

**ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) PADA KERANG DARAH
(*Anandara granosa*) MENGGUNAKAN SILIKA
DARI SEKAM PADI TERMODIFIKASI
ASAM FULVAT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelara Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia**



Oleh: Daru Oktaviano

NIM: 2008036026

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

**ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) PADA KERANG DARAH
(*Anandara granosa*) MENGGUNAKAN SILIKA
DARI SEKAM PADI TERMODIFIKASI
ASAM FULVAT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia**

Daru Oktaviano

NIM 2008036026

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Daru Oktaviano

NIM : 2008036026

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**ADSORPSI ION LOGAM Pb(II) PADA KERANG DARAH
(*Anandara granosa*) MENGGUNAKAN SILIKA
DARI SEKAM PADI TERMODIFIKASI
ASAM FULVAT**

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

Semarang, 27 Agustus 2024

Pembuat pernyataan,



Daru Oktaviano
2008036026

PENGESAHAN

Naskah Skripsi berikut ini:

Judul : **Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Kerang Darah (*Anandara granosa*) Menggunakan Silika dari Sekam Padi Termodifikasi Asam Fulvat**

Penulis : Daru Oktaviano

NIM : 2008036026

Jurusan : Kimia

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

Semarang, 30 Agustus 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang



Mutista Hafshah, M.Si
NIP. 199401022019032015

Sekretaris Sidang



Rais Nur Latifah, M.Si
NIP. 199203042019032019

Penguji I



Mulyatun, M.Si
NIP. 1983050420110412008

Penguji II



Wirda Udaibah, M.Si
NIP. 198501042009122003

Pembimbing I



Dyah Fitasari, M.Si
NIP. 198501022019032017

Pembimbing II



Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si
NIP. 197407162009122001



NOTA DINAS

Semarang, 27 Agustus 2024

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

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

Judul : **Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Kerang Darah
(*Anandara granosa*) Menggunakan Silika dari
Sekam Padi Termodifikasi Asam Fulvat**

Nama : Daru Oktaviano

NIM : 2008036026

Jurusan : Kimia

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

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing I



Dyah Fitasari, M.Si

NIP. 198501022019032017

NOTA DINAS

Semarang, 27 Agustus 2024

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

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

Judul : **Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Kerang Darah
(*Anandara granosa*) Menggunakan Silika dari
Sekam Padi Termodifikasi Asam Fulvat**

Nama : Daru Oktaviano

NIM : 2008036026

Jurusan : Kimia

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

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing II



Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si
NIP. 197407162009122001

ABSTRAK

Ion logam Pb(II) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia apabila dikonsumsi. Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan kadar ion Pb(II) dalam air adalah adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi, kinetika adsorpsi, dan isoterm adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan silika sekam padi termodifikasi asam fulvat sebagai adsorben. Tahapan penelitian ini meliputi isolasi silika dari sekam padi, modifikasi dengan asam fulvat yang digunakan untuk adsorpsi ion Pb(II) pada kerang darah. Hasil uji XRF kadar SiO₂ yang dihasilkan dari silika sekam padi sebesar 66,2%. Hasil karakterisasi FTIR pada bilangan gelombang 1073 cm⁻¹ yang menandakan keberadaan silika. Pada bilangan gelombang 1650 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=O yang merepresentasikan asam fulvat. Silika termodifikasi asam fulvat mengadsorpsi ion logam Pb(II) secara optimum pada pH 6, massa adsorben 0,15 g, waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi 40 ppm. Kapasitas adsorpsi silika sekam padi termodifikasi asam fulvat yaitu sebesar 7,724 mg/g. Kinetika adsorpsi mengikuti persamaan *pseudo* orde dua dan isoterm adsorpsi mengikuti isoterm adsorpsi langmuir. Kapasitas adsorpsi silika sekam padi termodifikasi asam fulvat terhadap kadar ion Pb(II) dalam kerang darah sebesar 0,764 mg/g.

Kata kunci: *Adsorpsi, ion logam Pb(II), kerang darah, silika sekam padi, asam fulvat*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun serta menyelesaikan skripsi ini tanpa ada halangan suatu apapun. Shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat, serta para pengikutnya.

Rasa syukur penulis ucapkan sekali lagi kepada Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi dengan judul “Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Kerang Darah (*Anandara granosa*) Menggunakan Silika dari Sekam Padi Termodifikasi Asam Fulvat”. Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam ilmu kimia di UIN Walisongo Semarang, Fakultas Sains dan Teknologi. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dukungan, serta doa. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Nizar, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Mulyatun, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia.
4. Dyah Fitasari, M.Si & Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing penulis dengan sangat baik dan sabar, memberikan ilmu, arahan, saran, serta motivasi kepada penulis sehingga penulis sangat terbantu dalam menyelesaikan skripsi.
5. Kustomo, M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi agar tetap semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Segenap Dosen, Pegawai, dan Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah.
7. Orang tua tercinta, Bapak Majadi dan Ibu Retno Kendarsari, yang senantiasa memberi doa, semangat, dukungan moral, material yang luar biasa.
8. Adik-adik tersayang, Fernando Putra Pradana, dan Naura Hasna Annida yang memberikan dukungan, semangat, dan doa.
9. Teman-teman Kimia Kelas B 2020, KKN Desa Lemahireng yang memberikan dukungan dan semangat.

10. Adira Tantri Fitriani, S.Pd yang telah memberi doa, membantu, menemani, dan memberikan dukungan.
11. Semua pihak yang terlibat dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menjadi tulisan yang lebih baik lagi. Semoga dari hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan pada umumnya dan ilmu kimia pada khususnya. Aamiin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Semarang, 27 Agustus 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat	9
BAB II	11
A. Landasan Teori.....	11
B. Kajian Pustaka.....	33
C. Hipotesis	37
BAB III.....	38
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
B. Alat dan Bahan.....	38

C. Prosedur Penelitian.....	39
BAB IV	50
A. Isolasi dan Karakterisasi Silika Sekam Padi.....	50
B. Modifikasi dan Karakterisasi Silika-Asam Fulvat.....	56
C. Adsorpsi	60
D. Adsorpsi pada kerang darah.....	81
BAB V.....	84
A. KESIMPULAN.....	84
B. SARAN.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN	97
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sekam Padi.....	12
Gambar 2.2	Struktur Molekul Silika	13
Gambar 2.3	Model Struktur Molekul Asam Fulvat Menurut Buffle	14
Gambar 2.4	Kerang Darah	16
Gambar 2.5	Spesiasi Logam Berat Pb(II) Dalam Air	18
Gambar 2.6	Proses Terjadinya Sinar-X.....	32
Gambar 4.1	Spektrum FTIR silika sekam padi	52
Gambar 4.2	Usulan Mekanisme Reaksi Modifikasi Silika- Asam Fulvat.....	57
Gambar 4.3	Spektrum FT-IR (a) asam fulvat, (b) silika, (c) silika-asam fulvat	58
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Komposisi Terhadap Kapasitas Adsorpsi.....	62
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi.....	64
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Massa Terhadap Kapasitas Adsorpsi.....	68
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Waktu Kontak	70
Gambar 4.8	Kinetika Adsorpsi <i>Pseudo</i> Orde Satu.....	72
Gambar 4.9	Kinetika Reaksi <i>Pseudo</i> Orde Dua	73

Gambar 4.10	Grafik Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi.....	76
Gambar 4.11	Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	78
Gambar 4.12	Isoterm Adsorpsi freundlich.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variasi perbandingan massa silika sekam padi dan asam fulvat.....	40
Tabel 4.1	Bilangan gelombang FTIR dari silika sekam padi	53
Tabel 4.2	Hasil Uji XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>) silika sekam padi.....	55
Tabel 4.3	Interpretasi data hasil FTIR asam fulvat (AF), silika, silika-asam fulvat (SAF)	59
Tabel 4.4	Kapasitas Adsorpsi.....	60
Tabel 4.5	Hasil Data Adsorpsi Optimasi pH.....	63
Tabel 4.6	Hasil Data Adsorpsi Optimasi Massa	67
Tabel 4.7	Hasil Data Adsorpsi Optimasi Waktu Kontak.....	69
Tabel 4.8	Kinetika Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dengan Silika Termodifikasi Asam fulvat.....	73
Tabel 4.9	Hasil Data Adsorpsi Optimasi Konsentrasi.....	76
Tabel 4.10	Isoterm Adsorpsi Ion logam Pb(II) oleh silika termodifikasi asam fulvat	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Cara Kerja	97
Lampiran 2. Data Hasil Percobaan	103
Lampiran 3. Perhitungan Analisis Data	107
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	127
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi.....	130

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, oleh karena itu Indonesia memiliki potensi kelautan dan perikanan yang sangat besar dalam melestarikan keanekaragaman hayati. Kegiatan manusia seperti penangkapan biota laut yang melibatkan bahan peledak berjenis *flash powder* di wilayah pesisir sering kali menghasilkan limbah beracun, salah satunya adalah logam berat timbal. Dampak pencemaran perairan laut oleh unsur logam berat, selain mengganggu lingkungan, juga berdampak pada kesehatan manusia. Semakin tingginya aktivitas yang terjadi di sekitar perairan, baik di darat maupun di perairan, maka kadar logam berat juga dapat meningkat. (Pratiwi et al., 2019).

Beberapa logam berat yang berbahaya adalah merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu), dan lain-lain. Logam berat yang banyak mencemari perairan laut adalah timbal (Pb). Timbal (Pb) dapat diperoleh dari bahan bakar gas pada speedboat yang mengandung *Tetra Ethl Lead* (TEL),

Tetra Methyl Lead (TML), dan asap kendaraan bermotor pada speedboat yang mengandung PbCl_2 , PbBr_2 , PbO_x . Semakin tinggi kadar logam berat pada suatu perairan, maka semakin tinggi pula kadar logam berat yang terkumpul pada kelompok biota laut yang hidup di dalamnya. Apabila biota laut yang tercemar logam berat tersebut termakan oleh manusia, maka akan mengakibatkan keracunan logam berat dan dapat membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, organ reproduksi, dan ginjal. Logam berat yang terdapat pada perairan tentunya akan mempengaruhi biota laut yang ada di dalamnya, biota laut yang terkena dampaknya adalah ikan, kerang, dan biota laut lainnya. Kerang sangat bermanfaat bagi tubuh manusia, apabila dikonsumsi dengan batasan tertentu, terdapat banyak nutrisi dan gizi yang terkandung dalam kerang (Dharmadewi et al., 2019).

Kerang merupakan salah satu penghuni perairan dan merupakan sumber protein hewani. Selain dimanfaatkan sebagai sumber protein, kerang dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator karena memiliki sifat *filter feeder* (mengambil makanannya dengan menyaring air) dan *sessile* (menetap). Kerang dapat menyerap logam berat dalam kondisi tercemar logam

berat, sehingga secara alami logam berat akan terkumpul pada tubuh kerang. Kerang hidup di perairan yang lebih rendah dan hidup di substrat lumpur, sedangkan sumber makanannya adalah fitoplankton, zooplankton, dan tumbuhan mini, sehingga peluang untuk terhindar dari racun yang mencemari keadaan tubuhnya sangat kecil dan peluang masuknya logam ke dalam tubuh kerang sangat besar (Dharmadewi et al., 2019).

Kerang darah merupakan salah satu bivalvia yang mampu menyerap logam berat. Kerang darah hidup menetap (*sessile*) di dasar perairan. Jenis kerang ini banyak digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam. Hal ini disebabkan karena, sifat bioakumulasinya terhadap logam berat. Apabila kerang darah dengan kadar logam cukup tinggi dan dikonsumsi dalam jumlah besar, maka dapat menyebabkan kerusakan otak dan ginjal (Selpiani et al., 2015). Kerang darah kali ini diambil dari pesisir pantai Rembang yang sebelumnya belum ada kajian riset terdahulu tentang analisis kerang darah di daerah tersebut. Adapun potensi tercemarnya kerang darah dihasilkan dari kegiatan transportasi laut di pesisir pantai Rembang.

Logam berat yang terkumpul di dalam kerang darah sebagian besar dihasilkan oleh pencemaran alami akibat aktivitas manusia. Aktivitas manusia seperti penangkapan ikan dengan menggunakan bahan peledak dan adanya kegiatan transportasi laut dapat berdampak buruk terhadap makhluk hidup di darat maupun di perairan. Hal ini dibuktikan dengan firman Allah SWT dalam QS Ar-Rum ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبِلَادِ وَالْبَلَاءُ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِيَنَا إِنَّا سَافِرُونَ
 الِذِينَ عَمِلُوا لَعْنَهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Menurut tafsir al-Muyassar, kerusakan telah terlihat di darat dan di laut sebagai akibat dari tindakan orang. Hal ini agar mereka dapat menerima hukuman atas beberapa tindakan mereka di dunia kemudian berpaling kepada Allah dan kembali kepada-Nya dengan meninggalkan dosa-dosa, maka saat itu keadaan mereka akan membaik dan urusan mereka

akan berjalan sebagaimana mestinya.

Berkaitan dengan hal tersebut, Allah SWT menegaskan bahwa kerusakan yang terjadi di darat dan di laut adalah akibat dari ulah manusia yang harus diwaspadai. Salah satu pencemaran lingkungan di perairan yang terjadi adalah kegiatan transportasi laut yang mengandung bahan kimia berbahaya seperti logam berat. Logam berat yang mengotori perairan akan terkumpul di dalam biota laut, sehingga berdampak buruk bagi kehidupan manusia dan biota laut. Oleh karena itu, sebagai manusia, kita harus mampu memanfaatkan, memanfaatkan, dan menjaga alam semesta beserta segala ciptaan-Nya demi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

Berbagai metode telah dilakukan untuk menurunkan konsentrasi ion logam, diantaranya yaitu mikrofiltrasi, flotasi, dan adsorpsi. Masing-masing metode memiliki kekurangan misalnya, metode mikrofiltrasi umur membran tidak kuat lama ketika terkena pengotor. Kelemahan metode flotasi yaitu kurang bisa mempertahankan ikatan antara zat yang akan dipisahkan dengan gelembungnya. Kekurangan metode adsorpsi adalah ion-ion yang teradsorpsi dapat terdesorpsi lagi jika adsorben tersebut tidak ditangani

lebih lanjut (Karamah & Sari, 2010). Metode adsorpsi memiliki beberapa keunggulan seperti proses yang relatif sederhana, hemat biaya, efisiensi dan efisiensi tinggi, serta tidak berdampak buruk terhadap lingkungan atau manusia, seperti menghasilkan zat-zat berbahaya.

Jenis-jenis adsorben yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi logam berat adalah karbon aktif, silika, tanah, zeolit, getah kation, dan alumina. Silika memiliki beberapa kelebihan seperti mudah diproduksi, sangat inert, luas permukaannya besar, kemampuan adsorpsi yang baik, memiliki kapasitas pertukaran kation hidrofilik, memiliki sisi aktif pada permukaannya, tidak reaktif dalam pelarut organik, memiliki ketahanan panas dan mekanis yang tinggi, dan relatif tidak mudah menguap dalam pelarut organik (Hastuti et al., 2023).

Sekam padi mengandung banyak silika, kandungan silika dalam sekam padi sebesar 80% - 90%. Silika merupakan material alami yang dapat digunakan dan aplikasinya sangat luas. Silika sering digunakan untuk proses adsorpsi, karena proses pembuatan silika sederhana dan memiliki sifat permukaan yang mudah untuk dimodifikasi (Widyastuti et al., 2022). Silika

memiliki sifat permukaan yang mudah dimodifikasi, maka dari itu silika akan memungkinkan jika dimodifikasi dengan asam fulvat.

Asam fulvat merupakan salah satu dari tiga komponen pembentuk senyawa humat. Zat humat merupakan bahan-bahan alami yang ditemukan di tanah, batu bara, atau kondisi laut. Asam fulvat mengandung gugus fungsional, misalnya gugus karboksil dan fenolik hidroksil, memiliki rantai polimer pendek, dan mengandung lebih banyak komponen oksigen. Asam fulvat memiliki keunggulan dalam hal daya ikat, khelasi, dan kapasitas adsorpsi permukaan. Asam fulvat memiliki daya adsorpsi permukaan yang kuat karena dapat terurai pada semua rentang pH sehingga lebih mudah bereaksi (Hasanah Nur, 2017). Asam fulvat yang memiliki gugus fungsional seperti gugus karboksil dan fenolik yang diharapkan mampu berikatan dan menambah gugus aktif pada silika.

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dilakukan penelitian tentang “Adsorpsi ion logam Pb(II) pada kerang darah (*anandara granosa*) menggunakan silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat”. Asam fulvat dipilih sebagai bahan modifikasi dengan silika sekam padi dikarenakan belum adanya kajian riset

terdahulu tentang memodifikasi adsorben silika sekam padi dengan asam fulvat. Karakterisasi dilakukan menggunakan instrumen FTIR (*fourier transform infra red*) dan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui karakteristik dan komposisi unsur silika sekam padi termodifikasi asam fulvat. *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) digunakan untuk mengukur konsentrasi ion logam Pb(II) pada kerang darah yang berhasil diadsorpsi oleh silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat.

B. Rumusan Masalah

Bersumber pada latar belakang dapat dirumuskan masalah berupa:

1. Bagaimana karakteristik silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat?
2. Bagaimana kapasitas adsorpsi silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat terhadap ion logam Pb(II)?
3. Bagaimana model kinetika dan isoterm adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat?

4. Bagaimana kapasitas adsorpsi silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat terhadap logam Pb pada kerang darah?

C. Tujuan Penelitian

Bersumber pada latar belakang dapat dirumuskan tujuan berupa:

1. Untuk menenentukan karakteristik silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat.
2. Untuk menentukan kapasitas adsorpsi silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat terhadap logam Pb.
3. Untuk mengetahui model kinetika dan isoterm adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat.
4. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat terhadap logam Pb pada kerang darah.

D. Manfaat

1. Mengurangi pencemaran lingkungan terhadap limbah yang mengandung ion logam Pb(II).

2. Mengetahui kemampuan menyerap dari silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat terhadap ion logam Pb(II).
3. Meningkatkan nilai guna limbah sekam padi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Sekam Padi

Sekam padi merupakan hasil samping dari industri pengolahan padi. Usaha pengolahan tersebut dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi, dan sisanya berupa bekatul. Apabila berbagai sekam padi yang dihasilkan dari industri pengolahan padi tidak dikelola dan dimanfaatkan secara tepat, maka akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sekam padi dinilai sebagai bahan yang kurang bermanfaat dan memiliki nilai gizi yang rendah. Sekam padi mengandung abu yang sangat tinggi, kadar abu pada sekam padi sebesar 13,16% - 29,04% berat kering. Sekam padi merupakan salah satu sumber silika terbesar setelah pembakaran spontan. Abu sekam padi hasil pembakaran terkendali pada suhu tinggi (900°C) akan menghasilkan kotoran silika yang dapat digunakan untuk berbagai siklus kimia. Abu sekam padi mengandung silika sebesar 80% - 90% berat kering

(Agung et al., 2013). Sekam padi dapat dilihat pada gambar 2.1.

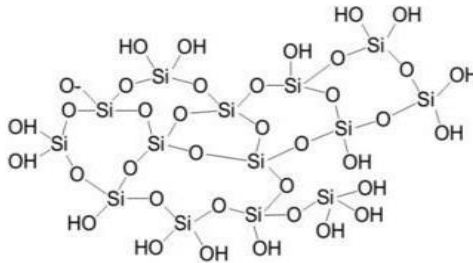


Gambar 2.1 Sekam Padi (Dokumentasi Pribadi)

2. Silika

Silika dilambangkan sebagai silikon dioksida (SiO_2). Silika dalam banyak kasus digunakan sebagai bahan pengering, penyerap, media penyalur, dan bagian pendorong. Silika merupakan bahan yang sangat alami dalam industri kaca, keramik, dan bahan alami yang penting untuk pengembangan senyawa silikat, silikon, dan amalgam. Kandungan silika tertinggi dalam beras terdapat pada sekam jika dibandingkan dengan bagian tanaman lain seperti ujung daun, pelepah daun, batang dan akar. Silika dari sekam padi dapat diperoleh secara efektif dan mudah melalui pengabuan dan ekstraksi cairan

kental (Agung et al., 2013). Struktur molekul silika dapat dilihat pada gambar 2.3



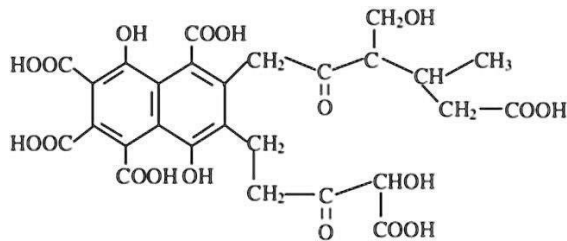
Gambar 2.2 Struktur Molekul Silika (Khair et al., 2023)

3. Asam Fulvat

Asam fulvat merupakan salah satu dari tiga komponen penyusun zat humik. Zat humik merupakan bahan alam yang sangat penting yang terdapat dalam tanah, batu bara, atau kondisi laut. Asam fulvat memiliki rantai polimer yang lebih pendek, mengandung lebih banyak komponen oksigen, dan dapat terurai pada semua rentang pH sehingga lebih mudah bereaksi dan menahan logam (Hasanah Nur, 2017).

Asam Fulvat diperoleh melalui ekstraksi dari tanah gambut, dalam proses tersebut menggunakan

larutan NaOH, dimana campuran humik dapat larut dalam NaOH tetapi humin dan senyawa non-humin lainnya tidak dapat terurai. Asam fulvat merupakan turunan dari asam humat, untuk memisahkannya dengan cara penambahan larutan HCl. Asam fulvat memiliki sifat kaustik yang lebih tinggi dibandingkan asam humat dan gugus fungsi karboksil dan hidroksil pada asam fulvat lebih beragam dan mudah bereaksi dibandingkan asam humik (Febriani et al., 2022). Model struktur molekul asam fulvat menurut Buffle dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Model Struktur Molekul Asam Fulvat
Menurut Buffle (Mindari et al., 2022)

Asam fulvat terdiri dari struktur aromatik dan alifatik, dengan banyak dari struktur ini memiliki gugus fungsi yang mengandung oksigen. Berat molekulnya berkisar antara 1.000 hingga 5.000

g/mol, berwarna terang, larut dalam semua tingkat pH, dan sangat rentan terhadap degradasi mikroba (Hasanah Nur, 2017).

4. Modifikasi Silika

Silika dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi logam. Modifikasi ini dilakukan dengan menambah dan mengganti beberapa gugus aktif pada silika dengan senyawa fulvat yang dapat menjadi salah satu senyawa organik untuk modifikasi. Asam fulvat mempunyai situs aktif gugus fenolat (-OH) dan karboksilat (-COOH) yang dapat menambah situs aktif gugus pada silika yaitu gugus silanol (-SiOH) dan siloksan (Si-O-Si). Gugus silanol yang dimiliki silika ini bersifat sebagai basa keras, dan Pb(II) yang merupakan kategori asam sedang maka hasil interaksi akan berkarakter kovalen (Sulastri, 2013).

