

**PENGARUH SUHU KARBONISASI TERHADAP
KARAKTERISTIK ARANG AKTIF AMPAS
KELAPA (*Cocos nucifera L.*) SERTA UJI
EFEKTIVITAS ADSORPSINYA PADA ION Pb^{2+}**

SKRIPSI

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



Oleh : **Intan Ni'matul Ula**
NIM : 1908036010

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

**PENGARUH SUHU KARBONISASI TERHADAP
KARAKTERISTIK ARANG AKTIF AMPAS
KELAPA (*Cocos nucifera L.*) SERTA UJI
EFEKTIVITAS ADSORPSINYA PADA ION Pb^{2+}**

SKRIPSI

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

Oleh : **Intan Ni'matul Ula**
NIM : 1908036010

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Ni'matul Ula

NIM : 1908036010

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PENGARUH SUHU KARBONISASI TERHADAP
KARAKTERISTIK ARANG AKTIF AMPAS KELAPA (*Cocos
nucifera L.*) SERTA UJI EFEKTIVITAS ADSORPSINYA PADA
ION Pb^{2+}**

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

Semarang, 3 Januari 2024
Pembuat Pernyataan,



Intan Ni'matul Ula
NIM: 1908036010



PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik Arang Aktif Ampas Kelapa (*Cocos nucifera L.*) serta Uji Efektivitas Adsorpsinya pada Ion Pb²⁺

Penulis : Intan Ni'matul Ula

NIM : 1908036010

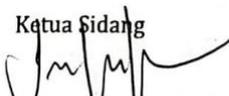
Jurusan : Kimia

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

Semarang, 3 Januari 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang


Dr. Hj. Ma'rifatul Hidayah, S.T.,

M.Pd., M.T

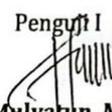
NIP: 198304152009122000

Sekretaris Sidang


Kholidah, M.Si

NIP: 198508112019032008

Penguji I


Mulyatun, M.Si

NIP: 198305042011012008

Penguji II


DyahFitasari, M.Si

NIP: 198501022019032017

Pembimbing I


Kholidah, M.Si

NIP: 198508112019032008

Pembimbing II


Kustomo, M.Sc

NIP: 198802262019031007

NOTA DINAS

Semarang, 3 Januari 2024

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr.wb.

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

Judul : **Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik Arang Aktif Ampas Kelapa (*Cocos nucifera L.*) serta Uji Efektivitas Adsorpsinya pada Ion Pb^{2+}**

Penulis : Intan Ni'matul Ula

NIM : 1908036010

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang munaqosah.

Wassalamualaikum wr.wb.

Pembimbing I



Kholidah, M.Si

NIP: 198508112019032008

NOTA DINAS

Semarang, 3 Januari 2024

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr.wb.

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

Judul : **Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik Arang Aktif Ampas Kelapa (*Cocos nucifera L.*) serta Uji Efektivitas Adsorpsinya pada Ion Pb^{2+}**

Penulis : Intan Ni'matul Ula
NIM : 1908036010
Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang munaqosah.

Wassalamualaikum wr.wb.

Pembimbing II



Kustono, M.Sc

NIP: 198802262019031007

**Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Karakteristik
Arang Aktif Ampas Kelapa (*Cocos nucifera L.*) serta Uji
Efektivitas Adsorpsinya pada Ion Pb^{2+}**

Intan Ni'matul Ula
NIM. 1908036010

ABSTRAK

Logam Pb di dalam air yang melampaui ambang batas baku mutu dapat mempengaruhi mutu air dan membahayakan kesehatan tubuh. Pengolahan limbah ion Pb^{2+} di dalam air dapat dilakukan dengan cara adsorpsi menggunakan arang aktif dari ampas kelapa. Hasil karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada ampas kelapa tanpa karbonisasi (ATK), arang aktif dikarbonisasi pada suhu 250°C (AK1), arang aktif dikarbonisasi pada suhu 300°C (AK2) dan arang aktif dikarbonisasi pada suhu 350°C (AK3) mengindikasikan adanya gugus yang berperan penting dalam proses adsorpsi yaitu gugus O-H dan C-O yang menunjukkan bahwa adsorben yang diuji bersifat polar. Hasil karakterisasi *Surface Area Analyzer* (SAA) menunjukkan luas permukaan AK3 sebesar 0,493 m²/g, volume pori AK3 sebesar 0,00117341 cc/g lebih besar dari ATK dan dan jari pori yang dimiliki oleh AK3 sebesar 13,2794 nm. Rendemen terkecil terdapat pada AK3 yaitu 7,7%. Kondisi adsorpsi optimum tercapai pada pH 6, waktu kontak 60 menit, dan konsentrasi awal ion Pb^{2+} 498,50 ppm, dengan kapasitas adsorpsi sebesar 424,068 mg/g. Kinetika adsorpsi mengikuti kinetika *pseudo* orde 2 dengan nilai K yaitu 0,4779 menit⁻¹ dan nilai R² 0,9934 sedangkan isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir dengan nilai R² 0,7476.

Kata kunci: *Adsorpsi, Arang Aktif, Ion logam Pb^{2+}*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrobbil'alamiin puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafaatnya di hari akhir kelak.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin haturkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, semangat dan bantuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Maka pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan rasa hormat penulis haturkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. H. Nizar Ali, M.Ag selaku Plt.Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Ibu Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, ST., M.Pd., MT selaku Ketua Jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Kholidah, M.Sc dan Bapak Kustomo, M.Sc selaku pembimbing yang sabar memberikan bimbingan dan semangat selama menyusun hingga menyelesaikan skripsi.

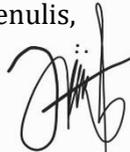
5. Ibu Ana Mardiyah, M.Si selaku dosen wali studi yang senantiasa membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis dari awal masa kuliah sampai akhir studi.
6. Segenap Dosen FST terkhusus Jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama kuliah.
7. Kedua orang tua tercinta, Ibu Almh. Latifah dan Bapak Mashudi yang senantiasa memberikan semangat, kasih sayang, mendidik dengan tulus dan senantiasa mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di UIN Walisongo Semarang.
8. Saudara tersayang, Indra Setiawan, Tri Etika, Izza Fazida Nisa, Ira Ghira Sania, Alma, Afi dan Nasywa yang senantiasa menghibur dan memberikan dukungan kepada penulis saat masa studi di UIN Walisongo Semarang.
9. Fahmi Elizar, yang telah memberikan semangat dan kebaikan yang diberikan kepada penulis dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan Kimia 2019 terkhusus Salza, Cikal, Metha dan Titin yang telah menemani, memberikan motivasi dan menghibur penulis dalam menyusun skripsi.

11. Keluarga besar Laboratorium Kimia UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan bekal ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebut satu persatu.
13. Terakhir untuk diri sendiri, Intan Ni'matul Ula yang telah kerja keras dan semangat sehingga tidak menyerah dalam menyelesaikan skripsi ini. Tetap rendah hati, karena ini awal dari sebuah perjalanan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar bisa lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat khususnya bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 3 Januari 2024

Penulis,



Intan Ni'matul Ula

NIM: 1908036010

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS	iii
NOTA DINAS	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN PUSTAKA.....	8
A. Kajian Pustaka.....	8
1. Kelapa.....	8
2. Logam Timbal (Pb).....	10
3. Arang Aktif	12
4. Adsorpsi.....	15
5. Kinetika Adsorpsi.....	17
6. Aktivasi	18
7. <i>Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)</i>	19
8. <i>Surface Area Analyzer (SAA)</i>	21
9. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	24
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	27
C. Hipotesis	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
A. Alat dan Bahan.....	33
1. Alat.....	33
2. Bahan	33
B. Prosedur Percobaan.....	34
1. Persiapan Bahan Penelitian.....	34
2. Proses Pembuatan Arang Aktif.....	34

3. Pembuatan larutan Pb.....	34
4. Uji Efektivitas Adsorpsi.....	35
C. Analisis Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Preparasi Limbah Ampas Kelapa.....	39
B. Pembuatan Arang Aktif Ampas Kelapa.....	40
C. Uji Efektivitas Adsorpsi	47
BAB V PENUTUP	61
A. Kesimpulan.....	61
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN	72
RIWAYAT HIDUP	108

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Arang Aktif Berdasarkan SNI No.06-3730-1995.....	14
Tabel 4.1 Rendemen Arang Aktif pada Berbagai Variasi Suhu Karbonisasi.....	42
Tabel 4.2 Interpretasi Data Hasil FTIR.....	44
Tabel 4.3 Uji Adsorpsi Sampel ATK, AK1, AK2 dan AK3	47
Tabel 4.4 Hasil BJH	49
Tabel 4.5 Hasil Data Optimasi pH	51
Tabel 4.6 Data Optimalisasi Waktu	53
Tabel 4.7 Parameter Isoterm Adsorpsi	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spesiasi logam Pb	12
Gambar 2.2 Skema Umum Komponen pada Alat AAS	20
Gambar 2.3 Skema Instrumen SAA	21
Gambar 2.4 Isoterm Adsorpsi-Desorpsi N ₂	22
Gambar 2.5 Instrumen FTIR	25
Gambar 2.6 FTIR Arang Aktif dari Tempurung Kelapa	26
Gambar 4.1 (a) Ampas Kelapa Sebelum Dioven, (b) Ampas Kelapa Setelah Dioven	39
Gambar 4.2 Grafik TGA Selulosa	41
Gambar 4.3 Spektrum dari ATK, AK1, AK2, AK3	43
Gambar 4.4 Pengaruh Variasi pH terhadap Kapasitas Adsorpsi	51
Gambar 4.5 Pengaruh Waktu terhadap Kapaitas Adsorpsi...54	
Gambar 4.6 Kinetika adsorpsi <i>pseudo</i> orde satu	55
Gambar 4.7 Kinetika Adsorpsi <i>Pseudo</i> Orde Dua	56
Gambar 4.8 Pengaruh Konsentrasi terhadap Kapasitas Adsorpsi	57
Gambar 4.9 Isoterm Adsorpsi Langmuir	58
Gambar 4.10 Isoterm Adsorpsi Freundlich.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja Penelitian.....	72
Lampiran 2 Data Hasil Percobaan.....	76
Lampiran 3 Perhitungan Anlisis Data	79
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian	97
Lampiran 5 Hasil Uji Penelitian.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat bernilai dalam bumi karena selain diminum, air juga digunakan untuk memasak, mandi, mencuci, sektor industri, pertanian dan kegiatan lainnya. Pencemaran air bersumber dari domestik (rumah tangga) dan non domestik (pabrik, industri dan kegiatan lainnya) (Masthura, 2013).

Pencemaran air tersebut kemungkinan mengandung logam berat, di mana logam berat diklasifikasikan sebagai limbah yang bersifat rawan dan beracun. Pencemaran dapat menyebabkan persoalan lingkungan sehingga membuat perhatian banyak pihak untuk mengelola limbah logam berat. Logam berat menjadi perhatian yang sangat serius karena dampaknya berhubungan dengan makhluk hidup. Salah satu logam yang menyimpan efek yang cukup rawan yaitu logam timbal (Pb) (Lestari *et al.*, 2020). Dalam industri, pendayagunaan logam timbal membentuk polutan yang bersifat merugikan kehidupan. Sumber pokok dari polusi timbal pada lingkungan berakar dari proses pemurnian logam, pertambangan, asap kendaraan

bermotor dan hasil limbah industri (Suarsa, 2015).

Logam timbal bersifat *non-biodegradable* dan dapat terakumulasi pada organisme hidup oleh karena itu, harus dilakukan penyerapan ion logam timbal dari air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Selain itu logam timbal berpengaruh terhadap kesehatan seperti gejala kram pada perut, kolik, sembelit, sakit kepala, sering pingsan, koma dan gagal ginjal (Lestari *et al.*, 2020). Peringatan mengenai dampak dari pencemaran air telah dijelaskan dalam QS. Ar-Rum ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: *“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”* (Mubarak, 2022).

Bersumber dari Tafsir Al-Misbah menurut pandangan M. Quraish Shihab menjelaskan bahwa telah tampak kerusakan seperti; kekeringan, pencemaran, longsor, kekurangan hasil laut, dan terumbu karang yang rusak. Kerusakan ini diakibatkan oleh perbuatan tangan manusia. Kerusakan itu membuat Allah menurunkan bencana sebagai akibat perbuatan dosa dan pelanggaran yang mereka lakukan agar mereka kembali ke jalan Allah.

Keterkaitan QS. Ar-Rum ayat 41 dengan penelitian ini yaitu pencemaran air akibat limbah yang menyebabkan kerusakan bumi dan laut. Maka dari itu penggunaan ampas kelapa sebagai adsorben untuk menyerap ion Pb^{2+} dapat mengurangi limbah ampas kelapa dan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran ion Pb^{2+} di dalam air, sehingga pencemaran air semakin berkurang juga.

Arang aktif digunakan sebagai pembersih, penyerap, dan katalisator (Jamilatun *et al.*, 2015). Mahalnya arang aktif komersil dan sulitnya pengadaan di negara berkembang seperti Indonesia sehingga pengembangan adsorben yang berasal dari material murah sangat dibutuhkan (Hasmalina & Nasution, 2013).

Arang aktif yang harganya lebih murah dapat dibuat dari limbah pertanian (Fatimah, 2018). Salah satu limbah pertanian yang dapat membentuk arang aktif yaitu ampas kelapa. Ampas kelapa termasuk dalam salah satu jenis limbah organik hasil pengolahan minyak kelapa yang pemanfaatannya belum optimal (Panjaitan, 2021). Kandungan ampas kelapa meliputi 93 jenis karbohidrat yang mencakup 61% galaktomanan, 26% mannose dan 13% selulosa (Putri, 2014). Kandungan selulosa dari ampas kelapa diharapkan dapat menyerap

bahan organik di dalam air yang terkontaminasi limbah. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), produktivitas kelapa di Indonesia mengalami kenaikan 45,58 juta ton pada 2022 di mana pada tahun 2020 menghasilkan 45,12 juta ton. Meningkatnya produktivitas kelapa maka akan meningkatkan limbah ampas kelapa. Ampas kelapa biasanya dibuang, kenyataannya dapat dimanfaatkan untuk bahan dasar pembentukan arang aktif sehingga tidak memicu pencemaran lingkungan.

Selain itu dari kandungan ampas kelapa dan produktivitas kelapa di Indonesia, pemilihan ampas kelapa sebagai bahan baku adsorben didasarkan pada penelitian Aldofraji (2020) metode pembuatan karbon aktif ampas kelapa dilakukan karbonisasi pada 300°C selama 15 menit dengan melakukan modifikasi jenis zat aktivatornya (HCl, ZnCl_2 dan NaCl), tiap aktivator tersebut konsentrasinya yaitu 0,2 M 0,3 M 0,4 M 0,5 M dan 0,6 M selama 24 jam. Karbon aktif terbaik dihasilkan dengan menggunakan aktivator HCl 0,5 M dan lama aktivasi 24 jam, dengan hasil uji kadar zat menguap 92,22%, kadar air 3,8%, kadar abu 2,42%, dan penyerapan iodium 847,48 mg/g. Arang aktif yang diaktivasi menggunakan HCl mempunyai kapasitas serap iodium yang lebih unggul dan HCl sanggup melarutkan

zat pengotor sehingga pori-pori yang terbentuk bertambah dan kapasitas serap lebih maksimal.

Penggunaan arang aktif saat proses adsorpsi logam berat dalam air limbah telah dikenal sejak lama. Proses adsorpsi kenyataannya cukup layak untuk pembangunan Indonesia (Mulyatun, 2018). Arang aktif dari ampas kelapa dapat meminimalkan senyawa berbahaya dengan cara adsorpsi. Kelebihan dari metode adsorpsi dibandingkan dengan metode lainnya yaitu pengolahannya relatif sederhana dan murah, mudah digunakan, efektivitasnya relatif tinggi dan dapat digunakan berulang-ulang (Delaroza, 2018).

Salah satu faktor yang mempengaruhi karbonisasi yaitu suhu, variasi suhu dilakukan untuk optimasi dalam pembuatan arang aktif. Setelah dilakukan studi literatur, temperatur karbonisasi yang bertambah berhasil melebarkan ukuran pori sebab kandungan air dan senyawa volatil akan menguap sehingga temperatur yang bertambah bisa memecahkan bentuk rantai karbon. Namun temperatur yang amat tinggi akan merusak karbon serta terbentuk abu karena komposisi pada bahan awal yang mudah menguap (Wahyuni *et al.*, 2022).

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah dikemukakan, penulis melakukan kebaruan yaitu arang

aktif dari ampas kelapa dengan memvariasikan suhu karbonisasi, arang aktif dikarakterisasi menggunakan Surface Area Analyzer (SAA) untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori serta dilakukan optimalisasi untuk mencari efektivitas adsorpsi arang aktif ampas kelapa pada ion Pb^{2+} .

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh suhu karbonisasi terhadap rendemen arang aktif ampas kelapa?
2. Bagaimana pengaruh suhu karbonisasi terhadap karakteristik arang aktif ampas kelapa?
3. Bagaimana kondisi optimum (pH, waktu kontak, konsentrasi awal larutan ion Pb^{2+}) pada adsorpsi ion Pb^{2+} menggunakan arang aktif ampas kelapa?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi terhadap rendemen arang aktif ampas kelapa.
2. Untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi terhadap karakteristik arang aktif ampas kelapa.
3. Untuk mengetahui kondisi optimum (pH, waktu kontak, konsentrasi awal larutan ion Pb^{2+}) pada

adsorpsi ion Pb^{2+} menggunakan arang aktif ampas kelapa.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan penjelasan kepada pembaca bahwa pentingnya pengolahan limbah cair pada industri tekstil untuk mencegah pencemaran lingkungan.
2. Sebagai bahan alternatif untuk mendayagunakan limbah ampas kelapa serta penganekaragaman bahan utama pembuatan arang aktif.
3. Memperbanyak ilmu dan keahlian bagi peneliti

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera L*) ialah tumbuhan krusial yang menjadi bahan pokok dalam produksi minyak goreng. Kelapa yakni tumbuhan tropis yang sudah lama diketahui oleh penduduk Indonesia yang keberadaannya hampir ada di setiap pelosok Nusantara. Pada tahun 2010, luas perkebunan kelapa seluas 3739,35 ribu hektar terdiri dari perkebunan rakyat seluas 3.697,03 ribu hektar (98,87%), perkebunan besar negara seluas 4,30 ribu hektar (0,11%), dan perkebunan besar swasta seluas 38,02 ribu hektar (1,02%) (Ariyanti *et al.*, 2018). Menurut Ningrum (2019) taksonomi atau klasifikasi ilmiah kelapa sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Sub Kingdom : Tracheobionta
Super Divisi : Spermatophyta
Kelas : Liliopsida
Sub Kelas : Arecidae
Ordo : Palmales

Famili : Palmae

Genus : *Cocos*

Nama Spesies : *Cocos nucifera, Linnaeus*

Daging buah kelapa diolah membentuk berbagai ragam olahan diantaranya yaitu minyak kelapa, santan, tepung kelapa, permen, kelapa parut, dan aneka produk kelapa lainnya. Ampas kelapa merupakan hasil sampingan dari pembuatan minyak kelapa. Ampas kelapa kerap dimanfaatkan sebagai sumber makanan ternak dan masih dipandang sebagai produk sampingan yang tidak layak pakai. Ampas kelapa mengandung 93% karbohidrat, termasuk 61% galaktomanan, 26% mannose, dan 13% selulosa. Kandungan selulosa pada ampas kelapa dapat digunakan sebagai adsorben dengan cara mengubah ampas kelapa menjadi arang aktif (Yulvianti *et al.*, 2015).

