\ gr/mol}{207\ gr/mol}$$

= 1599,03 mg

= 1,599 gram

2. pembuatan larutan standar ion logam Pb(II)

a. $M_1 . V_1 = M_2 . V_2$

1000 ppm . V1 = 0,25 ppm . 100 mL

$$V1 = \frac{0{,}25\ ppm\ .100\ mL}{1000\ ppm}$$

V1 = 0,025 mL

b. $M_1 . V_1 = M_2 . V_2$

1000 ppm . V1 = 0,5 ppm . 100 mL

$$V1 = \frac{0{,}5\ ppm\ .100\ mL}{1000\ ppm}$$

V1 = 0,05 mL

c. $M_1 . V_1 = M_2 . V_2$

1000 ppm . V1 = 1 ppm . 100 mL

V1 = $\frac{1ppm \,.100\, mL}{1000\, ppm}$

V1 = 0,1 mL

d. $M_1 . V_1$ = $M_2 . V_2$

1000 ppm . V1 = 2 ppm . 100 mL

V1 = $\frac{2\, ppm \,.100\, mL}{1000\, ppm}$

V1 = 0,2 mL

e. $M_1 . V_1$ = $M_2 . V_2$

1000 ppm . V1 = 4 ppm . 100 mL

V1 = $\frac{4\, ppm \,.100\, mL}{1000\, ppm}$

V1 = 0,4 mL

3. pengenceran larutan ion logam Pb(II) 25 ppm 100 mL

$M_1 . V_1$ = $M_2 . V_2$

1000 ppm . V1 = 25 ppm . 100 mL

V1 = $\frac{25\, ppm \,.100\, mL}{1000\, ppm}$

V1 = 2,5 mL

B. Parameter arang aktif

1. Pengujian kadar air

$$\text{Kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

a. Kadar air arang

$$\text{Kadar air} = \frac{63{,}17 - 63{,}16}{63{,}17 - 62{,}67} \times 100\%$$

$$= 2\%$$

b. Kadar air arang aktif

$$\text{Kadar air} = \frac{42{,}39 - 42{,}34}{42{,}39 - 41{,}89} \times 100\%$$

$$= 10\%$$

2. Pengujian kadar abu

$$\text{kadar abu} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\%$$

a. Kadar abu arang

$$\text{kadar abu} = \frac{34{,}36 - 34{,}42}{34{,}36} \times 100\%$$

$$= 2{,}7\ \%$$

b. Kadar abu arang aktif

$$\text{kadar abu} = \frac{32{,}16 - 32{,}40}{32{,}16} \times 100\%$$

$$= 2{,}3\ \%$$

3. Kadar zat menguap

kadar zat mudah menguap = $\frac{b-c}{b} \times 100\%$

a. Kadar zat menguap arang

kadar zat mudah menguap

$= \frac{35{,}10 - 34{,}26}{35{,}10} \times 100\%$

= 2,4 %

b. Kadar zat menguap arang aktif

kadar zat mudah menguap

$= \frac{42{,}88 - 41{,}93}{42{,}88} \times 100\%$

= 2,2 %

4. Uji kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat = 100% - (kadar air + kadar abu total + kadar zat mudah menguap)

a. Kadar karbon terikat arang = 100% - 38,96

= 92,9 %

b. Kadar karbon terikat arang aktif = 100% - 14,5

= 85,5 %

5. Uji Daya Serap Iodin

Daya serap Iodin

$= \frac{a}{b} \times \frac{(V_{blanko} - V_{sampel}) \times N_{Na_2SO_3} \times BE\ I_2}{W}$

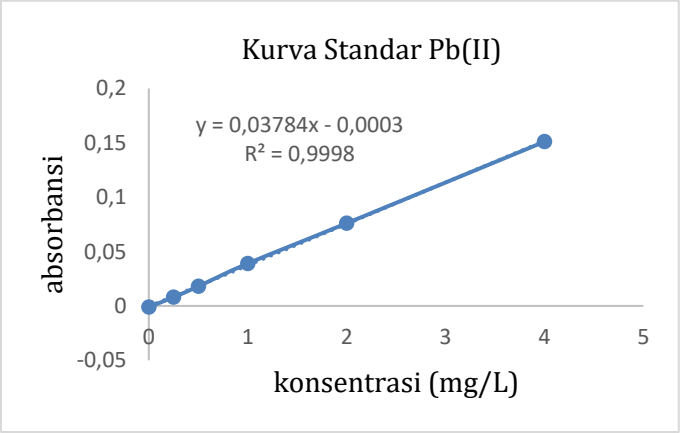
$= \frac{10}{5} \times \frac{(3\ ml - 0{,}2\ ml) \times 0{,}1 mek/ml \times 126{,}91/mek}{0{,}1}$