5. Kerang Darah

Kerang darah dengan berbahasa ilmiah *anandara granosa*. Kerang Darah memiliki dua cangkang tebal, pipih, berwarna putih yang dilapisi periostrakum yang bervariasi dari kuning

kecokelatan hingga cokelat kehitaman. Biasanya, tubuh kerang darah berukuran antara 1,8 dan 3,2 cm, meskipun dapat mencapai hingga 9 cm. Kerang darah mencapai kematangan pada usia sekitar 6-7 bulan. Kisaran suhu ideal untuk pertumbuhan kerang darah adalah 25-32,8°C



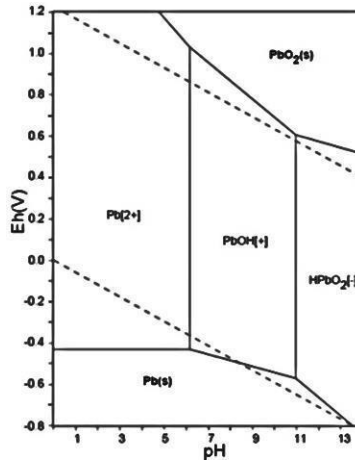
Gambar 2.4 Kerang Darah (WWF Indonesia, 2015)

Kerang darah merupakan jenis moluska yang dikenal sebagai *blood cockle*. Kerang darah secara umum disebut *blood cockle* karena tubuh kerang ini mengandung cairan hemoglobin berwarna merah. Kerang darah sering ditemukan pada substrat berlumpur di muara sungai dan daerah pantai pada kedalaman 4-6 meter. Kerang darah hidup dengan cara bersembunyi di bawah lumpur atau pasir, dan memakan ampas atau partikel yang tersuspensi dalam air (*filter feeder*) (WWF Indonesia, 2015).

6. Logam Pb(II)

Timbal atau dalam kehidupan sehari-hari biasa disebut timah hitam, dalam bahasa ilmiah disebut *plumbum* dan logam ini dilambangkan dengan Pb. Memiliki nomor inti (NA) 82 dengan berat inti (BA) 207,2. Logam berat timbal sangat berbahaya, dan memiliki sifat bioakumulatif dalam kumpulan makhluk hidup amfibi (Saputra, 2018). Timbal bersifat rapuh dan mudah hancur jika didinginkan, sulit hancur dalam air dingin, air panas, dan air asam. Timbal merupakan logam yang tahan terhadap pembakaran atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan pelapis (Yanti, 2018).

Logam berat timbal Pb(II) memiliki kelarutan dalam berbagai pH. Pada pH rendah, banyak ditemukan partikel Pb^{2+} , hal ini terjadi karena retensi logam Pb lebih baik dalam keadaan asam dan presipitasi akan terjadi dalam keadaan mudah larut. Dengan adanya presipitasi maka produktivitas adsorpsi akan menurun, mengingat tidak adanya pembatasan partikel Pb^{2+} oleh adsorben (Martina et al., 2016). Spesiasi logam berat Pb(II) dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Spesiasi Logam Berat Pb(II) Dalam Air
(Martina et al., 2016)

7. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terikatnya molekul antara fasa gas atau fluida pada lapisan luar yang kuat atau fluida. Adsorben dan adsorbat merupakan dua zat yang berinteraksi dalam adsorpsi. Partikel yang terikat atau diserap disebut adsorbat, sedangkan bahan yang mengikat atau menahan disebut adsorben (Botahala, 2019).

Adsorben atau dapat diartikan sebagai zat permeabel merupakan fluida yang dapat menghancurkan bahan yang akan diserap (diserap) pada permukaannya, baik secara alamiah maupun melalui reaksi kimia. Penyerapan pada adsorben

ada beberapa faktor pengaruh yang meliputi konsentrasi, pH, dan temperatur. Salah satu pengaruhnya adalah terjadinya peristiwa terlepasnya adsorbat yang telah diadsorpsi oleh adsorben, peristiwa ini disebut dengan desorpsi (Setianingsih, 2018).

Pori-pori yang dimiliki adsorben jumlahnya tidak terhitung. Diameter yang dimiliki oleh partikel adsorben antara 0,5-200 mikrometer atau lebih kecil. Luas permukaan pada adsorben sangat berpengaruh pada proses adsorpsi, dikarenakan permukaan merupakan tempat terikatnya molekul adsorbat pada lapis monolayer di dalam adsorben (Ismuyanto, B., Saptati, D., 2017)

Menurut (Setianingsih, 2018), beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi sebagai berikut:

a. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan per massa adsorben sangat berpengaruh terhadap nilai adsorpsi. Nilai adsorpsi per satuan massa adsorben akan semakin meningkat dengan menurunnya ukuran adsorben dan meningkatnya jumlah pori-pori.

b. Sifat kimia dan fisika adsorbat

Suatu senyawa yang memiliki berat molekul tinggi serta gugus fungsi yang banyak termasuk ikatan rangkap dan halogen akan dapat meningkatkan nilai adsorpsi. Solubilitas larutan dalam pelarut memiliki hubungan terbalik dengan tingkat adsorpsi larutan oleh adsorben. Baik adsorben polar dan nonpolar masing-masing akan lebih mudah melakukan proses adsorpsi untuk larutan polar dan larutan nonpolar.

c. Keasaman larutan

Persaingan proton pada sisi aktif adsorben akan menurun seiring dengan meningkatnya pH, sehingga adsorpsi pada ion logam berat juga akan semakin meningkat. Pada media basa terjadi interaksi antara ion logam dengan ion hidroksil yang akan menyebabkan logam tersisih dari fase cair dan membentuk endapan.

d. Temperatur

Reaksi eksotermik yang terjadi pada suhu rendah akan meningkatkan proses adsorpsi. Kenaikan suhu juga dapat mempercepat proses adsorpsi karena meningkatnya laju difusi zat terlarut ke dalam adsorben melalui fase cair.

e. Porositas adsorben

Kapasitas adsorpsi dan laju adsorpsi dapat dipengaruhi oleh jumlah serta ukuran pori pada adsorben. Mekanisme kondensasi adsorbat secara kapiler akan terjadi pada proses adsorpsi dengan ukuran adsorben mesopori. Adsorpsi tidak terjadi pada adsorben dengan ukuran mikropori (Setianingsih, 2018).

8. Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi mengacu pada kuantitas adsorbat yang dapat ditahan oleh permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi yang tinggi merupakan standar adsorben yang baik. Kapasitas ini dapat ditentukan menggunakan rumus yang diberikan dalam persamaan 2.1.

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{w} \times V \quad (2.1)$$

di mana Q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_o adalah konsentrasi awal (mg/L), C_e adalah konsentrasi akhir (mg/L), W adalah massa adsorben (g), dan V adalah volume susunan partikel logam Pb(II) (Kusumaningrum et al., 2022).

9. Kinetika Adsorpsi

Proses suatu zat yang diserap oleh adsorben sebagai fungsi waktu dijelaskan oleh kinetika adsorpsi. Fitur kapasitas adsorben untuk menyerap adsorbat dapat dipastikan menggunakan laju adsorpsi. Laju adsorpsi ditentukan dari laju adsorpsi tetap (k) dan permintaan respon yang sesuai untuk model energi respon (Hafiyah, 2013).

Model energi adsorpsi yang sering digunakan adalah kondisi *pseudo first request* dan *pseudo second request* Ho dan McKay (1998) melakukan kajian tentang persamaan *pseudo* orde satu yang mana persamaan tersebut dituliskan dalam persamaan 2.2.

$$\frac{dq_t}{dt} = k^2 (q_e - q_t) \quad (2.2)$$

dengan q_e merupakan representasi kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan, q_t menunjukkan kapasitas adsorpsi pada waktu t , dan k_1 merupakan konstanta laju orde pertama (dalam menit). Dengan mengintegrasikan Persamaan 2.2 dari $t=0$ ke $t=t$ dan dari $q=0$ ke $q_t=q_t$, Anda memperoleh persamaan *pseudo* orde satu sebagaimana persamaan 2.3.

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_2}{2,303} t \quad (2.3)$$

Persamaan 2.3 dapat digunakan untuk menentukan model eksperimen data kinetika, dimana *plotting* $\log (q_e - q_t)$ terhadap t akan menghasilkan suatu garis lurus jika reaksi adsorpsi sesuai dengan *pseudo* orde satu. Jika plot data terhadap persamaan *pseudo* orde satu tidak linier, maka data perlu dimodelkan dengan persamaan *pseudo* orde dua yang dituliskan dalam persamaan 2.4.

$$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)^2 \quad (2.4)$$

Satuan batas adsorpsi q adalah mmol/g dan k konstanta laju adalah $\text{gmmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$. Integral serupa dengan reaksi orde satu akan menghasilkan persamaan 2.5 dan 2.6.

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + kt \quad (2.5)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2.6)$$

Plotting t/q_t terhadap t akan menghasilkan garis lurus yang dapat digunakan untuk menentukan harga konstanta laju (k) (Ikhsan et al., 2014).

10. Isoterm Adsorpsi

Interaksi kesetimbangan antara konsentrasi fasa fluida dengan partikel adsorben pada temperatur tertentu merupakan definisi isoterm adsorpsi. Ada dua isoterm adsorpsi yang difokuskan pada eksplorasi ini, khususnya isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich (Kusumaningrum et al., 2022).

a. Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir menggambarkan hubungan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat yang terserap pada konsentrasi kesetimbangannya. Acuan isoterm Langmuir yaitu adsorpsi monolayer yang bersifat homogen. Menurut (Lu., 1990), asumsi dari isoterm adsorpsi Langmuir adsorpsi ion logam terjadi melalui situs aktif yang dimiliki oleh permukaan adsorben. Setiap situs aktif hanya dapat menyerap satu molekul.

Isoterm adsorpsi Langmuir mengartikan bahwa lapisan tunggal adsorbat pada permukaan adsorben memungkinkan tercapainya kapasitas maksimum adsorpsi. Persamaan model Langmuir ditunjukkan dalam persamaan 2.7.

$$Q_e = \frac{b \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e} \quad (2.7)$$

Persamaan 2.7 dapat diturunkan secara linier dalam bentuk persamaan 2.8.

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{b \cdot K} + \frac{1}{b} + C_e \quad (2.8)$$

dengan C_e merupakan konsentrasi logam pada saat setimbang (mg/L), Q_e merupakan banyaknya logam yang teradsorpsi (mg/g), b merupakan kapasitas adsorpsi paling maksimum dari adsorben (mg/g), dan K merupakan konstanta isoterm Langmuir (L/mg) (Wijayanti & Kurniawati, 2019).

b. Isoterm Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich dikenal juga dengan sebutan adsorpsi multilayer. Isoterm freundlich menjelaskan jenis interaksi antar

molekul terjadi karena adanya distribusi energi yang seragam. Persamaan model isotherm freundlich dirumuskan dalam bentuk persamaan 2.9.

$$Q_e = k.C_e^{1/2} \quad (2.9)$$

Persamaan 2.9 ketika diubah ke bentuk logaritma akan didapatkan persamaan linier seperti persamaan 2.10.

$$\text{Log } Q_e = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.10)$$

dengan C_e adalah konsentrasi ion logam saat kesetimbangan (mg/L), Q_e adalah jumlah ion logam yang terserap (mg/g), K adalah konstanta isotherm adsorpsi Freundlich, dan n adalah konstanta empiris (Wijayanti & Kurniawati, 2019).

11. Karakterisasi

a. Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

FT-IR merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi inframerah (*infrared*). Spektroskopi *infrared* adalah spektroskopi yang dilengkapi dengan transformasi fourier yang digunakan sebagai deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi *infrared* dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik dikarenakan spektrum *infrared* yang sangat kompleks dan terdiri dari banyak puncak. Selain itu, masing-masing gugus fungsional yang menyerap sinar *infrared* dengan frekuensi yang luas. FTIR juga bisa menganalisis jenis-jenis gugus fungsi yang dapat mengindikasikan komposisi umum dari obat dan limbah. Spektrum *infrared* tersebut dihasilkan dari penentrasmisian sinar yang melewati sampel, pengukuran intensitas sinar dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa adanya sampel sebagai fungsi panjang

gelombang. Spektrum *infrared* yang diperoleh selanjutnya dapat diplotkan sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Silviah et al., 2014).

Metode Spektroskopi *infrared* (IR) dapat digunakan dengan dua kombinasi yaitu transmisi dan reflektansi. Transmisi digunakan untuk menguji efek dari penyerapan radiasi *infrared* dalam banyaknya sampel. Dari hal tersebut maka dimungkinkan metode IR bisa digunakan untuk menguji sampel dalam bentuk padatan, cairan, dan gas dengan menggunakan prosedur yang tepat. Apabila objek yang diuji cukup tipis dan transparan, maka spektrum yang diukur langsung menuju ke sampel. Terdapat tiga metode pengukuran sampel yang umum digunakan dalam pengukuran spektrum menggunakan FTIR yaitu *Photo Acoustic Spectroscopy* (PAS), *Attenuated Total Reflectance* (ATR), dan *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT). Setiap metode memiliki karakteristik molekul vibrasi tertentu. Selain metode pengukuran sampel, metode preparasi

sampel merupakan aspek yang penting untuk diperhatikan dalam pengujian menggunakan FTIR. Preparasi sampel padat dapat dilakukan dengan metode DRS-8000 dan metode Pelet KBr. Ada tiga cara umum untuk mengolah sampel padatan yaitu dengan teknik lempeng KBr, teknik nujol “mull” dan lapisan tipis (Subamia et al., 2023).

b. *Atomic absorption spectroscopy (AAS)*

AAS merupakan suatu instrumen yang dapat digunakan sebagai pengujian unsur partikel logam dan metaloid yang berdasarkan pada teknik penyerapan absorpsi penyinaran atom bebas. Pada umumnya instrumen ini digunakan untuk pengujian unsur partikel logam. Metode AAS berprinsip pada absorpsi penyinaran dari atom. Atom-atom menyerap sinar tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsur logamnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan unsur yang diserap dan tidak tergantung pada temperatur. Setiap instrumen AAS terdiri atas tiga komponen yaitu unit atomisasi, sumber radiasi, sistem pengukur

fotometrik. Sumber radiasi sinar pada AAS adalah sumber sinar dari lampu katoda yang kemudian dilewatkan ke dalam nyala api yang berisi sampel yang telah teratomisasi, kemudian radiasi tersebut diteruskan ke detektor melalui monokromator. *Chopper* digunakan untuk membedakan sinar radiasi yang berasal dari sumber sinar radiasi, dan sinar radiasi yang berasal dari nyala api. Detektor akan menolak arah searah arus (DC) dari emisi nyala api dan hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber sinar radiasi atau sampel (Suci, 2021).

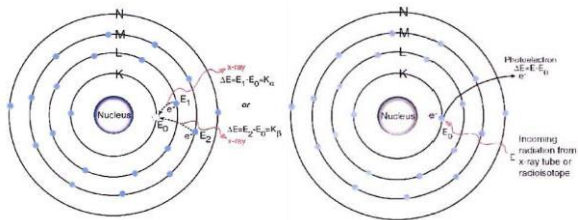
Metode spektrofotometri serapan atom dapat menentukan ± 67 unsur logam. Metode spektrofotometri serapan atom dapat menentukan kadar logam sampel yang kompleks, dan pengujian dengan metode ini cenderung simpel, dan sangat akurat untuk unsur yang ditentukan. Keuntungan metode ini adalah satu larutan sampel dapat digunakan untuk mengukur unsur yang berlainan, output dapat langsung dibaca, dan dapat digunakan untuk penentuan kadar logam yang konsentrasinya sangat kecil (Salim, 2010).

c. *X-Ray Fluorescence (XRF)*

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan salah satu metode pengujian non-destruktif yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan konvergensi komponen dalam sampel padatan, serbuk atau cairan. Secara umum, spektrometer XRF mengukur frekuensi bagian material individual dari pelepasan fluoresensi yang dihasilkan oleh sampel ketika disinari dengan sinar-X. Strategi XRF secara luas digunakan untuk menentukan bagian penting dari suatu material, karena teknik ini cepat dan tidak merusak sampel tersebut. XRF dapat dihasilkan oleh sinar-X maupun sumber eksitasi penting lainnya, misalnya partikel alfa, proton atau sumber elektron berenergi tinggi (Saedatul Fatimah, 2018).

Pengujian XRF dilakukan dengan standar operasi berdasarkan identifikasi dan pembacaan sinar-X dengan karakteristik kejadian efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena aliran elektron dalam molekul objektif (sampel) yang menumbuk sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Dengan asumsi energi

sinar lebih tinggi daripada energi pembatas elektron dalam lingkaran K, L atau M dari atom objektif, elektron partikel objektif akan muncul dari lingkarannya. Dengan cara ini partikel objektif akan menghadapi kekosongan elektron. Kesempatan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital eksternal diikuti oleh kedatangan energi sebagai sinar-x. Sinar-x yang dihasilkan adalah campuran dari rentang tanpa henti dan rentang energi tertentu (*discreet*) yang dimulai dari bahan objektif yang ditabrak oleh elektron. Jenis rentang *discreet* yang terjadi bergantung pada perkembangan elektron dalam molekul sampel (Agus Jamaludin, 2012).



Gambar 2.6 Proses Terjadinya Sinar-X (Agus Jamaludin, 2012)

Sinar-x karakteristik yang dihasilkan dari peristiwa tersebut ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Lithium (SiLi). Detektor

tersebut dapat berfungsi dengan baik bila temperatur dijaga pada kondisi suhu di bawah 0°C - (-115°C) dengan cara merendamnya dalam nitrogen cair. Berdasarkan manual alat, spektrometer XRF mampu mendeteksi unsur-unsur dengan energi karakteristik sinar-x $> 0,840\text{ keV}$. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan dalam bentuk spektrum yang mewakili komposisi unsur yang terkandung dalam suatu bahan sesuai dengan energi karakteristik sinar-x masing-masing unsur, sedangkan analisis kuantitatif dihitung menggunakan metode komparatif (Agus Jamaludin, 2012).

B. Kajian Pustaka

Pada penelitian (Handayani et al., 2020) yang berjudul “Kadar Logam Berat Cu, Cr, Pb dan Zn pada Kerang Darah (*Anandara granosa*) di Muara Elo dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) di Loa Janan Ilir Kalimantan Timur”, menunjukkan bahwa Kerang darah mengandung logam Cu, Cr, Pb, dan Zn masing-masing sebesar $0,012\text{ mg/L}$; $0,089\text{ mg/L}$; $0,029\text{ mg/L}$; dan $0,045\text{ mg/L}$ dan kerang kepah memiliki kandungan logam Cu, Cr, Pb, dan Zn masing-masing sebesar $0,019$

mg/L; 0,105 mg/L; 0,020 mg/L; 0,043 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut, kandungan logam Cu, Cr, dan Pb telah melampaui batas maksimum yang ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan di Indonesia. Hanya kandungan logam Zn yang berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh pemerintah. Oleh karena itu, masyarakat perlu membatasi konsumsi atau tidak mengonsumsi kerang darah yang terdapat di Sungai Muara Elo dan kerang kepah yang terdapat di Danau Loa Janan dalam jumlah yang berlebihan (Handayani et al., 2020).

Pada penelitian (Febriani et al., 2022) yang berjudul “Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Adsorben Asam Fulvat (AF) Dari Tanah Gambut Samboja Kalimantan Timur”, menghasilkan waktu optimum pada *methylene blue* adalah 120 menit, waktu optimum pada *methylene blue* adalah pH 3, konsentrasi optimum pada *methylene blue* adalah konsentrasi 40 mg/L (Febriani et al., 2022).

Pada penelitian (Widyastuti et al., 2022) yang berjudul “Sintesis Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Termomodifikasi Kitosan Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben *Methylene Blue*” menghasilkan pengaruh penggambaran sintetik silika gel terubah kitosan

diperoleh dengan memperoleh gugus fungsional yang menghubungkan silika gel-kitosan (Si-O-C) sedangkan nyata sebagai batas daerah permukaan terhadap metilen biru sebesar 262,7199 m²/g dan pengaruh batas ideal adsorpsi silika gel dari serpihan sekam padi terubah kitosan terhadap metilen biru terjadi pada pH 5 dengan waktu kontak 1 jam dan pengaruh batas adsorpsi silika gel dari serpihan sekam padi terubah kitosan terhadap metilen biru sebesar 16,455 mg/g (Widyastuti et al., 2022).

Pada penelitian (Ismah, 2022) yang berjudul “Pemanfaatan Arang Aktif Dari Ampas Kopi Dan Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)” menghasilkan pemanfaatan adsorben biji kopi dapat memberikan viabilitas penurunan logam timbal (Pb) tertinggi pada massa adsorben 1,5 gr, adsorben sekam padi untuk adsorpsi Pb secara bersama-sama berada pada massa adsorben 0,5 gr yang mempunyai kecukupan retensi tertinggi, sedangkan campuran adsorben biji kopi dan sekam padi pada massa adsorben 1 gr : 1,5 gr mempunyai viabilitas adsorpsi tertinggi yaitu 97,85% dan daya serap 3,91 mg/g (Ismah, 2022).

Pada penelitian (Sri & Amaria, 2023) yang berjudul “Pengaruh Penambahan Kitosan Pada Silika Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kitosan-Silika Untuk Menurunkan Ion Pb(II)” menghasilkan pada Pengaruh pH adsorpsi untuk adsorpsi Pb(II) oleh KS 2:1 pada pH 2-5 terus meningkat hingga mencapai pH optimum pada pH 5 dengan kemampuan adsorpsi sebesar 39,4 mg/g. Pengaruh waktu adsorpsi untuk adsorpsi Pb(II) meningkat dan mencapai waktu adsorpsi optimum pada waktu adsorpsi 20 menit. Dari data waktu adsorpsi menunjukkan bahwa KS 2:1 mengikuti model kinetika *pseudo* orde kedua dengan konstanta laju reaksi sebesar $9,072 \text{ g mmol}^{-1} \text{ mnt}^{-1}$ (Sri & Amaria, 2023).

C. Hipotesis

Silika dari sekam padi akan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik apabila dimodifikasi dengan asam fulvat. Hal ini dikarenakan modifikasi dapat menambah gugus fungsional seperti gugus fenolat dan karboksilat yang terdapat di asam fulvat sehingga kemampuan adsorpsinya dalam menyerap logam Pb(II) akan meningkat. Faktor pH, massa adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi dilakukan untuk menentukan kondisi optimum dengan nilai kapasitas tertinggi. Setelah menemukan kapasitas tertinggi dari masing-masing optimasi, kemudian di aplikasikan ke kadar Pb(II) pada kerang darah.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu UIN Walisongo Semarang. Penelitian dilakukan pada bulan Maret - Juli 2024.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu beaker 250 mL, erlenmeyer, labu ukur, batang pengaduk, termometer, kertas saring, neraca analitik, desikator, *hotplate stirrer* (Cimarec), Oven (Memmert), *Sentrifuge* (Scilogex), *Atomic absorption spectroscopy* (Thermo scientific iCE 3000 Series), Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (Bruker Alpha 2), *X-Ray Fluorescence* (XRF), Ayakan 100 mesh, Pipet, kantong plastik, label, *box freezer*, penangas, *Furnace*, Gelas kimia, pipet ukur, lumpang porselin, cawan porselen, labu destruksi, gunting, kamera.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel kerang yang diambil dari TPI (Tempat Pelelangan Ikan) Tasik Agung Rembang, serbuk asam fulvat (*fulvid Acid*), sekam padi, HCl pekat, HCl 6M, HNO₃ pekat, HNO₃ 10%, NaOH 0,5 M, Aquades, Pb(NO₃)₂, indikator pH universal (Merck).

C. Prosedur Penelitian

1. Isolasi Silika Sekam Padi

Isolasi silika sekam padi kali ini mengacu prosedur penelitian dari (Widodo., 2014). Sekam padi dicuci menggunakan aquades. Sekam padi yang telah dicuci bersih menggunakan aquades, kemudian dijemur dibawah sinar matahari dan selanjutnya diabukan dalam cawan porselen selama 5 jam pada temperatur 900°C. Abu sekam padi yang didapat kemudian dilanjutkan dengan proses pemurnian silika melalui pencucian 50 gram abu sekam padi menggunakan 100 mL HCl 6 M dan dipanaskan dengan suhu 85°C menggunakan *hot plate stirer* selama 2 jam. Hasil destruksi dicuci dengan akuades sampai pH netral, dipanaskan menggunakan oven pada temperatur 85°C selama

1 jam, kemudian didinginkan dan dihaluskan menggunakan alu mortar selanjutnya diayak menggunakan ayakan 100 mesh (Widodo et al., 2014). Silika yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRF.

