

**Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Daun Bambu
Kuning (*Bambusa vulgaris striata*) Sebagai Adsorben Ion
Logam Berat Cd(II)**

SKRIPSI

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



Oleh :

Fitria Try Handayani

2008036016

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

**Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Daun Bambu
Kuning (*Bambusa vulgaris striata*) Sebagai Adsorben Ion
Logam Berat Cd(II)**

SKRIPSI

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

Fitria Try Handayani

2008036016

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitria Try Handayani

NIM : 2008036016

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Daun
Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*) Sebagai
Adsorben Ion Logam Berat Cd(II)**

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

Semarang, 29 Agustus 2024

Pembuat Pernyataan,



Fitria Try Handayani

2008036016



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan, Semarang Telp. (024)7601295

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari
Daun Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*)
Sebagai Adsorben Ion Logam Berat Cd(II)

Penulis : Fitria Try Handayani

NIM : 2008036016

Jurusan : Kimia

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

Semarang, 30 Agustus 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Kholidah, M.Sc

NIP. 198508112019032008

Sekretaris Sidang

Drs. Achmad Hasmy Hashona, M.A.

NIP. 196403081993031002

Penguji I

Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si

NIP. 197407162009122001

Penguji II

Ana Mardiyah, M.Si

NIP. 198905252019032019

Pembimbing

Kholidah, M.Sc

NIP. 198508112019032008



NOTA DINAS

Semarang, 29 Agustus 2024

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

di Semarang

Assalamualaikum wr.wb.

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

Judul : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI KITOSAN-SILIKA DARI ABU DAUN BAMBU KUNING (*BAMBUSA VULGARIS STRIATA*) SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM BERAT CD(II)**

Nama : Fitria Try Handayani

NIM : 2008036016

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



Kholidah, M.Sc

NIP. 198508112019032008

**Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Daun
Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*) Sebagai
Adsorben Ion Logam Berat Cd(II)**

Fitria Try Handayani
2008036016

ABSTRAK

Cd(II) merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat diuraikan oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan. Pengolahan limbah ion Cd(II) dapat dilakukan dengan cara adsorpsi, salah satunya menggunakan kitosan-silika dari daun bambu kuning. Pengambilan silika dari daun bambu kuning dengan menggunakan metode ekstraksi fasa padat (EFP). Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus yang berperan penting dalam proses adsorpsi yaitu gugus N-H yang berfungsi membantu silika untuk mengadsorpsi logam-logam berat. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan silika sebesar 50%. Kondisi adsorpsi optimum tercapai pada pH 7, waktu kontak 75 menit, dan kapasitas adsorpsi Cd(II) sebesar 3,39 mg/g. Model kinetika adsorpsi mengikuti kinetika *pseudo* orde dua dengan Q_e teoritis sebesar 0,0566 mg/g, k_2 sebesar 1,0818 g.mg⁻¹ min⁻¹, dan R^2 sebesar 0,945.

Kata kunci: *Adsorpsi, Kitosan-Silika, Ion logam Cd(II)*

KATA PENGANTAR

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

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

1. Bapak Prof. Dr. Nizar, M. Ag. selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Bapak Dr. Musahadi, M. Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Ibu Mulyatun, S.Pd., M. Si selaku Ketua Jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Kholidah, M.Sc selaku pembimbing dan dosen wali yang sabar memberikan bimbingan dan semangat selama menyusun hingga menyelesaikan skripsi.

5. Segenap Dosen FST terkhusus Jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama kuliah.
6. Cinta pertama dan panutanku, Alm. Moh Wahadi seseorang yang biasa saya sebut bapak yang paling saya rindukan dan berhasil membuat saya bangkit dari kata menyerah. Alhamdulillah kini penulis sudah berada ditahap ini, menyelesaikan skripsi sederhana ini.
7. Ibu Rohyati, seseorang yang biasa saya sebut mamah, perempuan hebat yang sudah membesarkan dan mendidik anak-anaknya hingga mendapatkan gelar sarjana serta selalu menjadi penyemangat. Terimakasih untuk semua doa dan dukungan semoga mamah sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi. Mamah harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidup saya.
8. Kepada kakak saya Nur Hadi Eko Firmansyah dan istrinya Ana Septia Amalia, Indah Dwi Hadiyanti dan suaminya Candra Lukito terimakasih banyak atas dukungannya secara moril maupun materil, terimakasih juga atas segala dukungannya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
9. Kepada faqih, terimakasih selalu bersedia menjadi tempat keluh kesah, selalu memberi saran yang baik & positif dan selalu memberi semangat kepada penulis.