Sebagai polisakarida dengan gugus (-OH), selulosa mampu diaplikasikan menjadi adsorben. Selulosa adalah partikel organik yang termuat dalam kelas sintesis makromolekul. Partikel polimer mencakup monomer D-glukosa, monomer D-glukosa dihubungkan bersama glukosa untuk

menghasilkan 1,4'- β -D-glukosa. Partikel selulosa sepenuhnya linier dan memiliki kecondongan yang signifikan untuk ikatan hidrogen intramolekul dan antarmolekul. Gugus (-OH) dari unsur glukosa dalam partikel selulosa yang selaras akan menghasilkan ikatan hidrogen intramolekul. Gugus (-OH) dari partikel selulosa yang berdekatan menghasilkan ikatan hidrogen antarmolekul karena memiliki (-OH) yang dapat berkait dengan zat yang teradsorpsi, ampas kelapa menyimpan selulosa yang memiliki potensi besar guna dimanfaatkan adsorben berdasarkan strukturnya. Adanya gugus (-OH) dapat memungkinkan adsorben untuk memperoleh karakteristik polar sehingga dapat mengadsorpsi bahan kimia polar daripada senyawa yang kurang polar (Puspita *et al.*, 2009).

2. Logam Timbal (Pb)

Timbal memiliki sifat neurotoksik artinya bisa masuk ke dalam tubuh hewan dan manusia. Timbal adalah golongan logam berat dengan berat atom 207,2 g/mol dan nomor atom 82. Logam berbentuk padat pada suhu kamar yang memiliki titik leleh 372,4°C, dan berat jenis 11,34 g/cm³. Pb hanya terdapat di alam dalam bentuk kombinasi dengan

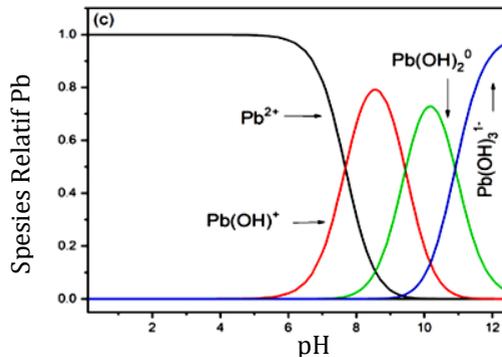
molekul lain, seperti PbBr_2 dan PbCl_2 (Hafidoh, 2021).

Menurut Data Bank Kualitas Lingkungan (DLHK), pada tahun 2018 persentase logam timbal pada air melampaui ambang batas baku mutu. Faktor pencemaran logam timbal dapat ditimbulkan dari tindakan makhluk hidup. Unsur logam timbal dapat mempengaruhi mutu air dan membahayakan kesehatan tubuh (Rachmawati, 2020).

Berdasarkan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.416/MEN.KES/PER/IX/1990, kadar maksimum Pb dalam air bersih adalah 0,05 ppm. Logam Pb dalam bentuk $\text{Pb}(\text{OH})_2$ jika tercerna pada tubuh manusia dapat menyebabkan kecerdasan anak menurun, pertumbuhan tubuh terhambat, bahkan dapat menyebabkan kejang. Gejala keracunan logam Pb lainnya, seperti mual, sakit perut, dan anemia (Widayatno *et al.*, 2017). Logam Pb berbahaya terhadap kesehatan manusia memiliki sifat sebagai berikut (Syauqiah *et al.*, 2011) :

- a. Sulit terurai dalam kondisi alami.
- b. Mudah terakumulasi dalam organisme seperti ikan, kerang dan organisme lainnya sehingga berbahaya bagi kesehatan konsumen.

- c. Mudah terakumulasi dalam sedimen dan konsentrasinya lebih tinggi daripada kandungan logam di udara. Selain itu karena aksi massa air, sedimen mudah tersuspensi dan melarutkan logam di udara, menjadikan sedimen berpotensi menjadi sumber kontaminasi seiring berjalannya waktu. Spesiasi dari logam Pb ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Spesiasi logam Pb (Khan *et al.*, 2021)

Gambar 2.1 menunjukkan pada pH 2-6 terbentuk Pb^{2+} , pH 7-9 terbentuk $Pb(OH)^+$, pH 9-11 terbentuk $Pb(OH)_2^0$ dan pada pH > 11 terbentuk $Pb(OH)_3^-$ (Khan *et al.*, 2021).

3. Arang Aktif

Arang yakni bahan berpori yang terbentuk oleh penguraian panas sehingga bahan tersebut

akan mengandung karbon. Arang dapat diproduksi dalam berbagai metode dan dapat menggunakan berbagai bahan dasar. Arang yang bisa menyerap molekul, anion dan kation baik dalam wujud organik maupun anorganik biasa disebut arang aktif. Beberapa bahan banyak memuat karbon, terpenting memiliki pori-pori, dapat dimanfaatkan untuk membentuk arang aktif (Lempang, 2014).

Arang aktif adalah bahan berpori yang mengandung antara 85-95% karbon, pori-pori arang aktif dapat diaplikasikan sebagai adsorben. Arang aktif dapat diaktifkan dengan meningkatkan penyerapannya. Semakin besar kapasitas adsorpsi maka semakin besar juga permukaan pori adsorben. Arang aktif yang memiliki permukaan besar dapat dimanfaatkan untuk menghilangkan warna, rasa, bau, agen pemurni pada industri makanan dan diaplikasikan dalam proses pemurnian air baik dalam proses produksi air minum ataupun penanganan limbah (Idrus *et al.*, 2013).

Arang aktif berwarna hitam, tidak berasa, tidak berbau dan memiliki kapasitas penyerapan yang jauh lebih tinggi dari pada arang tidak aktif. Arang aktif juga memiliki luas permukaan yang

besar, mulai dari 300 hingga 2000 mg/gram (Mifbakhuddin, 2014). Menurut Badan Nasional dalam Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995 untuk arang aktif teknis, arang aktif yang berkualitas baik harus memiliki syarat kualitas yang ditampilkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Arang Aktif Berdasarkan SNI No.06-3730-1995

Uraian	Persyaratan Kualitas	
	Granular	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (%)	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air (%)	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu (%)	Maks. 2,5	Maks. 10
Bagian tak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I ₂ (mg/g)	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni (%)	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena (%)	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen (mg/g)	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah (g/mL)	0,45–0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325 (%)	-	Min. 90
Kekerasan (%)	80	-

Berdasarkan ukuran butirannya arang aktif diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu arang aktif serbuk dengan diameter kurang dari atau sama dengan 325 mesh dan arang aktif granular (butiran) memiliki diameter butir lebih besar dari arang aktif serbuk. Berdasarkan pori-porinya arang aktif

dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu pori mikro berdiameter kurang dari 2 mm, pori meso berdiameter antara 2–25 mm dan pori makro berdiameter di atas 25 mm. Mutu arang aktif ditentukan oleh cara pengolahan, jenis bahan baku dan ketepatan pengolahan (Masthura, 2013).

4. Adsorpsi

Adsorpsi ialah fenomena yang berkaitan dengan permukaan molekul atau gas yang berinteraksi dengan molekul padat. Jenis pori dan permukaan adsorpsi yang tersedia menentukan kapasitas adsorpsi arang aktif (Asbahani, 2013). Proses adsorpsi dikategorikan menjadi dua yaitu

- a. Adsorpsi fisika merupakan suatu proses penyerapan di mana tarikan molekul yang lemah menarik zat terlarut dari larutan adsorben ke permukaan adsorben, sehingga molekul yang teradsorpsi tetap bebas pada permukaan adsorben dan tidak begitu saja mengendap dengan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia adalah adsorpsi spesifik yang membutuhkan lebih besar gaya dibandingkan adsorpsi fisik, di mana adsorben lazimnya terikat dalam suatu lapisan (Arif, 2014).

Menurut Syauqiah *et al* (2011) faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain:

a. Luas Permukaan

Semakin besar luas permukaan adsorben maka unsur yang teradsorpsi semakin banyak. Luas permukaan adsorben dapat ditentukan dengan ukuran partikel dan jumlah adsorbennya.

b. Konsentrasi Adsorbat

Semakin tinggi konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak zat yang melekat melekat pada bidang adsorben.

c. Suhu

Pemanasan adsorben dapat menambah penyerapan pada adsorben atas adsorbat. Pemanasan dapat membuka pori-pori adsorben namun pemanasan pada suhu yang terlalu tinggi dapat merusak adsorben dan menurunkan kapasitas adsorbennya.

d. pH

Pengaruh pH pada larutan akan berdampak ke dalam kelarutan ion logam, gugus fungsi pada biosorben dan aktivitas ion logam dalam proses adsorpsi.

e. Waktu Kontak

Waktu kontak memastikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu yang setimbang. Waktu yang setimbang dipengaruhi oleh jenis biomassa (jumlah dan jenis ruang pengikatan), ukuran dan fisiologi biomassa (aktif atau tidak aktif), ion-ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi dan konsentrasi ion logam.

5. Kinetika Adsorpsi

Analisis kinetika adsorpsi berguna untuk menentukan laju penyerapan adsorbat oleh adsorben. Selain itu, memperhitungkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi memiliki implikasi besar dalam proses adsorpsi (Murthy *et al.*, 2020). Persamaan *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua adalah model kinetika adsorpsi yang umum digunakan (Cahyani, 2020).

a. *Pseudo* Orde Satu

Pseudo orde satu adalah laju reaksi yang bukan orde satu melainkan mendekati atau tampak orde satu, karena konsentrasi suatu reaktan lebih besar daripada konsentrasi reaktan

yang lain (Sahoo & Prelot, 2020). Persamaan kinetika *pseudo* orde satu didapatkan pada persamaan 2.1.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - kt \dots \dots \dots (2.1)$$

Diketahui q_e adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g), q_t adalah jumlah zat teradsorpsi pada waktu t (mg/g), dan k adalah konstanta laju *pseudo* orde satu (Cahyani, 2020).

b. *Pseudo* Orde Dua

Pseudo orde dua adalah laju reaksi saat proses adsorpsi bergantung terhadap kapasitas adsorpsi daripada konsentrasi adsorben (Sahoo & Prelot, 2020). Persamaan kinetika *pseudo* orde dua didapatkan pada persamaan 2.2.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \dots \dots \dots (2.2)$$

Diketahui q_e adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g), q_t adalah jumlah zat teradsorpsi pada waktu t (mg/g), dan k adalah konstanta laju *pseudo* orde dua (Cahyani, 2020).

6. Aktivasi

Aktivasi adalah proses memperlebar pori-pori arang dengan mengoksidasi molekul

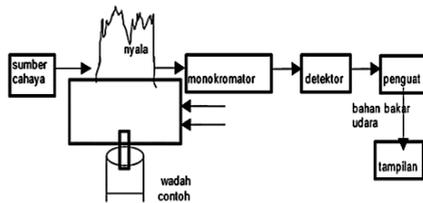
permukaan mengakibatkan perubahan sifat fisika dan kimia, terutama peningkatan luas permukaan dan pengaruh adsorpsi. Aktivasi arang aktif dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu proses fisik dan proses kimia (Kurniawan & Wicaksono, 2008).

Aktivasi kimia memiliki prinsip perendaman arang menggunakan senyawa kimia sebelum proses pemanasan. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivasi kimia yaitu H_3PO_4 , NH_4Cl , $AlCl_3$, HNO_3 , KOH , $NaOH$, $KMnO_4$, SO_3 , H_2SO_4 dan K_2S . Aktivasi fisika menggunakan oksidator lemah, misalnya uap air, gas CO_2 , N_2 , O_2 dan gas pengoksidasi lainnya. Oleh karena itu pada proses aktivasi fisika, oksidasi tidak terjadi pada atom karbon penyusun karbon melainkan zat pengoksidasi mengoksidasi komponen-komponen yang menutupi permukaan pori-pori karbon (Lempang, 2014).

7. *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*

Spektroskopi serapan atom merupakan teknik analisis yang proses penyerapannya berbagai energi yang dilakukan oleh atom dalam keadaan dasarnya. AAS dapat digunakan untuk mengukur hingga 61 logam yang berbeda (Yusyniyah, 2017).

Alat AAS memiliki dua bagian utama yaitu sel atom yang nantinya akan memperoleh atom-atom gas bebas pada keadaan dasar dan suatu sistem optik yang berfungsi untuk pengukuran sinyal (Hastuti, 2017). Rangkaian alat AAS dapat dilihat pada gambar 2.2.

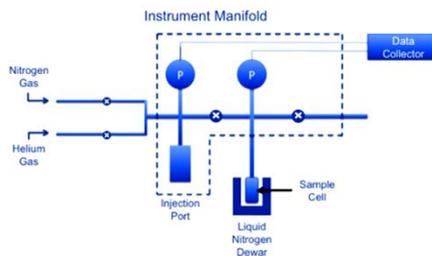


Gambar 2.2 Skema Umum Komponen pada Alat AAS (Hastuti, 2017)

Penyerapan saat proses AAS menyebabkan elektron pada kulit atom tereksitasi ke tingkat energi dasar. Energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia, dan energi listrik semuanya akan berinteraksi dengan atom bebas. Kontak ini menyebabkan terjadinya aktivitas pada atom bebas yang mengakibatkan terjadinya radiasi dan penyerapan panas dan emisi. Radiasi yang dilepaskan berbeda karena setiap atom bebas memancarkan radiasi dengan panjang gelombang yang berbeda (Yusyniyah, 2017).

8. *Surface Area Analyzer (SAA)*

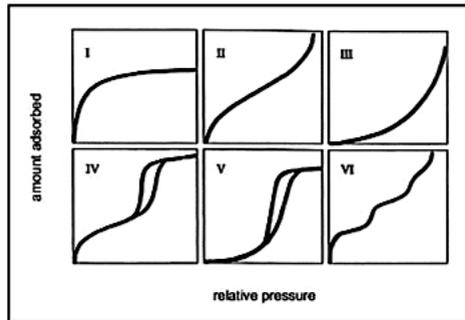
Surface Area Analyzer (SAA) yaitu salah satu instrumen untuk karakterisasi. SAA berperan untuk menunjukkan distribusi pori material, luas permukaan dan penyerapan isotermnya (Retnaningsih, 2020). Ditunjukkan gambar 2.3 skema dari instrumen SAA.



Gambar 2.3 Skema Instrumen SAA (Hastuti, 2017)

Analisis untuk melihat luas permukaan, volume pori dan ukuran pori dapat menggunakan metode *brunnaeur emmet teller* (BET) . Metode BET memiliki prinsip adsorpsi isoterm (teori Langmuir), pada prosesnya sistem yang terjadi adalah gas-padat di mana gas adalah zat yang diadsorpsi sedangkan padatan adalah adsorbennya. Ukuran pori pada adsorben didasarkan pada banyaknya gas yang terserap (Ekawati *et al.*, 2010).

Tipe-tipe isoterm adsorpsi-desorpsi yang sesuai IUPAC dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Isoterm Adsorpsi-Desorpsi N₂ (Astuti, 2018)

Menurut Thommes *et al* (2015), tipe-tipe isoterm adsorpsi-desorpsi terbagi menjadi 6 tipe yaitu

a. Tipe I

Isoterm tipe I adalah jenis isoterm adsorpsi-desorpsi untuk objek mikropori yang biasanya mempunyai kemiringan ke arah sumbu P/P₀ dan kapasitas serapannya mendekati batas. Keterbatasan serapan ditentukan oleh volume pori yang dapat diakses (Thommes *et al.*, 2015).

b. Tipe II

Tipe II dihasilkan melalui adsorpsi fisik sebagian besar gas ke dalam adsorben tidak berpori atau makropori dengan pola adsorpsi monolayer-multilayer yang tidak terbatas hingga P/P₀ tinggi. Titik awal dari pusat hampir linier, yang biasanya terjadi pada

adsorpsi satu lapis, sedangkan adsorpsi multilapis terjadi pada $P/P_0=1$ (Thommes *et al.*, 2015).

c. Tipe III

Tipe III tidak mempunyai titik awal, jadi tidak ada penjelasan tentang monolayer. Pada tipe III, interaksi antara adsorben dan adsorbat cenderung lemah, dan molekul teradsorpsi pada posisi yang paling disukai pada permukaan padatan tidak berpori atau makropori. Tekanan adsorpsi ($P/P_0=1$) dibatasi oleh tekanan saturasi (Thommes *et al.*, 2015).

d. Tipe IV

Tipe IV digunakan untuk adsorben dengan mesopori sempit dan mikropori dominan. Isoterm adsorpsi-desorpsi tipe IV juga telah dilaporkan untuk adsorben mesopori berbentuk kerucut dan silinder ujung tertutup. Isoterm adsorpsi-desorpsi tipe IV dicirikan oleh dataran saturasi akhir dengan panjang bervariasi yang menurun seiring dengan titik belok (Thommes *et al.*, 2015).

e. Tipe V

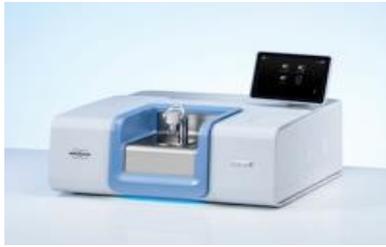
Tipe V mempunyai kisaran P/P_0 yang rendah dan interaksi adsorben-adsorbat yang relatif lemah. Tekanan P/P_0 yang lebih tinggi disertai dengan pengisian pori-pori (Thommes *et al.*, 2015).

f. Tipe VI

Tipe VI menunjukkan adsorpsi lapis demi lapis pada permukaan tidak berpori yang sangat homogen dan memberikan ciri khas untuk analisis menggunakan adsorpsi-desorpsi N_2 pada bahan padat, terutama padatan mesopori. Ciri khasnya ditandai dengan terbentuknya loop histeresis, dapat mewakili bentuk pori yang terbentuk (Thommes *et al.*, 2015).

9. *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi FTIR ialah mode analisis yang baik untuk menentukan struktur molekul senyawa. Aplikasi FTIR terpenting untuk mengidentifikasi senyawa organik, karena spektrumnya sangat kompleks dan terbentuk dari banyak puncak (Kusumaningtyas, 2019). Instrumen FTIR ditunjukkan pada gambar 2.5.



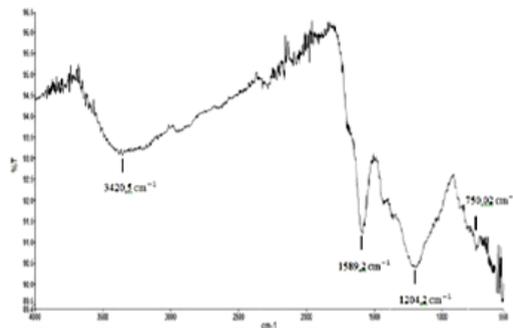
Gambar 2.5 Instrumen FTIR (Khopkar, 1990)

Dasar kerja spektroskopi FTIR ialah mengukur jumlah radiasi infra merah yang diserap atau dipancarkan sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Molekul poliatomik menyimpan spektrum inframerah berlandaskan getaran tiap-tiap molekul berdasarkan massa atom, kekuatan ikatan, dan interaksi intramolekul dan antarmolekul. Hal ini mengeluarkan getaran unik di seluruh spektrum inframerah senyawa organik (Bunaciu *et al.*, 2010).