2. Modifikasi Silika Sekam Padi-Asam Fulvat

Modifikasi dilakukan dengan variasi perbandingan % massa serbuk silika sekam padi dengan asam fulvat seperti Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi perbandingan massa silika sekam padi dan asam fulvat.

Sampel	Silika Sekam Padi (%) b/v	Asam Fulvat (%) b/v
S	100	0
S-AF 25	75	25
S-AF 50	50	50
S-AF 75	25	75
AF	0	100

Keterangan:

S : Silika

AF : Asam Fulvat

Silika dilarutkan dalam 200 mL aquades dengan pengadukan konstan pada suhu 39°C.

Larutan ditambahkan dengan asam fulvat, lalu diaduk terus menerus selama 24 jam. Silika termodifikasi asam fulvat disaring, dibilas menggunakan akuades, lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu 70°C selama 3 jam (Chen., 2019).

Uji karakterisasi silika sekam padi termodifikasi asam fulvat dilakukan dengan menggunakan FTIR untuk memastikan asam fulvat telah berhasil ditambahkan yang dilihat dari gugus fungsinya.

3. Optimasi Perbandingan Komposisi Silika Sekam Padi Dengan Asam Fulvat

Sebanyak 0,2 gram silika sekam padi termodifikasi asam fulvat dengan komposisi pada tabel 3.1 disiapkan, lalu direaksikan dengan 25 mL larutan logam Pb(II) 40 ppm. Campuran diaduk selama 60 menit. Larutan logam Pb(II) dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifuge berkecepatan 2500 rpm selama 20 menit, kemudian konsentrasinya diukur menggunakan AAS (Kusumawardani., 2018).

4. Optimasi Kondisi Adsorpsi

Optimasi pH

Adsorben silika sekam padi termodifikasi asam fulvat dengan komposisi optimum sebanyak 0,2 gram dimasukkan ke dalam 25 mL larutan ion logam Pb(II) 40 ppm. pH divariasikan 2, 3, 4, 5, 6 menggunakan HNO₃ dan NaOH. Campuran diaduk selama 60 menit, lalu larutan ion logam Pb(II) dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifugae berkecepatan 2500 rpm selama 20 menit, kemudian konsentrasinya diukur menggunakan AAS.

Optimasi Massa

Disiapkan adsorben silika sekam padi termodifikasi asam fulvat sebanyak 0,15; 0,20; 0,25 gram dengan pH optimum. Adsorben dimasukkan ke dalam 25 mL larutan ion logam Pb(II) konsentrasi 40 ppm, lalu diaduk selama 60 menit. Larutan ion logam Pb(II) dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifuge berkecepatan 2500 rpm selama 20 menit, kemudian konsentrasinya diukur menggunakan AAS.

Optimasi Waktu Kontak

Adsorben silika sekam padi termodifikasi asam fulvat dengan pH dan massa optimum dimasukkan ke dalam 25 mL larutan ion logam Pb(II) 40 ppm. Campuran diaduk dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 menit adsorben dipisahkan menggunakan sentrifuge berkecepatan 2500 rpm selama 20 menit. Larutan diukur konsentrasinya menggunakan AAS.

Optimasi Konsentrasi

Larutan logam Pb(II) sebanyak 25 mL konsentrasi 10; 20; 40; 60; 80; 100; 120 ppm dengan pH optimum dimasukkan masing-masing ke dalam gelas beaker. Kemudian ditambahkan silika sekam padi termodifikasi asam fulvat sebanyak massa optimum ke dalam gelas beaker. Larutan diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan waktu kontak optimum. Larutan dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifuge berkecepatan 2500 rpm selama 20 menit, lalu konsentrasinya diukur menggunakan AAS.

5. Penentuan Kadar Ion Logam Pb(II)

Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Pb(II)

1000 ppm

Larutan ion logam Pb(II) dibuat dengan melarutkan 1,5985 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dalam 500 ml aquades, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan diencerkan sampai tanda batas.

Pembuatan Larutan Ion Logam Pb(II) 100 ppm

Larutan Pb(II) 1000 ppm diambil 10 mL lalu diencerkan menjadi 100 mL sehingga didapatkan larutan Pb(II) 100 ppm.

Pembuatan Larutan Standar Ion Logam Pb(II)

Larutan ion logam Pb(II) 100 ppm diambil masing-masing 1; 2; 4; 8 dan 10 ml lalu diencerkan menjadi 100 ml sehingga didapatkan larutan timbal 1; 2; 4; 8 dan 10 ppm.

Pembuatan Kurva Standar

Masing-masing larutan standar diukur absorbansinya menggunakan AAS. Dari data absorbansi dan konsentrasi kemudian dibuat kurva

kalibrasi. Kurva menghasilkan persamaan garis lurus yang ditunjukkan pada persamaan 3.1, selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan.

$$Y=mx+C \qquad 3.1$$

Dengan Y adalah absorbansi, x adalah konsentrasi, dan c adalah konstanta (Kusumaningrum et al., 2022).

Penentuan Konsentrasi Ion Logam Pb(II)

Larutan ion logam Pb(II) hasil adsorpsi diukur menggunakan AAS sehingga didapatkan data absorbansi (A). Untuk menentukan konsentrasinya, data A dimasukkan ke dalam persamaan 3.1 yang diperoleh dari kurva kalibrasi.

6. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Pb(II)

Hasil pengukuran AAS berupa konsentrasi ion logam digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) dengan menggunakan persamaan 2.1.

7. Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

Model kinetika ditentukan berdasarkan hasil data adsorpsi yang diperoleh dari optimasi waktu kontak. Dari data yang diperoleh, dibuat kurva linier orde satu yaitu hubungan antara $\log (q_e - q_t)$ dengan t . Nilai konstanta dapat dihitung dari persamaan garis yang diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.3. Kurva persamaan linier pseudo orde dua dibuat dari hubungan antara t dengan t/Q_t . Persamaan garis yang didapatkan dari kurva digunakan untuk menghitung harga konstanta laju (k) sesuai persamaan 2.6. Orde kinetika adsorpsi ditentukan berdasarkan nilai R^2 dari kurva dengan nilai tertinggi (mendekati 1).

8. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Model isoterm ditentukan berdasarkan hasil data adsorpsi yang diperoleh dari optimasi konsentrasi. Data C_e dan kapasitas adsorpsi (Q_e) dimasukkan ke dalam persamaan kurva linier yaitu antara C_e dengan C_e/Q_e . Berdasarkan persamaan

garis yang dihasilkan, dihitung nilai Konstanta Langmuir menggunakan persamaan 2.8.

Plot hubungan antara $\log q_e$ dengan $\log C_{eq}$ akan diperoleh persamaan garis isoterm Freundlich. Selanjutnya dihitung konstanta Freundlich menggunakan persamaan 2.10. Pola isoterm adsorpsi ditentukan dengan cara membandingkan nilai R^2 dari kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich: Nilai R^2 mendekati 1 menunjukkan bahwa model isoterm sangat cocok menjelaskan adsorpsi yang terjadi (Wahyuni et al., 2020).

9. Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Kerang Darah

Preparasi Sampel

Kerang darah diperoleh dari pedagang pelelangan ikan di Kabupaten Rembang. Kerang dikeluarkan dari cangkangnya, kemudian diambil jaringan lunaknya (daging kerang). Dagingnya kemudian dicuci, dibersihkan dengan air, dan diblender hingga menjadi halus lembut (Pratiwi et al., 2019).

Proses Destruksi

Proses destruksi dilakukan menggunakan teknik pengabuan kering. Sampel yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 25 g dan dituang ke dalam cawan porselin, kemudian dipanaskan dengan menggunakan *hotplate* hingga sampel kering dan dipanaskan dengan menggunakan alat oven laboratorium selama 6 jam, kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 500°C selama 5 jam, kemudian sampel didinginkan. Sampel yang telah menjadi serbuk dikeluarkan dari *furnace* dan ditambahkan campuran pelarut HCl pekat dan HNO₃ pekat sebanyak 10 mL dengan perbandingan 3:1 dan dipanaskan dengan menggunakan *hotplate* hingga serbuk uji hancur/larut. Setelah itu sampel dilarutkan dengan air suling dan dipisahkan dengan menggunakan kertas whatman 42, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas. Kemudian sampel diuji kadar logam Pb(II) menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) (Titik, 2022)

Penggunaan Adsorben Untuk Menyerap Konsentrasi Ion Logam Pb(II)

Disiapkan adsorben silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat pada pH, massa, waktu kontak yang optimal dimasukkan kedalam 25 ml larutan sampel kerang darah kemudian adsorben dipisahkan. Filtrat diukur menggunakan AAS sehingga didapatkan data absorbansi (A). Untuk menentukan konsentrasinya, data A dimasukkan ke dalam persamaan 3.1 yang diperoleh dari kurva kalibrasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini mengkaji mengenai hasil penelitian dan pembahasan dari silika sekam padi termodifikasi asam fulvat yang dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap Ion logam Pb(II) pada kerang darah. Pada penelitian kali ini ada beberapa tahapan yang dilakukan. Tahapan pertama yaitu, isolasi silika sekam padi, kemudian kadar silika sekam padi diuji menggunakan XRF. Tahapan kedua yaitu memodifikasi adsorben silika dengan asam fulvat, kemudian karakterisasi hasil modifikasi diuji menggunakan FTIR. Tahapan ketiga yaitu pengaplikasian adsorben terhadap kadar logam Pb(II) pada kerang darah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik adsorben dari silika sekam padi termodifikasi asam fulvat serta kapasitas adsorpsi dalam menyerap logam Pb(II) pada kerang darah.

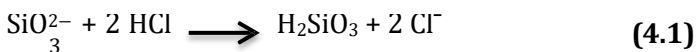
A. Isolasi dan Karakterisasi Silika Sekam Padi

1. Isolasi

Sekam padi diambil dari daerah Desa Medini RT 2 RW 1 Kecamatan Undaan Kabupaten Kudus. Sekam padi kemudian dilakukan pencucian menggunakan air bersih dan dikeringkan. Pencucian bertujuan untuk mensterilkan dari pengotor yang masih menempel

pada sekam padi. Setelah Sekam padi kering dan bersih kemudian isolasi silika menggunakan *furnace*. Berat awal sekam padi sebesar 210 gram, kemudian setelah proses isolasi silika menggunakan *furnace* menjadi sebesar 53 gram. Penyusutan bobot sekam padi setelah proses isolasi silika menggunakan *furnace* sebesar 25,24%.

Pada penelitian ini, isolasi silika dilakukan dengan cara memasukkan sekam padi dalam *furnace* pada suhu 900°C selama 5 jam. Silika sekam padi yang didapat kemudian dilakukan pencucian menggunakan HCl 6M dengan suhu 80°C. Pencucian menggunakan HCl 6M bertujuan untuk memurnikan kadar silika sekam padi. Silika yang telah dimurnikan menggunakan HCl 6M kemudian harus dicuci kembali menggunakan aquades. Pencucian menggunakan aquades bertujuan untuk menetralkan pH pada silika. Bersumber dari (Utary et al., 2023) reaksi yang terjadi pada proses terbentuknya silika adalah sebagai berikut:

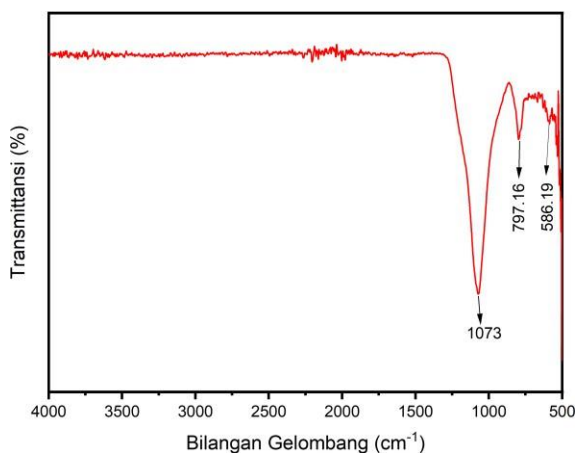


2. Karakterisasi

FT-IR

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa pada sampel. Panjang gelombang yang digunakan pada rentang 500-4000 cm^{-1} . Hasil karakterisasi FT-IR berbentuk spektrum dimana akan muncul puncak yang menunjukkan gugus fungsi yang terkandung dalam silika. Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan untuk menunjukkan bahwa silika telah berhasil dibuat (Rehman., 2018).

Analisis spektroskopi FT-IR dari silika sekam padi dengan perlakuan pemurnian silika menggunakan HCl 6M pada suhu 80°C diberikan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Spektrum FTIR silika sekam padi

Berdasarkan spektrum pada Gambar 4.1 terdapat serapan 1000-1200 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus Si-O-Si dalam silika sekam padi, sedangkan daerah serapan 700-800 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus Si-OH. Bilangan gelombang FTIR untuk silika sekam padi dirinci dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Bilangan gelombang FTIR dari silika sekam padi

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Jenis Vibrasi
1073	Vibrasi ulur simetri Si-O dari Si-O-Si
797,16	Vibrasi ulur asimetri Si-O dari Si-O-Si
586,19	Vibrasi tekuk Si-O-Si

Berdasarkan spektra FT-IR yang didapatkan beberapa puncak yang serupa, hanya terdapat sedikit pergeseran panjang gelombang dan perbedaan pada intensitas puncak. Spektrum menunjukkan pita simetri dengan intensitas tinggi di wilayah 1073 cm^{-1} , dengan jenis vibrasi ulur Si-O dari Si-O-Si. Sebagian spektrum menunjukkan karakteristik getaran ulur C-H pada sekitar 531- 797 cm^{-1} (Syukri., 2017).

XRF

XRF dilakukan untuk mengetahui komposisi berapa banyak silika yang dihasilkan dari sekam padi. Data komposisi silika sekam padi tersebut dianalisis menggunakan XRF dan hasilnya disajikan pada tabel 4.2 yang menginformasikan bahwa silika sekam padi mengandung silika sebanyak 66,2%. Silika tersebut akan dimanfaatkan sebagai bahan adsorben yang dimodifikasi dengan asam fulvat. Selain silika juga ada beberapa bahan lain yang digunakan adsorben, seperti kitosan, asam humat. Kandungan silika yang didapat tersebut tergolong lumayan banyak, karena (Agung., 2013) mengungkapkan silika sekam padi mengandung silika sebanyak 80%-90% dengan berat kering. Penyebab kurang optimalnya kadar silika yang dihasilkan pada penelitian kali ini disebabkan oleh masih banyaknya pengotor dan pengaruh suhu saat proses isolasi silika menggunakan *furnace*. (Utary et al., 2023) mengungkapkan suhu optimal dalam menghasilkan produk silika yaitu pada suhu 750°C selama 5 jam dan produk silika yang dihasilkan sebesar 92,2%.

Tabel 4.2 Hasil Uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) silika sekam padi

No	Senyawa	Persentase Berat	Unsur	Persentase Berat
1	MgO	0,506	Mg	0,303
2	Al ₂ O ₃	3,95	Al	2,08
3	SiO ₂	66,2	Si	30,7
4	P ₂ O ₅	0,086	P	0,037
5	SO ₃	0,021	S	0,008
6	K ₂ O	1,24	K	1,02
7	CaO	1,07	Ca	0,758
8	TiO ₂	0,242	Ti	0,144
9	MnO	0,091	Mn	0,070
10	Fe ₂ O ₃	2,21	Fe	1,53
11	CuO	0,009	Cu	0,007
12	ZnO	0,013	Zn	0,010
13	Rb ₂ O	0,004	Rb	0,004
14	SrO	0,009	Sr	0,007
15	ZrO ₂	0,007	Zr	0,005

Berdasarkan Tabel 4.2, terlihat bahwa kemurnian silika dilihat dari senyawa penyusunnya yang memperoleh persentase di atas 66% yaitu 66,2%. Selain SiO₂, ada juga beberapa senyawa lain yang terdapat dalam abu sekam padi yaitu MgO, Al₂O₃, P₂O₅, SO₃, K₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, CuO, ZnO, Rb₂O, SrO, ZrO₂. Kandungan senyawa tertinggi terdapat pada senyawa SiO₂ yaitu sebesar 66,2% dan kandungan terendah terdapat pada senyawa Rb₂O yaitu sebesar 0,004%. Kurang optimalnya persentase silika tersebut

dikarenakan masih banyaknya pengotor, sehingga membuat berkurangnya kadar silika yang dihasilkan.

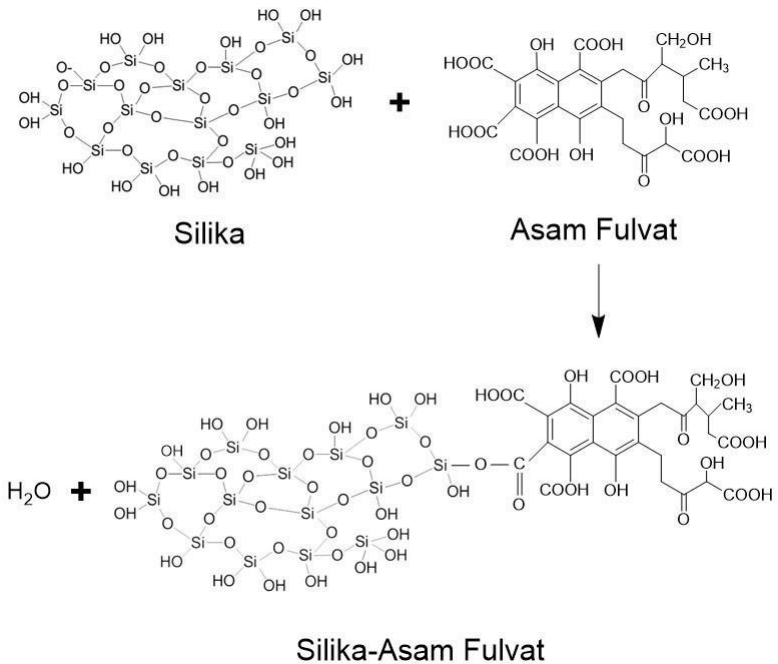
B. Modifikasi dan Karakterisasi Silika-Asam Fulvat

1. Modifikasi

Modifikasi silika dengan asam fulvat dilakukan pada variasi rasio massa 1:0; 0,75:0,25; 0,5:0,5; 0,25:0,75; dan 0:1 (silika : asam fulvat). Variasi massa dilakukan untuk mengetahui komposisi silika-asam fulvat yang menghasilkan kinerja terbaik dalam proses adsorpsi dengan ion logam Pb(II). Tujuan dilakukan modifikasi adalah menambah gugus fungsional seperti gugus fenolat dan karboksilat yang terdapat di asam fulvat sehingga kemampuan adsorpsinya dalam menyerap ion logam Pb(II) akan meningkat.

Proses modifikasi diawali dengan mereaksikan silika sekam padi dan asam fulvat menggunakan aquades dengan suhu 39° Celcius. Proses reaksi dilakukan dengan cara pengadukan menggunakan *hotplate stirrer* selama 24 jam. Setelah proses reaksi, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Setelah disaring kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 70°C. Usulan mekanisme reaksi

yang terjadi pada proses modifikasi kali ini disajikan pada Gambar 4.2.



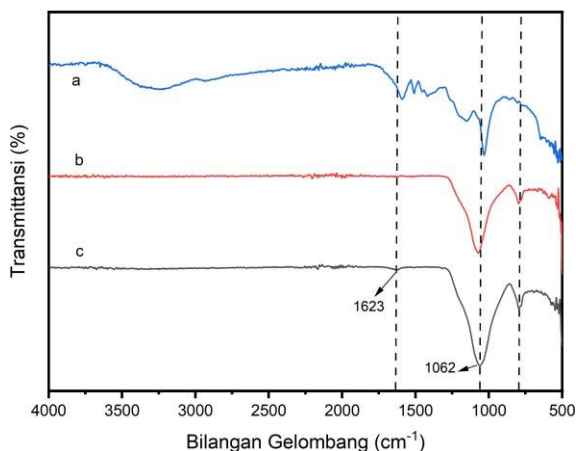
Gambar 4.2 Usulan Mekanisme Reaksi Modifikasi Silika-Asam Fulvat

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa ikatan COOH dalam asam fulvat berikatan dengan gugus Si-O-Si di permukaan silika. Modifikasi silika-asam fulvat terjadi melalui reaksi nukleofilik antara gugus siloksan pada silika dan gugus karboksil pada asam fulvat.

2. Karakterisasi

FTIR

Hasil sintesis silika sekam padi termodifikasi asam fulvat dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR dengan tujuan untuk memastikan keberhasilan proses modifikasi dengan cara menganalisis gugus-gugus fungsi di dalamnya.



Gambar 4.3 Spektrum FT-IR (a) asam fulvat, (b) silika, (c) silika-asam fulvat

Gambar 4.3 merupakan hasil karakterisasi FT-IR untuk sampel asam fulvat (AF), silika, dan silika-asam fulvat (SAF). Analisis menggunakan instrumen FT-IR dilakukan terhadap asam fulvat untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat didalamnya, sehingga bisa dijadikan pembanding ketika

menentukan keberhasilan proses modifikasi. Tabel 4.3 menjelaskan perbandingan bilangan gelombang antara asam fulvat (AF), silika dan SAF.

Tabel 4.3 Interpretasi data hasil FTIR asam fulvat (AF), silika, silika-asam fulvat (SAF)

Gugus fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
	AF	Silika	SAF	Referensi
C=O	1591,14	-	1623	1650 (Ekawati, 2023)
Si-O-Si	1031,66	1073	1062	1064 (Paramitha et al., 2019)
C-N	1418,72	-	-	1407 (Marcano., 2018)
C-H	2937,78	-	-	2900 (Khalil., 2001)

Pada Tabel 4.2 dapat terlihat adanya perbedaan bilangan gelombang pada SAF, yang menunjukkan bahwa modifikasi mengakibatkan perubahan gugus fungsi berupa pembentukan senyawa baru. Bilangan gelombang 1623 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=O dari karboksil yang berasal dari asam fulvat. Terjadi pergeseran bilangan gelombang pada gugus karboksil dapat disebabkan karena adanya gugus fungsi C=O yang dihasilkan dari reaksi pembentukan

radikal bebas pada gugus O dan berikatan dengan gugus OH pada asam fulvat. Munculnya puncak baru pada spektrum IR SAF menunjukkan terbentuknya ikatan antara silika dan asam fulvat. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa modifikasi asam fulvat pada silika terbukti berhasil.