10. Teman-teman kelas Kimia A terkhusus Nikmatul Fitriyah, Nirmala dan Nesya. Serta teman-teman seperjuangan kimia 2020 yang senantiasa memberikan semangat satu sama lain.
11. Teman penelitian penulis, seri, cahyani, ika terimakasih atas bantuannya dalam penelitian penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan susunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
13. *Last but not least*, untuk Fitria Try Handayani. Apresiasi karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah.

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

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Landasan Teori.....	10
B. Kajian Pustaka	24
C. Hipotesis Penelitian	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Alat dan Bahan.....	28
B. Cara Kerja	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
<u>A</u> Preparasi Daun Bambu Kuning.....	37
<u>B</u> Pembuatan kitosan-silika dari Daun Bambu Kuning	43

C.	Adsorpsi Ion Logam Cd(II)	52
BAB V PENUTUP		62
A.	Kesimpulan	62
B.	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN-LAMPIRAN		74
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daun Bambu Kuning	11
Gambar 2.2 Struktur Kristal Silika	12
Gambar 2.3 Spektrum FTIR silika	14
Gambar 2.4 Struktur kitosan	15
Gambar 2.5 Spektrum IR kitosan	15
Gambar 2.6 Spesiasi Cd(II)	19
Gambar 4.1 Silika daun bambu kuning	40
Gambar 4.2 Spektra silika daun bambu.....	41
Gambar 4.3 Struktur Struktur kitosan silika dengan crosslink glutaraldehyd.....	45
Gambar 4.4 Kitosan-silika daun bambu kuning	46
Gambar 4.5 Hasil Spektra FTIR Silika, Kitosan, dan KS	48
Gambar 4.6 Pengaruh Variasi pH terhadap kapasitas Adsorpsi	57
Gambar 4.7 Pengaruh Waktu terhadap Kapasitas Adsorpsi	58
Gambar 4.8 Kinetika Pseudo Orde Satu	59
Gambar 4.9 Kinetika Pseudo Orde Dua	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Bambu Kuning	11
Tabel 2.2 Komposisi Silika Daun Bambu	22
Tabel 3.1 Variasi Volume Kitosan-Silika.....	34
Tabel 4.1 Intrepetasi Data Silika	40
Tabel 4.2 Hasil Analisis XRF	42
Tabel 4.3 Interpretasi Data Hasil FTIR KS	48
Tabel 4.4 Uji Adsorpsi Sampel Kitosan, Silika, dan KS.....	52
Tabel 4.5 Optimasi pH.....	54
Tabel 4.6 Optimasi Waktu	57
Tabel 4.7 Kinetika Adsorpsi Ion Logam Cd(II) Kitosan-Silika	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia, sebagai negara tropis, sangat kaya akan sumber daya alam, salah satunya tumbuhan bambu. Bambu merupakan tumbuhan dengan salah satu cirinya yaitu di dalam batangnya terdapat rongga dan ruas. Salah satu ciri tanaman bambu dapat tumbuh dengan cepat dan dapat tumbuh dalam kondisi lahan basah maupun kering, di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tingginya pertumbuhan bambu yang cepat, maka bambu mudah ditemui di setiap daerah. Pemanfaatan pada tumbuhan bambu hanya pada batangnya yang banyak digunakan untuk membuat kerajinan, sedangkan pada daunnya hanya sebagai limbah organik yang belum dimanfaatkan oleh kebanyakan orang.

Berdasarkan hasil penelitian, daun bambu mengandung silika yang cukup banyak sebanyak 58,3% (Precelia *et al.*, 2018), sehingga mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai penghasil silika. Salah satu di antara berbagai jenis bambu, bambu kuning merupakan spesies bambu yang paling banyak dibudidayakan di wilayah Indonesia. (*Bambusa vulgaris Striata*) (Perucha *et al.*,

2015), sehingga pemanfaatan limbah daun bambu kuning sebagai penghasil silika perlu dikaji untuk mengurangi timbunan limbahnya. Kandungan silika pada daun bambu menjadikannya bahan baku potensial untuk memproduksi silika. Sifat berpori silika yang sebanding dengan luas permukaannya, memungkinkan material ini memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi. Semakin kecil pori-porinya, semakin besar kemampuan penyerapannya. Uniknya, silika memiliki sifat inert, mampu menyerap dan menukar ion, serta mudah dimodifikasi untuk meningkatkan fungsinya. Selain itu, silika juga sangat stabil baik dalam kondisi kestabilan termal tinggi dan kestabilan mekanik (Hardyanti *et al.*, 2017). Namun, silika mempunyai kelemahan diantaranya hanya mempunyai gugus fungsi sedikit yaitu gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) (Johnson *et al.*, 2021). Maka, untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya perlu dilakukan modifikasi, diantaranya modifikasi penambahan kitosan. Kitosan pembentuk ion kompleks dan mengandung gugus fungsional amina yang bebas bereaksi, sehingga mampu melakukan pertukaran ion (Muhardi, Nurlina and Shofiyani, 2018). Kitosan dapat menyumbangkan gugus hidroksil dan amina sehingga material ini efektif dalam meningkatkan kapasitas adsorpsi. Kitosan memiliki