Instrumen FTIR menggunakan inframerah pada rentang frekuensi 400-4000 μm atau rentang panjang gelombang 2,5-5 cm^{-1} . Sinar ini dihasilkan oleh getaran atom dalam posisi kesetimbangan dalam molekul, dan kombinasi getaran dan rotasi menghasilkan spektrum (Hafidoh, 2021).

Keunggulan FTIR adalah interferogram dapat ditampilkan dalam waktu kurang dari satu detik

sehingga interferogram dapat disimpan pada memori komputer yang lebih besar. Interferogram merupakan sinyal kompleks yang berisi informasi frekuensi yang dapat dideteksi menggunakan spektrum inframerah (Rahmat & Suwarno 2020). Kerugian yang mungkin timbul dari penggunaan FTIR ialah interpretasi data secara langsung dan visual menjadi lebih sulit karena tumpang tindih spektrum serapan molekul pada sampel, sehingga memerlukan bantuan teknik kemometri. Kemometri adalah penerapan metode matematika untuk memproses, mengevaluasi, dan menafsirkan data dalam jumlah besar (Gad *et al.*, 2013). Berdasarkan penelitian Rampengan & Mawuntu (2021) didapatkan hasil FTIR arang aktif dari tempurung kelapa ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 FTIR Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (Rampengan & Mawuntu, 2021)

Berdasarkan gambar 2.6 terdapat gugus fungsi O-H karena memiliki puncak pada bilangan gelombang 3420,5 cm^{-1} , terdapat gugus fungsi C=C karena memiliki puncak pada bilangan gelombang 1589,2 cm^{-1} , terdapat gugus fungsi C-O karena memiliki puncak pada bilangan gelombang 1204,2 cm^{-1} dan terdapat gugus fungsi C-H karena memiliki puncak pada bilangan gelombang 750,02 cm^{-1} .

B. Kajian Penelitian yang Relevan

1. Penelitian yang dilakukan oleh Uhum (2018) menggunakan aktivasi kimia dalam pembuatan arang aktif dari ampas kelapa. Aktivator yang digunakan yaitu HCl yang memiliki konsentrasi 5%, 10%, dan 15%. Penelitian ini menyatakan bahwa aktivator HCl dengan konsentrasi 15% merupakan aktivator yang terbaik, dalam segi kualitas arang aktif, pengamatan SEM (*Scanning Electrone Microscope*) dan kinerja arang aktif dalam air sungai. Kadar air dan kadar abu terbaik dalam penelitian Uhum (2018) diperoleh 6,67% dan 0,52%, untuk hasil pengamatan dengan SEM menunjukkan bahwa arang ampas kelapa yang belum diaktivasi memiliki diameter pori 13,62 μm dan arang ampas kelapa yang telah diaktivasi dengan HCl 15% memiliki

diameter pori 25,48 μm . Kinerja arang aktif dalam air sungai menggunakan HCl 15% menghasilkan warna air sungai yang sangat jernih, tidak berbau, nilai kekeruhan air sungai sebelum pengaplikasian yaitu 25 NTU dan setelah pengaplikasian arang aktif yaitu 14,33 NTU.

2. Berdasarkan penelitian Aldofraji (2020) metode pembuatan karbon aktif dari ampas kelapa yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan waktu aktivasi 24 jam dengan suhu karbonisasi 300°C selama 15 menit, dan ukuran karbon aktif 200 mesh. Melakukan variasi perbedaan jenis zat aktivatornya (HCl, NaCl, dan ZnCl_2) masing-masing dengan konsentrasi 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, 0,5 M dan 0,6 M. Parameter analisis yang digunakan adalah kadar zat menguap, kadar air, kadar abu, dan serapan iodium. Karbon aktif terbaik dihasilkan dengan menggunakan aktivator HCl 0,5 M dan lama aktivasi 24 jam, dengan hasil uji kadar zat menguap 92,22%, kadar air 3,8%, kadar abu 2,42%, dan penyerapan iodium 847,48 mg/g.
3. Guntama *et al* (2020) melakukan pemanfaatan limbah biji alpukat sebagai arang aktif dengan cara karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan HCl

dan H_2SO_4 dengan konsentrasi 2,5%; 5,0%; 7,5%; 10,0%. Hasil riset menunjukkan jika konsentrasi terbaik yaitu HCl dan H_2SO_4 5%, dengan kadar air ialah 0,5825% dan 0,6763%, kadar abu yaitu 0,2993% dan 0,2296%, sementara itu adsorpsi terhadap yodium sejumlah 252,2419 mg/g dan 279,8959 mg/g, serta memiliki kemampuan menyerap logam kromium dengan maksimal yaitu 0,1673 mg/L dan 0,1535 mg/L.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Turmuzi & Syaputra (2015) berjudul "Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca Edulis*) dengan Impregnasi Asam Fosfat (H_3PO_4)" dilakukan variasi suhu 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan 600°C. Hasil yang diperoleh yaitu rendemen terbesar pada suhu 400°C sebesar 71,70%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka rendemen semakin rendah namun hasil karbon aktif terbaik yaitu aktivasi pada suhu 600°C dengan daya serap terhadap iodin sebesar 494,91 mg/g dan luas permukaan sebesar 4078,694 m²/g. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka daya serap terhadap iodin dan luas permukaan semakin baik.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Idrus *et al* (2013) dilakukan karbonisasi pada suhu 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C selama 3 jam. Hasil yang diperoleh pada arang dari tempurung kelapa yang memiliki kualitas terbaik yaitu arang yang dikarbonisasi pada suhu 1000°C dengan kadar air kadar air 7,7%, kadar abu 0,84% di mana kadar air dan kadar abu tersebut memenuhi standar SII 0258-79 dan daya serap terhadap iod 586,318 mg/g yang memenuhi standar SNI 06-3730. Pengujian dengan karbon aktif untuk penjernihan air menunjukkan hasil yang maksimal bila menggunakan karbon aktif dari suhu aktivasi 1000°C dengan parameter perubahan fisika pada air yaitu warna air menjadi jernih, tidak berbau dan sesuai dengan nilai pH standar air (7,0-7,5).
6. Berdasarkan penelitian Adrianto *et al* (2019) dilakukan aktivasi tandan aren menggunakan variasi temperatur 600°C, 700°C dan 800°C. Penelitian ini dilakukan karakterisasi memakai SEM dengan perbesaran 2500x dan AAS. Hasil SEM memperlihatkan morfologi bagian atas arang aktif terunggul pada suhu 700°C karena memiliki bentuk pori yang tersebar merata. Hasil yang diperoleh dari

analisis AAS dihasilkan kapasitas serapan Pb, Cu dan Cr sebesar 0,0082 mg/g; 0,0203 mg/g dan 0,0243 mg/g. Efisiensi serapan Pb, Cu dan Cr sebesar 86,86%; 94,37% dan 96,39%. Berdasarkan kajian tersebut dapat dikatakan bahwa suhu aktivasi memiliki efek yang luar biasa pada morfologi permukaan, kapasitas serapan dan efisiensi serapan.

Berdasarkan kajian penelitian yang telah dikemukakan maka penelitian ini dilakukan dengan pembuatan arang aktif ampas kelapa dengan aktivasi kimia menggunakan HCl 0,5 M dan variasi suhu karbonisasi serta arang aktif tersebut diaplikasikan untuk mengadsorb ion Pb^{2+} . Arang aktif ampas kelapa tersebut di karakterisasi menggunakan FTIR dan SAA guna untuk mengetahui volume pori, luas permukaan dan jari-jari pori.

C. Hipotesis

Ampas kelapa yang digunakan dapat menjadi bahan alternatif dalam pembuatan arang aktif karena di dalam ampas kelapa terdapat kandungan 13% selulosa sebagai sumber karbon. Suhu karbonisasi dapat mempengaruhi rendemen dan kualitas arang yang terbentuk, di mana semakin tinggi suhu aktivasi maka rendemen yang

dihasilkan semakin kecil karena hilangnya zat-zat pengotor, namun kualitas arang semakin baik yang ditunjukkan dengan luas permukaan dan daya serap yang semakin baik. Seiring dengan kenaikan suhu maka jari-jari porinya kecil, volume pori dan luas permukaannya besar.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang dipakai pada penelitian ini meliputi erlenmeyer, corong, pipet tetes, pipet volume (5 mL; 10 mL dan 25 mL), labu ukur (1000 mL; 100 mL dan 500 mL), gelas kimia, gelas ukur 25 mL, cawan porselin, kaca arloji, batang pengaduk, spatula, *magnetik stirrer*, neraca analitik, oven, *furnace*, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merk *PerkinElmer Spectrum IR Version 10.6.1*, *Surface Area Analyzer* (SAA) merk *Quantachrome TouchWin v1.22* dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) merk *Thermo Scientific*.

2. Bahan

Bahan yang dipakai pada penelitian ini meliputi limbah ampas kelapa, kertas saring, indikator universal pH merk *Suncare*, akuades, aluminium foil, HCl 37% merk *Merck Millipore* 0,5 M, HNO₃ 65% merk *Merck Millipore* 0,5 M, NaOH merk *Merck Millipore* 0,5 M dan Pb(NO₃)₂ merk *Merck Millipore*.

B. Prosedur Percobaan

1. Persiapan Bahan Penelitian

Limbah ampas kelapa diambil dari tempat makan di Pekalongan kemudian disiapkan ampas kelapa dan ampas kelapa dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 25 menit hingga ampas kelapa tersebut kering.

2. Proses Pembuatan Arang Aktif

Sebanyak 100 gram ampas kelapa yang sudah kering disiapkan kemudian ampas kelapa direndam dengan larutan aktivator HCl 0,5 M sebanyak 50 mL selama 24 jam. Ampas kelapa dicuci dengan akuades hingga pH netral kemudian ampas kelapa disaring menggunakan kain saring dan dikeringkan menggunakan oven 100°C selama 25 menit. Selanjutnya dilakukan karbonisasi dengan memasukkan ampas kelapa yang sudah kering ke dalam *furnace* dengan suhu 250°C , 300°C dan 350°C selama 25 menit kemudian arang aktif yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FTIR.

3. Pembuatan Larutan Pb

a. Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm

Pembuatan larutan induk Pb^{2+} 1000 ppm dengan cara melarutkan sebanyak 1,6 gram

serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambah akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

b. Pembuatan Larutan Standar Pb^{2+}

Larutan induk Pb^{2+} 1000 ppm diambil masing-masing 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; dan 2 mL dan diencerkan menjadi 100 mL sehingga didapatkan larutan standar Pb^{2+} 4; 8; 12; 16 dan 20 ppm.

c. Pembuatan Larutan Sampel Pb^{2+} 100 ppm

Larutan induk Pb^{2+} 1000 mg/L dipipet 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

4. Uji Efektivitas Adsorpsi

a. Uji Adsorpsi awal

Adsorpsi awal menggunakan sampel ampas kelapa tanpa karbonisasi dan arang aktif dengan suhu 250°C, 300°C dan 350°C. Ampas kelapa tanpa karbonisasi sebanyak 20 mg dimasukkan ke dalam 25 mL larutan Pb^{2+} 100 ppm dengan pH 6, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Setelah 60 menit larutan disaring dan filtrat yang

diperoleh diukur absorbansinya menggunakan instrumen AAS. Prosedur yang sama digunakan untuk menguji arang aktif dengan suhu 250°C, 300°C dan 350°C. Arang aktif dengan persentase adsorpsi tertinggi digunakan untuk karakterisasi SAA, uji pH optimum, uji waktu optimum dan uji konsentrasi optimum.

b. Penentuan pH Optimum Adsorpsi ion Pb^{2+} dengan Adsorben Arang Aktif Ampas Kelapa

Penentuan pH optimum adsorpsi ion Pb^{2+} dilakukan dengan cara 20 mg arang aktif ampas kelapa suhu 350°C dimasukkan ke dalam 25 mL larutan Pb^{2+} 100 ppm dengan variasi pH 3, 4, 5 dan 6 yang diatur dengan menambahkan larutan HNO_3 0,5 M dan $NaOH$ 0,5 M. Larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Selanjutnya larutan disaring dan filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS.

c. Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Larutan Pb^{2+} dengan Adsorben Arang Aktif Ampas Kelapa

Arang aktif ampas kelapa suhu 350°C dimasukkan 20 mg ke dalam 25 mL larutan

Pb²⁺ 150 ppm dengan pH 6 kemudian larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75, 90 dan 120 menit. Selanjutnya larutan disaring dan filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS.

d. Penentuan Konsentrasi Optimum Adsorpsi Larutan Pb²⁺ dengan Adsorben Arang Aktif Ampas Kelapa

Arang aktif ampas kelapa suhu 350°C dimasukkan 20 mg ke dalam 25 mL larutan Pb²⁺ pH 6 dengan variasi 17, 58, 83, 100, 150, 169, 185, 210, 224, 324, 341, 452 dan 498 ppm kemudian larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Selanjutnya larutan disaring dan filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS.

C. Analisis Data

1. Nilai Rendemen

$$\text{Rendemen} = \frac{M_a}{M_i} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Diketahui :

M_a = Massa ampas kelapa setelah dikarbonisasi
(gram)

M_i = Massa ampas kelapa sebelum dikarbonisasi
(gram)

2. Efektivitas Adsorpsi

$$\%EF = \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.2)$$

Diketahui :

Ef = Efektivitas (%)

Y_0 = Konsentrasi logam awal (ppm)

Y_e = Konsentrasi logam akhir (ppm)

3. Kapasitas Adsorpsi

$$Q_e = \frac{Y_a - Y_i}{m} \times V \dots \dots \dots (3.3)$$

Diketahui :

Q_e = kapasitas Adsorpsi (mg/g)

Y_a = Konsentrasi logam awal (ppm)

Y_i = Konsentrasi logam akhir (ppm)

m = Massa Adsorben yang digunakan (gram)

V = Volume adsorbat yang digunakan (L)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Limbah Ampas Kelapa

Pembuatan arang aktif menggunakan bahan dasar limbah ampas kelapa yang berasal dari Kabupaten Pekalongan. Kandungan karbon aktif pada ampas kelapa dimanfaatkan sebagai adsorben dalam penelitian ini. Tahap awal yaitu persiapan bahan dengan melakukan pengeringan memakai oven pada suhu 100°C selama 25 menit. Ampas kelapa sebelum dan sesudah dioven ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 (a) Ampas Kelapa Sebelum Dioven,
(b) Ampas Kelapa Setelah Dioven

Berkurangnya kadar air yang terdapat dalam ampas kelapa akan mempengaruhi daya simpan ampas kelapa karena mencegah munculnya mikroorganisme yang merusak ketahanan ampas kelapa sehingga ampas kelapa dapat disimpan dalam waktu lama (Riansyah et al., 2013). Selain itu tujuan dari pengeringan yaitu untuk

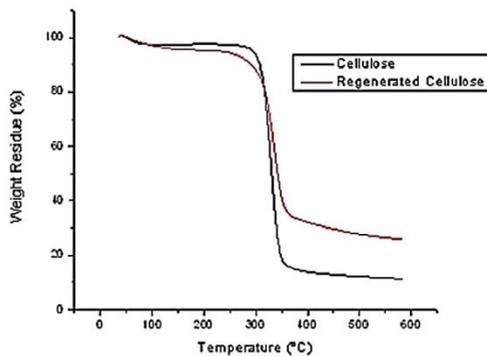
menyempurnakan proses karbonisasi sehingga proses karbonisasi akan lebih cepat biasanya dikenal dengan proses dehidrasi (Monarita *et al.*, 2022).

B. Pembuatan Arang Aktif Ampas Kelapa

Ampas kelapa yang sudah kering diaktivasi secara kimia dengan direndam menggunakan HCl 0,5 M selama 24 jam. Perendaman HCl dapat melarutkan zat pengotor, sehingga dengan hilangnya zat pengotor dari permukaan ampas kelapa akan menyebabkan pori-pori ampas kelapa akan menjadi terbuka lebih besar dari sebelumnya. Ampas kelapa yang sudah diaktivasi dicuci dengan aquades untuk menghilangkan sisa HCl pada ampas kelapa. Pencucian ini dilakukan berkali-kali sampai pH netral dengan diuji menggunakan pH universal (Alfiany & Bahri, 2013). Ampas kelapa yang sudah diaktivasi menggunakan HCl selanjutnya dikeringkan memakai oven dengan suhu 100°C selama 25 menit.

Ampas kelapa tersebut kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* dengan variasi suhu 250°C, 300°C dan 350°C selama 25 menit. Pada proses karbonisasi, sebagian unsur non karbon seperti oksigen, hidrogen dan nitrogen akan hilang sebagai gas yang diupkan dalam proses karbonisasi terhadap ampas kelapa.

Karbonisasi bermaksud untuk memecah senyawa-senyawa hidrokarbon seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin menjadi karbon dan menghasilkan butiran yang memiliki daya serap (Mudaim & Hidayat, 2021). Pemilihan variasi karbonisasi pada penelitian ini didasarkan pada grafik TGA selulosa. Grafik TGA selulosa dari dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik TGA Selulosa (Yeng *et al.*, 2015)

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada suhu 50°C sampai 250°C massa dari selulosa hampir tidak mengalami perubahan, pada suhu 250°C sampai 350°C penurunan massa secara cepat karena mulai terurainya selulosa menjadi karbon dan pada suhu 400°C hingga suhu 600°C terjadi dekomposisi senyawa selulosa. Rendemen arang aktif ampas kelapa pada berbagai variasi suhu ditampilkan pada tabel 4.1.

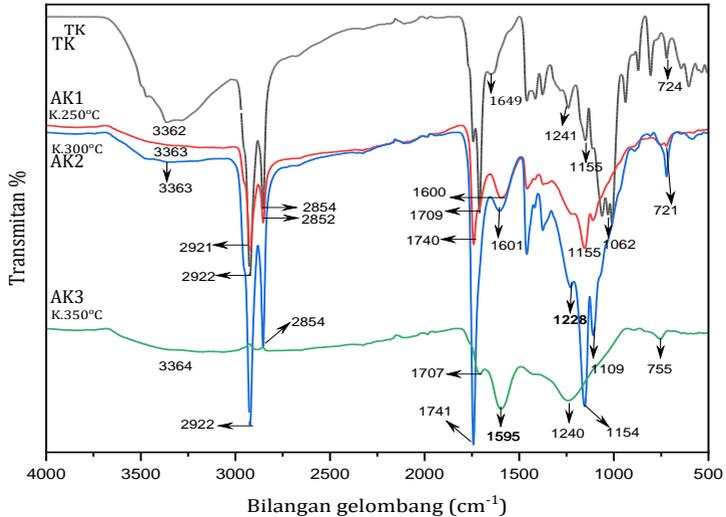
Tabel 4.1 Rendemen Arang Aktif pada Berbagai Variasi Suhu Karbonisasi

Suhu	Sebelum Karbonisasi (gram)	Sesudah Karbonisasi (gram)	Rendemen (%)
250°C	30	7,90	26,33
300°C	30	2,66	8,87
350°C	30	2,31	7,7

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui bahwa massa bahan pada suhu 250°C, 300°C dan 350°C mengalami penurunan seiring dengan kenaikan suhu. Penurunan massa paling besar terjadi pada suhu 350°C dari 30 gram menjadi 2,31 gram. Menurut Sabit (2012), penurunan massa disebabkan karena pemanasan yang berakibat lepasnya unsur non karbon seperti oksigen, hidrogen dan nitrogen yang mudah menguap. Semakin tinggi suhu karbonisasi maka rendemen yang diperoleh semakin sedikit. Hal ini terjadi karena adanya reaksi antara karbon dengan uap air sehingga CO₂ dan H₂ menjadi banyak dan karbon yang dihasilkan menjadi sedikit (Siahaan et al., 2013).