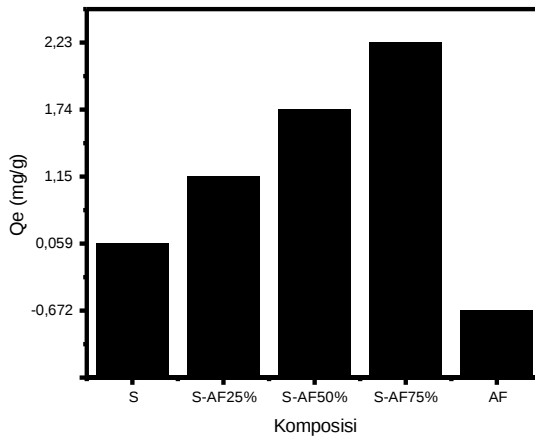
C. Adsorpsi

Uji adsorpsi dilakukan menggunakan variasi silika, silika termodifikasi asam fulvat, dan asam fulvat. Sampel yang menunjukkan efisiensi penyerapan ion logam Pb(II) tertinggi kemudian diuji untuk menentukan kondisi optimal untuk parameter seperti pH, massa, waktu kontak, dan konsentrasi. Hasil uji penyerapan ini menggunakan pH 5, massa adsorben 0,20 gram, waktu kontak 60 menit, konsentrasi 40 ppm yang disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kapasitas Adsorpsi

No	Sampel	Qe (mg/g)
1	Silika	0,0597
2	S-AF 25	1,143
3	S-AF 50	1,737
4	S-AF 75	2,224
5	Asam fulvat	-0,672

Berdasarkan Tabel 4.4 hasil kapasitas adsorpsi yang dilakukan pada sampel Silika, S-AF 25, S-AF 50, S-AF 75, dan asam fulvat dapat dilihat bahwa kemampuan adsorpsi paling rendah dimiliki oleh Asam fulvat dengan kapasitas adsorpsi sebesar $-0,672 \text{ mg/g}$. Kapasitas adsorpsi asam fulvat yang dihasilkan <0 dikarenakan adanya beberapa faktor. Menurut (Felita et al., 2021) ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu luas permukaan, ukuran molekul adsorbat, pH larutan, suhu, dan kelarutan adsorbat. Faktor pertama penyebab harga Q_e pada asam fulvat bernilai <0 adalah asam fulvat dapat larut dalam air dengan suhu $>30^\circ\text{C}$, asam fulvat juga dapat larut dalam larutan dengan semua rentang pH. Berdasarkan sifat kelarutan asam fulvat tersebut, maka asam fulvat kurang tepat apabila digunakan sebagai adsorben. Untuk itu perlu adanya molekul untuk mengikat asam fulvat agar tidak larut dalam air. Faktor yang kedua penyebab harga Q_e pada asam fulvat bernilai <0 adalah pada saat pengujian ke instrument AAS dilakukan pengenceran 10 kali. Karena dengan adanya pengenceran atau semakin besar pengenceran maka semakin besar peluang kesalahan akan terjadi.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Komposisi Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Data optimasi yang disajikan dalam Tabel 4.4 dapat dibuat grafik pengaruh variasi komposisi terhadap kapasitas adsorpsi ditampilkan dalam Gambar 4.4. Berdasarkan gambar menunjukkan bahwa semakin banyaknya massa asam fulvat yang digunakan dalam proses modifikasi silika, maka semakin tinggi kapasitas adsorpsinya dalam menyerap ion logam Pb(II). S-AF75 menghasilkan kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) yang tinggi, yaitu 2,224 mg/g. S-AF 75 dipilih sebagai komposisi paling baik yang selanjutnya digunakan pada tahap optimasi pH, massa, waktu kontak, dan konsentrasi.

1. Penentuan pH Optimum

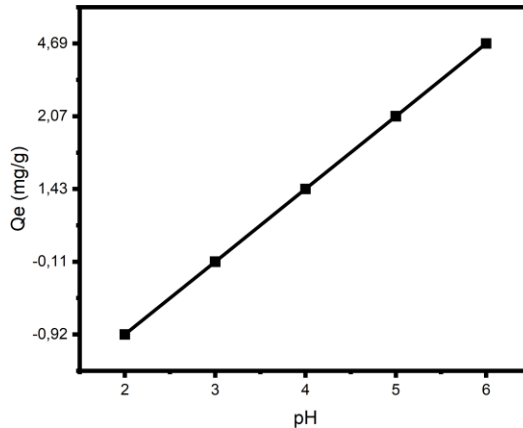
pH merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui kemampuan suatu adsorben dalam proses penyerapan ion logam. pH mempengaruhi kelarutan ion logam dalam air serta gugus aktif adsorben dalam pengikatan ion logam (Khajavian., 2019). Optimasi pH sangat penting dilakukan untuk mengidentifikasi nilai pH yang memberikan kapasitas adsorpsi maksimum dan mengetahui pengaruh pH dalam penyerapan ion logam Pb(II) oleh adsorben. Hasil data optimasi pH ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Data Adsorpsi Optimasi pH

pH	Qe (mg/g)
2	-0,921
3	-0,119
4	1,436
5	2,079
6	4,696

Uji adsorpsi dilakukan pada rentang variasi pH 2-6. Variasi pH ini dipilih sesuai dengan spesiasi ion logam Pb(II) dalam larutan, dimana pada pH 1-6 timbal dalam air berbentuk ion logam Pb(II). pH diatur menggunakan HNO₃ dan NaOH. Uji adsorpsi dilakukan dengan massa adsorben 0,20 g, volume ion logam Pb(II) 25 mL, dan konsentrasi larutan logam

Pb(II) 40 ppm selama 60 menit. Data untuk optimasi pH ditunjukkan pada Tabel 4.5 yang menunjukkan bahwa pH optimal adalah pH 6 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 4,696 mg/g.



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh pH Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Data optimasi pada Tabel 4.5 dapat digunakan untuk menghasilkan grafik yang menggambarkan dampak perubahan pH pada kapasitas adsorpsi, seperti yang digambarkan pada gambar 4.5. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa pada pH 2 dan 3 bernilai <0 atau tidak ada ion logam Pb(II) yang terserap. Faktor yang pertama adalah pada pH rendah, kation logam dan proton bersaing untuk mendapatkan tempat pengikatan, sehingga sulit

terjadi adsorpsi. Pada pH rendah permukaan adsorben bermuatan positif sehingga tidak mendukung adsorpsi dengan kation logam bermuatan positif karena adanya tolakan elektrostatis (Khajavian., 2019). (Saef., 2022) juga menjelaskan bahwa pada pH rendah keberadaan H^+ berlebih, sehingga pada kondisi ini memungkinkan terjadinya kompetisi antara ion H^+ pada permukaan adsorben dengan ion H^+ pada logam $Pb(II)$. Keberadaan H^+ berlebih inilah yang terikat oleh silika menggantikan ion logam $Pb(II)$, akibatnya ion logam $Pb(II)$ tidak terserap atau <0 . Faktor kedua penyebab harga Q_e pada pH 2-3 bernilai <0 adalah pada saat pengujian ke instrument AAS dilakukan pengenceran 10 kali. Karena dengan adanya pengenceran atau semakin besar pengenceran maka semakin besar peluang kesalahan akan terjadi.

Pada rentang pH 4-6 terjadi peningkatan jumlah ion H^+ pada logam $Pb(II)$ yang terserap oleh adsorben hingga mencapai kondisi optimum pada pH 6 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 4,696 mg/g. Sebaliknya, pada nilai pH yang lebih tinggi, karboksilat lebih terionisasi kelompok yang tersedia, sehingga meningkatkan interaksi antara kelompok karboksilat

dan ion logam yang menyebabkan peningkatan adsorpsi ion logam Pb(II) (Zhou., 2012). Peningkatan pH juga akan meningkatkan jumlah situs aktif yang bermuatan negatif yang akan menarik lebih banyak muatan positif ion logam untuk mengikat (Khajavian., 2019).

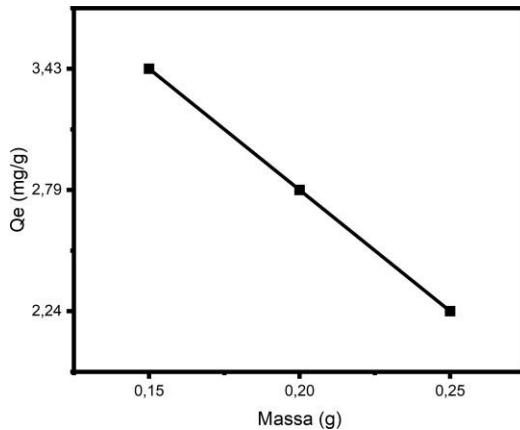
Adsorpsi tidak dilakukan pada pH lebih dari 6 karena pada pH 7 sudah terbentuk endapan putih pada larutan logam Pb. Pada pH 7-14, timbal muncul dalam bentuk Pb(OH)_2 yang berupa endapan berwarna putih. Adanya endapan putih tidak memungkinkan proses adsorpsi terjadi (Krismastuti., 2016). Adsorpsi juga tidak dilakukan pada pH lebih dari 6 karena pada pH lebih dari 6 untuk ion logam Pb^{2+} hasil kali kelarutan ion logam dan OH^- sudah melampaui harga ksp. Harga ksp untuk Pb^{2+} adalah 3×10^{-16} . Penyerapan logam lebih baik pada kondisi asam karena pada kondisi basa menyebabkan bertambahnya OH^- dalam larutan. Ion OH^- berlebih akan berikatan dengan ion logam membentuk endapan Pb(OH)_2 sehingga mengurangi efisiensi proses adsorpsi (Utami et al., 2015).

2. Penentuan Massa Optimum

Optimasi massa adsorben dilakukan untuk mengetahui massa optimal dari S-AF 75 dalam penyerapan ion logam Pb(II). Tujuan lainnya yaitu untuk mengetahui pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi. Variasi massa yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 0,15 g; 0,20 g; dan 0,25 g. Proses adsorpsi dilakukan dalam larutan 25 ml larutan ion logam Pb(II) 20 ppm dengan pH 6. Data hasil optimasi massa ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Data Adsorpsi Optimasi Massa

Massa (g)	Qe (mg/g)
0,15	3,433
0,20	2,793
0,25	2,248



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Massa Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Gambar 4.6 menunjukkan pengaruh massa terhadap kapasitas adsorpsi. Kondisi optimum didapatkan menggunakan massa 0,15 g dengan kapasitas adsorpsi 3,433 mg/g. Kapasitas adsorpsi semakin berkurang seiring bertambahnya massa adsorben, dikarenakan adanya gaya van der Waals. Gaya Van Der Waals kemungkinan besar adalah penyebab ion logam Pb(II) yang menempel pada permukaan adsorben, menyebabkan interaksi elektrostatis terjadi ketika ion logam dekat dengan sisi aktif adsorben. Ion logam Pb(II) akan berikatan semu dengan -OH, namun interaksinya hanya ditahan sesaat (Wulandari., 2023). Desorpsi terjadi yang

ditunjukkan dengan menurunnya kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) pada massa 0,20 gram.

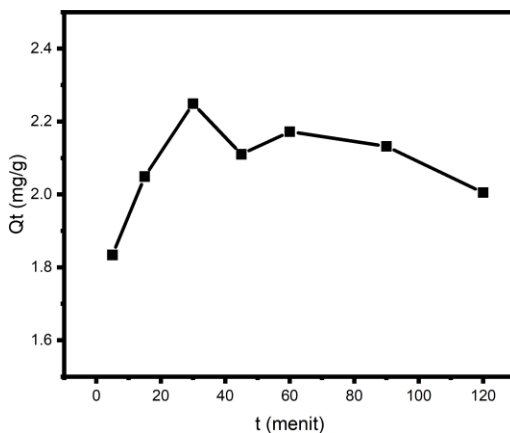
3. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Optimasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui waktu yang tepat dalam menghasilkan kapasitas adsorpsi optimal penyerapan ion logam Pb(II) oleh SAF-75. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi juga dapat diketahui dari pengujian ini. Variasi waktu kontak yang dilakukan pada penelitian ini adalah 15, 30, 45, 60, 90, 120, dan 180 menit. Proses adsorpsi dilakukan dalam larutan 25 ml larutan ion logam Pb(II) 20 ppm dengan pH 6 dan massa adsorben 0,15 gram. Data hasil optimasi waktu kontak ditunjukkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Data Adsorpsi Optimasi Waktu Kontak

No	Waktu (menit)	Qe (mg/g)
1	5	1,834
2	15	2,049
3	30	2,249
4	45	2,110
5	60	2,172
6	90	2,132
7	120	2,005

Tabel 4.7 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa semakin lama waktu kontak antara ion logam Pb(II) dengan silika termodifikasi asam fulvat maka jumlah ion logam Pb(II) yang teradsorpsi akan semakin banyak. Semakin besarnya waktu kontak artinya waktu interaksi ion logam dengan adsorben juga semakin lama sehingga gugus aktif pada silika termodifikasi asam fulvat yang berikatan dengan ion logam Pb(II) juga akan semakin banyak (Adriansyah., 2018). Keadaan optimum terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kapasitas adsorpsi 2,249 mg/g.

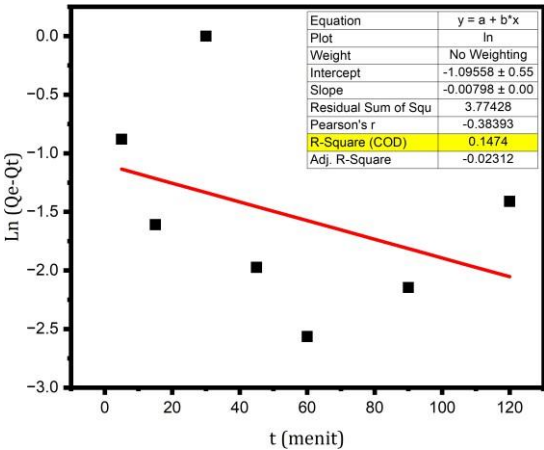


Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Waktu Kontak

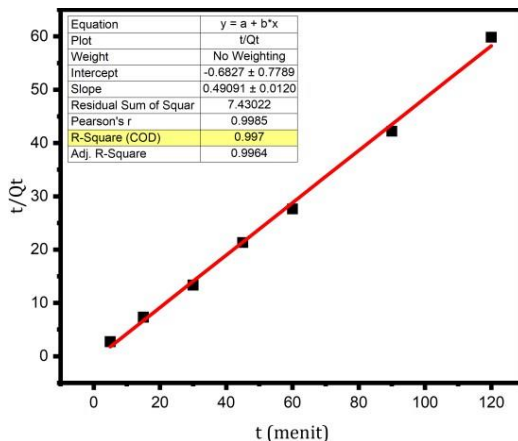
Gambar 4.7 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi. Penurunan adsorpsi ion logam Pb(II) terlihat pada waktu 45 menit. Adanya penurunan kapasitas adsorpsi mengindikasikan sisi aktif dari permukaan adsorben mengalami kondisi jenuh dan tidak dapat lagi menjerap adsorbat sehingga menyebabkan tercapainya batas maksimum proses adsorpsi. Penurunan kapasitas adsorpsi setelah waktu optimum tercapai juga dapat disebabkan proses adsorpsi secara reversible (Effendi., 2018). Kemungkinan penyebab penurunan kapasitas adsorpsi setelah mencapai kondisi optimum adalah adsorben tidak stabil dalam mengikat ion logam yang menyebabkan terlepasnya sebagian kecil partikel logam Pb(II) (Kristiyani., 2012).

Model kinetika reaksi dapat ditentukan menggunakan data kapasitas adsorpsi pada beberapa variasi waktu kontak. Tujuan dari penentuan kinetika adsorpsi adalah untuk mengetahui laju penyerapan oleh silika termodifikasi asam fulvat terhadap ion logam Pb(II) yang dipengaruhi oleh waktu. Kinetika adsorpsi ditentukan menggunakan model pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Pemilihan model kinetika

adsorpsi terbaik diperoleh dengan melihat nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi yang mendekati 1. Gambar 4.8 dan 4.9 merupakan bentuk grafik model kinetika adsorpsi *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua dari hasil perhitungan kinetika adsorpsi Tabel L.11 dan Tabel L.12.



Gambar 4.8 Kinetika Adsorpsi *Pseudo* Orde Satu



Gambar 4.9 Kinetika Reaksi *Pseudo* Orde Dua

Grafik model kinetika adsorpsi pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dapat dihitung nilai Q_e dan nilai K yang diperoleh melalui persamaan regresi linier berdasarkan grafik model kinetika adsorpsi yang digunakan. Perhitungan nilai Q_e dan nilai K dapat dilihat pada Lampiran 3(4).

Tabel 4.8 Kinetika Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dengan Silika Termodifikasi Asam fulvat

<i>Pseudo</i> Orde 1			<i>Pseudo</i> Orde 2		
Q_e (mg/g)	K_1 (min^{-1})	R^2	Q_e (mg/g)	K_2 (min^{-1})	R^2
0,0802 46	-0,01838	0,1474	2,037 04	-0,3529	0,997

Tabel 4.8 menggambarkan parameter kinetika adsorpsi *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua yang didasarkan pada grafik gambar 4.8 dan gambar 4.9. Berdasarkan tabel tersebut, bisa disimpulkan bahwa model kinetika adsorpsi yang paling cocok untuk adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika termodifikasi asam fulvat adalah kinetika adsorpsi *pseudo* orde kedua. Kinetika reaksi *pseudo* orde kedua memberikan nilai R^2 yang lebih baik dibandingkan dengan *pseudo* orde pertama yaitu sebesar 0,997. Kinetika reaksi *pseudo* orde kedua mengasumsikan interaksi yang terjadi antara silika termodifikasi asam fulvat dengan Pb(II) adalah adsorpsi kimia, artinya terjadi molekul adsorbat membentuk ikatan kimia dengan permukaan adsorben.

Berdasarkan gambar 4.9 dapat dijelaskan bahwa terdapat hubungan antara variabel t/Q_t dengan waktu, yaitu nilai t/Q_t akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu kontak antara adsorben dan adsorbat. Data yang terdapat pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa konstanta laju adsorpsi ion logam Pb(II) adalah 0,3529 /menit, artinya bahwa dalam satu menit dengan menggunakan 1 mg adsorben maka dapat diadsorpsi sebesar 0,3529 mg

adsorbat. Konstanta laju adsorpsi yang semakin tinggi artinya semakin cepat pula kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat (Taihuttu., 2019).

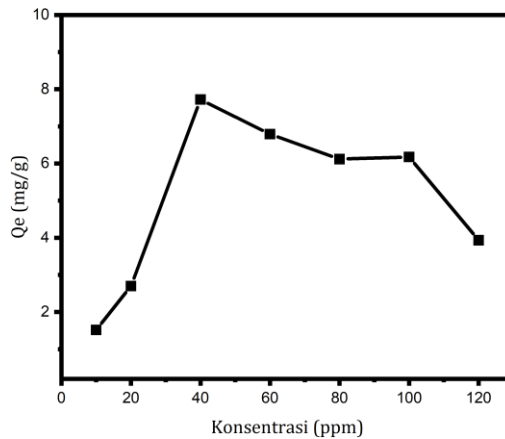
4. Penentuan Konsentrasi Optimum

Konsentrasi optimum penyerapan ion logam Pb(II) oleh SAF-75 dapat diketahui dengan melakukan adsorpsi pada beberapa variasi konsentrasi. Pengujian ini juga dilakukan untuk memastikan bagaimana konsentrasi awal larutan mempengaruhi kemampuan SAF-75 untuk menyerap ion logam Pb(II). 10, 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 ppm adalah variasi konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini. Larutan ion logam Pb(II) 25 mL dengan pH 6 dan massa adsorben 0,15 gram digunakan untuk melakukan proses adsorpsi pada setiap variasi konsentrasi larutan selama 30 menit.

Penelitian ini menghasilkan data kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) oleh SAF-75 seperti yang tertera pada Tabel 4.9. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap kapasitas adsorpsi disajikan dalam Gambar 4.10

Tabel 4.9 Hasil Data Adsorpsi Optimasi Konsentrasi

Konsentrasi (ppm)	Qe (mg/g)
10	1,517
20	2,699
40	7,724
60	6,792
80	6,119
100	6,176
120	3,932



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi

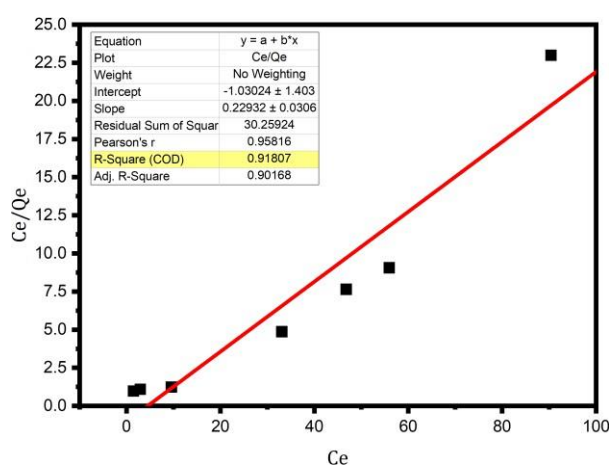
Berdasarkan gambar 4.10 kondisi optimum dihasilkan ketika konsentrasi larutan ion logam Pb(II) 40 ppm dengan Qe sebesar 7,724 mg/g. Jumlah sisi aktif pada permukaan adsorben berkaitan dengan konsentrasi ion logam. Ketika jumlah ion logam lebih

sedikit dibandingkan sisi aktif pada adsorben, maka kapasitas adsorpsi akan tinggi, kemudian mencapai kondisi optimum saat jumlah sisi aktif sama dengan jumlah ion logam. Kemampuan adsorpsi menurun pada konsentrasi lebih besar dari 40 ppm, diduga titik jenuh sudah dialami adsorben untuk menyerap ion logam Pb(II). Ion logam Pb(II) telah menutupi serat pada permukaan adsorben sehingga tidak dapat terjadi proses adsorpsi selanjutnya (Saef., 2022). Hasil ini sesuai dengan penelitian (Apriliani., 2010) tentang adsorpsi multilogam, yang menemukan bahwa ketika konsentrasi optimal telah tercapai, konsentrasi lebih tinggi dapat menurunkan kemampuan adsorpsi.

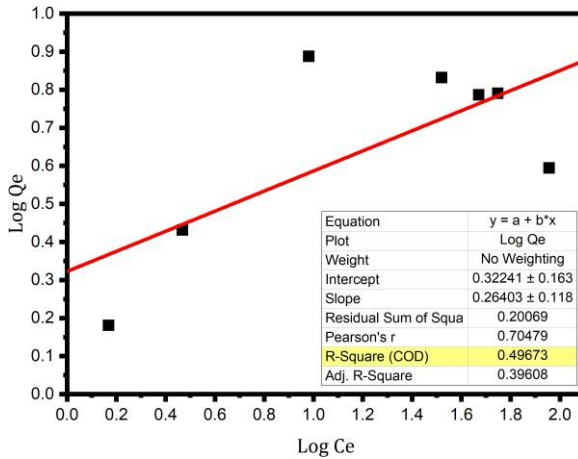
Ketika adsorben mencapai titik waktu kesetimbangannya, distribusi molekul antara permukaannya dan adsorbat dijelaskan oleh model isoterm adsorpsi. Selain itu, model isoterm adsorpsi dapat menjelaskan mekanisme interaksi antara adsorben dan adsorbat dengan mempertimbangkan data kesetimbangan dan sifat adsorpsi (Al-Ghouti., 2020).

Harga intersep dan kemiringan dapat digunakan untuk menghitung konstanta Langmuir dan kapasitas adsorpsi maksimum. Gambar 4.11 menampilkan

kurva isoterm adsorpsi Langmuir. Grafik hubungan antara $\log Q_e$ dengan $\log c$ dapat ditentukan kapasitas adsorpsi maksimum menggunakan persamaan isoterm adsorpsi Freundlich, menghasilkan persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 4.12



Gambar 4. 11 Isoterm Adsorpsi Langmuir



Gambar 4. 12 Isoterm Adsorpsi freundlich

Isoterm adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika termodifikasi asam fulvat ditunjukkan pada Tabel 4.10

Tabel 4. 10 Isoterm Adsorpsi Ion logam Pb(II) oleh silika termodifikasi asam fulvat

Langmuir			Freundlich		
Qe (mg/ g)	K ₁ (L/mg)	R ²	1/n	K _f (mg/ g)	R ²
0,970 65	1,1221 8	0,91807	3,7875	2,109 2	0,49673

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa harga koefisien determinasi isoterm freundlich sangat rendah yaitu sebesar 0,49673, proses adsorpsi ion logam Pb(II) oleh S-AF tidak tepat menggunakan persamaan Freundlich. Peninjauan dari nilai R² untuk

isoterm langmuir yaitu sebesar 0,97065, maka adsorpsi pada silika termodifikasi asam fulvat cenderung mengikuti pola isoterm Langmuir.