ketersediaan yang melimpah, proses produksinya tidak menghasilkan limbah berbahaya, dan bersifat ramah lingkungan (Aldila, Dalimunthe and Nuryadin, 2020). Berdasarkan penambahan kitosan-silika memiliki kemampuan untuk penangkap ion logam transisi karena adanya pembentukan ikatan koordinasi. Keberadaan gugus amida ($-\text{NHCOCH}_3$), amina ($-\text{NH}_2$), dan hidroksil ($-\text{OH}$) dalam kitin yang dapat berfungsi sebagai ligan saat berinteraksi dengan logam. Dikaitkan dengan kemampuan kitosan untuk menyerap (Ardana, Susatyo and Mahatmanti, 2014).

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai pembuatan silika menggunakan teknik pemisahan dan analisis yang masih berkembang sampai saat ini. Ekstraksi fasa padat (EFP) adalah salah satu pendekatan yang telah berhasil diterapkan. EFP mempunyai kelebihan yaitu prosedur ekstraksi yang lebih tepat, teknik ini memungkinkan pemisahan analit dari pengganggu dengan lebih baik, sehingga menghasilkan fraksi analit yang lebih murni dan mudah dikumpulkan. Selain itu, penggunaan pelarut organik yang lebih sedikit membuat proses ini lebih ramah lingkungan (Widodo *et al.*, 2014).

Saat ini, akibat pesatnya pertumbuhan pembangunan industri di sejumlah negara, meningkatnya aktivitas industri telah menyebabkan pencemaran lingkungan. Logam berat yang terkandung dalam limbah industri merupakan salah satu ancaman utama bagi ekosistem (Khanifa, Mulyatun and Suryandari, 2019). Namun, logam berat tidak dapat diuraikan oleh organisme makhluk hidup. Logam berat menumpuk di lingkungan dan mengendap didasar perairan (Rozak, 2021). Beberapa logam berat termasuk kromium (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), nikel (Ni), dan kadmium (Cd), sering ditemukan dalam limbah industri (Tasanif, Isa and Kunusa, 2022). Kadmium (Cd) salah satu jenis logam berat yang keberadaannya dapat berbahaya lingkungan karena tidak dapat diuraikan oleh makhluk hidup dan dapat terakumulasi di lingkungan. Salah satu logam berat yang sangat beracun adalah kadmium (Cd). Kadmium (Cd) memiliki kemampuan untuk membentuk molekul organik dan anorganik untuk menghasilkan senyawa kompleks di dasar perairan. (Akbar, Daud and Mallongi, 2014).

Metode-metode umum yang digunakan dalam pengolahan logam berat seperti filtrasi, pertukaran ion, oksidasi-reduksi, presipitasi kimia, aplikasi teknologi membran, dan elektrokimia. Namun, dari metode tersebut

mempunyai beberapa kekurangan yaitu proses penghilangan logam berat kurang maksimal, memerlukan bahan kimia dan energi yang banyak, dan memerlukan sistem peralatan yang tergolong mahal (Rosalina, 2022). Metode alternatif lain yang banyak digunakan dalam pengolahan logam berat adalah adsorpsi. Menurut Anggraini *et al.* (2022), adsorpsi merupakan metode yang efektif untuk pengolahan lingkungan serta dapat mengurangi logam berat. Dalam metode adsorpsi mempunyai beberapa keunggulan yaitu ramah lingkungan dan biaya operasionalnya rendah dan efektif pada konsentrasi rendah.

Adsorpsi terjadi karena adanya ikatan antara ion logam dengan gugus fungsi pada adsorben. Interaksi pembentukan kompleks mengawali proses adsorpsi, yang sering terjadi pada permukaan material yang mengandung gugus gugus fungsional seperti -COOH , -NH , dan -OH . Dalam komponen dari satu fase fluida terpisah yang berpindah ke permukaan zat padat yang mempunyai sifat menyerap. Suatu material disebut adsorben saat menyerap, dan disebut adsorbat saat diserap (Anggraini, Agustina and Hadiah, 2022).

Upaya penanganan limbah merupakan kewajiban manusia untuk dapat menjalankan tugas dari Allah SWT

terhadap alam sekitar seperti menjaga dan memulihkan apabila terjadi kerusakan sebagaimana firman Allah dalam Al-Qur'an surat al-Hud ayat 61.