Arang aktif yang dihasilkan dikarakterisasi dengan instrumen FTIR untuk menganalisis gugus fungsi yang terkandung didalamnya. Hasil FTIR dari ampas kelapa tanpa karbonisasi (ATK), arang aktif dikarbonisasi pada suhu 250°C (AK1), aktif dikarbonisasi pada suhu 300°C

(AK2) dan aktif dikarbonisasi pada suhu 350°C (AK3) ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Spektrum dari ATK, AK1, AK2, AK3

Analisis menggunakan instrumen FTIR dilakukan terhadap sampel ampas kelapa sebelum dikarbonisasi dan ampas kelapa setelah dikarbonisasi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada arang aktif ampas kelapa dan pergeseran pita serapan yang muncul dalam bilangan gelombang tersebut. Perbedaan interpretasi data dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Interpretasi Data Hasil FTIR

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})				
	Pustaka	ATK	AK1	AK2	AK3
O-H	3400 - 3200 (Borrego, 2021)	3362	3363	3363	3364
C-H Alifatik	3000-2850 (Borrego, 2021)	2922 ; 2854	2921; 2852	2922 ; 2854	-
C=O	1760-1660 (Zhang <i>et al.</i> , 2020)	1709	1740	1741	1707
C=C Alkena	1610-1689 (Zhang <i>et al.</i> , 2020)	1649	-	-	-
C=C Aromatik	1500-1601 (Zhang <i>et al.</i> , 2020)	-	1600	1601	1595
C-O	1300-1000 (Borrego, 2021)	1241 ; 1155	1155	1228 ; 1154	1240
C-H Alkena	675-995 (Zhang <i>et al.</i> , 2020)	724	721	721	755

Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa spektra IR ATK menunjukkan adanya gugus O-H karena terdapat serapan pada bilangan gelombang 3362 cm^{-1} , keberadaan gugus C-H alifatik karena ada puncak pada bilangan gelombang 2922 cm^{-1} dan 2854 cm^{-1} , terdapat gugus C=O karena terdapat puncak pada bilangan gelombang 1709 cm^{-1} , memiliki gugus C=C alkena karena terdapat puncak pada bilangan gelombang 1649 cm^{-1} , terdapat gugus C-O karena terdapat puncak pada bilangan gelombang 1241

cm^{-1} dan 1155 cm^{-1} dan terdapat gugus C-H alkena karena terdapat puncak pada bilangan gelombang 724 cm^{-1} . Ampas kelapa yang dipakai mempunyai kandungan selulosa karena spektra IR yang diperoleh sesuai dengan spektra IR dari selulosa kelapa pada penelitian Borrego (2021) yang juga memperlihatkan adanya gugus O-H pada bilangan gelombang $3338,78 \text{ cm}^{-1}$, terdapat gugus C-H pada bilangan gelombang $2899,01 \text{ cm}^{-1}$, mempunyai gugus C-O pada bilangan gelombang $1161,14 \text{ cm}^{-1}$ dan $1037,70 \text{ cm}^{-1}$.

Interpretasi yang sama terlihat pada spektra AK1 gugus C=C alkena hilang. Gugus O-H mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 3363 cm^{-1} , gugus C-H alifatik mengalami pergeseran pada pita serapan 2921 cm^{-1} dan 2852 cm^{-1} , gugus C=O mengalami pergeseran pada pita serapan 1740 cm^{-1} dan gugus C=C aromatik muncul pada pita serapan 1600 cm^{-1} dan gugus C-O pada AK1 memiliki bilangan gelombang yang sama dengan ATK, dan gugus C-H alkena mengalami pergeseran pada pita serapan 721 cm^{-1} .

Pada spektra IR AK2 gugus C=C alkena hilang. Gugus O-H mengalami pergeseran pada pita serapan 3363 cm^{-1} , gugus C-H alifatik memiliki bilangan gelombang yang sama dengan ATK, gugus C=O mengalami pergeseran

pada pita serapan 1741 cm^{-1} , gugus C=C aromatik muncul pada bilangan gelombang 1601 cm^{-1} , gugus C-O mengalami pergeseran pada pita serapan 1228 cm^{-1} , 1154 cm^{-1} dan gugus C-H alkena mengalami pergeseran pada pita serapan 721 cm^{-1} .

Spektra IR AK3 gugus C=C alkena dan gugus C-H alifatik hilang. Adanya pergeseran pita serapan gugus O-H pada bilangan gelombang 3364 cm^{-1} , gugus C=O mengalami pergeseran pita serapan pada bilangan gelombang 1707 cm^{-1} , gugus C=C aromatik muncul pada bilangan gelombang 1595 cm^{-1} , gugus C-O mengalami pergeseran pada pita serapan 1240 cm^{-1} dan gugus C-H alkena mengalami pergeseran pada pita serapan 755 cm^{-1} .

Pergeseran pita serapan membuktikan bahwa karbonisasi pada ampas kelapa mengakibatkan pergeseran pita serapan pada gugus fungsi (Widjajanti *et al.*, 2011). Adanya ikatan O-H dan C-O menunjukkan bahwa ATK, AK1, AK2 dan AK3 bersifat polar, maka ATK, AK1, AK2 dan AK3 dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat yang polar, salah satu aplikasinya yaitu untuk penjernihan air (Puspita *et al.*, 2009). Berdasarkan interpretasi hasil FTIR, dapat diindikasikan ikatan C=O dan C-O berasal dari selulosa akibat karbonisasi (Pari,

2011). Proses karbonisasi telah membentuk ikatan C=C aromatik pada bilangan gelombang 1595 dan 1601 cm^{-1} , hal ini menunjukkan bahwa karbonisasi karbon aktif menghasilkan peningkatan senyawa aromatik. Senyawa ini merupakan bagian dari struktur heksagonal arang aktif (Wibowo *et al.*, 2011).

C. Uji Efektivitas Adsorpsi

1. Uji Adsorpsi Awal

Uji adsorpsi awal dilakukan dengan sampel ATK, AK1, AK2 dan AK3 pada pH 6 menggunakan waktu 60 menit dan larutan ion Pb^{2+} 62,92 ppm. Tabel 4.3 menunjukkan hasil uji adsorpsi yang dilakukan terlebih dahulu pada sampel ATK, AK1, AK2 dan AK3.

Tabel 4.3 Uji Adsorpsi Sampel ATK, AK1, AK2 dan AK3

Sampel	Efektivitas Pb^{2+} (%)
ATK	38,75
AK1	43,87
AK2	53,85
AK3	56,54

Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa persentase efektivitas adsorpsi terbaik yaitu AK3 karena persentase efektivitas Pb^{2+} teradsorpsi

sebanyak 56,54% sedangkan persentase efektivitas ATK, AK1 dan AK2 lebih rendah dari AK3. Oleh karena itu, AK3 merupakan variasi arang aktif dengan karbonisasi yang paling optimum dan yang terpilih untuk dikarakterisasi menggunakan SAA, dan digunakan untuk uji efektivitas dalam penentuan pH optimum, waktu optimum dan konsentrasi optimum.

Sampel yang dikarakterisasi dengan SAA yaitu ATK dan AK3. SAA dilakukan untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan ukuran pori pada ATK dan AK3. Pengujian SAA akan menghasilkan hasil Brunaur, Emmett, Teller (BET) dan Barret, Joner, Hallenda (BJH). Berdasarkan uji BET diperoleh data luas permukaan ATK sebesar 0,000 m²/g dan AK3 memiliki luas permukaan sebesar 0,493 m²/g. Hal ini menunjukkan bahwa proses karbonisasi sangat efektif dalam meningkatkan luas permukaan karena seiring meningkatnya suhu aktivasi, maka kadar zat pengotor semakin berkurang sehingga semakin besar luas permukaannya. Semakin luas permukaan arang aktif maka akan semakin tinggi daya serapnya (Turmuzi & Syaputra, 2015). Sifat arang bergantung

pada proses aktivasi dan sifat alami dari bahan dasar arang yang digunakan (Rahmadani & Kurniawati, 2017).

Karakterisasi SAA tidak hanya memberikan informasi tentang luas permukaan tetapi juga untuk mengetahui volume pori dan jari-jari pori. Data tersebut diperoleh dari data BJH yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil BJH

Parameter	Sampel	
	ATK	AK3
Volume pori (cc/g)	0,00101374	0,00117341
Jari-jari pori (nm)	13,6948	13,2794

Tabel 4.4 menunjukkan volume pori AK3 lebih besar dari ATK, karena kandungan zat pengotor semakin sedikit maka semakin besarnya volume pori yang terbentuk. Besarnya volume pori akan berpengaruh pada kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi dan semakin besar juga luas permukaan pada adsorben (Ryan, 2008).

Karbonisasi mempengaruhi pembentukan ukuran pori. Semakin kecil jari-jari pori yang tercipta maka semakin besar pula jumlah pori-pori yang terbentuk pada arang aktif (Z.A. Nasution &

Rambe 2011). Hal ini sesuai hasil BJH tabel 4.4 dimana didapatkan jari-jari pori ATK 13,6948 nm dan jari-jari pori AK3 13,2794 nm, maka arang aktif yang baik digunakan sebagai adsorben yaitu AK3 karena ukuran jari-jarinya kecil, jumlah porinya banyak sehingga lebih efektif dalam penyerapannya (Nasution & Rambe, 2011).

Berdasarkan hasil uji adsorpsi awal, arang aktif paling efektif yaitu AK3 dengan nilai efektivitasnya sebesar 56,54%. Hal ini dibuktikan dengan hasil karakterisasi SAA AK3 yang memiliki luas permukaan sebesar 0,493 m²/g, volume pori sebesar 0,00117341 cc/g dan jari-jari pori sebesar 13,2794 nm.

2. Penentuan pH Optimum

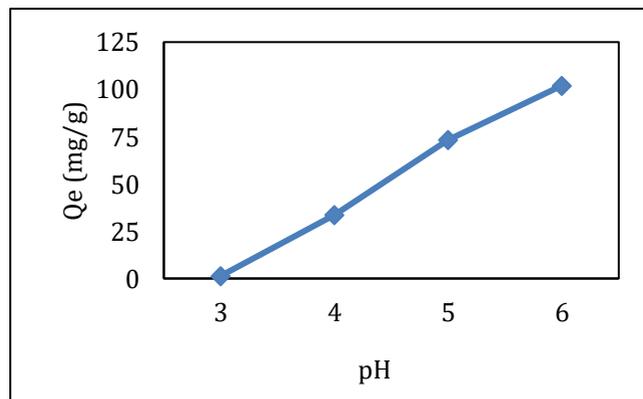
Nilai pH larutan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, karena dapat mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi dalam biosorben dan persaingan ion logam dalam proses adsorpsi (Syauqiah *et al.*, 2011). Penentuan pH optimum bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi maksimum adsorben dalam menyerap ion Pb²⁺. Penentuan pH optimum,

menggunakan Pb^{2+} 100 ppm selama 60 menit dengan hasil data yang ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Data Optimasi pH

Ph	Efektivitas Pb^{2+} Teradsorpsi (%)	Qe (mg/g)
3	1,051	1,369
4	27,71	33,66
5	66,54	73,345
6	97,28	102,02

Berdasarkan tabel 4.5 pemilihan variasi pH larutan $Pb(NO_3)_2$ dari pH 3 sampai 6 karena pada kondisi tersebut terbentuk ion Pb^{2+} , jika dilanjutkan pH di atas 6 sudah mulai terbentuk $Pb(OH)^+$ sesuai dengan spesiasi logam Pb gambar 2.1 (Khan *et al.*, 2021). Pengaruh variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengaruh Variasi pH terhadap Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan gambar 4.4 pH optimum terjadi pada pH 6, dengan jumlah Pb^{2+} yang teradsorpsi sebesar 102,02 mg/g dan efektivitasnya 97,28%. Terlihat semakin meningkatnya pH maka kapasitas adsorpsinya cenderung meningkat karena pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ sehingga permukaannya bermuatan positif dan menyebabkan adanya gaya tolak menolak antara ion logam dengan adsorben sehingga logam yang terserap sedikit (Salsabila *et al.*, 2023).

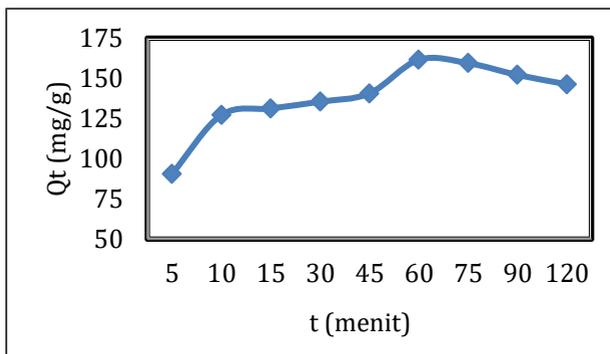
3. Penentuan Waktu Optimum

Penentuan waktu optimum bertujuan untuk menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum (Syauqiah *et al.*, 2011). Penentuan waktu pada penelitian ini yaitu lama pengadukan di mana lama waktu pengadukan merupakan waktu kontak adsorben AK3 untuk menyerap ion Pb^{2+} . (Nugraheni *et al.*, 2017). Penentuan waktu optimum adsorben menggunakan Pb^{2+} 150 ppm pada pH 6 dengan hasil data optimalisasi waktu ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Optimalisasi Waktu

Waktu (menit)	Efektivitas Pb ²⁺ teradsorpsi (%)	Qt (mg/g)
5	48,31	90,60
10	64,28	127,15
15	69,98	131,26
30	72,22	135,45
45	74,99	140,65
60	86,16	161,56
75	85,01	159,43
90	81,10	152,1
120	78,02	145,33

Semakin dinaikkan waktunya maka semakin besar ion Pb²⁺ teradsorpsi oleh gugus fungsi. Pada waktu 5, 10, 15, 30 dan 45 gugus fungsi hidroksil (-OH dari CH₂OH) adsorben belum berikatan secara optimal dengan ion Pb²⁺ sehingga ion Pb²⁺ yang teradsorpsi lebih kecil dari pada waktu 60 menit. Waktu 75, 90 dan 120 menit mengalami penurunan kapasitas adsorpsi karena permukaan adsorben telah jenuh dan mencapai kesetimbangan sehingga penyerapan di atas waktu 60 menit mengalami penurunan. Oleh karena itu semakin lama waktu adsorpsi dapat berakibat desorpsi (Nugraheni *et al.*, 2017). Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada gambar 4.5.

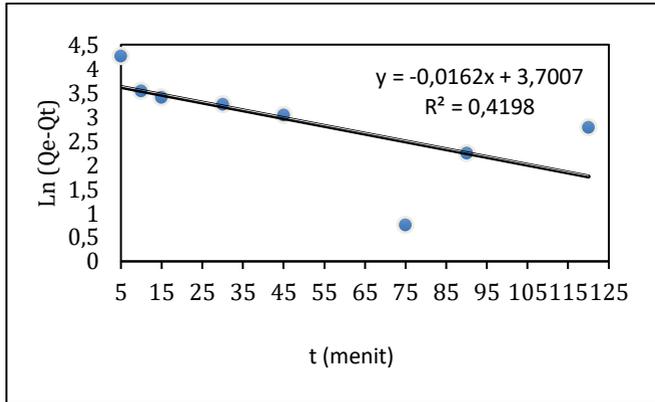


Gambar 4.5 Pengaruh Waktu terhadap Kapaitas Adsorpsi

Berdasarkan gambar 4.5 ion Pb^{2+} akan melekat pada permukaan adsorben hingga waktu optimum, setelah waktu optimum maka ion Pb^{2+} sulit diterima pada permukaan adsorben dan akan lepas kembali pada larutan. Hal ini memicu turunnya nilai kapasitas adsorpsi (Ramadani, 2022). Maka waktu optimum terjadi pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi 161,56 mg/g dan persentase efektivitasnya 86,16% .

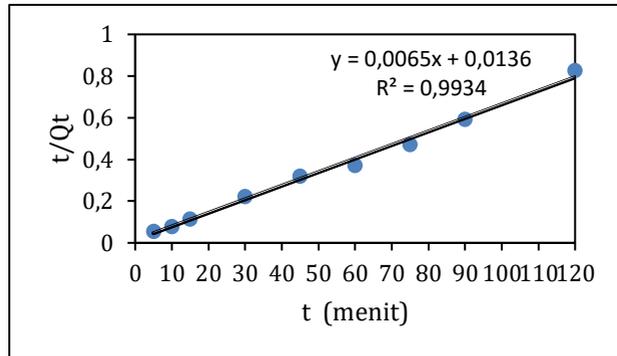
Hasil optimasi waktu digunakan untuk menentukan kinetika adsorpsi. Tujuan dari penentuan kinetika adsorpsi yaitu untuk mengetahui laju penyerapan adsorben AK3 terhadap logam Pb^{2+} . Kinetika adsorpsi ditentukan menggunakan model kinetika adsorpsi *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua. Pemilihan model kinetika adsorpsi terbaik dapat dilihat melalui nilai koefisien

determinasi (R^2) mendekati satu dan nilai kapasitas adsorpsi (Q_e) (Sulistyaningsih, 2023). Model kinetika adsorpsi *pseudo* orde satu gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kinetika adsorpsi *pseudo* orde satu

Pada gambar 4.6 kinetika *pseudo* orde satu diperoleh persamaan garis linier $y = -0,0162x + 3,7007$ dengan R^2 0,4198. Berdasarkan persamaan tersebut dapat diketahui nilai gradiennya -0,0162 dengan intersep 3,7007. Berdasarkan persamaan garis dapat diketahui K_1 yaitu -0,037 menit⁻¹ dan nilai Q_e teoritis 0,5682 mg/g. Model kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kinetika Adsorpsi *Pseudo* Orde Dua

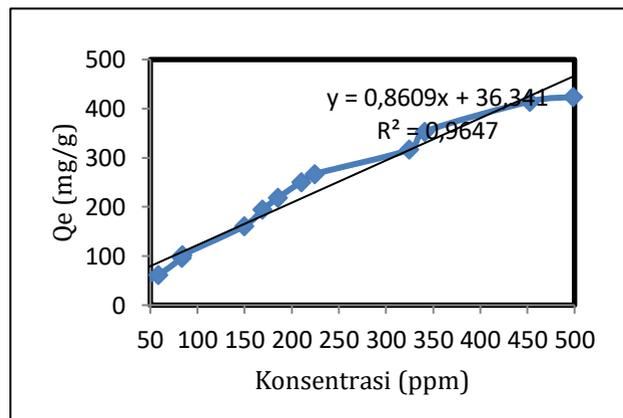
Pada gambar 4.7 kinetika *pseudo* orde dua diperoleh persamaan garis linier $y = 0,0065x + 0,0136$ dengan $R^2 = 0,9934$. Persamaan tersebut dapat diketahui nilai gradiennya 0,0065 dengan intersep 0,0136. Berdasarkan persamaan garis dapat diketahui K_2 yaitu 0,4779 menit^{-1} dan nilai Q_e teoritis 153,846 mg/g .