Menurut isoterm Langmuir, adsorpsi berlangsung secara kimia. Asumsi dalam isoterm Langmuir yaitu bahwa setiap gugus aktif adsorben akan menyerap satu molekul adsorbat saja, sehingga penyerapannya terbatas pada lapisan tunggal (monolayer). Artinya ketika adsorben sudah terisi satu lapisan maka selanjutnya tidak ada proses adsorpsi lagi (Amri., 2004)

Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika termodifikasi asam fulvat yaitu sebesar 0,97065 mg/g. Konstanta laju adsorpsi ditentukan berdasarkan isoterm adsorpsi, didapatkan harga konstanta laju adsorpsi (K_l) sebesar 1,12218 L/mg. Nilai n menunjukkan tingkat nonlinearitas antara konsentrasi larutan dan adsorpsi. Nilai $1/n > 1$ menunjukkan bahwa proses adsorpsi merupakan proses kemisorpsi (Özcan., 2005).

D. Adsorpsi Pada Kerang Darah

1. Kadar Ion Logam Pb(II) Pada Kerang Darah

Kerang darah (*Anandara granosa*) memiliki cara makan yang bersifat *filter feeder* di habitat substrat dasar perairan laut. Logam berat Pb yang terserap melalui proses *filter feeder* akan terakumulasi pada kerang darah, baik pada jaringan lunak maupun cangkangnya. Sampel kerang darah di dapatkan dari salah satu pedagang di TPI Tasik Agung Rembang Jawa Tengah. Sampel kerang darah kemudian diuji kadar logam Pb(II) menggunakan instrumen AAS (*Atomic absorption spectroscopy*). Hasil pengujian kadar logam Pb(II) pada kerang darah dapat dilihat pada tabel 4.11

Berdasarkan hasil pengujian AAS kadar logam Pb yang terdapat pada sampel kerang darah pada penelitian sebesar 6,89 mg/L. Kandungan Pb dalam kerang darah pada sampel telah melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan oleh (BSN, 2009)(1,5 mg/L). Kandungan logam berat Pb yang telah melebihi batas baku mutu untuk kekerangan dapat membahayakan apabila dikonsumsi oleh manusia. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Kharisma et al., 2023), yang menyatakan bahwa kandungan logam berat dalam

kerang darah dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan (*health risk*) bagi manusia.

Berdasarkan hasil penelitian kali ini, kerang darah dari pedagang TPI (Tempat Pelelangan Ikan) Tasik Agung Rembang saat ini belum layak untuk dikonsumsi manusia. Tingginya kandungan logam berat Pb pada kerang darah tersebut menunjukkan bahwa biota laut ini memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap logam berat Pb tanpa mati. Dengan demikian, kerang darah sangat layak untuk dimanfaatkan sebagai bioindikator logam berat yang terkandung di perairan pantai dan laut.

2. Kapasitas Adsorpsi Pada Kerang Darah

Proses adsorpsi pada kerang darah dilakukan menggunakan variasi adsorben silika-asam fulvat 75. Kadar Pb(II) kerang darah pada penelitian sebesar 6,89 mg/L. Uji adsorpsi dilakukan dengan menyiapkan larutan sampel kerang darah dari hasil destruksi kering sebanyak 25 mL dengan pH 6, massa adsorben 0,15 gram, waktu kontak 30 menit.

Berdasarkan hasil uji adsorpsi yang dilakukan pada adsorben silika asam fulvat menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 0,764 mg/g. Kerang darah

yang semula memiliki kadar logam Pb(II) sebesar 6,89 mg/L setelah dilakukan proses adsorpsi menjadi 2,31 mg/L. Dari hasil adsorpsi dilihat bahwa adsorben S-AF 75 dengan pH, masa, waktu kontak optimum tidak bisa menyerap sempurna terhadap ion logam Pb(II) pada kerang darah. Persentase keefektifan adsorben silika-asam fulvat dalam menyerap ion logam Pb(II) pada kerang darah sebesar 33,53%.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik fisik pada silika sekam padi berwarna orange dan tidak berbau. Berdasarkan data FT-IR silika sekam padi terdapat pita serapan gugus Si-O-Si pada bilangan gelombang 1073 cm^{-1} yang menunjukkan isolasi silika berhasil. Data FT-IR silika sekam padi termodifikasi asam fulvat terdapat pita serapan gugus Si-O-Si; C=O pada bilangan gelombang $1073; 1650\text{ cm}^{-1}$, yang merepresentasikan asam fulvat. Kadar SiO_2 dari silika sekam padi sebesar 66,2 %.
2. Kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) oleh silika sebesar 0,0597 mg/g dan silika termodifikasi asam fulvat sebesar 7,724 mg/g pada pH 6 dengan massa adsorben 0,15 gram, waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi larutan 40 ppm.
3. Adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan silika dari sekam padi termodifikasi asam fulvat mengikuti kinetika reaksi *pseudo* orde dua dan isoterm adsorpsi langmuir.

4. Kapasitas adsorpsi logam Pb(II) pada kerang darah menggunakan adsorben silika termodifikasi asam fulvat sebesar 0,764 mg/g .

B. SARAN

Perlu dilakukan adanya penelitian lebih lanjut pada sampel air, sedimen yang terdapat di sekitar pesisir perairan TPI Tasik Agung Rembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, R., Novta Restiasih, E., Meileza, N., & Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP, P. (2018). Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit kopi Terxanthasi. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 114–121.
- Agung, G. F., Hanafie, M. R., & Mardina, P. (2013). Ekstraksi Silika Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH. *Konversi*, 2(1), 28–31.
- Agus Jamaludin, D. A. (2012). Analisis Kerusakan X-RAY Fluoresence (XRF). *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, 1979–2409, 9–10.
- Al-Ghouthi, M. A., & Da'ana, D. A. (2020). Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 393(122383), 1–22.
- Amri, A., Supranto, & Fahrurozi, M. (2004). Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2), 111–117.
- Apriliani, A. (2010). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air

Limbah. *Skripsi*.

Botahala, L. (2019). *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkan Kemiri Terhadap Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali*.

BSN. (2009). SNI 7387:2009. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. *Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan*, 1–29.
https://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf

Chen, H., Sharma, S. K., Sharma, P. R., Yeh, H., Johnson, K., & Hsiao, B. S. (2019). Arsenic(III) Removal by Nanostructured Dialdehyde Cellulose-Cysteine Microscale and Nanoscale Fibers. *ACS Omega*, 4(26), 22008–22020.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03078>

Effendi, F., Elvia, R., & Amir, H. (2018). Preparasi Dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa (Mcc) Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks). *Alotrop*, 2(1), 52–57.

Ekawati, S. (2023). Pembuatan Kopolimer Selulosa-g Asam Akrilat Yang Difungsionalisasi Asam Fulvat Menggunakan Teknik Radiasi Untuk Adsorben Ion Logam Tembaga Cu. *UIN Syarif Hidayatullah*.

Febriani, F., Koesnarpadi, S., Yekti, I., & Sari, L. (2022). Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Adsorben Asam

- Fulvat (AF) Dari Tanah Gambut Samboja Kalimantan Timur. *Jurusan Kimia FMIPA UNMUL*, 2987–9922.
- Felita, B., Riyanto, C. A., & Martono, Y. (2021). Activated Carbon from Plantain Stems as NO_2^- and Mn^{2+} Adsorbent on Well Water. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 6(1), 38.
<https://doi.org/10.30870/educhemia.v6i1.8887>
- Hafiyah. (2013). Kinetics Adsorption Dyes of Rhodamin B Using Activated Carbon Rice Bran (*Oryza Sativa* L.). *UIN Alauddin Makassar*.
- Handayani, R., Natalinda, B., Lia, N., Sumaria, S., & Majid, A. (2020). Kadar Logam Berat Cu, Cr, Pb dan Zn Pada Kerang Darah (*Anandara granosa*) di Muara Elo dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) Di Loa Janan Ilir Kalimantan Timur. *Jambura Journal of Chemistry*, 2(2), 70–77. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v2i2.6995>
- Hasanah Nur. (2017). Asam Humat (Humic Acid) dan Asam Fulvat (Fulvic Acid). In *UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN*.
- Hastuti, S., Martini, T., & Utami, A. T. (2023). Pemanfaatan Silika dari Abu Sekam Padi untuk Pembuatan Material Imprinted Ionic sebagai Adsorben Ion Logam Pb(II). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 162.
<https://doi.org/10.20961/alchemy.19.2.70373.162-169>

- Ikhsan, J., LFX, E. W., & Sunarto. (2014). Pengaruh Mordan Sintesis dari Limbah Kaleng terhadap Daya Ikat dan Laju Lepas Zat Warna Azo oleh Serat Kain. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(1), 59–74.
- Ismah, Z. (2022). *Pemanfaatan Arang Aktif Dari Ampas Kopi Dan Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*. 1–76.
- Ismuyanto, B., Saptati, D., & J. (2017). *Teknik Pengolahan Limbah Padat*.
- Karamah & Sari. (2010). *Pengolahan Limbah Campuran Logam Fe , Cu , Ni dan Amonia Menggunakan Metode Flotasi-Filtrasi dengan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat*. 1–5.
- Khair, M., Indira, B. S., & Salsabila, R. (2023). Preparasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Bening Dengan Bantuan Iradiasi Microwave. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(1), 97–102.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.7130>
- Khajavian, M., Wood, D. A., Hallajani, A., & Majidian, N. (2019). Simultaneous biosorption of nickel and cadmium by the brown algae *Cystoseria indica* characterized by isotherm and kinetic models. *Applied Biological Chemistry*, 62(1).

- Khalil, H. P. S. A., Ismail, H., Rozman, H. D., & Ahmad, M. N. (2001). Effect of acetylation on interfacial shear strength between plant fibres and various matrices. *European Polymer Journal*, 37(5), 1037–1045. [https://doi.org/10.1016/S0014-3057\(00\)00199-3](https://doi.org/10.1016/S0014-3057(00)00199-3)
- Kharisma, R. N., Yulianto, B., & Nuraini, R. A. T. (2023). Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (Anadara Granosa) di Muara Sungai Loji dan Perairan Pantai Sekitarnya, Kota Pekalongan. *Journal of Marine Research*, 12(2), 330–335.
- Krismastuti, F., Budiman, H., & Setiawan, A. (2016). Adsorpsi Ion Logam Cadmium dengan Silika Modifikasi. *Jurnal Chemical*, 1–7.
- Kristiyani, D., Susatyo, E. B., & Prasetya, A. T. (2012). Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(13–19). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Kusumaningrum, D. I. P., Sudarni, D. H. A., & Wahyuningsih, S. (2022). Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (Melaleuca cajuputi) dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 72–79. <https://doi.org/10.32734/jtk.v11i2.9119>

- Kusumawardani, R., Anita Zaharah, T., & Destiarti, L. (2018). Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 75–83.
- Lu, X., Madey, R., Rothstein, D., & Jaroniec, M. (1990). Pressure Swing Adsorption For a System With a Langmuir-Freundlich Isothem. *Chemical Engineering Science*, 45(4), 1097–1103.
- Marcano, Y. C., & Sabino, M. A. G. (2018). Chemical modification of alginate with L-cysteine to extend its use in drug delivery systems. *Cellulose Chemistry and Technology*, 52(7–8), 559–567.
- Martina, D., Hastuti, R., & Widodo, D. S. (2016). Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb²⁺). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 77–82. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.3.77-82>
- Mindari, Wanti, & Sassongko, P. E. S. (2022). *Asam Humat*. https://repository.upnjatim.ac.id/4125/1/Asam_humat_edisi_3.pdf
- Özcan, A., & Özcan, A. S. (2005). Adsorption of Acid Red 57 from aqueous solutions onto surfactant-modified sepiolite. *Journal of Hazardous Materials*, 125(1–3), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.05.039>

- Paramitha, T., Saputra, T. R., Aliah, A. N., Tarigan, A. V., & Ghozali, M. (2019). Karakterisasi Silika Dari Abu Ampas Tebu. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 5(3), 290–298. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2019.v5.i3.14309>
- Pratiwi, J. S. M., Ramang, M., & Liong, S. (2019). Analisis Logam Pb dan Zn dalam Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di Pesisir Pantai Makassar. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Rehman, N., Alam, S., Amin, N. U., Mian, I., & Ullah, H. (2018). Ecofriendly isolation of cellulose from eucalyptus lenceolata: A novel approach. *International Journal of Polymer Science*. <https://doi.org/10.1155/2018/8381501>
- Saedatul Fatimah. (2018). Identifikasi Kandungan Unsur Logam Menggunakan XRF DAN OES Sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan. In *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Saef, S. K., Amalia, V., & Supriatna, A. M. (2022). Adsorpsi Ion Logam Cd(II) oleh Selulosa Limbah Sabut Kelapa sebagai Adsorben Berbiaya Murah. *Gunung Djati Conference Series*, 15. <http://coferences.uinsgd.ac.id/index.php/>
- Salim, M. (2010). Identifikasi Dan Penetapan Kadar Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Dan Kadmium (Cd) Pada Kerang Dara (*Anadara granosa*) Dan Kerang Hijau (*Perna*

- viridis) di Muara Angke Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Cd.* <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/2016-7/20181355-S33161-Megawati Salim.pdf>
- Selpiani, L., Umroh, & Rosalina, D. (2015). Konsentrasi logam berat (Pb, Cu) pada kerang darah (Anadara Granosa) di kawasan pantai Keranji Bangka Tengah dan pantai Teluk Kelabat Bangka Barat. *Oseatek*, 9(01), 21–34.
- Setianingsih, T. (2018). *Karakterisasi Pori dan Luas Muka Padatan*. Universitas Brawijaya Press.
- Silviah, S., Widodo, C. S., & Masruroh. (2014). Penggunaan Metode FT-IR (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma. *Pharmaceutical Research*, 4(2), 19–27.
- Sri, H., & Amaria, A. (2023). *Pengaruh Penambahan Kitosan Pada Silika Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kitosan-Silika Untuk Menurunkan Ion Pb (II) Effect Of Adding Chitosan To Rice Husk Ash Silica As A Chitosan- Silica Adsorbent To Reduce Pb (Ii) Ions*. 12(2), 64–72.
- Subamia, I. D. P., Widiasih, N. N., Sri Wahyuni, I. G. A. N., & Pratami Kristiyanti, P. L. (2023). Optimasi Kinerja Alat Fourier Transform Infrared (FTIR) Melalui Studi Perbandingan Komposisi dan Ketebalan Sampel-KBr.

- Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 5(2), 58–69. <https://doi.org/10.14710/jplp.5.2.58-69>
- Suci, A. (2021). Penentuan Kandungan Logam Berat Cu dan Zn Pada Sampel Air Limbah Kelapa Sawit dengan Metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). *Fakultas Sains Dan Teknologi*, 8–9. <https://repository.unja.ac.id/23982/>
- Sulastri, S. (2013). *Sintesis Silika Termodifikasi Sulfonat dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol Gel Sebagai Penukar Kation Logam Berat dalam Larutan*. 44.
- Syukri, I., Hindryawati, N., & Dirgarini Julia NS, R. R. (2017). Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi Termodifikasi 2-Merkaptobenzotiazol Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd 2+ dan Cr 6+. *Jurnal Atomik*, 02(2), 221–226.
- Taihuttu, B., Kayadoe, V., & Mariwy, A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Ion Fe (III) Menggunakan Limbah Ampas Sagu. *Molucca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, 9(1), 9–17. <https://doi.org/10.30598/mjocevol9iss1pp9-17>
- Titik Andriani, Fera Agustin, Sitti Chadijah, Syarifah Rabiatul Adawiah, A. N. (2022). Analisa Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang Beredar di Pelelangan Ikan Paotere Kota Makassar. *Chimica et Natura Acta*, 10(2), 66–71.
- Utami, R. P., Hastuti, R., & Khabibi, K. (2015). Pengaruh H₂SO₄

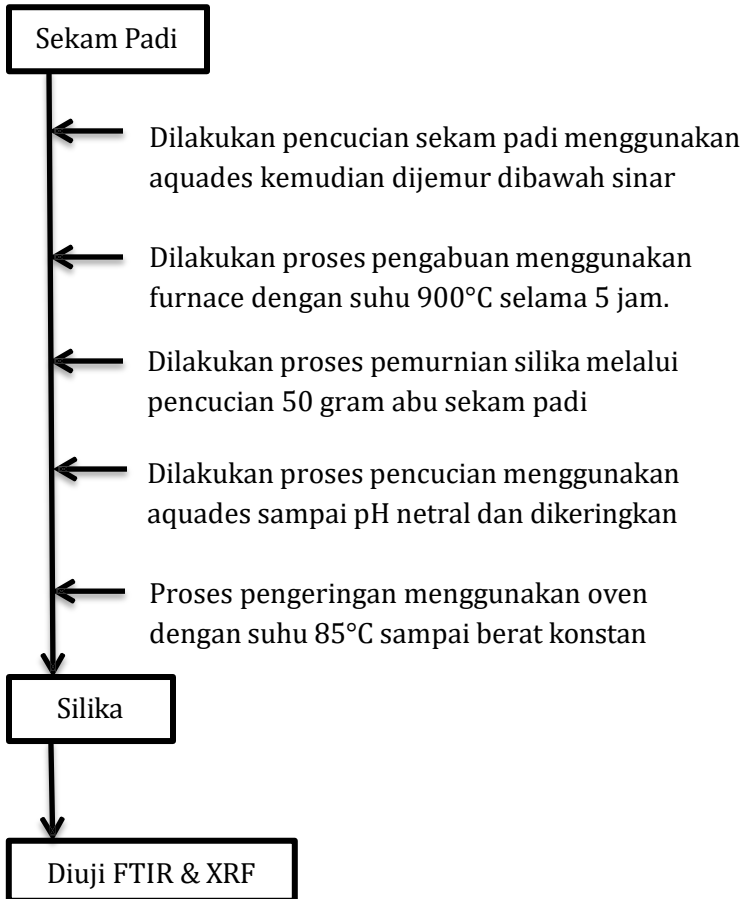
- pada PVA dalam Modifikasi Tongkol Jagung-Bulu Ayam sebagai Adsorben Campuran Logam Pb(II) dan Cd(II). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 18(2), 44–49. <https://doi.org/10.14710/jksa.18.2.44-49>
- Utary, C. M., Nurlaila, R., Ishak, I., Sylvia, N., & Meriatna, M. (2023). Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran Abu Sekam Padi pada Proses Ekstraksi Silika dengan Pelarut NaOH. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(4), 469. <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i4.9795>
- Wahyuni, N., Silalahi, I. H., Nurlina, N., & Yossy, Y. (2020). Isoterm Adsorpsi Kromium(III) Oleh Biomassa *Sargassum* sp. (Isoterm Adsorption of Chromium(III) by Non-Living *Sargassum* sp.). *Biopropal Industri*, 11(2), 87. <https://doi.org/10.36974/jbi.v11i2.6030>
- Widodo, N. T., Mulyasuryani, A., & Sabarudin, A. (2014). *Recovery Cu (II) dengan Teknik Ekstraksi Fasa Padat Menggunakan Adsorben Silika dari Abu Sekam Padi – Kitosan*. 2(4), 360–365.
- Widyastuti, H., Panggabean, A. S., & Subagyo, D. J. N. (2022). Sintesis Silika Gel dari Abu Sekam Padi Termodifikasi Kitosan serta Aplikasinya sebagai Adsorben Methylene blue. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 19(2), 63. <https://doi.org/10.30872/jkm.v19i2.933>
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika

- Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(2), 175. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.6119>
- Wulandari, N. C., Widwastuti, H., & Asworo, R. Y. (2023). Pengaruh Massa Biosorben Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Cd(II). *Jurnal Atomik*, 08(2), 65–70.
- WWF Indonesia. (2015). Perikanan Kerang. *Panduan Penangkapan Dan Penanganan*, 20.
- Yanti, N. M. S. W. (2018). Gambaran Kadar Timbal dalam Darah Petugas Operator Spbu 54.801.45. *Karya Tulis Ilmiah, Politeknik Kesehatan Denpasar Jurusan Teknologi Laboratorium Medis*, 2, 1–26.
- Zhou, Y., Zhang, L., Fu, S., Zheng, L., & Zhan, H. (2012). Adsorption Behavior Of Cd²⁺, Pb²⁺, and Ni²⁺ From Aqueous Solutions On Cellulose-based Hydrogels. *Bioresources*, 7(3), 2752–2765.