وَإِلَى تَمُودَ أَخَاهُمْ صَالِحًا قَالَ يَا قَوْمِ اعْبُدُوا اللَّهَ مَا لَكُمْ مِنْ إِلَهٍ غَيْرُهُ هُوَ
أَنْشَأَكُمْ مِنَ الْأَرْضِ وَاسْتَعْمَرَكُمْ فِيهَا فَاسْتَغْفِرُوهُ ثُمَّ تَوْبُوا إِلَيْهِ إِنَّ رَبِّي قَرِيبٌ
مُجِيبٌ

Artinya: "Dan kepada Tsamud saudara mereka Shâlih.

Shâlih berkata: "Hai kaumku, sembahlah Allah, sekali-kali tidak ada bagi kamu Tuhan selain Dia. Dia telah menciptakan kamu dari bumi dan menjadikan kamu memakmurkannya, karena itu mohonlah ampunan-Nya, kemudian bertaubatlah kepada-Nya. Sesungguhnya Tuhanku amat dekat lagi Maha Memperkenankan. "

Menurut tafsir al Mishbah diterangkan bahwa Allah SWT telah menciptakan manusia dari bumi (tanah) dan menjadikannya untuk memakmurkannya. Huruf sin dan ta' dalam kata ista'mara ada yang memahami bahwa Allah memerintahkan manusia memakmurkan bumi dan ada juga yang memahami memakmurkan bumi serta membangun bumi. Menurut Thabathaba'i dalam tafsir al Mishbah, memahami kata ista'mara berarti mengolah

bumi sehingga menjadi suatu tempat dan keadaan yang dapat dimanfaatkan.

Limbah logam Cd berpotensi mencemari lingkungan, maka limbah tersebut tidak bisa dibuang begitu saja. Salah satu pemahaman tentang bagaimana memakmurkan bumi yaitu melakukan berbagai aktivitas yang bertujuan untuk menjaga dan memperbaiki kondisi alam semesta, sejalan dengan prinsip-prinsip kimia, masalah pencemaran lingkungan dapat diatasi dengan cara mengadsorpsi limbah B3, sehingga lingkungan dapat dimanfaatkan kembali sesuai peruntukannya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, penulis melakukan penelitian tentang sintesis silika daun bambu menggunakan metode EFP. Namun pada sintesis silika daun bambu sudah pernah dilakukan sebelumnya, perbedaan dari penelitian ini terletak pada bahan utamanya yaitu daun bambu kuning dengan modifikasi kitosan-silika, variasi perbandingan massa kitosan yang digunakan berbeda dan pengaplikasiannya yang diharapkan memiliki kinerja yang lebih baik untuk mendegradasi limbah B3 yang ada pada ion logam Cd(II).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi kimia daun bambu kuning?
2. Bagaimana karakteristik kitosan-silika dari daun bambu kuning?
3. Bagaimana pengaruh waktu kontak dan pH pada adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan kitosan-silika dari daun bambu kuning?
4. Bagaimana model kinetika pada ion logam Cd(II) menggunakan kitosan-silika pada daun bambu kuning?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui komposisi kimia dari daun bambu kuning.
2. Untuk mengetahui karakteristik kitosan-silika dari daun bambu kuning.
3. Untuk mengidentifikasi konsentrasi, pH optimum dan waktu kontak pada adsorpsi ion

logam Cd(II) menggunakan kitosan-silika dari daun bambu kuning.

4. Untuk mengetahui model kinetika adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan kitosan-silika daun bambu kuning.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai komposisi kimia pada daun bambu kuning.
2. Memberikan informasi mengenai karakteristik kitosan-silika pada daun bambu kuning.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh pH dan waktu kontak pada adsorpsi ion logam Cd(II) menggunakan kitosan-silika dari daun bambu kuning.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Tanaman Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*)

Daun bambu dianggap sebagai limbah yang tidak dapat digunakan kembali oleh masyarakat, namun banyak senyawa yang dapat dimanfaatkan, salah satunya adalah silika. Hasil penelitian yang menganalisis bambu mulai dari akar hingga daun menghasilkan kandungan silika. Dengan demikian, daun bambu kuning dapat diaplikasikan sebagai sumber silika dalam produksi silika gel. Silika berperan dalam membangun struktur tanaman agar tidak mudah roboh dan lebih tegak (Rahayu *et al.*, 2021).



Gambar 2.1 Daun Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*)

Bambu kuning (*Bambusa vulgaris striata*) memiliki ciri-ciri batangnya berwarna kuning, batang yang tinggi, dan beruas-ruas (gambar 2.1). Banyak

orang menanam bambu jenis ini sebagai tanaman hias. Daunnya tinggi, meruncing, dan berwarna hijau. Bambu tumbuh dari dataran rendah hingga dataran tinggi, dalam kondisi lembab hingga kering. Bambu merupakan bagian penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia.