Berdasarkan gambar 4.6 dan gambar 4.7, dapat disimpulkan bahwa model kinetika adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi arang aktif ampas kelapa adalah kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua karena memiliki nilai $R^2 = 0,9934$ mendekati satu, nilai konstanta kecepatan laju adsorpsi pada *pseudo* orde dua (K_2) lebih besar dari nilai K_1 *pseudo* orde satu menunjukkan bahwa K_2 memiliki laju adsorpsinya lebih cepat yaitu 0,4779 menit^{-1} .

Semakin besar nilai K yang diperoleh maka semakin cepat laju adsorpsinya (Hastuti et al., 2021). Penentuan model kinetika adsorpsi juga dapat didukung menggunakan nilai Q_e , nilai Q_e teoritis dari kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua yaitu 153,846 mg/g lebih mendekati nilai Q_e percobaan yaitu 161,56 mg/g (Khanifa et al., 2019).

4. Penentuan Konsentrasi Optimum

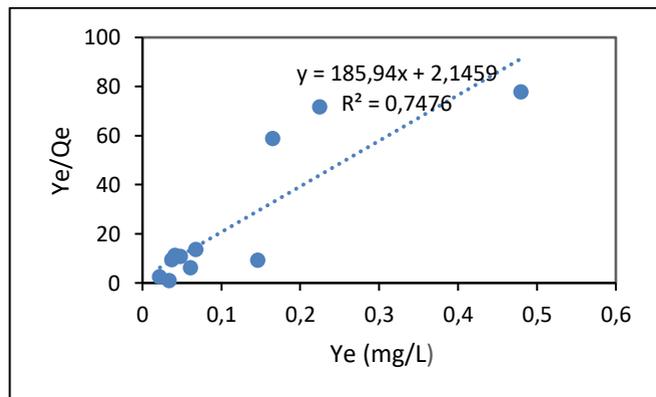
Penentuan konsentrasi optimum adsorben Pb^{2+} pada pH 6 selama 60 menit. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada gambar 4.8.



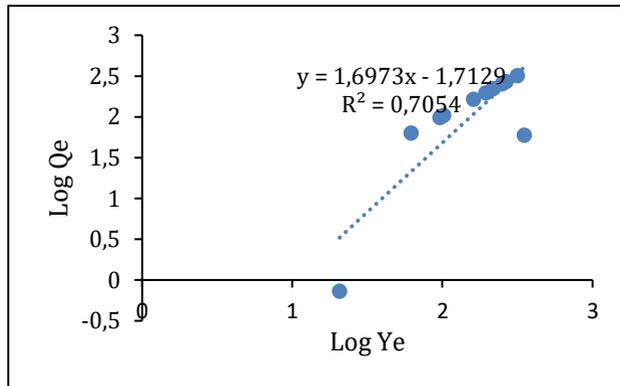
Gambar 4.8 Pengaruh Konsentrasi terhadap Kapasitas Adsorpsi

Pada gambar 4.8 nilai kapasitas tertinggi diperoleh 424,065 mg/g pada konsentrasi 498,50 ppm akan tetapi nilai kapasitas tersebut belum berada di kondisi optimum karena nilai kapasitas yang diperoleh masih terus naik sehingga belum menemukan konsentrasi yang paling optimal.

Kenaikan kapasitas adsorpsi dikarenakan sisi aktif pada permukaan arang aktif ampas kelapa lebih besar dari jumlah ion Pb^{2+} . Pada kondisi tertentu kapasitas adsorpsi akan berada dikondisi konstan karena arang aktif telah jenuh (Nugraheni & Herlyanti, 2016). Model isoterm Langmuir dan Freundlich ditunjukkan pada gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Isoterm Adsorpsi Langmuir



Gambar 4.10 Isoterm Adsorpsi Freundlich

Berdasarkan kurva isoterm Langmuir pada gambar 4.9 dan kurva isoterm Freundlich pada gambar 4.10 maka didapatkan data parameter isoterm adsorpsi pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Parameter Isoterm Adsorpsi

Isoterm Langmuir		
Q_{\max} (mg/g)	K_1 (L/mg)	R^2
0,0053	87,92	0,7476
Isoterm Freundlich		
n	K_2 (L/mg) ^{1/n}	R^2
0,589	-0,233	0,7054

Berdasarkan data pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa R^2 pada isoterm Langmuir 0,7476 dan isoterm Freundlich 0,7054. Penentuan penggunaan model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk AK3 terhadap ion Pb^{2+} dapat dilihat dari koefisien korelasi (R^2) yang mendekati satu. Berdasarkan

perbandingan dari kedua tipe isoterm adsorpsi, nilai R^2 pada isoterm adsorpsi Langmuir lebih mendekati satu dibandingkan nilai R^2 pada isoterm Freundlich. Maka kemungkinan terjadinya adsorpsi dalam lapisan tunggal (monolayer) yang menciptakan ikatan kovalen koordinasi antara ion Pb^{2+} dengan gugus (-OH). Oleh karena itu, isoterm tipe Langmuir lebih baik digunakan untuk adsorpsi AK3 terhadap ion Pb^{2+} (Nafi'ah R., 2016).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Rendemen yang dihasilkan pada suhu 250°C sebesar 26,33%, suhu 300°C sebesar 8,87% dan suhu 350°C sebesar 7,7%. Semakin tinggi suhu maka rendemen yang diperoleh semakin sedikit.
2. Berdasarkan hasil uji adsorpsi awal, arang aktif paling efektif yaitu AK3 dengan nilai efektivitasnya sebesar 56,54%. Hal ini dibuktikan dengan hasil karakterisasi SAA AK3 yang memiliki luas permukaan sebesar 0,493 m²/g, volume pori sebesar 0,00117341 cc/g dan jari-jari pori sebesar 13,2794 nm. Hasil karakterisasi FTIR pada ATK, AK1, AK2 dan AK3 mengalami pergeseran bilangan gelombang pada gugus O-H dan C-O. Pada spektra ATK menunjukkan adanya gugus O-H pada bilangan gelombang 3362 cm⁻¹, terjadi pergeseran spektra IR AK1 pada bilangan gelombang 3363 cm⁻¹, AK2 mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 3363 cm⁻¹ dan AK3 mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 3364 cm⁻¹. Pada spektra ATK

menunjukkan adanya gugus C-O pada bilangan gelombang 1241 cm^{-1} dan 1155 cm^{-1} terjadi pergeseran spektra IR AK2 pada bilangan gelombang 1228 cm^{-1} dan 1154 cm^{-1} , AK3 mengalami pergeseran pada bilangan gelombang 1240 cm^{-1} . Adanya ikatan O-H dan C-O menunjukkan bahwa ATK, AK1, AK2, AK3 bersifat polar sehingga dapat digunkan untuk mengadsorpsi zat yang polar juga.

3. Kondisi adsorpsi optimum tercapai pada pH 6, waktu kontak 60 menit, dan konsentrasi awal ion Pb^{2+} 498,50 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 424,068 mg/g. Kinetika adsorpsi mengikuti kinetika *pseudo* orde dua dengan nilai K yaitu $0,4779\text{ menit}^{-1}$ dan nilai R^2 0,9934 sedangkan isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir dengan nilai R^2 0,7476.

B. Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penambahan variasi konsentrasi mulai dari 500 ppm dalam proses adsorpsi untuk mengetahui pada konsentrasi berapa berada dikondisi optimum, saat uji adsorpsi disarankan secara *triplo* agar hasil yang didapatkan lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, N., Mongkito, V. H. R., Fayanto, S., Anas, M., & Eso, R. (2019). Characterization of activated charcoal from sugar palm bunches (*Arengga pinnata* (Wurmb) Merr) and the application as adsorbent lead (Pb), copper (Cu) and chrome (Cr) in solution. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(2).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022002>
- Aldofraji, M. H. (2020). Penetapan Karbon Aktif dari Ampas Kelapa dengan Variasi Jenis dan Jumlah Konsentrasi Senyawa Zat Aktivator. *Thesis*, 1–19.
- Alfiany, H., & Bahri, S. (2013). Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*, 2(3), 75–86.
- Arif, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule*) terhadap Penurunan Fenol. *Skripsi, c*, 1–77.
- Ariyanti, M., Suherman, C., Maxiselly, Y., & Rosniawaty, S. (2018). Pertumbuhan Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera L.*) dengan Pemberian Air Kelapa. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 2(2), 201–212.
<https://doi.org/10.30598/jhppk.2018.2.2.201>
- Asbahani. (2013). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, 13(1), 105–114.
- Astuti, W. (2018). *Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Unnes Press.
- Borrego, A. (2021). Perbandingan Karakteristik Selulosa Hasil Isolasi dari Limbah Siwalan (*Borassus flabellifer L.*) dan Kelapa (*Cocos nucifera L.*). *Skripsi*, 86.
- Bunaciu, A. A., Aboul-Enein, H. Y., & Fleschin, S. (2010). Application of fourier transform infrared spectrophotometry in pharmaceutical drugs analysis. *Applied Spectroscopy Reviews*, 45(3), 206–219.

- <https://doi.org/10.1080/00387011003601044>
- Cahyani, R. D. (2020). Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Butiran Kitosan Terikatsilang Tripolifosfat (TPP) dan Glutaraldehyd (GLA). *Skripsi*. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203%0Ah>
<http://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>
- Delaroza, R. (2018). *Adsorpsi Logam Berat Menggunakan Adsorben Alami pada Air Limbah Industri*. 5.
- Ekawati, R., Taslimah, & pardoyo. (2010). Pengaruh Aktivasi Zeolit dengan KMnO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dan H_2SO_4 terhadap Adsorpsi fitas Ion Na^+ dan Mg^{2+} Diujikan pada Air Tanah Karimunjawa Blok I. *Jurnal sains & Matematika (JSM)*, 18, 150–157.
- Fatimah, S. (2018). Pembuatan Arang Aktif dari Batok Biji Kluwak sebagai Adsorben Air Sumur yang Tercemar. *Skripsi*, 1–109. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/13257/>
- Gad, H. A., El-Ahmady, S. H., Abou-Shoer, M. I., & Al-Azizi, M. M. (2013). A Modern Approach to the Authentication and Quality Assessment of Thyme Using UV Spectroscopy and Chemometric Analysis. *Phytochemical Analysis*, 24(6), 520–526. <https://doi.org/10.1002/pca.2426>
- Guntama, D., Mahardini, I., Purnamasari, R., & Nulhakim, L. (2020). Active Charcoal From Waste of Avocado Seeds As a Chromic (Cr) Metal Adsorbent Using Chloride Acid (HCl) and Sulfuric Acid (H_2SO_4) Activator. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 4(2), 57–62. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v4i2.3098>
- Hafidoh, D. M. (2021). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Menggunakan Aktivator HCl sebagai Adosorben Timbal (Pb). *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- Hasmalina, & Nasution, M. R. (2013). Serbuk Habbatussauda sebagai Adsorben dalam Penyaringan Air Baku untuk Air

- Minum. *Journal Photon*, 3(2), 7–12.
- Hastuti, I. W. (2017). Karakterisasi Butiran Sub Mikron Nanomaterial Karbon Batok Kelapa dengan Variasi Waktu Pengadukan Bahan yang digunakan untuk Filtrasi Logam Fe dari Limbah Air Selokan Mataram Berdasarkan Uji UV-VIS, XRD, SEM dan AAS. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24.
- Hastuti, S., Utomo, I. T., Martini, T., Pranoto, P., Purnawan, C., Masykur, A., & Wibowo, A. H. (2021). Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Sumber Silika untuk Pembuatan Adsorben Ion Logam Cd(II) melalui Teknik Imprinted Ionic. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 113. <https://doi.org/10.20961/alchemy.17.1.44241.113-123>
- Jamilatun, S., Setyawan, M., Salamah, S., Purnama, D. A. A., & Putri, R. U. M. (2015). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 0258, 1–8.
- Khan, S., Idris, M., & Bilal, M. (2021). *Koloid dan Permukaan A: Fisikokimia dan Aspek Rekayasa Mengungkap dan Menjelaskan Mekanisme Spesiasi Kimia untuk Adsorpsi Timbal dan Nikel pada Zeolit dalam Larutan Berair*. 623(April). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126711>
- Khanifa, L. N., Mulyatun, M., & Suryandari, E. T. (2019). Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺ Menggunakan Hidrochar Eichhornia Crassipes Termodifikasi H₂O₂. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), 64. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.6026>
- Khopkar, S. . (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Universitas Indonesia.
- Kurniawan, A., & Wicaksono, E. (2008). Uji Coba Penjernihan dan Penghilangan Bau Limbah Tapioka dengan Menggunakan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (Studi Aktivasi dengan Pengasaman). *Universitas Diponegoro*, 1–7.

- Kusumaningtyas, R. (2019). *Karakterisasi FTIR dan SEM-EDX Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi*.
- Lemgang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80. [http://ejournal-fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/buleboni/article/view/5041/4463arang](http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/index.php/buleboni/article/view/5041/4463arang)
- Lestari, I., Mahraja, M., Farid, F., Gusti, D. R., & Permana, E. (2020). Penyerapan Ion Pb(II) Menggunakan Adsorben dari Limbah Padat Lumpur Aktif Pengolahan Air Minum. *Chemistry Progress*, 13(2). <https://doi.org/10.35799/cp.13.2.2020.31391>
- Masthura. (2013). Peningkatan Daya Serap Filter Air dari Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Memvariasikan Suhu Pemanasan. In *Tesis FMIPA USU* (Nomor 100100075).
- Menteri Kesehatan. (1990). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. 1–10. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0955-0_19
- Mifbakhuddin. (2014). Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif sebagai Media Filter terhadap Penurunan Kesadahan. *Jurnal Kesehatan*, 5, 1–11.
- Monarita, A., Sylvia, N., Nasrul, Z., Ibrahim, I., & Dewi, R. (2022). Optimasi Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Singkong Menggunakan Aktivator ZnCl₂. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(Mei), 66–75.
- Mubarok, A. (2022). *Kelestarian Lingkungan dalam Al-qur'an: Analisis Pemikiran M. Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Misbah Andika Mubarok*. 19(2), 227–237.
- Mudaim, S., & Hidayat, S. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (*Aleurites Moluccana*) dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 05(02), 157–163.
- Mulyatun, M. (2018). Synthesis of Low-Cost Adsorbent Based

- on Fly Ash for Heavy Metal Reduction of Cu and Cr In Textile Industrial Liquid Waste. *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 4(2), 60–68. <https://doi.org/10.21580/jnsmr.2018.4.2.11020>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2020.10.002>
- Nafi'ah R. (2016). Kinetika Adsorpsi Pb (II) dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 1(2), 28–37.
- Nasional, B. S. (1995). *SNI Arang Teknisi*. Badan Standar Nasional.
- Nasution, Z. A., & Rambe, S. M. (2011). Pengaruh Temperatur terhadap Pembentukan Pori Arang Cangkang Sawit sebagai Adsorbansi. *Dinamika Penelitian Industri*, 22(1), 48–53. <http://ejournal.kemenperin.go.id/dpi/article/view/548/512>
- Ningrum, M. S. (2019). Pemanfaatan Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera*) oleh Etnis Masyarakat di Desa Kelambir dan Desa Kubah Setang Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang. *Skripsi Fakultas Biologi, Universitas Medan Area*.
- Nugraheni, B., & Herlyanti, K. (2016). Penurunan Ion Logam Pb Menggunakan Dami Nangka sebagai Adsorben pada Air Limbah Batik. *Inovasi Teknik Kimia*, 1(2), 61–64.
- Nugraheni, B., Herlyanti, K., & Syukur, M. (2017). Adsorpsi Pb²⁺ dalam Limbah Cair Batik Menggunakan Adsorben Dami Nangka Tanpa Teraktivasi dan Teraktivasi NaOH: pH dan Waktu Kontak. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 3(2), 1–5. <https://doi.org/10.31603/pharmacy.v3i2.1725>

- Panjaitan, D. (2021). Potensi Pemanfaatan Limbah Ampas Kelapa sebagai Sumber Pangan Atau Bahan Substitusi Makanan Kesehatan. *Jurnal Riset Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian (RETIPA)*, 1(April), 63–68. <https://doi.org/10.54367/retipa.v1i2.1209>
- Pari, G. (2011). The Effect of Cellulose Incorporation on Charcoal-Carbon Structure . Part I: The Influence of Carbonisation Temperature. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(002), 33–45.
- Puspita, Y. V. D., Ibnu, M. S., & Wonorahardjo, S. (2009). *Karakterisasi dan Uji Kemampuan Serbuk Ampas Kelapa Asetat sebagai Adsorben Belerang Dioksida (SO₂)*. 1–14.
- Rachmawati, N. (2020). Pengaruh Adsorben sebagai Media Filter dalam Menurunkan Kadar Timbal dalam Matrik Air Sungai. *Walisongo Journal of Chemistry*, 3(2), 79. <https://doi.org/10.21580/wjc.v3i2.6448>
- Rahmadani, N., & Kurniawati, P. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. *Prosiding Seminar Nasoinal Kimia dan Pembelajarannya 2017, November*, 154–161.
- Ramadani, H. R. (2022). *Hidrochar Ampas Kopi Termodifikasi H₂O₂ sebagai Adsorben untuk Ion Logam Berat Pb (II)*.
- Rampengan, A. M., & Mawuntu, V. J. (2021). Fabrikasi Arang Aktif Tempurung Kelapa, Arang Aktif Aleurites Moluccana dan Karakterisasinya. *Jurnal Agrotekbis*, 7(2), 133–136. <https://doi.org/10.37033/fjc.v7i1.516>
- Retnaningsih, T. (2020). Sintesis dan karakterisasi zeolit hierarki terimpreg Ni-Mo untuk catalytic cracking minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*). *Skripsi*, 1–67. http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/53171%0Ahttp://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/53171/1/TRI_RETANINGSIH-FST.pdf
- Riansyah, A., Supriadi, A., & Nopianti, R. (2013). Pengaruh Perbedaan Suhu dan Waktu Pengeringan terhadap Karakteristik Ikan Asin Sepat Siam (*Trichogaster*

- Pectoralis*) dengan Menggunakan Oven. *Fishtech*, 2(1), 53–68.
- Rosita Idrus, Boni Pahlanop Lapanporo, Y. S. P. (2013). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Prisma Fisika, Vol. I, No. 1 (2013), Hal. 50 - 55*, 1(8), 50–55.
- Ryan, H. (2008). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Indonesia dengan Metode Aktivasi Fisika dan Karakteristiknya. *Skripsi.Ul. Jakarta*.
- Sabit, A. T. (2012). Efek Suhu pada Proses Pengarangan terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*, 3(2), 143–152. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.1647>
- Sahoo, T. R., & Prelot, B. (2020). Adsorption processes for the removal of contaminants from wastewater: The perspective role of nanomaterials and nanotechnology. In *Nanomaterials for the Detection and Removal of Wastewater Pollutants*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818489-9.00007-4>
- Salsabila, B., Nasra, E., Dewata, I., & Kurniawati, D. (2023). Pengaruh pH dan Konsentrasi pada Penyerapan Ion Logam Cu(II) Menggunakan Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). *Chemistry Journal of Universitas*, 12(2), 11–15. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Siahaan, S., Hutapea, M., & Hasibuan, R. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(1), 26–30.
- Suarsa, W. (2015). Kinetika Adsorpsi Timbal (Pb) pada Berbagai Adsorben. *Skripsi*, 12.
- Sulistyaningsih. (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Salak (*Salacca Zalacca*) sebagai Komposit Karbon Aktif Teraktivasi KOH-Kitosan untuk Adsorpsi Ion Logam Fe³⁺. *Skripsi*.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses

- Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A. V., Olivier, J. P., Rodriguez-Reinoso, F., Rouquerol, J., & Sing, K. S. W. (2015). Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 87(9–10), 1051–1069. <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>
- Turmuzi, M., & Syaputra, A. (2015). Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (*Salacca edulis*) dengan Impregnasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 42–46.
- Uhum, M. R. (2018). Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Ampas Kelapa dengan Kadar Aktivator HCl Berbeda. *Skripsi*.
- Wahyuni, D., Nurhanisa, M., Bahtiar, A., & Rutdiyanti, R. (2022). Optimasi Sintesis Karbon Aktif dari Bambu Buluh (*Schizostachyum brachycladum*) dengan Variasi Suhu Karbonisasi untuk Penyerapan Besi pada Air Sumur Gambut. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 292–298. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.292-298.2022>
- Wibowo, S., Syafi, W., & Pari, G. P. (2011). Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *MAKARA of Technology Series*, 15(1), 17–24. <https://doi.org/10.7454/mst.v15i1.852>
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Widjajanti, E., P, R. T., & Utomo, M. P. (2011). Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. *Universitas Negeri Yogyakarta*, 115–122.
- Yeng, L. C., Wahit, M. U., & Othman, N. (2015). Thermal and flexural properties of regenerated cellulose(RC)/poly(3-hydroxybutyrate)(PHB)biocomposites. *Jurnal Teknologi*,

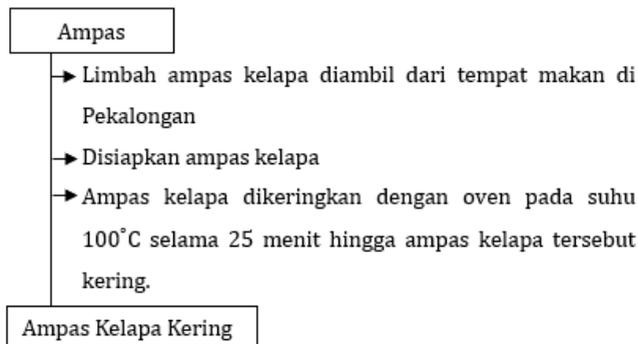
75(11), 107–112.