= 710,696

C. Kapasitas adsorpsi

1. Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb (II) Pada Optimasi pH

Konsentrasi Pb(II) (mg/L)	Nilai Absorbansi
0	-0,001
0,25	0,008
0,5	0,018
1	0,039
2	0,076
4	0,151



pH	Absorbansi	a	b
2	0,4352	0,03784	0,0003
3	0,2831	0,03784	0,0003
4	0,2697	0,03784	0,0003
5	0,4927	0,03784	0,0003
6	0,7239	0,03784	0,0003

Pengujian pada optimasi pH didapatkan persamaan linear yang dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi yaitu:

y= ax+b

$$x = \frac{y-b}{a}$$

dengan y adalah absorbansi, a adalah slope, x adalah konsentrasi, dan b adalah intersep.

y = 0,03784x - 0,0003

R^2= 0,9998

a. pH 2

$$Ce = \frac{Arsobansi-b}{a}$$

$$Ce = \frac{0,4352+0,0003}{0,03784}$$

$$Ce = 11,50899$$

b. pH 3

$$Ce = \frac{Arsobansi-b}{a}$$

$$Ce = \frac{0,2831+0,0003}{0,03784}$$

$$Ce = 7,489429$$

c. pH 4

$$Ce = \frac{Arsobansi-b}{a}$$

$$Ce = \frac{0,2697+0,0003}{0,03784}$$

$$Ce = 7,135307$$

d. pH 5

$$Ce = \frac{Arsobansi+b}{a}$$

$$Ce = \frac{0,4927+0,0003}{0,03784}$$

$$Ce = 13,02854$$

e. pH 6

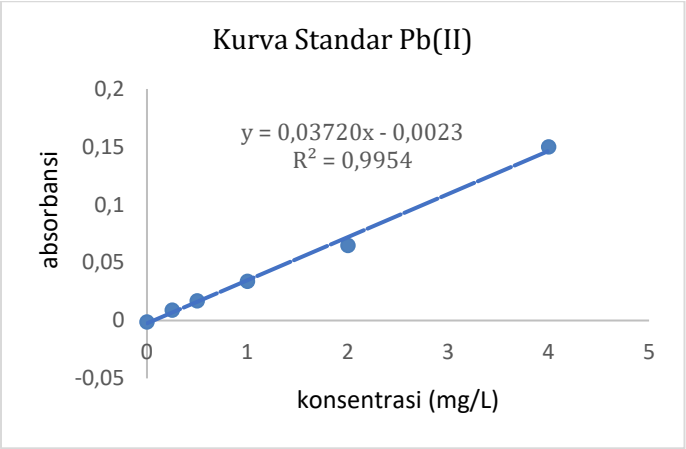
$$Ce = \frac{Arsobansi+b}{a}$$

$$Ce = \frac{0,7239+0,0003}{0,03784}$$

$$Ce = 19,13848$$

2. Kurva Standar Larutan Ion Logam Pb (II) Pada Optimasi Waktu Kontak

Konsentrasi Pb(II) (mg/L)	Nilai Absorbansi
0	-0,001
0,25	0,009
0,5	0,017
1	0,034
2	0,065
4	0,15



Waktu (menit)	absorbansi	a	b
30	0,2152	0,03720	0,0023
60	0,272	0,03720	0,0023
90	0,1839	0,03720	0,0023
120	0,1507	0,03720	0,0023
150	0,18	0,03720	0,0023
180	0,1918	0,03720	0,0023

Pengujian pada optimasi waktu kontak didapatkan persamaan linear yang dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi yaitu:

$y = ax+b$

$x = \frac{y-b}{a}$

dengan y adalah absorbansi, a adalah slope, x adalah konsentrasi, dan b adalah intersep.