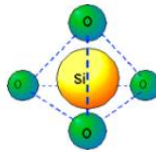
Tabel 2.1 Klasifikasi Bambu Kuning (Muhtar, Sinyo and Ahmad, 2017)

Regnum	Plantae
Devisio	Spermatophyta
Classis	Monokotiledon
Ordo	Graminales
Familia	Gramineae
Genus	Bambusa
Spesies	B. Vulgaris Striata

Tanaman bambu biasanya digunakan batangnya untuk keperluan bangunan, pengolahan makanan, produksi kertas, kerajinan tangan, dan bahkan keperluan medis. Selain itu , menggunakan bagian lain tanaman bambu seperti akar, cabang, dan daunnya masih bukan pilihan terbaik . Klasifikasi bambu kuning dapat dilihat pada tabel 2.1 (Muhtar, Sinyo and Ahmad, 2017).

2. Silika

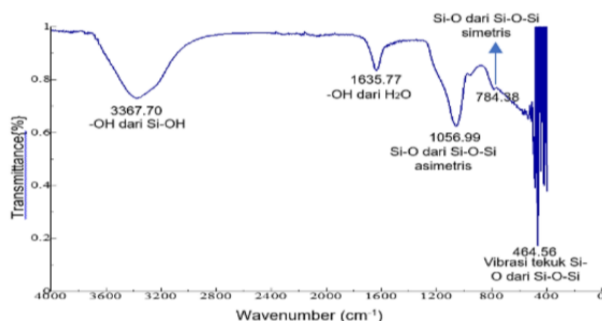
SiO_2 adalah rumus kimia untuk silikon dioksida, yang juga dikenal sebagai silika. Atom silikon yang berorientasi tetrahedral dapat membentuk empat ikatan pada saat yang bersamaan. Setiap atom silikon dalam silika terhubung ke empat atom oksigen, dalam struktur silika gel, setiap atom oksigen berikatan dengan dua atom silikon secara bersamaan, membentuk jaringan yang sangat luas, sehingga memberikan luas permukaan yang sangat besar. (Sa'diyah *et al.*, 2016). Struktur kristal silika dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Kristal Silika (Sa'diyah *et al.*, 2016)

Silika merupakan salah satu zat alami yang berpotensi sebagai adsorben. Daun bambu, abu sekam padi, dan pasir kuarsa merupakan beberapa contoh sumber silika alami. Dengan menghilangkan silika dari bambu, pemanfaatan bambu dapat dilakukan secara lebih efektif berdasarkan kandungannya (Noverliana and Asmi, 2015). Dengan rumus molekul

SiO₂, silika merupakan zat kimia yang dapat dihasilkan dari sintesis kristal dan batuan silika. Mineral silika merupakan zat yang sering ditemukan pada material yang digunakan dalam pertambangan atau penggalian. Material tersebut antara lain granit dan pasir kuarsa, yang keduanya mengandung kristal silika (SiO₂) (Adi *et al.*, 2018). Silika, dengan titik leleh dan didih yang sangat tinggi, menunjukkan sifat termal tinggi. Ketidaklarutannya dalam hampir semua asam, kecuali asam fluorida dan menjadikannya bahan yang sangat stabil secara kimiawi. Silika merupakan bahan dasar bagi berbagai material industri seperti kaca, keramik, dan gel silika, yang menunjukkan fleksibilitasnya dalam berbagai aplikasi. Spektrum inframerah dari silika dapat dilihat pada gambar 2.3 (Sa'diyah *et al.*, 2016).

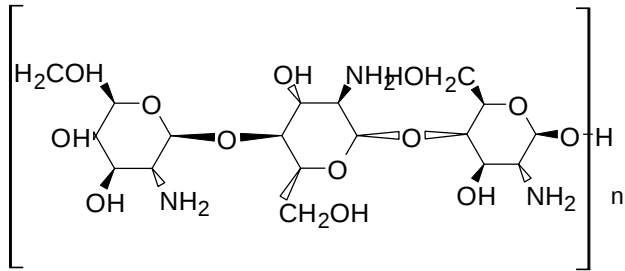


Gambar 2.3 Spektrum FTIR silika (Arsyi *et al.*, 2018)

3. Kitosan

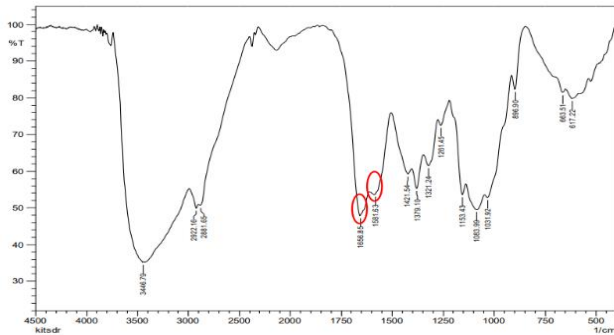
Aplikasi kitosan sangat banyak dan mencakup sektor biokimia, farmasi, bioteknologi, kosmetik, biomedis, kertas, tekstil, dan kuliner. Teknik lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas kitosan adalah dengan menghamilinya dengan berbagai zat (Azizati, 2019).