- Yulvianti, M., Ernayati, W., Tarsono, & R, M. A. (2015). Pemanfaatan Ampas Kelapa sebagai Bahan Baku Tepung Kelapa Tinggi Serat dengan Metode Freeze Drying. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), 101–107.
- Yusyniyah, S. I. (2017). Adsorpsi Logam Cu, Fe, dan Pb pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan Variasi Konsentrasi. *Thesis*, 1–96.
- Zhang, X., Zhang, Y., Ngo, H. H., Guo, W., Wen, H., Zhang, D., Li, C., & Qi, L. (2020). Characterization and sulfonamide antibiotics adsorption capacity of spent coffee grounds based biochar and hydrochar. *Science of the Total Environment*, 716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137015>

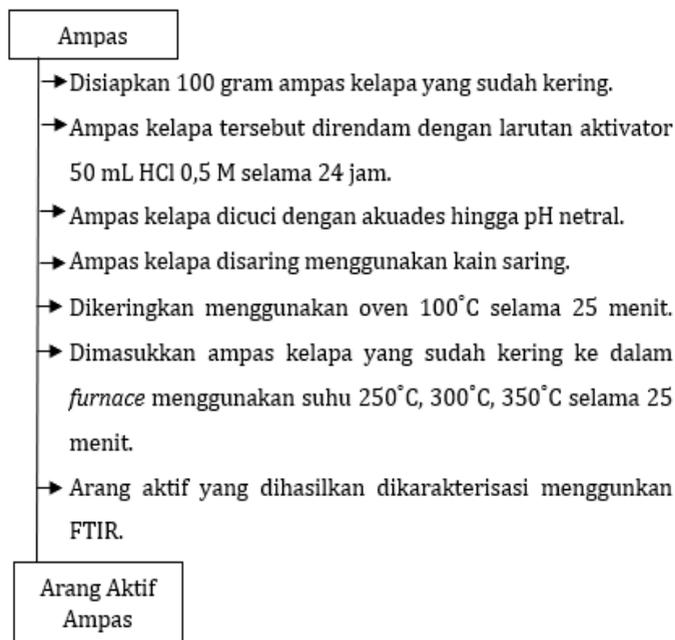
LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja Penelitian

A. Persiapan Bahan Penelitian

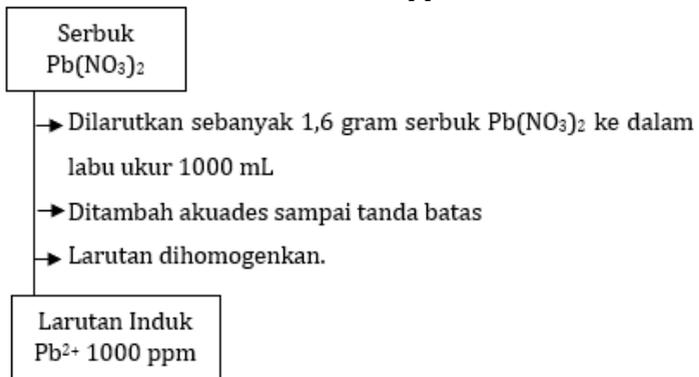


B. Proses Pembuatan Arang Aktif

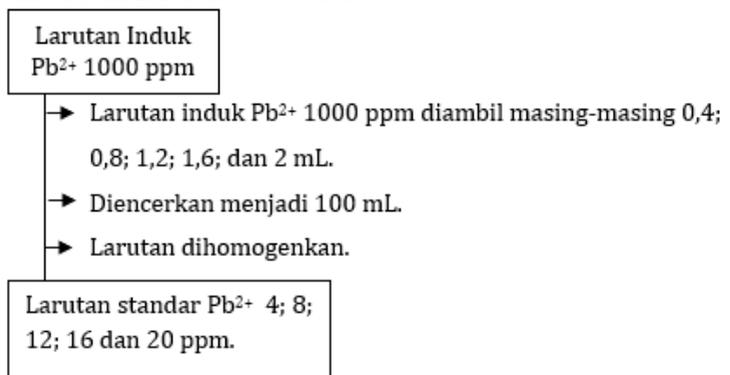


C. Pembuatan Larutan

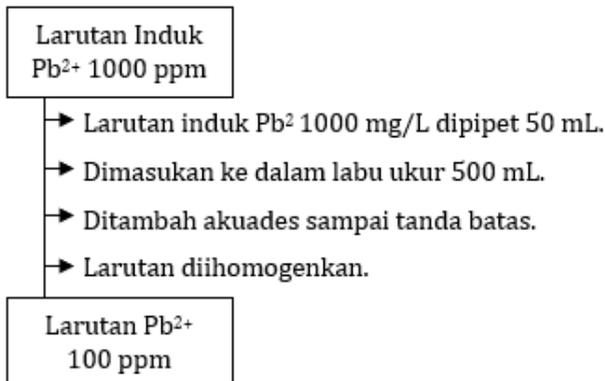
1. Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm



2. Pembuatan Larutan Standar Pb^{2+}

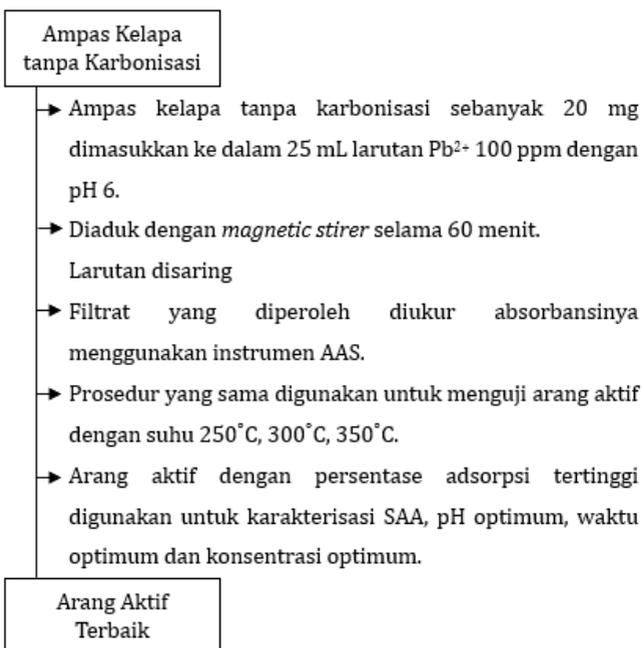


3. Pembuatan Larutan Sampel Pb^{2+} 100 ppm

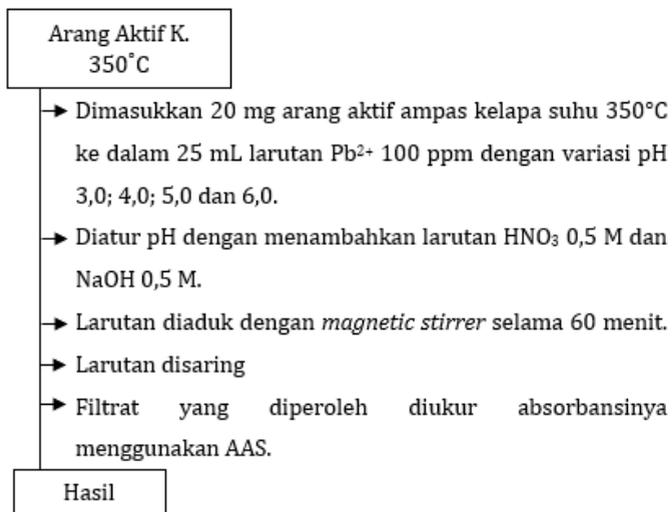


D. Uji Efektivitas

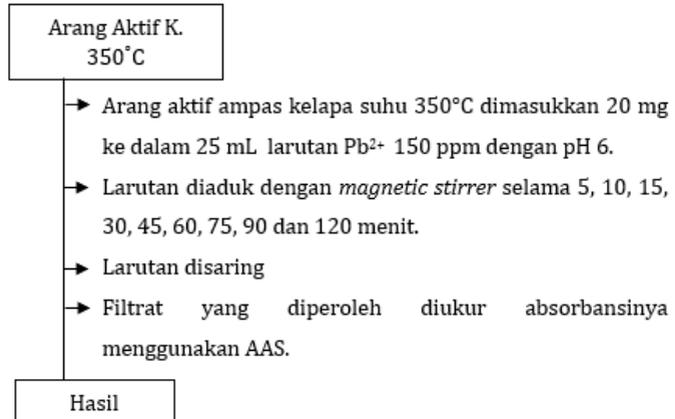
1. Uji Adsorpsi Awal



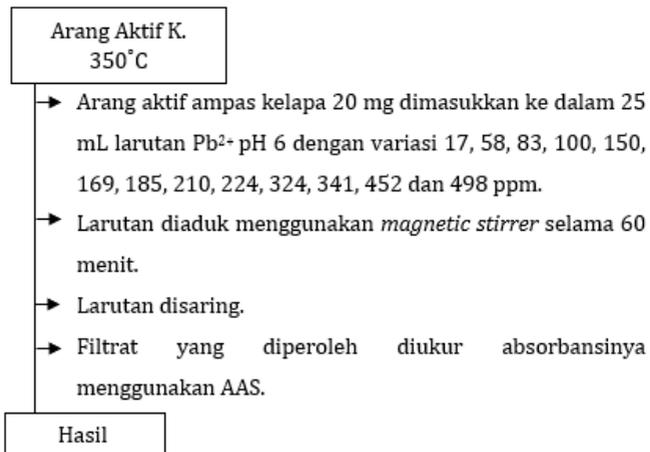
2. Optimalisasi pH



3. Optimalisasi Waktu



4. Optimalisasi Konsentrasi



Lampiran 2 Data Hasil Percobaan

A. Data Optimasi Adsorpsi Awal

Variasi	Massa adsorben (g)	Volume Larutan (mL)	Y_0 (mg/L)	Y_e (mg/L)	%Ef
ATK	0,02	0,025	60,90	37,298	38,75
AK1	0,02	0,025	60,90	34,179	43,87
AK2	0,02	0,025	60,90	28,103	53,85
AK3	0,02	0,025	60,90	26,466	56,54

B. Data Optimasi pH

Ph	Massa adsorben (g)	Volume Larutan (mL)	Y_0 (mg/L)	Y_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	%Ef
3	0,02	0,025	104,196	103,10	1,369	1,051
4	0,02	0,025	97,158	70,22	33,66	27,71
5	0,02	0,025	88,178	29,50	73,345	66,54
6	0,02	0,025	83,903	2,280	102,02	97,28

C. Data Optimasi Waktu Kontak

Waktu (menit)	Massa adsorben (g)	Volume Larutan (mL)	Y_0 (mg/L)	Y_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	%Ef
5	0,02	0,025	150,034	28,354	90,60	48,31
10	0,02	0,025	150,034	37,51	127,15	64,28
15	0,02	0,025	150,034	22,484	131,26	69,98
30	0,02	0,025	150,034	41,672	135,45	72,22

Waktu (menit)	Massa adsorben (g)	Volume Larutan (mL)	Y_0 (mg/L)	Y_e (mg/L)	Q_t (mg/g)	%Ef
45	0,02	0,025	150,034	45,026	140,65	74,99
60	0,02	0,025	150,034	77,552	161,56	86,16
75	0,02	0,025	150,034	45,352	159,43	85,01
90	0,02	0,025	150,034	53,578	152,1	81,10
120	0,02	0,025	150,034	32,97	145,33	78,02

D. Data Optimasi Konsentrasi

Massa adsorben (g)	Volume Larutan (mL)	Konsen (ppm)	Y_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	%Ef
0,02	0,025	17,2603	0,721	20,674	95,82
0,02	0,025	58,80	9,1013	62,12	84,52
0,02	0,025	83,54	6,0044	96,91	92,81
0,02	0,025	83,903	2,280	102,02	97,28
0,02	0,025	150	77,552	161,56	86,16
0,02	0,025	169,15	13,4300	194,65	92,06
0,02	0,025	185,47	10,6656	218,50	94,24
0,02	0,025	210,17	9,4147	250,94	95,52
0,02	0,025	224,69	11,061	267,152	95,07
0,02	0,025	324,81	71,476	316,667	83,53
0,02	0,025	341,38	58,645	353,418	82,82
0,02	0,025	452,92	121,123	414,746	73,25
0,02	0,025	498,50	159,248	424,065	68,054

E. Data Kinetika Adsorpsi

<i>Pseudo orde 1</i>			<i>Pseudo orde 2</i>		
Q_e (mg/g)	K_1 (min^{-1})	R^2	Q_e (mg/g)	K_2 (min^{-1})	R^2
0,5682	-0,037	0,4198	153,846	0,4779	0,9934

F. Data Isoterm Adsorpsi

Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
Q_{\max} (mg/g)	K_1 (L/mg)	R^2	n	K_2 (L/mg) ^{1/n}	R^2
0,0053	87,92	0,7476	0,589	-0,233	0,7054

Lampiran 3 Perhitungan Anlisis Data

A. Pembuatan Larutan Induk Pb 1000 ppm

Diketahui :

M. Larutan Induk Pb^{2+} = 1000 ppm = 1000 mg/L

Mr. $Pb(NO_3)_2$ = 331 g/mol

$$\text{Massa } Pb(NO_3)_2 = \frac{\text{Mr. } Pb(NO_3)_2}{\text{Ar. Pb}} \times M. Pb^{2+}$$

$$= \frac{331 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{207 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$= 1.594 \text{ mg} = 1,594 \text{ g} = 1,6 \text{ gram}$$

B. Pembuatan Larutan Standar Pb^{2+}

$$\text{Volume. } Pb^{2+} (V_2) \rightarrow M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Keterangan :

M_1 = Konsentrasi larutan induk (ppm)

M_2 = Konsentrasi larutan yang akan digunakan (ppm)

V_1 = Volume larutan yang akan diambil (mL)

V_2 = Volume setelah pengenceran (mL)

- Larutan Standar Pb^{2+} 4 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 4 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,4 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Pb^{2+} 8 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 8 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,8 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Pb^{2+} 12 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 12 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,2 \text{ mL}$$

- Larutan Standar Pb^{2+} 16 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 16 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,6 \text{ mL}$$
- Larutan Standar Pb^{2+} 20 M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 8 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2,0 \text{ mL}$$

C. Pembuatan Larutan Sampel

- Larutan Sampel 17 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 17 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,7 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 58 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 58 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5,8 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 83 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 83 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8,3 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 100 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 100 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10,0 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 150 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 150 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 15,0 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 169 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 169 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 16,9 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 185 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 185 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 18,5 \text{ mL}$$

- Larutan Sampel 210 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 210 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 21,0 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 224 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 224 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 22,4 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 324 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 324 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 32,4 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 341 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 341 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 34,1 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 425 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 425 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 42,5 \text{ mL}$$
- Larutan Sampel 499 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 499 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 49,9 \text{ mL}$$

D. Nilai Rendemen

$$\text{Rendemen} = \frac{M_a}{M_i} \times 100 \%$$

- Suhu 250°C

$$\text{Rendemen} = \frac{M_a}{M_i} \times 100 \%$$

$$= \frac{7,90}{30} \times 100 \% = 26,33 \%$$

- Suhu 300°C

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{M_a}{M_i} \times 100 \% \\ &= \frac{2,66}{30} \times 100 \% = 8,87 \% \end{aligned}$$

- Suhu 350°C

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{M_a}{M_i} \times 100 \% \\ &= \frac{2,31}{30} \times 100 \% = 7,7 \% \end{aligned}$$

E. Efektivitas Adsorpsi Awal

$$\% \text{ Ef} = \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \%$$

Diketahui :

Ef = Efektivitas (%)

Y_0 = Konsentrasi logam awal (ppm)

Y_e = Konsentrasi logam akhir (ppm)

- ATK

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{60,90 - 37,298}{60,90} \times 100 \% = 38,75 \% \end{aligned}$$

- AK1

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{60,90 - 34,179}{60,90} \times 100 \% = 43,87 \% \end{aligned}$$

- AK2

$$\% \text{ Ef} = \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \%$$

$$= \frac{60,90 - 28,103}{60,90} \times 100 \% = 53,85\%$$

- AK3

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{60,90 - 26,466}{60,90} \times 100 \% = 56,54 \% \end{aligned}$$

F. Efektivitas dan Qe Optimasi pH

$$Q_e = \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V$$

Diketahui :

Qe = kapasitas Adsorpsi (mg/g)

Y₀ = Konsentrasi logam awal (ppm)

Y_e = Konsentrasi logam akhir (ppm)

m = Massa Adsorben yang digunakan (gram)

V = Volume adsorbat yang digunakan (L)

- pH 3

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{104,196 - 105,10}{104,196} \times 100 \% = 48,31 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(104,196 - 105,10) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 1,369 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

- pH 4

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{97,158 - 70,22}{97,158} \times 100 \% = 27,71 \% \end{aligned}$$

$$Q_e = \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V$$

$$= \frac{(97,158 - 70,22) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 33,66 \text{ mg/g}$$

- pH 5

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{88,178 - 29,50}{88,178} \times 100 \% = 66,54 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(88,178 - 29,50) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 73,345 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

- pH 6

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{83,903 - 2,280}{83,903} \times 100 \% = 97,28 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(83,903 - 2,280) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 102,02 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