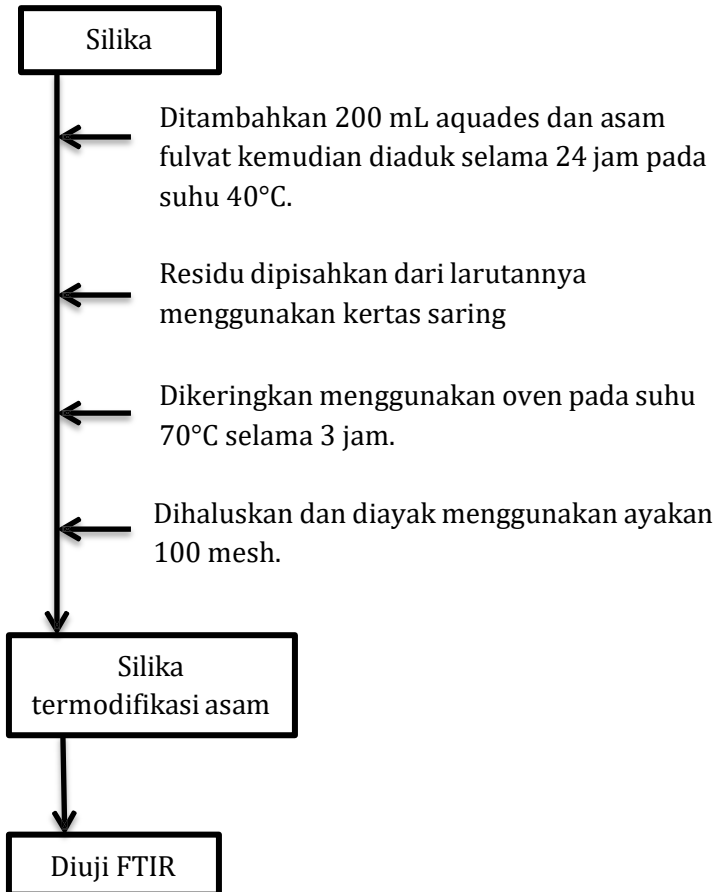
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Cara Kerja

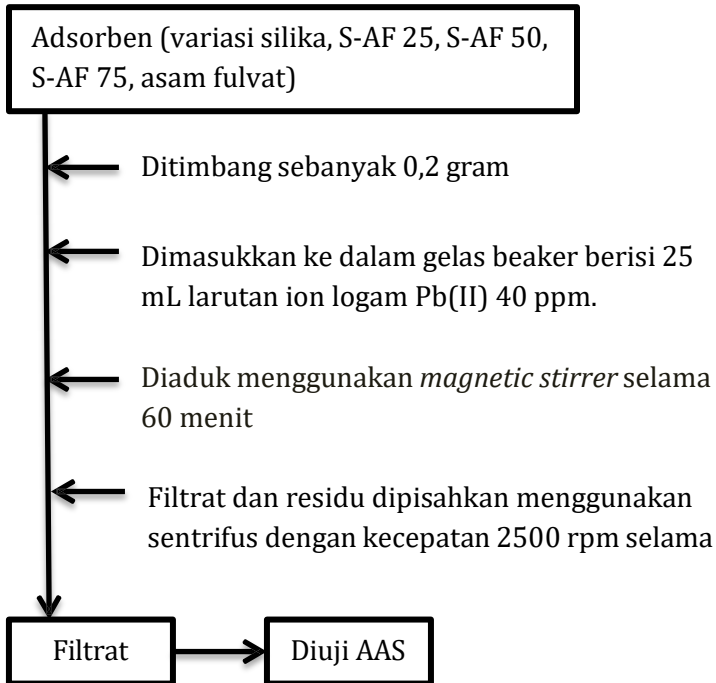
1. Isolasi Silika Sekam Padi



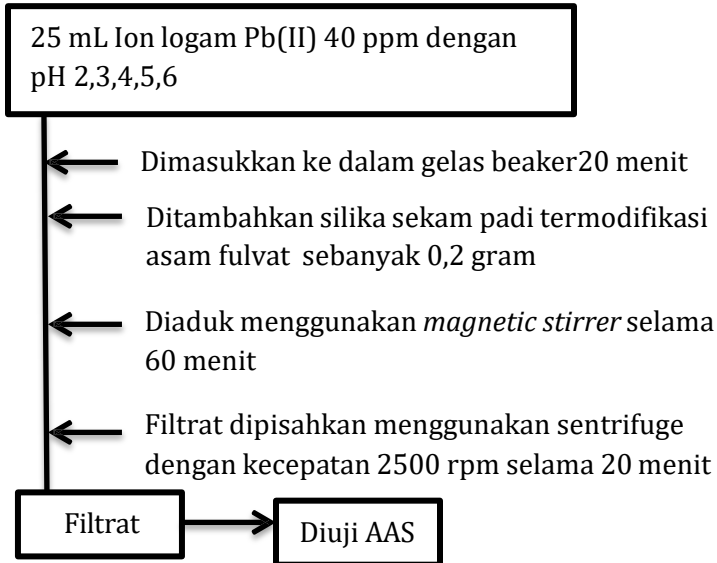
2. Modifikasi



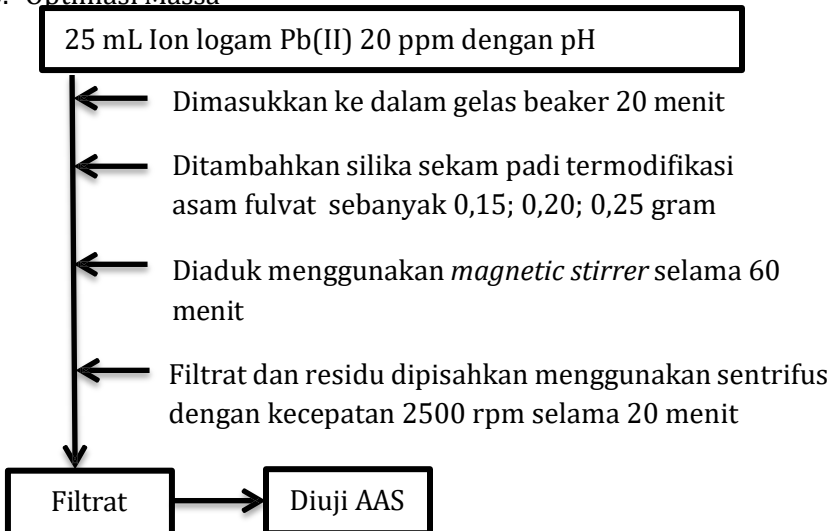
3. Adsorpsi Awal



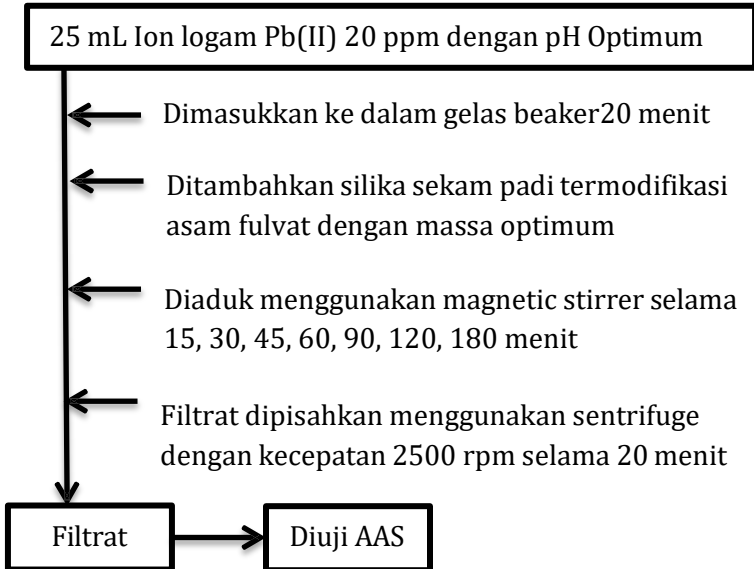
4. Optimasi pH



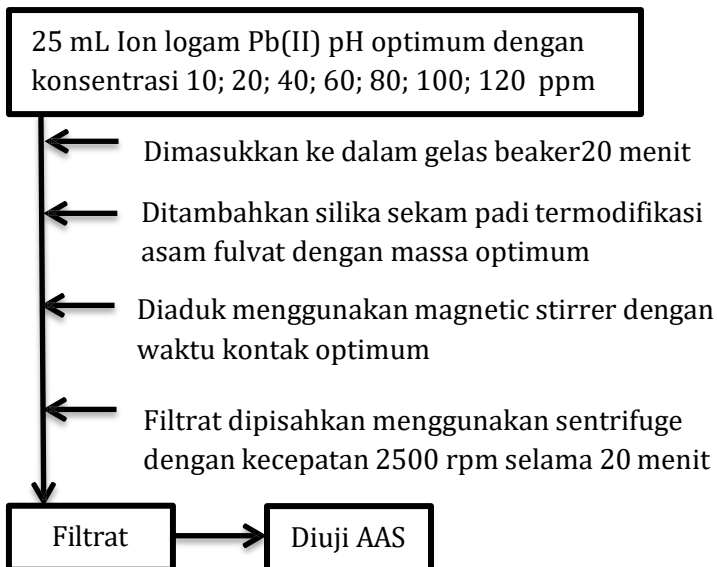
5. Optimasi Massa



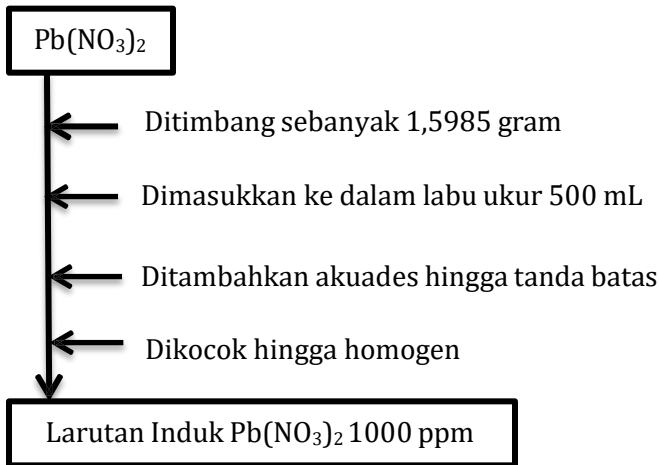
6. Optimasi Waktu Kontak



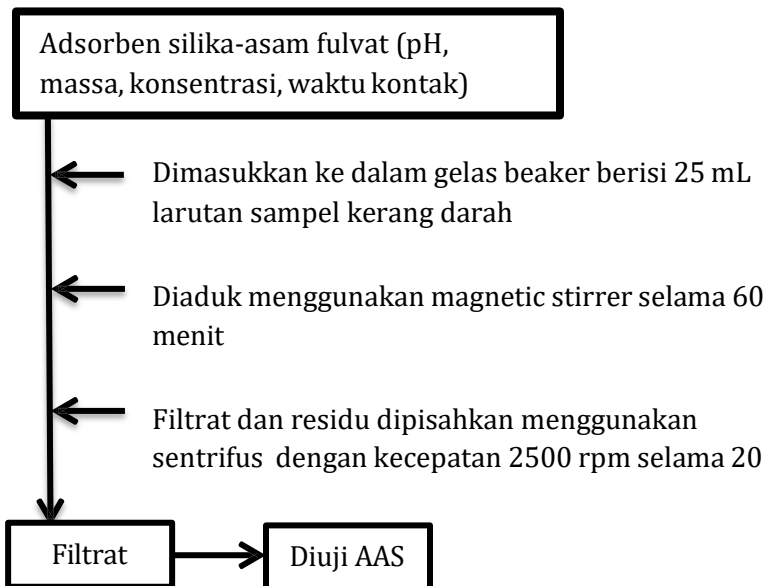
7. Optimasi Konsentrasi



8. Pembuatan larutan logam Pb(II) dalam $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$



9. Adsorpsi Pada Kerang Darah



Lampiran 2. Data Hasil Percobaan

1. Data Uji Adsorpsi

Tabel L.1 Data Uji Adsorpsi Awal

Variasi	Sam pel	Massa Adsorben (g)	V.Lar (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Rata- rata Qe (mg/g)
Silika	A	0,20	25	45,336	44,859	0,0597	0,0597
S-AF 25	A	0,20	25	45,336	36,197	1,143	1,143
S-AF 50	A	0,20	25	45,336	33,200	1,517	1,737
	B	0,20	25	45,336	29,684	1,957	
S-AF 75	A	0,20	25	45,336	29,268	2,009	2,224
	B	0,20	25	45,336	25,826	2,439	
Asam Fulvat	A	0,20	25	45,336	45,561	-0,029	-0,672
	B	0,20	25	45,336	50,478	-0,643	

2. Data Optimasi pH

Tabel L.2 Data Optimasi Variasi pH

Variasi	Sam pel	Massa Adsorben (g)	V.Lar (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Rata- rata Qe (mg/g)
pH 2	A	0,20	25	47,633	55,004	-0,921	-0,921
pH 3	A	0,20	25	47,633	48,580	-0,119	-0,119
pH 4	A	0,20	25	47,633	36,148	1,436	1,436
	A	0,20	25	47,633	34,118	1,689	

pH 5	B	0,20	25	47,633	27,875	2,469	2,079
pH 6	A	0,20	25	47,633	7,896	4,968	4,696
	B	0,20	25	47,633	12,241	4,424	

3. Data Optimasi Massa

Tabel L.3 Hasil data Optimasi Massa

Variasi	Sam pel	Massa Adsorben (g)	V.Lar (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Rata- rata Qe (mg/g)
0,15	A	0,15	25	23,243	2,6080	3,439	3,433
	B	0,15	25	23,243	2,6918	3,426	
0,20	A	0,20	25	23,243	0,7699	2,809	2,793
	B	0,20	25	23,243	1,0319	2,776	
0,25	A	0,25	25	23,243	0,8879	2,236	2,248
	B	0,25	25	23,243	0,6462	2,259	

4. Data Optimasi Waktu Kontak

Tabel L.4 Data Optimasi Waktu Kontak

Variasi (menit)	Sam pel	Massa Adsorben (g)	V.Lar (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Rata- rata Qe (mg/g)
5	A	0,15	25	15,670	4,6677	1,834	1,834
15	A	0,15	25	15,670	3,2259	2,075	2,049
	B	0,15	25	15,670	3,5299	2,024	
	A	0,15	25	15,670	1,8636	2,302	

30	B	0,15	25	15,670	2,5059	2,195	2,249
45	A	0,15	25	15,670	3,7446	1,987	2,049
	B	0,15	25	15,670	3,0070	2,110	
60	A	0,15	25	15,670	2,6411	2,172	2,199
	B	0,15	25	15,670	2,3220	2,225	
90	A	0,15	25	15,670	1,8774	2,298	2,132
	B	0,15	25	15,670	3,8904	1,964	
120	A	0,15	25	15,670	3,6411	2,005	2,005

5. Data Optimasi Konsentrasi

Tabel L.5 Data Optimasi Konsentrasi

Variasi (ppm)	Massa Adsorben (g)	V.Lar (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
10	0,15	25	10,5739	1,4736	1,517
20	0,15	25	19,130	2,9379	2,699
40	0,15	25	55,912	9,570	7,724
60	0,15	25	73,826	33,077	6,792
80	0,15	25	83,524	46,809	6,119
100	0,15	25	93,005	55,951	6,176
120	0,15	25	114,055	90,415	3,932

6. Data Kinetika Adsorpsi

Tabel L.6 Kinetika Adsorpsi

<i>Pseudo Orde 1</i>			<i>Pseudo Orde 2</i>		
Qe (mg/g)	K ₁ (min ⁻¹)	R ²	Qe (mg/g)	K ₂ (min ⁻¹)	R ²
0,080246	-0,01838	0,1474	2,03704	-0,3529	0,997

7. Data Isoterm Adsorpsi

Tabel L.7 Isoterm Adsorpsi

Langmuir			Freundlich		
Qe (mg/g)	K ₁ (L/mg)	R ²	1/n	Kf (mg/g)	R ²
0,97065	1,12218	0,91807	3,7875	2,1092	0,49673

8. Data Adsorpsi pada Kerang Darah

Tabel L.9 Data Adsorpsi Kerang Darah

Adsorben	Massa Adsorben (g)	V.Lar (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
S-AF 75	0,15	25	6,89	2,31	0,764

Lampiran 3. Perhitungan Analisis Data

1. Pembuatan Larutan

a. Larutan HCl 6M

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 12 \text{ M} = 6 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

b. Larutan NaOH 0,5M

$$\text{Massa} = \text{konsentrasi} \times \text{volume} \times \text{massa molar}$$

$$= 0,5\text{M} \times 0,02\text{L} \times 40 \text{ g/mol}$$

$$= 0,4 \text{ gram}$$

c. Larutan HNO₃ 10%

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 14,444 = 50 \text{ mL} \times 2,222$$

$$V_1 = 7 \text{ mL}$$

d. Larutan Pb(II) 1000 ppm

Membuat larutan Pb(II) dari padatan Pb(NO₃)₂

(Ar Pb= 207 g/mol, Mr Pb(NO₃)₂= 331,2098 g/mol),

dengan volume 500 mL

- Larutan induk 1000 ppm= 1000 mg/L= 1 g/L

- Massa Pb(NO₃)₂ yang digunakan

$$\text{Massa} = \frac{\text{Mr Pb(NO}_3)_2}{\text{Ar Pb}} \times 1 \text{ g/L} \times 0,50 \text{ L}$$

$$= \frac{331,2098}{207} \times 0,50$$

$$= 0,4 \text{ gram}$$

e. Pengenceran larutan Pb(II)

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Keterangan:

M_1 = Konsentrasi Larutan Induk (1000 ppm)

M_2 = Konsentrasi yang diinginkan (ppm)

V_1 = Volume larutan yang dibutuhkan (mL)

V_2 = Volume larutan setelah pengenceran (mL)

1) Larutan Pb(II) 80 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 80 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8$$

2) Larutan Pb(II) 60 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 60 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6$$

3) Larutan Pb(II) 40 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 40 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4$$

4) Larutan Pb(II) 20 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2$$

5) Larutan Pb(II) 10 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1$$

6) Larutan Pb(II) 8 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 8 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8$$

7) Larutan Pb(II) 4 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 4 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4$$

8) Larutan Pb(II) 2 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 2 \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2$$

9) Larutan Pb(II) 1 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \times 100 \text{ mL}$$

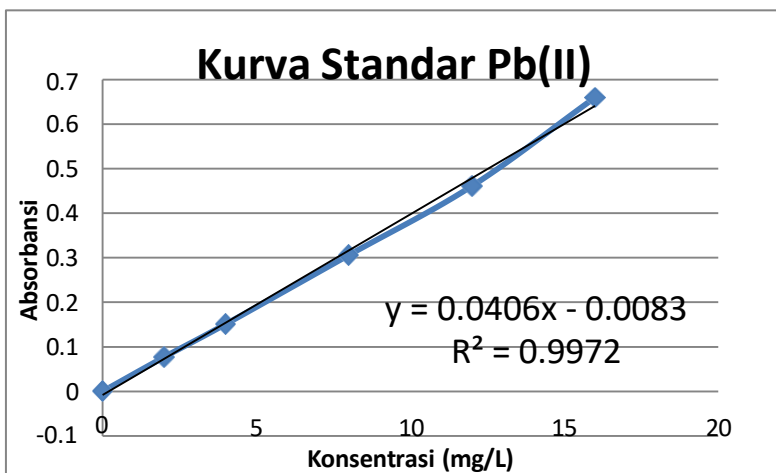
$$V_1 = 1$$

2. Kurva Standar Pb(II)

Tabel L.10 Kurva Standar Pb(II)

Konsentrasi Larutan Standar Pb(II) (mg/L)	Nilai Absorbansi
0	0
2	0,077
4	0,151
8	0,306
12	0,461
16	0,660

Tabel L.10 dapat dibuat grafik kurva standar Pb(II) yang disajikan pada Gambar L.1



Gambar L.1 Grafik Kurva Standar Pb(II)

3. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

Rumus:

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{w} \times V$$

Keterangan:

Q_e : kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o : konsentrasi awal (mg/L)

C_e : konsentrasi akhir (mg/L)

W : massa adsorben (g)

V : volume larutan ion logam Pb(II)

a. Variasi awal

1) Silika A

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(45,336 - 44,859) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 0,0597 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

2) S-AF 25 A

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(45,336 - 36,197) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 1,143 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

3) S-AF 50 A

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(45,336 - 33,200) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 1,517 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

4) S-AF 50 B

$$Q_e = \frac{(45,336 - 29,684) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 1,957 \text{ mg/g}$$

5) S-AF 75 A

$$Q_e = \frac{(45,336 - 29,268) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,009 \text{ mg/g}$$

6) S-AF 75 B

$$Q_e = \frac{(45,336 - 25,826) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,439 \text{ mg/g}$$

7) Asam Fulvat A

$$Q_e = \frac{(45,336 - 45,561) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = -0,029 \text{ mg/g}$$

8) Asam Fulvat B

$$Q_e = \frac{(45,336 - 50,478) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = -0,643 \text{ mg/g}$$

b. Variasi pH

1) pH 2

$$Q_e = \frac{(47,633 - 55,004) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = -0,921 \text{ mg/g}$$

2) pH 3

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(47,633 - 48,580) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= -0,119 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

3) pH 4

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(47,633 - 36,148) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 1,436 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

4) pH 5 A

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(47,633 - 34,118) \text{ mg/L}}{0,20} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 1,689 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

5) pH 5 B

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(47,633 - 27,875) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 2,469 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

6) pH 6 A

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(47,633 - 7,896) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 4,968 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

7) pH 6 B

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(47,633 - 12,241) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ &= 4,424 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

c. Variasi massa

1) 0,15 g A

$$Q_e = \frac{(23,243 - 2,6080)\text{mg/L}}{0,15 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 3,439 \text{ mg/g}$$

2) 0,15 g B

$$Q_e = \frac{(23,243 - 2,6918)\text{mg/L}}{0,15 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 3,426 \text{ mg/g}$$

3) 0,20 g A

$$Q_e = \frac{(23,243 - 0,7699) \text{ mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,809 \text{ mg/g}$$

4) 0,20 g B

$$Q_e = \frac{(23,243 - 1,0319)\text{mg/L}}{0,20 \text{ g}} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,776 \text{ mg/g}$$

5) 0,25 g A

$$Q_e = \frac{(23,243 - 0,8879) \text{ mg/L}}{0,25} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,236 \text{ mg/g}$$

6) 0,25 g B

$$Q_e = \frac{(23,243 - 0,6462)\text{mg/L}}{0,25} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,259 \text{ mg/g}$$

d. Variasi waktu kontak

1) 5 menit

$$Q_e = \frac{(15,670 - 4,6677) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 1,834 \text{ mg/g}$$

2) 15 menit A

$$Q_e = \frac{(15,670 - 3,2259) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 2,075 \text{ mg/g}$$

3) 15 menit B

$$Q_e = \frac{(15,670 - 3,5299) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 2,024 \text{ mg/g}$$

4) 30 menit A

$$Q_e = \frac{(15,670 - 1,8636) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 2,302 \text{ mg/g}$$

5) 30 menit B

$$Q_e = \frac{(15,670 - 2,5059) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 2,195 \text{ mg/g}$$

6) 45 menit A

$$Q_e = \frac{(15,670 - 3,7446) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 1,987 \text{ mg/g}$$

7) 45 menit B

$$Q_e = \frac{(15,670 - 3,0070)\text{mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,110 \text{ mg/g}$$

8) 60 menit A

$$Q_e = \frac{(15,670 - 2,6411) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,172 \text{ mg/g}$$

9) 60 menit B

$$Q_e = \frac{(15,670 - 2,3220)\text{mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,225 \text{ mg/g}$$

10) 90 menit A

$$Q_e = \frac{(15,670 - 1,8774) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,298 \text{ mg/g}$$

11) 90 menit B

$$Q_e = \frac{(15,670 - 3,8904)\text{mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L} \\ = 1,964 \text{ mg/g}$$

12) 120 menit

$$Q_e = \frac{(15,670 - 3,6411) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L} \\ = 2,005 \text{ mg/g}$$

e. Variasi konsentrasi

1) 10 ppm

$$Q_e = \frac{(10,5739 - 1,4736) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 1,517 \text{ mg/g}$$

2) 20 ppm

$$Q_e = \frac{(19,130 - 2,9379) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 2,699 \text{ mg/g}$$

3) 40 ppm

$$Q_e = \frac{(55,912 - 9,570) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 7,724 \text{ mg/g}$$

4) 60 ppm

$$Q_e = \frac{(73,826 - 33,077) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 6,792 \text{ mg/g}$$

5) 80 ppm

$$Q_e = \frac{(83,524 - 46,809) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 6,119 \text{ mg/g}$$

6) 100 ppm

$$Q_e = \frac{(93,005 - 55,951) \text{ mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 6,176 \text{ mg/g}$$

7) 120 ppm

$$Q_e = \frac{(114,055 - 90,415)\text{mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 3,932 \text{ mg/g}$$

f. Kapasitas adsorpsi kerang darah

$$Q_e = \frac{(6,89 - 2,31)\text{mg/L}}{0,15} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,764 \text{ mg/g}$$

4. Perhitungan Kinetika Adsorpsi

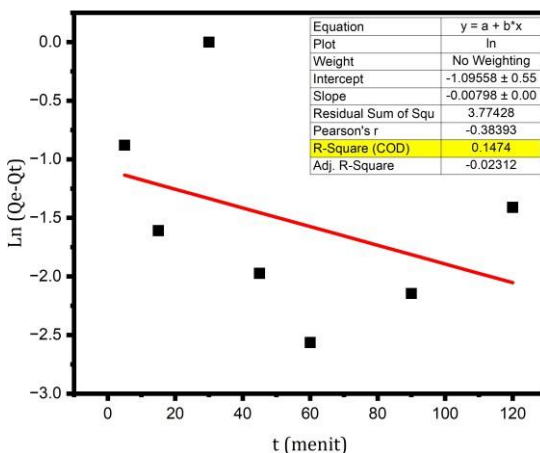
a. Pseudo orde satu

Tabel L.11 Data Penentuan Pseudo Orde Satu

t (menit)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	Ln (Qe-Qt)
5	2,249	1,834	0,415	-0,8794768
15	2,249	2,049	0,2	-1,6094379
30	2,249	2,249	0	
45	2,249	2,110	0,139	-1,9732814
60	2,249	2,172	0,077	-2,5639498
90	2,249	2,132	0,117	-2,1455814
120	2,249	2,005	0,244	-1,4105871

Berdasarkan data kinetika adsorpsi pseudo orde satu pada Tabel L.11 maka dapat digambarkan kurva

persamaan linearnya yaitu antara waktu (t) sebagai sumbu x dan $\ln (Q_e - Q_t)$ sebagai sumbu y seperti Gambar L.2.