Kitosan adalah zat yang memiliki rumus kimia 2-amino-2-dioksi-β-D-Glukosa dan merupakan polimer glukosamin rantai panjang menyebabkan kualitas khususnya seperti tidak beracun dan dapat terurai secara hayati kitosan merupakan polimer dengan berbagai macam aplikasi untuk kebaikan manusia. Kitosan, zat kimia dengan rumus molekul $(C_6H_{11}NO_4)_n$, diproduksi saat kitin mengalami deasetilasi. Karena kemampuan gugus aminanya untuk membentuk ikatan dengan zat lain, kitosan dapat diubah. Struktur kitosan dapat dilihat pada gambar 2.4 (Rizkina & Arfi, 2023).



Gambar 2.4 Struktur kitosan (Junaedi, 2020)

Spektrum inframerah dari kitosan dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Spektrum IR kitosan (Kanto, Permana and Hertadi, 2019)

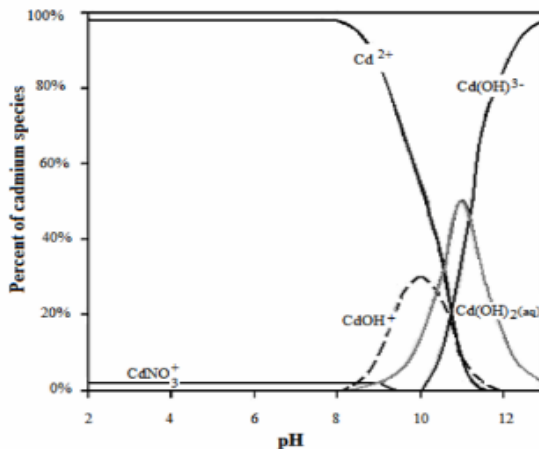
4. Logam Cd

Logam berat dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kehidupan manusia. Logam berat dapat mencemari air dan membuat air menjadi tidak layak dikonsumsi lagi. Logam berat dapat mencemari tanah dan membuat tanah menjadi tidak subur. Logam berat dapat mencemari udara dan menyebabkan polusi udara. Logam berat dapat menyebabkan kerusakan pada ekosistem dan mengancam keberlangsungan hidup spesies tertentu (Rahmaniah, Isdar and Rani, 2024).

Waktu paruh logam kadmium, yang berbahaya bagi kesehatan manusia, adalah 30 tahun. Tubuh manusia menyerap kadmium dari makanan dan

tembakau. Anemia, pertumbuhan terhambat, inhalasi karsinogenik, kerusakan hati dan ginjal, serta hipertensi arteri ginjal semuanya disebabkan oleh konsentrasi kadmium yang tinggi (Ketapang, 2019).

Mineral yang mengandung logam kadmium digunakan dalam pembentukan tanah, kadmium (Cd) merupakan logam berat berbahaya yang ditemukan di dalam tanah. Konsentrasi cd yang tidak tercemar di dalam tanah berkisar antara 0,001 mg/kg hingga 0,2 mg/kg, dengan rata-rata 0,35 mg/kg. Ketika kadar logam cd di dalam tanah mencapai 3–8 mg/kg, tanah dianggap terkontaminasi akibat aktivitas antropogenik (Syachroni *et al.*, 2017). Gambar 2.6 adalah spesiasi logam Cd(II).



Gambar 2.6 spesiasi logam Cd(II) (Ozel, 2012)

5. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses pemisahan reversibel ketika molekul dari cairan atau gas diserap oleh padatan. Dua komponen proses adsorpsi adalah adsorben, yang merupakan zat yang menyerap, dan adsorbat, yang merupakan zat yang diserap. Adsorbat adalah senyawa organik, pewarna, dan pelembab; adsorben adalah padatan dengan kapasitas untuk menyerap cairan ke permukaannya (Rizki *et al.*, 2020).