G. Efektivitas dan Qt Optimasi Waktu

- 5 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 90,60}{150,034} \times 100 \% = 48,31 \% \end{aligned}$$

$$Q_t = \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V$$

$$= \frac{(150,034 - 90,60) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 90,60 \text{ mg/g}$$

- 10 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 37,51}{150,034} \times 100 \% = 64,28\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(150,034 - 37,51) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 127,15 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

- 15 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 22,484}{150,034} \times 100 \% = 69,98\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(150,034 - 22,484) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 131,45 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

- 30 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 41,672}{150,034} \times 100 \% = 72,22\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(150,034 - 41,672) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \end{aligned}$$

$$= 135,45 \text{ mg/g}$$

- 45 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 45,026}{150,034} \times 100 \% = 74,99\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(150,034 - 45,026) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 140,65 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

- 60 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 77,552}{150,034} \times 100 \% = 86,16\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\ &= \frac{(150,034 - 77,552) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 161,56 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

- 75 Menit

$$\begin{aligned} \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\ &= \frac{150,034 - 45,352}{150,034} \times 100 \% = 85,01\% \end{aligned}$$

$$Q_t = \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V$$

$$= \frac{(150,034 - 45,352) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 159,43 \text{ mg/g}$$

- 90 Menit

$$\% \text{ Ef} = \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \%$$

$$= \frac{150,034 - 53,578}{150,034} \times 100 \% = 81,10\%$$

$$Q_t = \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V$$

$$= \frac{(150,034 - 53,578) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 152,1 \text{ mg/}$$

- 120 Menit

$$\% \text{ Ef} = \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \%$$

$$= \frac{150,034 - 32,97}{150,034} \times 100 \% = 78,02\%$$

$$Q_t = \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V$$

$$= \frac{(150,034 - 32,97) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 145,33 \text{ mg/g}$$

H. Konsentrasi Optimum

- 17,2603

$$\% \text{ Ef} = \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \%$$

$$= \frac{17,2603 - 0,721}{150,034} \times 100 \% = 95,82\%$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(17,2603 - 0,721) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 20,674 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 58,80

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{58,80 - 9,1013}{58,80} \times 100 \% = 84,52\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(58,80 - 9,1013) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 62,12 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 83,54

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{83,54 - 6,0044}{83,54} \times 100 \% = 92,81\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(83,54 - 6,0044) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 92,81 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 100

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{83,903 - 2,280}{83,903} \times 100 \% = 97,28\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(83,903 - 2,280) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 102,02 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 150

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{83,903 - 2,280}{83,903} \times 100 \% = 97,28\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(83,903 - 2,280) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 102,02 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 169,15

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{169,15 - 13,4300}{169,15} \times 100 \% = 92,06\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(169,15 - 13,4300) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 92,06 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 185,47

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{185,47 - 10,6656}{185,47} \times 100 \% = 94,24\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(185,47 - 10,6656) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 218,50 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 210,17

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{210,17 - 9,4147}{210,17} \times 100 \% = 95,52\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(210,17 - 9,4147) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 250,94 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 224,69

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{224,69 - 11,061}{224,69} \times 100 \% = 95,07\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(224,69 - 11,061) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 267,152 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 324,81

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{324,81 - 11,061}{324,81} \times 100 \% = 83,53\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(324,81 - 11,061) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 316,667 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 341,38

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{341,38 - 58,645}{341,38} \times 100 \% = 82,82\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(341,38 - 58,645) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 353,418 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 452,92

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{452,92 - 121,123}{452,92} \times 100 \% = 23,25\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(452,92 - 121,123) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 414,746 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

- 498,50

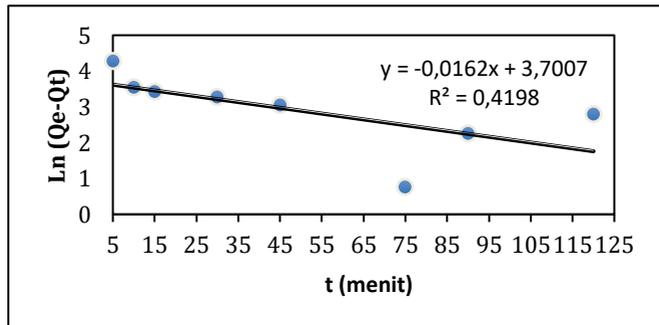
$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ef} &= \frac{Y_0 - Y_e}{Y_0} \times 100 \% \\
 &= \frac{498,50 - 159,248}{498,50} \times 100 \% = 68,054\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= \frac{Y_0 - Y_e}{m} \times V \\
 &= \frac{(498,50 - 159,248) \text{ ppm}}{0,02 \text{ gram}} \times 0,025 \text{ L} \\
 &= 424,065 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

I. Kinetika Kimia

- *Pseudo Orde Satu*

t (menit)	Qt (mg/L)	Qe (mg/g)	Qe-Qt	Ln (Qe-Qt)
5	90,6	161,56	70,96	4,262
10	127,15	161,56	34,41	3,538
15	131,26	161,56	30,3	3,411
30	135,45	161,56	26,11	3,262
45	140,65	161,56	20,91	3,04
60	161,56	161,56	0	0
75	159,43	161,56	2,13	0,756
90	152,1	161,56	9,46	2,247
120	145,33	161,56	16,23	2,786



$$\begin{aligned}
 y &= ax + b \\
 y &= -0,0162x + 3,7007 \\
 R^2 &= 0,4198 \\
 \frac{K_1}{2,302} &= a
 \end{aligned}$$

$$\frac{K_1}{2,302} = -0,0162$$

$$K_1 = -0,037$$

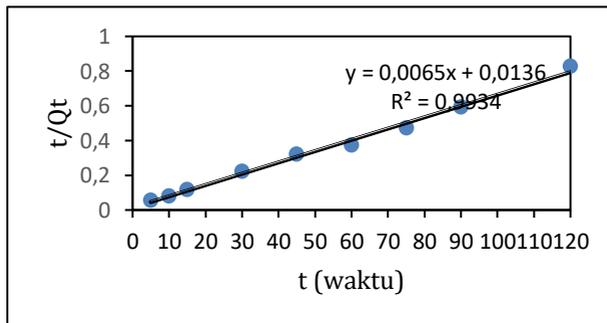
$$\text{Log } Q_e = b$$

$$\text{Log } Q_e = 3,7007$$

$$Q_e \text{ teoritis} = 0,5682$$

- *Pseudo Orde Dua*

t (menit)	Qt (mg/L)	Qe (mg/g)	t/Qt
5	90,6	161,56	0,055188
10	127,15	161,56	0,078647
15	131,26	161,56	0,114277
30	135,45	161,56	0,221484
45	140,65	161,56	0,319943
60	161,56	161,56	0,470426
75	159,43	161,56	0,371379
90	152,1	161,56	0,591716
120	145,33	161,56	0,825707



$$y = ax + b$$

$$y = 0,0065x + 0,0136$$

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

$$\frac{1}{Q_e} = 0,0065$$

$$Q_e = 153,846$$

$$\frac{1}{K_2 \cdot Q_e} = b$$

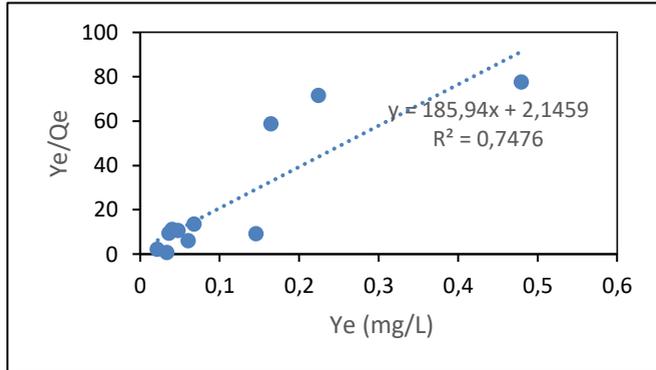
$$\frac{1}{K_2 \cdot 153,842} = 0,0136$$

$$K_2 = 0,4779447611$$

- Model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Kons (ppm)	Y _e (mg/L)	Q _e (mg/g)	Y _e /Q _e	Log Q _e	Log Y _a
17,2603	0,721	20,674	0,034	1,315	-0,142
58,8	9,1013	62,12	0,146	1,793	1,793
83,54	6,0044	96,91	0,061	1,986	1,986
83,903	2,28	102,02	0,022	2,009	2,008
150	77,552	161,56	0,48	2,208	2,208
17,2603	0,721	20,674	0,034	1,315	-0,142
58,8	9,1013	62,12	0,146	1,793	1,793
169,15	13,43	194,65	0,068	2,289	2,289
185,47	10,6656	218,5	0,048	2,339	2,339
210,17	9,4147	250,94	0,037	2,399	2,399
224,69	11,061	267,152	0,041	2,426	2,426
324,81	71,476	316,667	0,225	2,5006	2,5
341,38	58,645	353,418	0,165	2,548	1,768

Grafik Isoterm Langmuir



$$y = ax + b$$

$$y = 185,94x + 2,1456$$

$$R^2 = 0,7476$$

$$\frac{1}{\frac{Q_{max}}{a}} = Q_{max}$$

$$\frac{1}{185,94} = Q_{max}$$

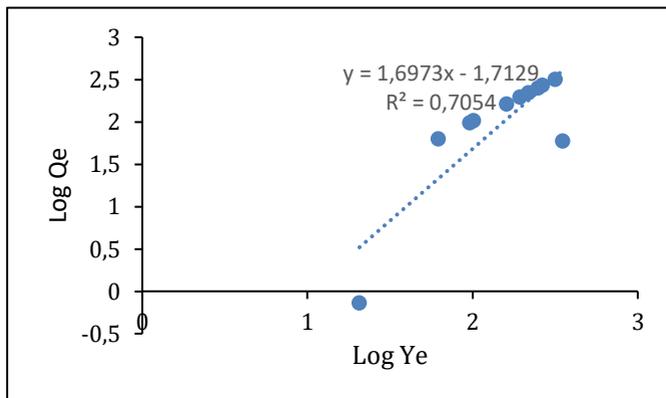
$$Q_{max} = 0,0053$$

$$\frac{1}{k_1 \cdot Q_{max}} = b$$

$$\frac{1}{k_1 \cdot 0,0053} = 2,1456$$

$$k_1 = \frac{0,466}{0,0053} = 87,92$$

Grafik Isoterm Freundlich



$$y = ax + b$$

$$y = 1,6973x - 1,7129$$

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

$$\frac{1}{n} = 1,6973$$

$$n = \frac{1}{1,6973} = 0,589$$

$$\text{Log } k_2 = b$$

$$\text{Log } k_2 = -1,7129$$

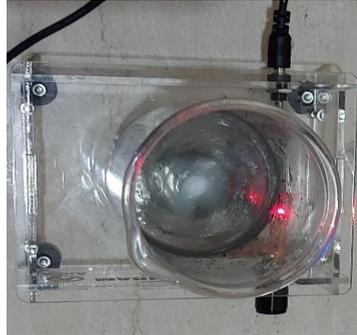
$$k_2 = -0,233$$

Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian

- Ampas kelapa direndam HCl
- Ampas kelapa sebelum di karbonisasi



- Ampas kelapa setelah di karbonisasi
- Proses stirer

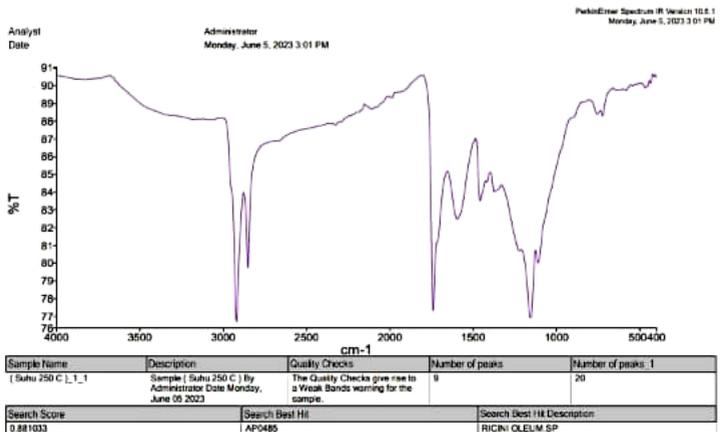
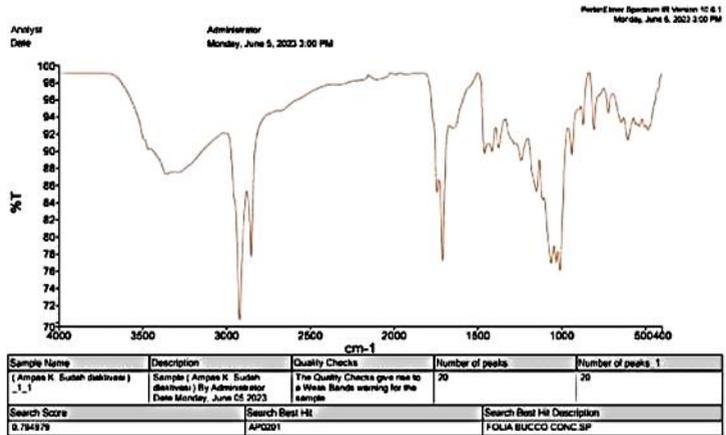


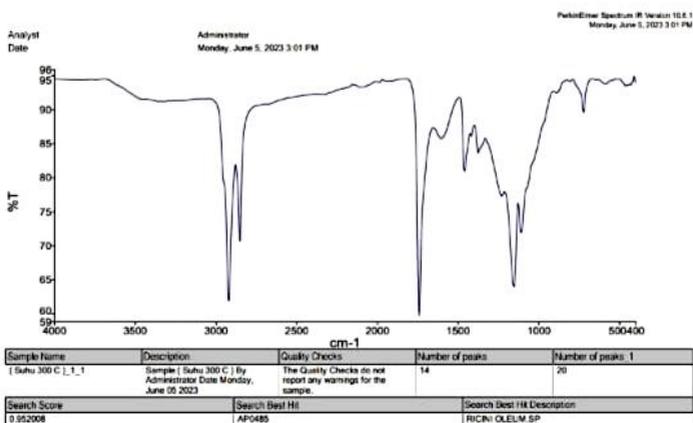
- Uji AAS



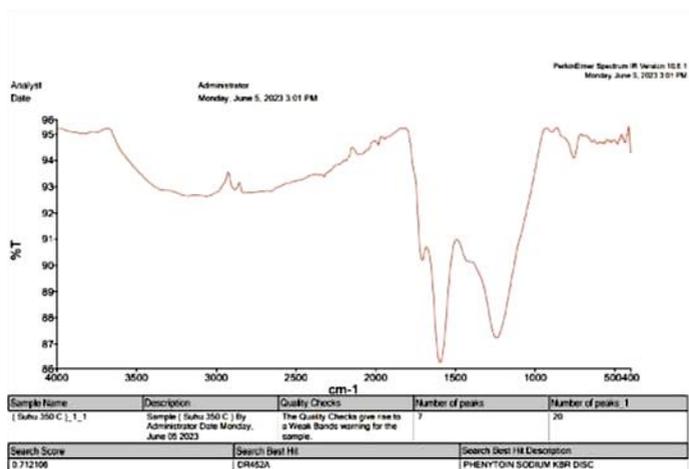
Lampiran 5 Hasil Uji Penelitian

- Karakterisasi FTIR





Page 1



Page 1

- Karakterisasi SAA
BET dan BJH adsorpsi dari sampel ATK

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA				Quantachrome	
Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta				LABORATORIUM TERBUKA	
Quantachrome TouchWin v1.22					
Report date:	Thu Aug 24 2023	Operator:	Yusuf		
Filename:	10010823_1.qcuPhysiso				
Analysis Information					
Sample	ID 1001_1	Weight	0.0504 _g		
Description	Ampas kelapa tanpa karbonisasi				
Analysis	Data ID (76c50a/b-1705-4c35-abb7-1aa32b70de0)	Date	2023.08.22	Duration	103.1 min
Operator	Yusuf	Firmware	1.07		
Instrument	Si 3 on NOVA touch 4LX [s/n:170170510001]				
Comments	description of sample				
Ambient Temp.	22.29 _{°C}	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	23
Cell Type	5mm with rod	Thermal Delay	300 _{sec}	Po Mode	Continuous
Adsorbate	Name Nitrogen	Molecular Weight	28.013 _{g/mol}	Cross Section Area	16.24 _{m²/mm²}
Non-ideality	6.58000e-05 _{1/cm³}	Bath Temperature	77.35 _K		
Desgas Information	Time 2.0 _{min}	Temp	300.000000 _{°C}		
Data Reduction Parameters					
Thermal Transpiration	yes	Eff. Molac. Diameter	0 _Å		
Eff. Cell Diameter	0 _{mm}				
Adsorbate Model	Name Nitrogen	Molecular Weight	28.0134 _g	Cross Section Area	16.24 _{m²/mm²}
Bath Temperature	77.35 _K				
BET Multi-point BET results					
Isotherm Branch Adsorption					
Slope -860.332					
Intercept -79.2168					
Correlation coeff. r 0.969131					
C constant 12.1129					
Surface area 0.000 m ² /g					
Table - BET Multi-point BET					
Relative Pressure	Volume Adsorbed	STP	1 / [W(P/Po) - 1]		
	cc/g	cc/g			
0.0497605	-0.569174	-73.6135			
0.153626	-0.515226	-281.8750			
0.250598	-0.646829	-315.7980			
0.349969	-1.01946	-353.2484			

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA				Quantachrome		
Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta				LABORATORIUM TERBUKA		
Quantachrome TouchWin v1.22						
Report date:	Thu Aug 24 2023	Operator:	Yusuf			
Filename:	10010823_1.qcuPhysiso					
Analysis Information						
Sample	ID 1001_1	Weight	0.0504 _g			
Description	Ampas kelapa tanpa karbonisasi					
Analysis	Data ID (76c50a/b-1705-4c35-abb7-1aa32b70de0)	Date	2023.08.22	Duration	103.1 min	
Operator	Yusuf	Firmware	1.07			
Instrument	Si 3 on NOVA touch 4LX [s/n:170170510001]					
Comments	description of sample					
Ambient Temp.	22.29 _{°C}	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	23	
Cell Type	5mm with rod	Thermal Delay	300 _{sec}	Po Mode	Continuous	
Adsorbate	Name Nitrogen	Molecular Weight	28.013 _{g/mol}	Cross Section Area	16.24 _{m²/mm²}	
Non-ideality	6.58000e-05 _{1/cm³}	Bath Temperature	77.35 _K			
Desgas Information	Time 2.0 _{min}	Temp	300.000000 _{°C}			
Data Reduction Parameters						
Thermal Transpiration	yes	Eff. Molac. Diameter	0 _Å			
Eff. Cell Diameter	0 _{mm}					
Thickness Method	deBoer					
P-tags below 0.35	included					
Adsorbate Model	Name Nitrogen	Molecular Weight	28.0134 _g	Cross Section Area	16.24 _{m²/mm²}	
Bath Temperature	77.35 _K					
BJH Pore Size Distribution Adsorption results						
Surface Area 0.147533 m ² /g						
Pore Volume 0.00101374 cc/g						
Pore radius Dv(r) 13.7426 nm						
Table - BJH Pore Size Distribution Adsorption						
radius	Pore Volume	Pore Surf.	dV(r)	dS(r)	dV(log r)	dS(log r)
nm	cc/g	Area	cc/mm³	m²/mm³	cc/g	m²/g
2.05143	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2.65315	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3.64663	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
5.68324	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
13.7426	1.013744e-03	1.475329e-01	7.620676e-05	1.109057e-02	2.209694e-03	3.215825e-01