Gambar L.2 Grafik *Pseudo* Orde satu

Berdasarkan persamaan linear $y = -0,00798x - 1,09558$ maka dapat dihitung untuk nilai k_1 dan Q_e sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = -0,00798x - 1,09558$$

$$R^2 = 0,1474$$

$$\frac{K_1}{2,303} = a$$

$$\frac{K_1}{2,303} = -0,00798$$

$$K_1 = -0,01838$$

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

$$\text{Log } Q_e = -1,09558$$

$$Q_e = 10^{-1,09558}$$

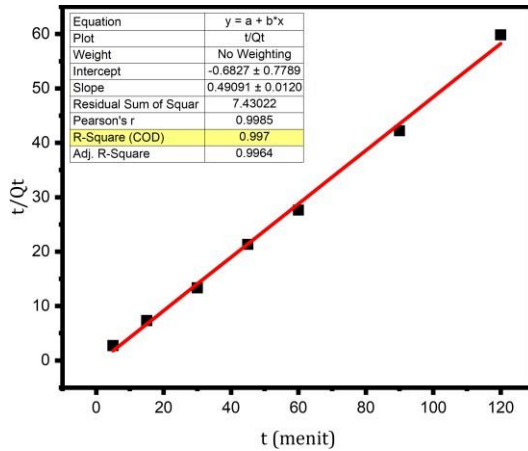
$$= 0,080246$$

b. *Pseudo* orde dua

Tabel L.12 *Pseudo* Orde Dua

t (menit)	Qt (mg/g)	Qe (mg/g)	t/qt
5	1,834	2,249	2,72629
15	2,049	2,249	7,320645
30	2,249	2,249	13,33927
45	2,110	2,249	21,32702
60	2,172	2,249	27,62431
90	2,132	2,249	42,21389
120	2,005	2,249	59,85038

Berdasarkan data kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua pada Tabel L.12 maka dapat digambarkan kurva persamaan linearnya yaitu antara waktu (t) sebagai sumbu x dan t/Qt sebagai sumbu y seperti Gambar L.3.



Gambar L.3 Grafik *Pseudo* Orde Dua
Berdasarkan persamaan linear $y = 0,49091x - 0,6827$ maka dapat dihitung untuk nilai k_2 dan Q_e sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,49091x - 0,6827$$

$$R^2 = 0,997$$

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

$$\frac{1}{Q_e} = 0,49091$$

$$Q_e = \frac{1}{0,49091}$$

$$Q_e = 2,03704$$

$$\frac{1}{K_2 \cdot Q_e^2} = b$$

$$\frac{1}{K_2 \cdot 2,03704^2} = -0,6827$$

$$K_2 = \frac{1}{-0,6827 \cdot (2,03704)^2}$$

$$K_2 = -0,3529$$

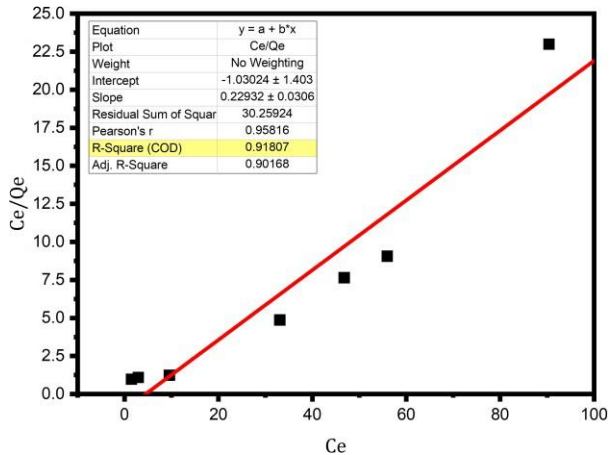
5. Perhitungan Isoterm Adsorpsi

a. Langmuir

Tabel L.13 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Ce/Qe
10,5739	1,4736	1,517	0,97214
19,130	2,9379	2,699	1,08852
55,912	9,570	7,724	1,23899
73,826	33,077	6,792	4,86999
83,524	46,809	6,119	7,64978
93,005	55,951	6,176	9,05942
114,005	90,415	3,932	22,9947

Berdasarkan data pada Tabel L.13 dapat digambarkan kurva persamaan linier antara Ce vs Ce/Qe dengan intersep = $1/K_L \cdot Q_{\max}$ dan slopenya adalah $1/b$, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar L4.



Gambar L.4 Grafik Isoterm Langmuir
Berdasarkan Gambar L.4 diperoleh persamaan isoterm adsorpsi langmuir $y = 0,22932x - 1,03024$ dengan $R^2 = 0,91807$. Untuk mencari KL dan Q_e , maka dapat dihitung melalui cara berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,22932x - 1,03024$$

$$R^2 = 0,91807$$

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

$$Q_e = \frac{1}{1,03024}$$

$$Q_e = 0,97065$$

$$\frac{1}{Q_e \cdot K_1} = a$$

$$\frac{1}{0,97065.K_1} = 0,91807$$

$$K_1 = \frac{1}{0,97065 \cdot 0,91807}$$

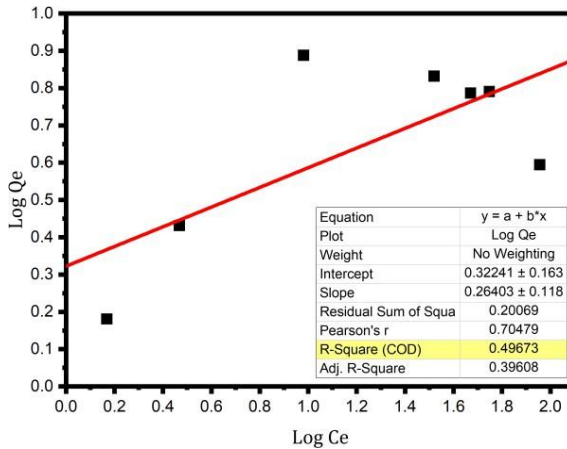
$$K_1 = 1,12218$$

b. Freundlich

Tabel L.14 Isoterm Freundlich

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
10,5739	1,4736	1,517	0,16838	0,18099
19,130	2,9379	2,699	0,46804	0,43121
55,912	9,570	7,724	0,98092	0,88785
73,826	33,077	6,792	1,51953	0,83199
83,524	46,809	6,119	1,67033	0,78669
93,005	55,951	6,176	1,74781	0,79071
114,005	90,415	3,932	1,95625	0,59462

Berdasarkan data pada Tabel L.14 dapat digambarkan kurva persamaan linier antara Log Ce vs Log Qe dengan intersep = $1/n$ dan slopenya adalah log Kf, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar L.5.



Gambar L.5 Grafik Isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar L.5 diperoleh persamaan isoterm adsorpsi langmuir $y = 0,26403x + 0,32241$ dengan $R^2 = 0,49673$. Untuk mencari Kf dan Qe, maka dapat dihitung melalui cara berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,26403x + 0,32241$$

$$R^2 = 0,49673$$

$$\text{Log } Q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

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

$$\text{Log } k_f = 0,32241$$

$$K_f = 10^{0,32241}$$

$$K_f = 2,109115$$

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

$$\frac{1}{n} = 0,26403$$

$$n = \frac{1}{0,26403}$$

$$n = 3,7875$$

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



Sekam Padi



Sekam Padi bersih



Proses *furnace*



Pengerinan Oven



Setelah pemurnian silika



Silika 100 mesh



Asam fulvat



Asam fulvat 100 mesh



Silika termodifikasi Asam fulvat



Proses pengujian hasil adsorpsi



Larutan logam Pb(II) pada pH 7
terbentuk endapan putih



Sampel Kerang Darah



Kerang darah setelah dihaluskan



Pengeringan sampel



Sampel di *furnace*



Penyaringan sampel dari proses pengabuan kering



Hasil destruksi kering



Pengujian sampel hasil adsorpsi

1. Hasil Karakterisasi XRF

SOX Calculation Result

Diameter : 30.0 mm

No.	Component	Result	Unit	El. line	Intensity	Analyzing depth
1	Total	414	mg/cm ²			
2	MgO	0.506	mass%	Mg-Kα	0.0628	0.0276
3	Al ₂ O ₃	3.95	mass%	Al-Kα	3.1349	0.0403
4	SiO ₂	66.2	mass%	Si-Kα	50.9156	0.0544
5	P ₂ O ₅	0.0869	mass%	P-Kα	0.0540	0.0403
6	SO ₃	0.0216	mass%	S-Kα	0.0252	0.0544
7	K ₂ O	1.24	mass%	K-Kα	2.4290	0.1622
8	CaO	1.07	mass%	Ca-Kα	3.0676	0.2096
9	TiO ₂	0.242	mass%	Ti-Kα	0.1670	0.3445
10	MnO	0.0918	mass%	Mn-Kα	0.3068	0.7232
11	Fe ₂ O ₃	2.21	mass%	Fe-Kα	10.8700	0.9164
12	CuO	0.0096	mass%	Cu-Kα	0.1200	1.6007
13	ZnO	0.0135	mass%	Zn-Kα	0.2291	1.9661
14	Rb ₂ O	0.0045	mass%	Rb-Kα	0.2573	6.9213
15	SrO	0.0094	mass%	Sr-Kα	0.5626	8.0571
16	ZrO ₂	0.0070	mass%	Zr-Kα	0.6107	10.6912
17	Balance	24.3	mass%	Pd-KAC	7.7855	

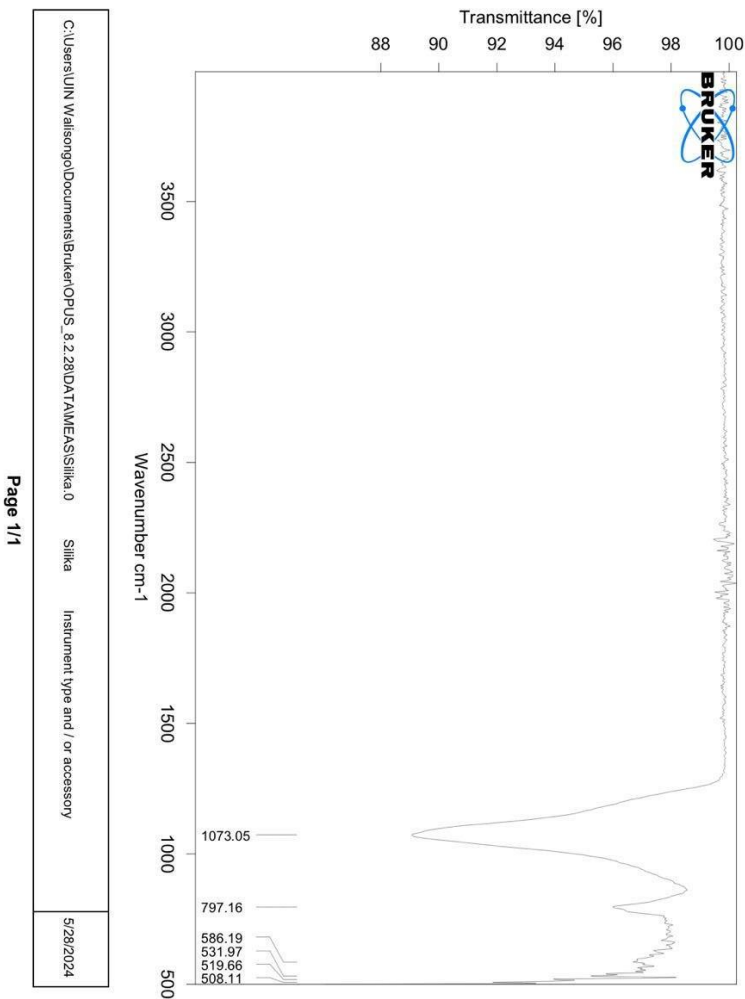
131

SQX Calculation Result						
Sample : SP24094908011				Date analyzed : 2024- 6- 7 15:44		
Application : Powder				Sample type : Oxide Powder		
Balance : Estimate						
Matching library :						
Density : 414.3121 mg/cm2		Sample film corr. : P.P.Film		Impurity corr. :		
Helium corr. : Yes		File : SP24094908011				
Weight : 2.9286 g		Height : 10.0 mm		Diameter : 30.0 mm		
No.	Component	Result	Unit	El. line	Intensity	Analyzing depth
1	Total	414	mg/cm2			
2	Mg	0.303	mass%	Mg-KA	0.0628	0.0277
3	Al	2.08	mass%	Al-KA	3.1349	0.0406
4	Si	30.7	mass%	Si-KA	50.9156	0.0548
5	P	0.0376	mass%	P -KA	0.0540	0.0406
6	S	0.0086	mass%	S -KA	0.0252	0.0548
7	K	1.02	mass%	K -KA	2.4290	0.1634
8	Ca	0.758	mass%	Ca-KA	3.0676	0.2112
9	Ti	0.144	mass%	Ti-KA	0.1670	0.3468
10	Mn	0.0706	mass%	Mn-KA	0.3068	0.7283
11	Fe	1.53	mass%	Fe-KA	10.8700	0.9230
12	Cu	0.0076	mass%	Cu-KA	0.1200	1.6126
13	Zn	0.0108	mass%	Zn-KA	0.2291	1.9809
14	Rb	0.0041	mass%	Rb-KA	0.2573	6.9753
15	Sr	0.0079	mass%	Sr-KA	0.5626	8.1201
16	Zr	0.0051	mass%	Zr-KA	0.6107	10.7752
17	Balance	63.3	mass%	Pd-KAC	7.7855	

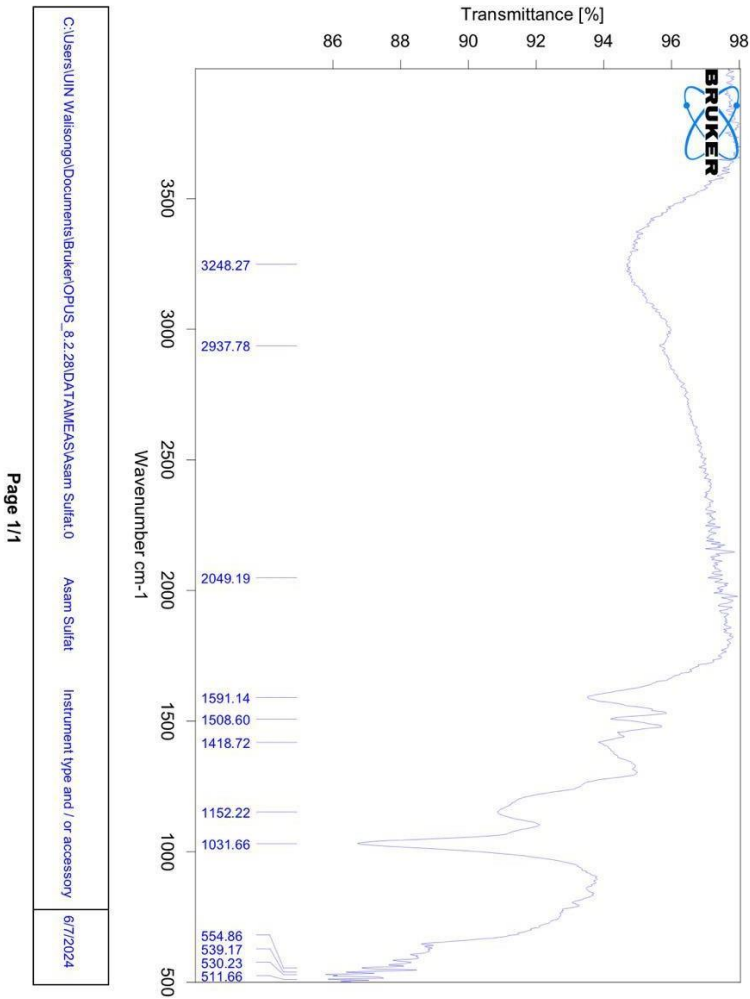
Rigaku

2. Hasil Karakterisasi FTIR

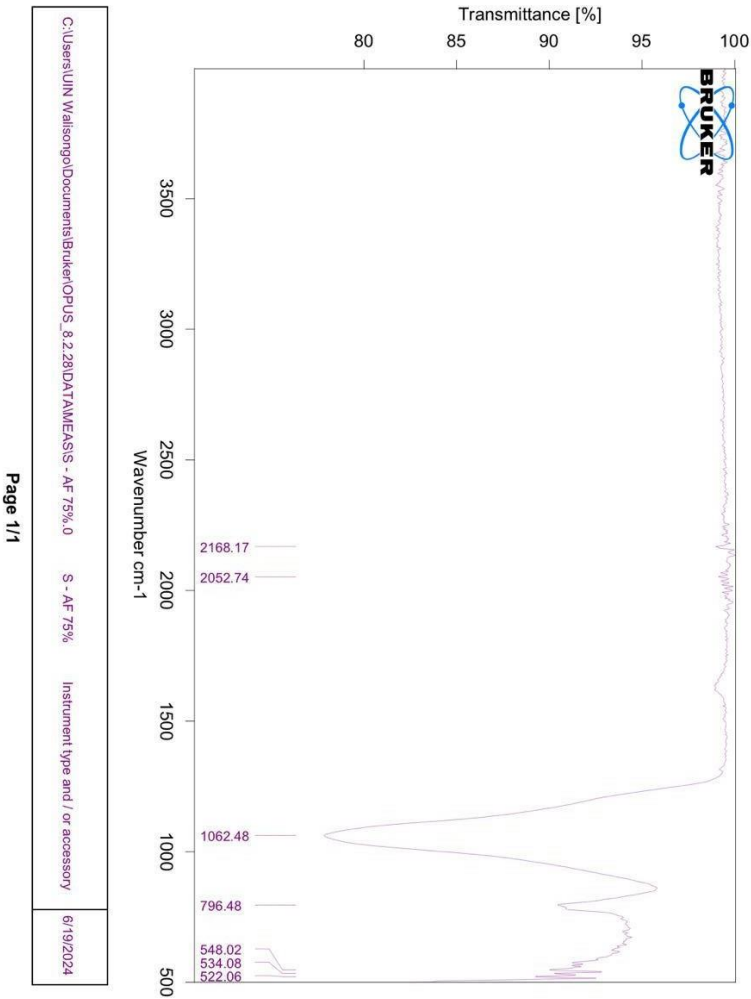
a. Silika sekam padi



b. Serbuk Asam fulvat

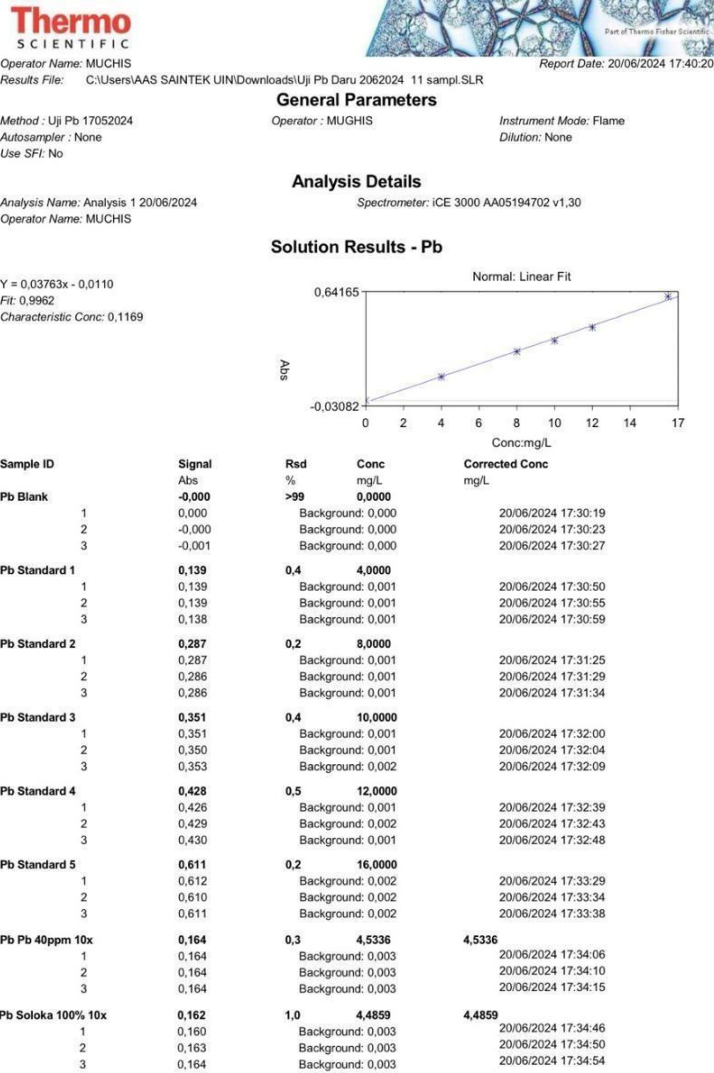


c. Silika-asam fulvat



3. Hasil Uji AAS

a. Optimasi komposisi silika-asam fulvat



SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Report Date: 20/06/2024 17:40:20

Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 2062024 11 sampl.SLR

Solution Results - Pb

Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb S-AF 25% 10x	0,131	1,2	3,6197	3,6197
1	0,129	Background: 0,003		20/06/2024 17:35:16
2	0,131	Background: 0,003		20/06/2024 17:35:20
3	0,132	Background: 0,003		20/06/2024 17:35:24
Pb S-AF 50% A 10x	0,120	1,4	3,3200	3,3200
1	0,118	Background: 0,003		20/06/2024 17:35:51
2	0,120	Background: 0,003		20/06/2024 17:35:56
3	0,122	Background: 0,003		20/06/2024 17:36:00
Pb S-AF 50% B 10x	0,101	0,7	2,9684	2,9684
1	0,100	Background: 0,000		20/06/2024 17:36:25
2	0,100	Background: 0,001		20/06/2024 17:36:29
3	0,101	Background: 0,001		20/06/2024 17:36:33
Pb S-AF 75% A 10x	0,099	1,4	2,9268	2,9268
1	0,098	Background: -0,000		20/06/2024 17:37:01
2	0,099	Background: 0,001		20/06/2024 17:37:05
3	0,101	Background: 0,000		20/06/2024 17:37:10
Pb S-AF 75% B 10x	0,086	1,5	2,5826	2,5826
1	0,085	Background: -0,000		20/06/2024 17:37:36
2	0,086	Background: 0,000		20/06/2024 17:37:40
3	0,087	Background: 0,000		20/06/2024 17:37:44
Pb As FULVAT 100% A 10	0,160	0,8	4,5561	4,5561
1	0,159	Background: 0,001		20/06/2024 17:38:12
2	0,160	Background: 0,001		20/06/2024 17:38:16
3	0,162	Background: 0,001		20/06/2024 17:38:20
Pb As FULVAT 100%B 10	0,179	0,7	5,0478	5,0478
1	0,178	Background: 0,001		20/06/2024 17:38:41
2	0,180	Background: 0,001		20/06/2024 17:38:46
3	0,179	Background: 0,001		20/06/2024 17:38:50

b. Optimasi pH



Operator Name: MUCHIS

Results File: C:\Users\AAS SAINTEX UIN\Downloads\Uji Pb Daru 2762024 new.SLR

Method : Uji Pb 17052024

Autosampler : None

Use SFI: No

General Parameters

Operator : MUGHIS

Instrument Mode: Flame

Dilution: None

Analysis Details

Analysis Name: Analysis 1 27/06/2024

Operator Name: MUCHIS

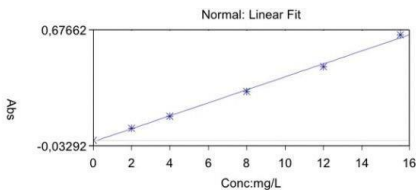
Spectrometer: ICE 3000 AA05194702 v1.30

Solution Results - Pb

Y = 0.03973x - 0.0095

Fit: 0.9973

Characteristic Conc: 0.1108



Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Blank	-0.001	33.6	0.0000	
1	-0.000	Background: -0.000		27/06/2024 08:30:07
2	-0.001	Background: 0.000		27/06/2024 08:30:11
3	-0.001	Background: -0.000		27/06/2024 08:30:16
Pb Standard 1	0.073	0.4	2.0000	
1	0.074	Background: -0.000		27/06/2024 08:30:41
2	0.073	Background: -0.000		27/06/2024 08:30:45
3	0.073	Background: -0.000		27/06/2024 08:30:50
Pb Standard 2	0.146	0.6	4.0000	
1	0.145	Background: 0.000		27/06/2024 08:31:19
2	0.146	Background: 0.000		27/06/2024 08:31:23
3	0.147	Background: 0.000		27/06/2024 08:31:27
Pb Standard 3	0.298	0.8	8.0000	
1	0.300	Background: 0.001		27/06/2024 08:31:58
2	0.299	Background: 0.001		27/06/2024 08:32:02
3	0.296	Background: 0.001		27/06/2024 08:32:06
Pb Standard 4	0.450	0.2	12.0000	
1	0.450	Background: 0.001		27/06/2024 08:32:40
2	0.451	Background: 0.001		27/06/2024 08:32:45
3	0.450	Background: 0.001		27/06/2024 08:32:49
Pb Standard 5	0.644	0.7	16.0000	
1	0.649	Background: 0.002		27/06/2024 08:33:20
2	0.645	Background: 0.002		27/06/2024 08:33:24
3	0.639	Background: 0.002		27/06/2024 08:33:28
Pb Pb 40ppm 10x	0.172	0.7	4.7633	
1	0.171	Background: 0.003		27/06/2024 08:34:10
2	0.172	Background: 0.003		27/06/2024 08:34:14
3	0.174	Background: 0.003		27/06/2024 08:34:18
Pb pH 2 10x	0.209	0.2	5.5004	
1	0.209	Background: -0.000		27/06/2024 08:34:50
2	0.209	Background: 0.000		27/06/2024 08:34:54
3	0.209	Background: -0.000		27/06/2024 08:34:59

SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 2762024 new.SLR

Report Date: 27/06/2024 08:40:58

Solution Results - Pb

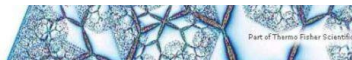
Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb pH 3 10x	0,184	0,4	4,8580	4,8580
	10,183	Background: 0,001		27/06/2024 08:35:28
	20,184	Background: 0,001		27/06/2024 08:35:33
	30,184	Background: 0,000		27/06/2024 08:35:37
Pb pH 4 10x	0,125	1,1	3,6148	3,6148
	10,124	Background: 0,001		27/06/2024 08:36:03
	20,125	Background: 0,001		27/06/2024 08:36:08
	30,126	Background: 0,000		27/06/2024 08:36:12
Pb pH 5 A 10x	0,126	1,5	3,4118	3,4118
	10,124	Background: 0,000		27/06/2024 08:38:32
	20,127	Background: 0,000		27/06/2024 08:38:36
	30,127	Background: 0,000		27/06/2024 08:38:41
Pb pH 5 B 10x	0,101	1,8	2,7875	2,7875
	10,099	Background: 0,000		27/06/2024 08:39:07
	20,101	Background: 0,000		27/06/2024 08:39:11
	30,103	Background: 0,000		27/06/2024 08:39:15
Pb pH 6 A 10x	0,022	3,7	0,7896	0,7896
	10,021	Background: -0,001		27/06/2024 08:39:44
	20,022	Background: -0,000		27/06/2024 08:39:49
	30,023	Background: -0,000		27/06/2024 08:39:53
Pb pH 6 B 10x	0,039	2,6	1,2241	1,2241
	10,038	Background: -0,000		27/06/2024 08:40:18
	20,039	Background: -0,000		27/06/2024 08:40:22
	30,040	Background: -0,000		27/06/2024 08:40:27

c. Optimasi Massa



Operator Name: MUCHIS

Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 672024.SLR



Report Date: 05/07/2024 09:06:35

General Parameters

Method : Uji Pb 17052024

Autosampler : None

Use SFI: No

Operator : MUGHIS

Instrument Mode: Flame

Dilution: None

Analysis Details

Analysis Name: Analysis 1 05/07/2024

Operator Name: MUCHIS

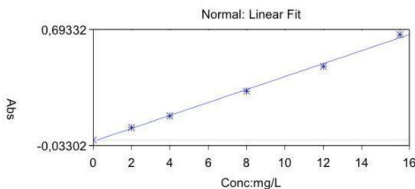
Spectrometer: ICE 3000 AA05194702 v1.30

Solution Results - Pb

Y = 0.04059x - 0.0083

Fit: 0.9971

Characteristic Conc: 0.1084



Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Blank	-0.000	>99	0.0000	
1	0.000	Background: 0.000		05/07/2024 08:39:27
2	-0.000	Background: -0.000		05/07/2024 08:39:31
3	-0.000	Background: -0.000		05/07/2024 08:39:35
Pb Standard 1	0.077	0.6	2.0000	
1	0.078	Background: -0.000		05/07/2024 08:39:55
2	0.077	Background: 0.000		05/07/2024 08:40:00
3	0.077	Background: 0.000		05/07/2024 08:40:04
Pb Standard 2	0.151	0.8	4.0000	
1	0.152	Background: 0.001		05/07/2024 08:40:31
2	0.150	Background: 0.000		05/07/2024 08:40:35
3	0.150	Background: 0.000		05/07/2024 08:40:39
Pb Standard 3	0.306	0.2	8.0000	
1	0.306	Background: 0.001		05/07/2024 08:41:04
2	0.306	Background: 0.001		05/07/2024 08:41:08
3	0.305	Background: 0.001		05/07/2024 08:41:13
Pb Standard 4	0.461	0.2	12.0000	
1	0.460	Background: 0.002		05/07/2024 08:41:37
2	0.461	Background: 0.001		05/07/2024 08:41:41
3	0.461	Background: 0.002		05/07/2024 08:41:45
Pb Standard 5	0.660	0.4	16.0000	
1	0.663	Background: 0.003		05/07/2024 08:42:10
2	0.657	Background: 0.002		05/07/2024 08:42:14
3	0.661	Background: 0.002		05/07/2024 08:42:18
Pb Pb 20ppm 10x	0.086	1.1	2.3243	2.3243
1	0.085	Background: 0.000		05/07/2024 09:05:39
2	0.086	Background: 0.001		05/07/2024 09:05:43
3	0.087	Background: 0.000		05/07/2024 09:05:47
Pb Pb 0.15 g A	0.098	0.5	2.6080	2.6080
1	0.098	Background: 0.001		05/07/2024 08:49:28
2	0.097	Background: 0.001		05/07/2024 08:49:32
3	0.097	Background: 0.001		05/07/2024 08:49:37

SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Report Date: 05/07/2024 09:06:35

Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 672024.SLR

Solution Results - Pb

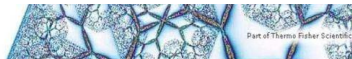
Sample ID	Signal	Rsd	Conc	Corrected Conc
	Abs	%	mg/L	mg/L
Pb Pb 0.15 g B	0,101	0,4	2,6918	2,6918
1	0,101	Background: 0,001		05/07/2024 08:51:01
2	0,101	Background: 0,001		05/07/2024 08:51:06
3	0,101	Background: 0,000		05/07/2024 08:51:10
Pb Pb 0.20 g A	0,023	2,8	0,7699	0,7699
1	0,023	Background: 0,000		05/07/2024 08:52:55
2	0,022	Background: 0,001		05/07/2024 08:52:59
3	0,024	Background: 0,000		05/07/2024 08:53:04
Pb Pb 0.20 g B	0,034	0,9	1,0319	1,0319
1	0,034	Background: -0,001		05/07/2024 08:54:30
2	0,034	Background: -0,000		05/07/2024 08:54:35
3	0,033	Background: -0,000		05/07/2024 08:54:39
Pb Pb 0.25 g A	0,028	0,5	0,8879	0,8879
1	0,028	Background: -0,000		05/07/2024 08:46:46
2	0,028	Background: -0,000		05/07/2024 08:46:50
3	0,028	Background: 0,000		05/07/2024 08:46:55
Pb Pb 0.25 g B	0,018	0,4	0,6462	0,6462
1	0,018	Background: 0,000		05/07/2024 08:47:23
2	0,018	Background: 0,000		05/07/2024 08:47:28
3	0,018	Background: 0,000		05/07/2024 08:47:32

d. Optimasi Waktu Kontak



Operator Name: MUCHIS

Results File: C:\Users\AAS SAINTEX UIN\Downloads\Uji Pb Daru 1272024.SLR



Report Date: 12/07/2024 09:08:31

General Parameters

Method : Uji Pb 17052024

Autosampler : None

Use SFI: No

Operator : MUCHIS

Instrument Mode: Flame

Dilution: None

Analysis Details

Analysis Name: Analysis 1 12/07/2024

Operator Name: MUCHIS

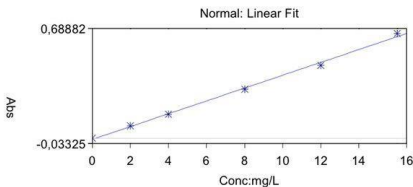
Spectrometer: ICE 3000 AA05194702 v1.30

Solution Results - Pb

Y = 0,04032x - 0,0088

Fit: 0,9969

Characteristic Conc: 0,1091



Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Blank	-0,000	89,7	0,0000	
	1 -0,000		Background: 0,000	12/07/2024 08:56:10
	2 -0,000		Background: 0,000	12/07/2024 08:56:14
	3 -0,001		Background: 0,001	12/07/2024 08:56:19
Pb Standard 1	0,076	0,4	2,0000	
	1 0,076		Background: 0,000	12/07/2024 08:56:42
	2 0,076		Background: 0,001	12/07/2024 08:56:47
	3 0,076		Background: 0,001	12/07/2024 08:56:51
Pb Standard 2	0,149	0,3	4,0000	
	1 0,149		Background: 0,001	12/07/2024 08:57:33
	2 0,149		Background: 0,001	12/07/2024 08:57:37
	3 0,148		Background: 0,001	12/07/2024 08:57:41
Pb Standard 3	0,305	0,2	8,0000	
	1 0,305		Background: 0,002	12/07/2024 08:58:06
	2 0,305		Background: 0,002	12/07/2024 08:58:10
	3 0,306		Background: 0,002	12/07/2024 08:58:15
Pb Standard 4	0,455	0,5	12,0000	
	1 0,458		Background: 0,003	12/07/2024 08:58:42
	2 0,454		Background: 0,003	12/07/2024 08:58:46
	3 0,454		Background: 0,003	12/07/2024 08:58:50
Pb Standard 5	0,656	0,4	16,0000	
	1 0,656		Background: 0,004	12/07/2024 08:59:16
	2 0,654		Background: 0,004	12/07/2024 08:59:20
	3 0,658		Background: 0,004	12/07/2024 08:59:24
Pb 5 Menit	0,179	0,3	4,6677	4,6677
	1 0,180		Background: 0,002	12/07/2024 09:00:03
	2 0,179		Background: 0,002	12/07/2024 09:00:08
	3 0,179		Background: 0,002	12/07/2024 09:00:12
Pb 15 A	0,121	0,4	3,2259	3,2259
	1 0,121		Background: 0,002	12/07/2024 09:00:47
	2 0,121		Background: 0,002	12/07/2024 09:00:51
	3 0,122		Background: 0,002	12/07/2024 09:00:56

SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Report Date: 12/07/2024 09:08:31

Results File: C:\Users\AAS SAINTEX UIN\Downloads\Uji Pb Daru 1272024.SLR

Solution Results - Pb

Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb 15 B	0,134	0,3	3,5299	3,5299
1	0,133	Background: 0,002		12/07/2024 09:01:19
2	0,134	Background: 0,002		12/07/2024 09:01:23
3	0,134	Background: 0,002		12/07/2024 09:01:28
Pb 30 A	0,142	0,3	3,7446	3,7446
1	0,142	Background: 0,002		12/07/2024 09:01:52
2	0,143	Background: 0,002		12/07/2024 09:01:56
3	0,142	Background: 0,002		12/07/2024 09:02:01
Pb 30 B	0,112	0,6	3,0070	3,0070
1	0,113	Background: 0,002		12/07/2024 09:02:26
2	0,113	Background: 0,002		12/07/2024 09:02:30
3	0,112	Background: 0,002		12/07/2024 09:02:35
Pb 45 A	0,066	0,7	1,8636	1,8636
1	0,066	Background: 0,002		12/07/2024 09:02:58
2	0,066	Background: 0,002		12/07/2024 09:03:02
3	0,067	Background: 0,002		12/07/2024 09:03:06
Pb 45 B	0,092	0,5	2,5059	2,5059
1	0,092	Background: 0,002		12/07/2024 09:03:30
2	0,092	Background: 0,002		12/07/2024 09:03:35
3	0,093	Background: 0,002		12/07/2024 09:03:39
Pb 60 A	0,098	0,6	2,6411	2,6411
1	0,098	Background: 0,002		12/07/2024 09:04:03
2	0,097	Background: 0,002		12/07/2024 09:04:07
3	0,098	Background: 0,002		12/07/2024 09:04:12
Pb 60 B	0,085	0,6	2,3220	2,3220
1	0,085	Background: 0,002		12/07/2024 09:04:39
2	0,085	Background: 0,002		12/07/2024 09:04:44
3	0,084	Background: 0,002		12/07/2024 09:04:48
Pb 90 A	0,067	1,2	1,8774	1,8774
1	0,066	Background: 0,002		12/07/2024 09:05:16
2	0,067	Background: 0,002		12/07/2024 09:05:20
3	0,068	Background: 0,002		12/07/2024 09:05:25
Pb 90 B	0,148	0,3	3,8904	3,8904
1	0,148	Background: 0,002		12/07/2024 09:05:53
2	0,148	Background: 0,002		12/07/2024 09:05:57
3	0,148	Background: 0,002		12/07/2024 09:06:02
Pb 120	0,138	0,5	3,6411	3,6411
1	0,137	Background: 0,002		12/07/2024 09:06:34
2	0,138	Background: 0,002		12/07/2024 09:06:38
3	0,139	Background: 0,002		12/07/2024 09:06:42
Pb 180	0,335	0,6	8,5173	8,5173
1	0,334	Background: 0,003		12/07/2024 09:07:10
2	0,333	Background: 0,003		12/07/2024 09:07:15
3	0,337	Background: 0,003		12/07/2024 09:07:19
Pb Pb 20ppm 10x	0,054	1,7	1,5670	1,5670
1	0,053	Background: 0,001		12/07/2024 09:07:51
2	0,054	Background: 0,002		12/07/2024 09:07:55
3	0,055	Background: 0,002		12/07/2024 09:07:59

e. Optimasi Konsentrasi

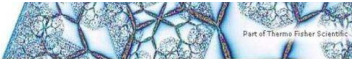
Thermo
SCIENTIFIC

Operator Name: MUCHIS
Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 1972024.SLR

Method : Uji Pb 17052024
Autosampler : None
Use SFI: No

Operator : MUCHIS

Instrument Mode: Flame
Dilution: None



Report Date: 19/07/2024 10:35:22

General Parameters

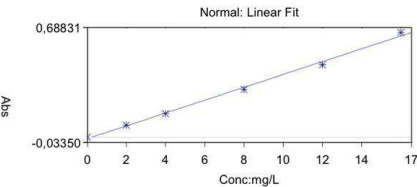
Analysis Details

Analysis Name: Analysis 1 19/07/2024
Operator Name: MUCHIS

Spectrometer: ICE 3000 AA05194702 v1.30

Solution Results - Pb

Y = 0,04028x - 0,0104
Fit: 0,9963
Characteristic Conc: 0,1092



Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Blank	-0,001	34,8	0,0000	
1	-0,000	Background: 0,001		19/07/2024 09:46:19
2	-0,001	Background: 0,001		19/07/2024 09:46:23
3	-0,001	Background: 0,001		19/07/2024 09:46:28
Pb Standard 1	0,075	0,4	2,0000	
1	0,075	Background: 0,001		19/07/2024 09:46:47
2	0,075	Background: 0,001		19/07/2024 09:46:52
3	0,075	Background: 0,001		19/07/2024 09:46:56
Pb Standard 2	0,147	0,1	4,0000	
1	0,147	Background: 0,001		19/07/2024 09:47:19
2	0,147	Background: 0,001		19/07/2024 09:47:23
3	0,147	Background: 0,002		19/07/2024 09:47:28
Pb Standard 3	0,299	0,6	8,0000	
1	0,297	Background: 0,002		19/07/2024 09:47:58
2	0,300	Background: 0,003		19/07/2024 09:48:03
3	0,300	Background: 0,003		19/07/2024 09:48:07
Pb Standard 4	0,453	0,4	12,0000	
1	0,453	Background: 0,003		19/07/2024 09:48:32
2	0,455	Background: 0,003		19/07/2024 09:48:37
3	0,452	Background: 0,003		19/07/2024 09:48:41
Pb Standard 5	0,656	0,2	16,0000	
1	0,655	Background: 0,003		19/07/2024 09:49:11
2	0,657	Background: 0,003		19/07/2024 09:49:15
3	0,655	Background: 0,004		19/07/2024 09:49:19
Pb Pb 10 ppm	0,416	0,4	10,5739	10,5739
1	0,414	Background: 0,003		19/07/2024 09:49:52
2	0,415	Background: 0,003		19/07/2024 09:49:57
3	0,417	Background: 0,003		19/07/2024 09:50:01
Pb Pb 20 ppm 10x	0,067	1,1	1,9130	1,9130
1	0,066	Background: 0,001		19/07/2024 10:20:47
2	0,066	Background: 0,001		19/07/2024 10:20:51
3	0,067	Background: 0,001		19/07/2024 10:20:55

SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Report Date: 19/07/2024 10:35:22

Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 1972024.SLR

Solution Results - Pb

Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Pb 40 ppm 10x	0,202	0,6	5,5912	5,5912
1	0,201	Background: 0,004		19/07/2024 10:34:51
2	0,203	Background: 0,003		19/07/2024 10:34:55
3	0,203	Background: 0,004		19/07/2024 10:35:00
Pb Pb 60 ppm 10x	0,287	0,6	7,3826	7,3826
1	0,285	Background: 0,002		19/07/2024 09:51:42
2	0,287	Background: 0,003		19/07/2024 09:51:46
3	0,289	Background: 0,003		19/07/2024 09:51:51
Pb Pb 80 ppm 10x	0,326	0,2	8,3524	8,3524
1	0,326	Background: 0,003		19/07/2024 09:52:16
2	0,327	Background: 0,003		19/07/2024 09:52:20
3	0,325	Background: 0,002		19/07/2024 09:52:25
Pb Pb 100 ppm 10x	0,364	0,9	9,3005	9,3005
1	0,361	Background: 0,003		19/07/2024 09:52:49
2	0,364	Background: 0,003		19/07/2024 09:52:53
3	0,367	Background: 0,003		19/07/2024 09:52:58
Pb Pb 120 ppm 10x	0,449	0,1	11,4055	11,4055
1	0,450	Background: 0,003		19/07/2024 09:53:20
2	0,449	Background: 0,004		19/07/2024 09:53:25
3	0,449	Background: 0,003		19/07/2024 09:53:29
Pb Pb 10 ppm A	0,078	0,6	2,1986	2,1986
1	0,078	Background: 0,002		19/07/2024 09:54:09
2	0,078	Background: 0,002		19/07/2024 09:54:14
3	0,079	Background: 0,002		19/07/2024 09:54:18
Pb Pb 10 ppm B	0,049	0,3	1,4736	1,4736
1	0,049	Background: 0,002		19/07/2024 09:54:55
2	0,049	Background: 0,002		19/07/2024 09:54:59
3	0,049	Background: 0,002		19/07/2024 09:55:03
Pb Pb 20 ppm A	0,124	0,9	3,3400	3,3400
1	0,123	Background: 0,002		19/07/2024 09:55:32
2	0,125	Background: 0,002		19/07/2024 09:55:36
3	0,124	Background: 0,002		19/07/2024 09:55:41
Pb Pb 20 ppm B	0,108	0,1	2,9379	2,9379
1	0,108	Background: 0,002		19/07/2024 09:56:11
2	0,108	Background: 0,002		19/07/2024 09:56:15
3	0,108	Background: 0,002		19/07/2024 09:56:19
Pb Pb 40 ppm A 10x	0,028	2,7	0,9570	0,9570
1	0,027	Background: 0,001		19/07/2024 09:56:50
2	0,028	Background: 0,002		19/07/2024 09:56:54
3	0,029	Background: 0,002		19/07/2024 09:56:59
Pb Pb 40 ppm B 10x	0,006	2,8	0,3966	0,3966
1	0,006	Background: 0,001		19/07/2024 09:57:29
2	0,005	Background: 0,001		19/07/2024 09:57:34
3	0,006	Background: 0,001		19/07/2024 09:57:38
Pb Pb 60 ppm A 10x	0,123	1,3	3,3077	3,3077
1	0,121	Background: 0,000		19/07/2024 10:25:23
2	0,123	Background: 0,001		19/07/2024 10:25:28
3	0,124	Background: 0,001		19/07/2024 10:25:32
Pb Pb 60 ppm B 10x	0,170	1,0	4,4868	4,4868
1	0,169	Background: 0,002		19/07/2024 09:58:43
2	0,170	Background: 0,003		19/07/2024 09:58:47
3	0,172	Background: 0,002		19/07/2024 09:58:52

SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

Report Date: 19/07/2024 10:35:22

Results File: C:\Users\AAS SAINTEK UIN\Downloads\Uji Pb Daru 1972024.SLR

Solution Results - Pb

Sample ID	Signal	Rsd	Conc	Corrected Conc
	Abs	%	mg/L	mg/L
Pb Pb 80 ppm A 10x	0,178	0,5	4,6809	4,6809
1	0,177	Background: 0,002		19/07/2024 09:59:20
2	0,179	Background: 0,003		19/07/2024 09:59:25
3	0,178	Background: 0,002		19/07/2024 09:59:29
Pb Pb 80 ppm B 10x	0,010	3,2	0,5166	0,5166
1	0,011	Background: -0,001		19/07/2024 10:28:54
2	0,010	Background: -0,000		19/07/2024 10:28:58
3	0,010	Background: -0,000		19/07/2024 10:29:02
Pb Pb 100 ppm A 10x	0,158	0,9	4,1736	4,1736
1	0,156	Background: 0,002		19/07/2024 10:00:35
2	0,158	Background: 0,002		19/07/2024 10:00:39
3	0,159	Background: 0,002		19/07/2024 10:00:43
Pb Pb 100 ppm B 10x	0,215	0,8	5,5951	5,5951
1	0,213	Background: 0,002		19/07/2024 10:01:13
2	0,215	Background: 0,002		19/07/2024 10:01:18
3	0,217	Background: 0,002		19/07/2024 10:01:22
Pb Pb 120 ppm A 10x	0,339	0,6	8,6763	8,6763
1	0,338	Background: 0,003		19/07/2024 10:01:50
2	0,338	Background: 0,003		19/07/2024 10:01:54
3	0,341	Background: 0,003		19/07/2024 10:01:58
Pb Pb 120 ppm B 10x	0,354	0,8	9,0415	9,0415
1	0,351	Background: 0,003		19/07/2024 10:02:24
2	0,357	Background: 0,003		19/07/2024 10:02:29
3	0,354	Background: 0,003		19/07/2024 10:02:33

147

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Daru Oktaviano
2. TTL : Kudus, 04 Oktober 2001
3. Alamat : Medini Rt 2 Rw 1 Undaan Kudus
4. No. HP : +6285802297586
5. E-mail : daruoktaviano9@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SDN 2 Medini Undaan Kudus (Lulus tahun 2013)
2. SMPN 3 Kudus (Lulus tahun 2016)
3. SMAN 1 Mejobo Kudus (Lulus tahun 2019)

Semarang, 27 Agustus 2024



Daru Oktaviano

2008036026