Jenis jenis adsorpsi:

a. Adsorpsi fisika (*physisorption*)

Proses adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya Van der Waals, yaitu gaya tarik-menarik yang lemah antara zat yang diserap dan permukaan penyerap. Saat zat mengalir melewati permukaan adsorben, zat tersebut akan menempel secara fisik. Ketika terjadi adsorpsi secara fisik, adsorbat dapat bermigrasi melintasi permukaan dan meninggalkan ruang di permukaan tempat adsorbat lain telah meninggalkan jejaknya.

b. Adsorpsi kimia (*chemisorption*)

Suatu proses dimana reaksi yang melibatkan pembentukan ikatan kimia dalam proses adsorpsi menyebabkan terjadinya adsorpsi kimia. Reaksi adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan ikatan kovalen atau primer, atau ion. Adanya ikatan yang kuat pada adsorben dan adsorbat, menyebabkan adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Menurut Langmuir, gaya valensi pada atom dalam molekul menyebabkan tarikan pada molekul yang diserap. Molekul baru terbentuk selama proses penyerapan, yang tidak dapat diubah (Safitri, Alrasyid and Udyani, 2020).

6. Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi adalah laju pengikatan adsorben ke adsorbat pada komponen krusial dalam proses adsorpsi (Fitasari and Ramadani, 2022). Tujuan penentuan kinetika adsorpsi adalah memastikan orde reaksi dalam temuan studi. Berdasarkan nilai koefisien regresi linier (R^2), yang mendekati 1, dan nilai q_e teoritis, yang mendekati nilai q_e eksperimental, urutan reaksi studi ditentukan. Data waktu kontak digunakan untuk menghitung konstanta laju adsorpsi

menggunakan model kinetika *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde kedua (Khanifa and Suryandari, 2019).

a. Persamaan *pseudo* orde satu

Konsentrasi adsorbat diasumsikan lebih besar dari jumlah total situs aktif pada permukaan adsorben dalam *pseudo* orde satu. (Fitasari and Ramadani, 2022).

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

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

b. Persamaan *pseudo* orde dua

Model kinetika *pseudo* orde dua tergantung pada kemampuan mengadsorpsi masing-masing fase padat (Fitasari and Ramadani, 2022).

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t \quad (2.2)$$

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

adalah waktu adsorpsi (menit) (Baunsele and Missa, 2020).

7. *X-ray fluorescence* (XRF)

X-ray fluorescence (XRF) spektrometer adalah instrumen yang digunakan untuk analisis unsur kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dengan XRF memungkinkan identifikasi jenis-jenis unsur yang ada dalam sampel. Sebaliknya, tinggi puncak spektrum dalam pemeriksaan kuantitatif menunjukkan berapa banyak unsur yang ada dalam zat tersebut (Namira and Wahyuni, 2016). XRF biasanya digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen suatu material. Teknik analisis yang tidak merusak sampel untuk mengidentifikasi dan mengukur kadar berbagai unsur dalam sampel padat, bubuk, atau cair disebut *X-Ray Fluorescence* (Putri *et al.*, 2023). Prinsip kerja metode analisis XRF bekerja berdasarkan atom-atom yang bertabrakan dengan permukaan sampel melalui penerapan sinar-X dari sumber sinar-X. Uji fluoresensi sinar-X ini dimaksudkan untuk mendeteksi atau mengidentifikasi unsur-unsur, geologi, dan kandungan oksida dari material batuan alam (Rafi, 2016).

Tabel 2.2 Komposisi silika abu daun bambu
(Udaibah and Priyanto, 2017)

Senyawa oksida	Persen Massa (%)
Si	58,3
K	3,44
Ca	30,0
Ti	0,23
Cr	0,086
Mn	0,70
Fe	1,65
Ni	1,24
Cu	0,20
Zn	0,07
Sr	0,42
Mo	4,98
Re	0,12
Eu	0,20

8. *Atomic Absorbance Spectrophotometer* (AAS)

Atomic Absorbance Spectrophotometer (AAS) bekerja dengan cara mengukur jumlah cahaya yang diserap oleh atom-atom logam yang berada dalam keadaan bebas. Atom-atom logam ini memiliki sifat khas dalam menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, sehingga memungkinkan identifikasi dan kuantifikasi unsur logam dalam sampel

spektrofotometri serapan atom (AAS). Prinsip kerja AAS mirip dengan bagaimana cahaya diserap oleh ion atau molekul rumit dalam larutan. (Lufira, Zuhriyah, Muktiningsih, dan Rahayu, 2021)

AAS bekerja pada penguapan perubahan logam yang dikandungnya menjadi atom bebas dan penguapan larutan sampel. Unsur yang akan ditentukan terdapat dalam lampu katode, yang memancarkan radiasi yang diserap atom. Sumber cahaya dan monokromator yang dapat digunakan untuk memisahkan radiasi yang tidak dibutuhkan dari spektrum radiasi lainnya, detektor yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, sel serapan, perekam, dan sistem perekaman merupakan beberapa alat yang digunakan dalam metode AAS (Lufira, Zuhriyah, Muktiningsih, dan Rahayu, 2021).