BJH dari sampel ATK

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,5, Sleman Yogyakarta
LABORATORIUM TERPADU



Report date:		Thu Aug 24 2023	Operator:		Yusuf	
Filename:		10010823_1.qcuPhysIso				
Analysis Information						
Sample	ID	1001_1	Weight	0.0504g		
Description	Ampas kelapa tanpa karbonisasi					
Analysis	Date ID	I76c50alb-1705-4c35-abb7-1aa32b70de0f	Date	2023.08.22		
	Operator	Yusuf	Duration	103.1 min		
	Instrument	SI 3 on NOVA touch 4LX [vM:170170510001]	Firmware	1.07		
	Comments	description of sample				
Ambient Temp.	22.29°C	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	23	
Cell Type	5mm with rod	Thermal Delay	300 s	Por Mode	Continuous	
Adsorbate	Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.0132 g/mol	Cross Section Area	16.24 Å ² /mol
	Non-ideality	6.580000e-05 (non)	Bath Temperature	77.35 K		
Degas Information	Time	2.0 min	Temp	300.000000°C		
Data Reduction Parameters						
Thermal Transpiration	yes	Eff. Molec. Diameter	0 Å			
Eff. Cell Diameter	0 mm	Moving Pt. Average	off			
Thickness Method	deBoer					
P-tags below 0.35	included					
Adsorbate Model	Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.0134g	Cross Section Area	16.24 Å ² /mol
	Bath Temperature	77.35 K				
BJH Pore Size Distribution Description results						
	Surface Area	0.0134061 m ² /g				
	Pore Volume	9.17973e-05 cc/g				
	Pore radius Dv(r)	13.6948 nm				
Table - BJH Pore Size Distribution Description						
radius nm	Pore Volume cc/g	Pore Surf. Area m ² /g	dV(r) cc/nm ³ g	dS(r) m ² /nm ² g	dV(log r) cc/g	dS(log r) m ² /g
2.04258	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2.64582	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3.62502	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
5.61553	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
13.6948	9.179731e-05	1.340613e-02	6.851496e-06	1.000596e-03	1.975557e-04	2.885114e-02

Grafik isoterm

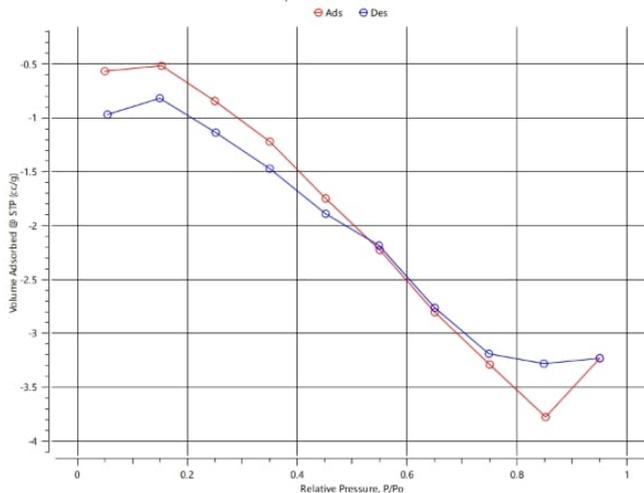
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta
LABORATORIUM TERPADU



Report date:	Thu Aug 24 2023	Operator:	Yusuf		
Filename:	10010823_1.qcuPhysIso				
Analysis Information					
Sample ID	1001_1	Weight	0.0504g		
Description	Ampas kelapa tanpa karbonisasi				
Data ID	(76c50afb-1705-4c35-abb7-1aa32b70dec0)				
Operator	Yusuf	Date	2023.08.22		
Instrument	SI 3 on NOVA touch 4LX [s/n:170170510001]		Duration	103.1 min	
Comments	description of sample		Firmware	1.07	
Ambient Temp.	22.29 °C	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	23
Cell type	5mm with rod	Thermal Delay	300 sec	Po Mode	Continuous
Adsorbate Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.013 g/mol	Cross Section Area	16.24 m ² /mol
Non-ideality	6.580000e-05 1/100	Bath Temperature	77.35 K		
Degas information		Temp	300.000000 °C		
Time	2.0 min				
Data Reduction Parameters					
Thermal Transpiration	yes	Eff. Molec. Diameter	0 Å		
Eff. Cell Diameter	0 mm				

Graph - Isotherm Isotherm



Quantachrome TouchWin® v1.22

[Report ID: QC20230824164024494-10241] Page 1 of 1

BET dan BJH desorpsi dari sampel AK3

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta
LABORATORIUM TERPADU
Quantachrome TouchWin v1.22



Report date:		Wed Aug 23 2023		Operator:		Yusuf	
Filename:		10010823_2.qcuPhysIso		Analysis Information			
Sample							
Description		ID	1001_2	Weight		0.0653 _g	
Analysis							
Date ID		idc8a5ba8-ef9f-4721-902c-695bd2bbdaa7		Date		2023.08.22	
Operator		Yusuf		Duration		106.8 _{min}	
Instrument		St 4 on NOVA touch 4LX [v/n:170170510001]		Firmware		1.07	
Comments		description of sample					
Ambient Temp.		22.20 _{°C}		Void Volume Mode		NOVA mode	
Cell Type		5mm with rod		Thermal Delay		300 _{sec}	
Adsorbate		Nitrogen		Molecular Weight		28.013 _{g/mol}	
Non-ideality		6.580000e-05 _{1/min}		Bath Temperature		77.35 _{°C}	
Degas Information		Time 2.0 _{min}		Temp		300.000000 _{°C}	
Data Reduction Parameters							
Thermal Transpiration		yes		Eff. Molec. Diameter		0 _Å	
Eff. Cell Diameter		0 _{mm}					
Adsorbate Model		Name Nitrogen		Molecular Weight		28.0134 _g	
Bath Temperature		77.35 _{°C}		Cross Section Area		16.24 _{mm²}	
BET Multi-point BET results							
Isotherm Branch		Adsorption					
Slope		7571.12					
Intercept		-509.856					
Correlation coeff., r		0.980362					
C constant		13.8495					
Surface area		0.493 m ² /g					
Table - BET Multi-point BET							
Relative Pressure		Volume Adsorbed @ STP		1 / [W(P/Po) - 1]			
		cc/g					
0.0507429		-1.14480		-37.3605			
0.150891		0.311681		456.1047			
0.251329		0.181356		1481.0443			

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta
LABORATORIUM TERPADU
Quantachrome TouchWin v1.22



Report date:		Wed Aug 23 2023		Operator:		Yusuf	
Filename:		10010823_2.qcuPhysIso		Analysis Information			
Sample							
Description		ID	1001_2	Weight		0.0653 _g	
Analysis							
Date ID		idc8a5ba8-ef9f-4721-902c-695bd2bbdaa7		Date		2023.08.22	
Operator		Yusuf		Duration		106.8 _{min}	
Instrument		St 4 on NOVA touch 4LX [v/n:170170510001]		Firmware		1.07	
Comments		description of sample					
Ambient Temp.		22.20 _{°C}		Void Volume Mode		NOVA mode	
Cell Type		5mm with rod		Thermal Delay		300 _{sec}	
Adsorbate		Nitrogen		Molecular Weight		28.013 _{g/mol}	
Non-ideality		6.580000e-05 _{1/min}		Bath Temperature		77.35 _{°C}	
Degas Information		Time 2.0 _{min}		Temp		300.000000 _{°C}	
Data Reduction Parameters							
Thermal Transpiration		yes		Eff. Molec. Diameter		0 _Å	
Eff. Cell Diameter		0 _{mm}					
Thickness Method		deBeer		Moving Pt. Average off			
Plugs below 0.35		included					
Adsorbate Model		Name Nitrogen		Molecular Weight		28.0134 _g	
Bath Temperature		77.35 _{°C}		Cross Section Area		16.24 _{mm²}	
BJH Pore Size Distribution Desorption results							
		Surface Area		0.0039828 m ² /g			
		Pore Volume		2.25635e-05 cc/g			
		Pore radius dV(r)		13.2784 nm			
Table - BJH Pore Size Distribution Desorption							
radius nm	Pore Volume cc/g	Pore Surf. Area m²/g	dV(r) cc/nm³	dS(r) m²/nm³	dV(log r) cc/g	dS(log r) m²/g	
2.04794	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	
2.65381	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	
3.63107	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	
5.68978	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	
13.2794	2.256350e-05	3.398280e-03	1.836860e-06	2.766487e-04	5.190223e-05	7.816974e-03	

Grafik Isoterm dari sampel AK3

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta
LABORATORIUM TERPADU
Quantachrome TouchWin v1.22



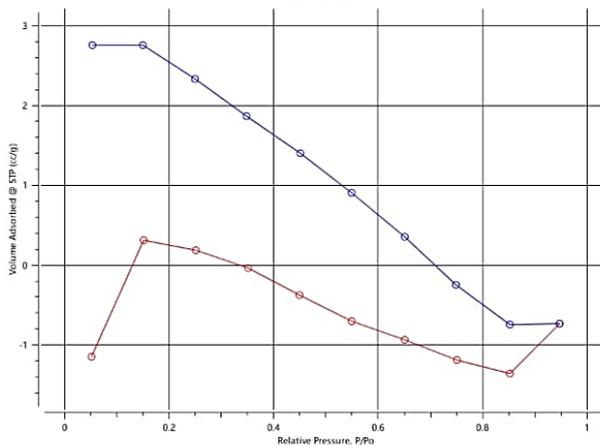
Report date: Wed Aug 23 2023 Operator: Yusuf
Filename: 10010823_2.qcuPhysiso

Sample		Analysis Information	
ID	1001_2	Weight	0.0653g
Description	Arang aktif 350C		
Analysis			
Data ID	{dc8a5ba8-ef9f-4721-902c-695bd2bbdaa7}	Date	2023.08.22
Operator	Yusuf	Duration	106.8min
Instrument	SI 4 on NOVA touch 4XL [s/n: 170170510001]	Firmware	1.07
Comments	description of sample		
Ambient Temp.	22.20°C	Void Volume Mode	NOVA mode
Cell Type	5mm with rod	Thermal Delay	300sec
Adsorbate		Cell ID	24
Name	Nitrogen	Po Mode	Continuous
Non-ideality	6.580000e-05 (170)	Molecular Weight	28.013g/mol
Desgas Information		Bath Temperature	77.35K
Time	2.0min	Temp	300.000000°C

Thermal Transpiration	yes	Data Reduction Parameters	
Eff. Cell Diameter	0mm	Eff. Molec. Diameter	0A

Graph - Isotherm Isotherm

○ Ads ○ Des



Quantachrome TouchWin v1.22

[Report ID: QC20230823064507270-07174] Page 1 of 1

BJH adsorpsi dari sampel AK3

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta
 LABORATORIUM TERPADU
 Quantachrome TouchWin v1.22



Report date:	Wed Aug 23 2023	Operator:	Yusuf			
Filename:	10010823_2.qcuPhysIso					
Analysis Information						
Sample ID	1001_2	Weight	0.0653g			
Description	Arang aktif 350C					
Analysis Data ID	(dc8a5ba8-ef9f-4721-902c-695bd2bbdaa7)	Date	2023.08.22			
Operator	Yusuf	Duration	106.8min			
Instrument	St 4 on NOVA touch 4LX [s/n:170170510001]	Firmware	1.07			
Comments	description of sample					
Ambient Temp.	22.20°C	Void Volume Mode	NOVA mode			
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	300sec			
Adsorbata Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.013g/mol			
Non-ideality	6.580000e-051hour	Bath Temperature	77.35°C			
Degas Information Time	2.0hour	Temp	300.000000°C			
Data Reduction Parameters						
Thermal Transpiration	yes	Eff. Molec. Diameter	0Å			
Eff. Cell Diameter	0mm	Moving Pt. Average	off			
Thickness Method	deBoer					
P-tags below 0.35	included					
Adsorbata Model Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.0134g			
Bath Temperature	77.35°C	Cross Section Area	16.2Å ² /mac.			
BJH Pore Size Distribution Adsorption results						
	Surface Area	0.176881 m ² /g				
	Pore Volume	0.00117341 cc/g				
	Pore radius Dv(r)	13.2678 nm				
Table - BJH Pore Size Distribution Adsorption						
radius nm	Pore Volume cc/g	Pore Surf. Area m ² /g	dV(r) cc/nm/g	dS(r) m ² /nm/g	dV(log r) cc/g	dS(log r) m ² /g
2.04614	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2.65571	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3.64712	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
5.69282	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
13.2678	1.173410e-03	1.768810e-01	9.534564e-05	1.437250e-02	2.690426e-03	4.055576e-01

- Uji AAS

Thermo
SCIENTIFIC

Operator Name: MUCHS

Result File: C:\SOLAAR\DATA\Logam Cu\Uj Pb Intan 21723.SLR



Report Date: 21/07/2023 14:37:49

General Parameters

Method: Uj Pb 21422

Autosampler: None

Use SPI: No

Operator: MUCHS

Instrument Mode: Flame

Dilution: None

Analysis Details

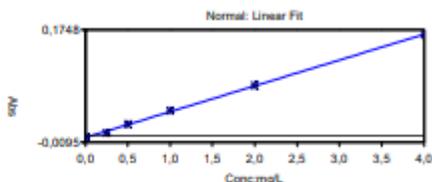
Analysis Name: Analysis 1 21/07/2023

Operator Name: MUCHS

Spectrometer: ICE 3000 AA05194702 v1.30

Solution Results - Pb

Y = 0,04227x - 0,0020
R²: 0,9994
Characteristic Conc: 0,1041



Sample ID	Signal	Rad %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L	
Pb Blank	-0,001	22,3	0,0000		
1	-0,001	Background: 0,000			21/07/2023 14:01:33
2	-0,001	Background: 0,000			21/07/2023 14:01:38
3	-0,001	Background: 0,001			21/07/2023 14:01:42
Pb Standard 1	0,006	5,6	0,2500		
1	0,006	Background: 0,000			21/07/2023 13:49:11
2	0,006	Background: -0,000			21/07/2023 13:49:16
3	0,005	Background: -0,000			21/07/2023 13:49:20
Pb Standard 2	0,019	5,6	0,5000		
1	0,021	Background: -0,000			21/07/2023 13:49:46
2	0,019	Background: 0,000			21/07/2023 13:49:50
3	0,019	Background: -0,000			21/07/2023 13:49:54
Pb Standard 3	0,042	1,6	1,0000		
1	0,042	Background: -0,000			21/07/2023 13:50:22
2	0,042	Background: 0,000			21/07/2023 13:50:26
3	0,041	Background: 0,000			21/07/2023 13:50:30
Pb Standard 4	0,083	0,7	2,0000		
1	0,084	Background: 0,000			21/07/2023 13:50:55
2	0,083	Background: 0,000			21/07/2023 13:51:00
3	0,083	Background: -0,000			21/07/2023 13:51:04
Pb Standard 5	0,166	1,1	4,0000		
1	0,166	Background: 0,000			21/07/2023 13:51:29
2	0,165	Background: 0,001			21/07/2023 13:51:33
3	0,166	Background: 0,001			21/07/2023 13:51:38
Pb Pb 2+ 100ppm 1 100x	0,025	1,6	0,6296	0,6296	
1	0,024	Background: -0,001			21/07/2023 14:04:55
2	0,024	Background: -0,001			21/07/2023 14:04:59
3	0,025	Background: -0,001			21/07/2023 14:05:04
Pb Pb 2+ 100ppm 2 100x	0,023	1,4	0,5860	0,5860	
1	0,022	Background: -0,001			21/07/2023 14:07:27
2	0,023	Background: -0,000			21/07/2023 14:07:32
3	0,023	Background: -0,000			21/07/2023 14:07:36

SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Report Date: 21/07/2023 14:37:49

Results File: C:\SOLAAR\MDATA\Logam Cu\UJ Pb Intan 21723.SLR

Solution Results - Pb

Sample ID	Signal	Rfd	Conc	Corrected Conc
	Abs	%	mg/L	mg/L
Pb Pb 2+ 100ppm 3 100x	0,024	1,6	0,6116	0,6116
1	0,023	Background: -0,000		21/07/2023 14:10:16
2	0,024	Background: -0,000		21/07/2023 14:10:20
3	0,024	Background: -0,001		21/07/2023 14:10:25
Pb 250 C 1 10x	0,140	0,5	3,3567	3,3567
1	0,140	Background: 0,000		21/07/2023 13:54:58
2	0,140	Background: 0,001		21/07/2023 13:55:02
3	0,139	Background: 0,001		21/07/2023 13:55:06
Pb 250 C 2 10x	0,142	1,2	3,4153	3,4153
1	0,141	Background: 0,000		21/07/2023 14:32:33
2	0,142	Background: -0,000		21/07/2023 14:32:36
3	0,144	Background: 0,000		21/07/2023 14:32:42
Pb 250 C 3 10x	0,145	0,2	3,4818	3,4818
1	0,145	Background: 0,001		21/07/2023 13:56:09
2	0,146	Background: 0,000		21/07/2023 13:56:13
3	0,145	Background: 0,001		21/07/2023 13:56:17
Pb 300 C 1 10x	0,105	1,4	2,5356	2,5356
1	0,104	Background: -0,001		21/07/2023 14:36:30
2	0,106	Background: -0,001		21/07/2023 14:36:34
3	0,106	Background: -0,000		21/07/2023 14:36:39
Pb 300 C 2 10x	0,118	0,3	2,8285	2,8285
1	0,117	Background: 0,001		21/07/2023 13:57:19
2	0,117	Background: 0,001		21/07/2023 13:57:23
3	0,118	Background: 0,001		21/07/2023 13:57:27
Pb 300 C 3 10x	0,128	0,6	3,0670	3,0670
1	0,128	Background: 0,000		21/07/2023 13:57:56
2	0,127	Background: 0,000		21/07/2023 13:58:01
3	0,128	Background: 0,001		21/07/2023 13:58:05
Pb 350 C 1 10x	0,101	0,3	2,4390	2,4390
1	0,101	Background: 0,000		21/07/2023 14:13:32
2	0,101	Background: 0,000		21/07/2023 14:13:36
3	0,101	Background: 0,000		21/07/2023 14:13:40
Pb 350 C 2 10x	0,104	1,4	2,5020	2,5020
1	0,102	Background: 0,000		21/07/2023 14:29:04
2	0,104	Background: 0,000		21/07/2023 14:29:08
3	0,105	Background: 0,000		21/07/2023 14:29:12
Pb 350 C 3 10x	0,125	2,0	2,9988	2,9988
1	0,122	Background: -0,000		21/07/2023 14:30:36
2	0,125	Background: 0,000		21/07/2023 14:30:41
3	0,127	Background: -0,000		21/07/2023 14:30:45

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Intan Ni'matul Ula

Tempat, Tgl. Lahir : Pekalongan, 17 Juli 2000

Alamat Rumah : Desa Sidodadi Indah RT 01
RW 13, Kec. Kedungwuni, Kab.
Pekalongan

No. Hp : 081225834401

E-mail : intannimatulula17@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri 1 Kedungwuni 2007-2013
2. MTS Gondang Wonopringgo 2013-2016
3. MAN 1 Kota Pekalongan 2016-2019