$y = 0,03720x - 0,0023$

$R^2 = 0,9954$

a. Waktu Kontak 30 menit

$$Ce = \frac{\text{Arsobansi} - b}{a}$$

$$Ce = \frac{0{,}2152 + 0{,}0023}{0{,}03720}$$

$$Ce = 5{,}846774$$

b. Waktu Kontak 60 menit

$$Ce = \frac{\text{Arsobansi} - b}{a}$$

$$Ce = \frac{0{,}272 + 0{,}0023}{0{,}03720}$$

$$Ce = 7{,}373656$$

c. Waktu Kontak 90 menit

$$Ce = \frac{\text{Arsobansi} - b}{a}$$

$$Ce = \frac{0{,}1839 + 0{,}0023}{0{,}03720}$$

$$Ce = 5{,}005376$$

d. Waktu Kontak 120 menit

$$Ce = \frac{\text{Arsobansi} - b}{a}$$

$$Ce = \frac{0{,}1507 + 0{,}0023}{0{,}03720}$$

$$Ce = 4{,}112903$$

e. Waktu Kontak 150 menit

$$Ce = \frac{\text{Arsobansi} - b}{a}$$

$$Ce = \frac{0{,}18 + 0{,}0023}{0{,}03720}$$

$$Ce = 4{,}900538$$

f. Waktu Kontak 180 menit

$$\text{Ce} = \frac{\text{Arsobansi}-\text{b}}{\text{a}}$$

$$\text{Ce} = \frac{0{,}1918+0{,}0023}{0{,}03720}$$

$$\text{Ce} = 5{,}217742$$

3. Perhitungan kapasitas adsorpsi optimasi pH

pH	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
2	20,98	11,50899	4,735507
3	20,98	7,489429	6,745285
4	20,98	7,135307	6,922347
5	20,98	13,02854	3,975729
6	20,98	19,13848	0,920761

a. pH 2

$$\text{Qe} = \frac{Co-Ce}{m} \times \text{V}$$

$$= \frac{(20{,}98-11{,}50899)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 4,735507 mg/g

b. pH 3

$$\text{Qe} = \frac{Co-Ce}{m} \times \text{V}$$

$$= \frac{(20{,}98-7{,}489429)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 6,745285 mg/g

c. pH 4

$$Qe = \frac{Co-Ce}{m} \times V$$

$$= \frac{(20{,}98-7{,}135307)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

$$= 6{,}922347 \text{mg/g}$$

d. pH 5

$$Qe = \frac{Co-Ce}{m} \times V$$

$$= \frac{(20{,}98-13{,}02854)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

$$= 3{,}975729 \text{ mg/g}$$

e. pH 6

$$Qe = \frac{Co-Ce}{m} \times V$$

$$= \frac{(20{,}98-19{,}13848)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

$$= 0{,}920761 \text{ mg/g}$$

4. Perhitungan optimasi waktu

Waktu kontak (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
30	16,462	5,846774	5,307613
60	16,462	7,373656	4,544172
90	16,462	5,005376	5,728312
120	16,462	4,112903	6,174548
150	16,462	4,900538	5,780731
180	16,462	5,217742	5,622129

a. 30 menit

$$Qe = \frac{Co-Ce}{m} \times V$$

$$= \frac{(16{,}462-5{,}846774)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 5,307613mg/g

b. 60 menit

$$Qe = \frac{Co-Ce}{m} \times V$$

$$= \frac{(16{,}462-7{,}373656)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 4,544172 mg/g

c. 90 menit

$$Qe = \frac{Co-Ce}{m} \times V$$

$$= \frac{(16{,}462-5{,}005376)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 5,728312 mg/g

d. 120 menit

$$\text{Qe} = \frac{Co-Ce}{m} \times \text{V}$$

$$= \frac{(16{,}462-4{,}112903)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 6,174548 mg/g

e. 150 menit

$$\text{Qe} = \frac{Co-Ce}{m} \times \text{V}$$

$$= \frac{(16{,}462-4{,}900538)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 5,780731 mg/g

f. 180 menit

$$\text{Qe} = \frac{Co-Ce}{m} \times \text{V}$$

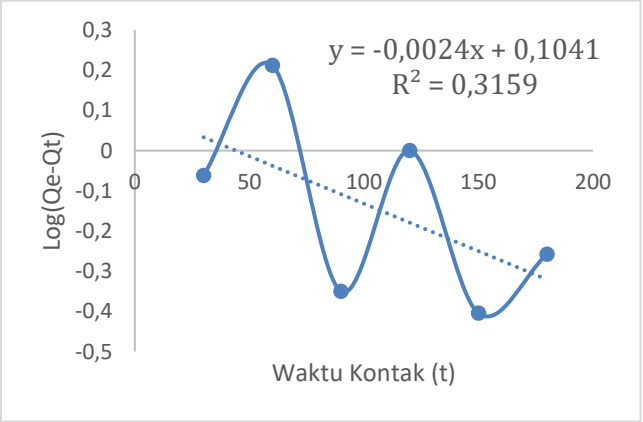
$$= \frac{(16{,}462-5{,}217742)\ mg/L}{0{,}1\ gram} \times 0{,}05 \text{ Liter}$$

= 5,622129 mg/g

5. Perhitungan Kinetika adsorpsi

1. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama

t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	q_t (mg/g)	q_e-q_t (mg/g)	Log (Qe-Qt)
30	16,462	5,846	5,307	0,866	-0,062
60	16,462	7,373	4,544	1,630	-0,212
90	16,462	5,005	5,728	0,446	-0,350
120	16,462	4,112	6,174	0	0
150	16,462	4,900	5,780	0,393	-0,404
180	16,462	5,217	5,622	0,552	-0,257



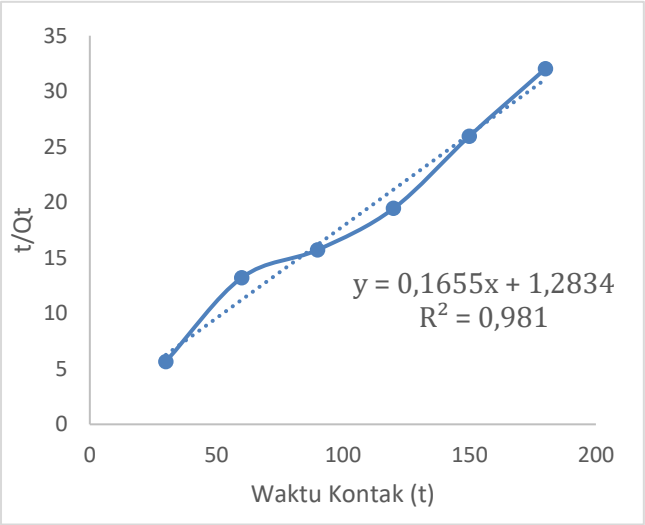
$y = ax + b$
$y = -0{,}0024x + 0{,}1041$
$R^2 = 0{,}3159$

$\frac{-k_1}{2{,}303} = a$
$\frac{-k_1}{2{,}303} = -0{,}0024$
$k_1 = 0{,}0055$

Log qe = b
Log qe = 0,1041
qe = 1,27087

2. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua

t (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	q_t (mg/g)	t/q_t
30	16,462	5,846	5,307	5,652258
60	16,462	7,373	4,544	13,20373
90	16,462	5,005	5,728	15,71144
120	16,462	4,112	6,174	19,43462
150	16,462	4,900	5,780	25,94827
180	16,462	5,217	5,622	32,01634



y = ax + b

y = 0,1655x + 1,2834

R^2 = 0,981

$$\frac{1}{qe} = a$$

$$\frac{1}{qe} = 0{,}1655$$

qe = 6,0423

$$\frac{1}{k_2 . Qe^2} = b$$

$$\frac{1}{k_2 . 6{,}0423^2} = 1{,}2834$$

k_2 = 0,0213419

Lampiran 11 Gambar

No	Gambar	Perlakuan
1		Jantung pisang diberdihkan
2		Pengeringan jantung pisang
3		Jantung pisang difurnace
4		

		Arang jantung pisang
5		Uji kadar air
6		Uji kadar abu

7		Uji kadar zat menguap
8		Uji optimasi pH
9		Uji optimasi waktu

RIWAYAT HIDUP



A. Identitas Diri

Nama	: Adhe Nur Asyiah Zamzam
Tempat & tanggal lahir	: Cirebon, 11 januari 2003
Alamat	: BTN Sumber Asri. AC.24 RT/RW 02/05 Kecomberan, Talun, Cirebon Selatan
No.telpon	: 082128884047
E-mail	: adhenurasyiah11@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1	SDN Pelandakan 1	Lulus 2015
2	SMP IT AL MULTAZAM	Lulus 2018
3	SMA IT AL MULTAZAM	Lulus 2021
4	UIN Walisongo	-