Kemudian pada metode AAS, Keuntungannya adalah sensitivitasnya lebih tinggi, sistemnya relatif mudah dan suhu yang dibutuhkan dapat dipilih, tetapi kelemahan metode ini adalah digunakan hanya pada larutan konsentrasi rendah, membutuhkan jumlah larutan yang relatif besar (10-15 mL) dan membutuhkan alat penyemprot untuk terbentuk aerosol konsentrasi rendah (Wardani, 2017).

9. *Spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Fourier Transformed Infrared (FTIR) adalah untuk menentukan gugus fungsi dalam senyawa organik dengan mendeteksi dan menganalisis frekuensi, dengan menggunakan hubungan antara radiasi dan getaran molekuler. Identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan membandingkan nilai serapan puncak dari bilangan gelombang tertentu dari sampel dengan banyak referensi sebelumnya. Dalam spektrum gelombang elektromagnetik, area inframerah mencakup bilangan gelombang dari 14000 cm^{-1} hingga 10^{-1} . FTIR juga dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi. Spektroskopi FTIR dapat menentukan campuran di dalamnya, tanpa menyebabkan kerusakan apa pun pada sampel yang perlu diperiksa. Spektrum inframerah yang dihasilkan dapat sepenuhnya mengkarakterisasi sifat kimia suatu sampel karena merupakan informasi data yang rumit. (Maylani *et al.*, 2015).

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. Inframerah yang memasuki celah dan bergerak ke sampel celah mengatur jumlah energi yang mencapai sampel. Selanjutnya, sebagian sinar inframerah diserap oleh sampel, sisanya dipantulkan

ke detektor. Sinyal yang tertangkap kemudian dikirim ke komputer dan direkam sebagai puncak (Anisa *et al.*, 2023).

B. Kajian Pustaka

Beberapa kajian pustaka yang mendasari penelitian ini diantaranya:

Yasrin & Alimuddin (2020) melakukan penelitian tentang dengan mensintesis silika gel dari abu daun bambu petung sebanyak 20 gram, diperoleh berat silika gel sebesar 18,2079 gram selama proses pembuatan. Persentase yield sebesar 90,984% dapat digunakan untuk menghitung hasil. Selain itu, silika gel yang terbentuk dari abu daun bambu petung dapat diketahui melalui data FTIR. Data tersebut antara lain adanya gugus siloksi (Si-O), gugus silanol (Si-OH), dan gugus siloksan (Si-O-Si). Sementara itu, silika gel yang terbentuk diamati berupa pori-pori yang beragam secara acak dengan ukuran yang berbeda-beda pada permukaan silika gel, berdasarkan data dari SEM.

Udaibah & Priyanto (2017) melakukan penelitian mengenai sintesis silika gel dari abu daun bambu petung menghasilkan silika padat SiO_2 dapat disintesis dari abu daun bambu dengan metode sol gel. Karakterisasi pada FTIR muncul puncak pada daerah

786,96 cm^{-1} dan 1095,57 cm^{-1} merupakan ikatan Si-O-Si dan puncak pada 3425,56 cm^{-1} menunjukkan ikatan Si-OH.

Menurut penelitian Mulyasuryani *et al.*, (2013) Modifikasi silika dari abu sekam padi dengan kitosan menghasilkan bahan penyerap yang lebih efisien untuk ion logam. Semakin tinggi kandungan kitosan, semakin besar kemampuan bahan ini untuk menukar ion positif. Komposisi optimal adalah 65% silika, dengan kapasitas tukar kation KTK 0,45 H^+/g adsorben. Bahan ini terbukti efektif menyerap ion tembaga dengan kapasitas 0,3 mg/g adsorben terhadap Cu^{2+} .

Pawitra *et al.* (2021) melakukan penelitian sintesis dan karakterisasi material kitosan-silika dari abu ampas tebu untuk adsorpsi ion Cu(II) . Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kitosan secara signifikan meningkatkan kinerja adsorben. Penambahan massa kitosan optimum yaitu sebanyak 2 gram yang menghasilkan efisiensi removal Cu(II) sebesar 99,85%. Karakterisasi FTIR mengkonfirmasi adanya interaksi antara kitosan dan silika melalui pembentukan ikatan Si-O-C dan adanya gugus fungsi amina ($-\text{NH}_2$ dan $-\text{NH}$). Selanjutnya, luas permukaan spesifik adsorben yang relatif rendah 2,33 m^2/g

mengindikasikan bahwa mekanisme adsorpsi lebih didominasi oleh interaksi kimia daripada fisika."

Amaria (2023) melakukan penelitian pengaruh penambahan kitosan pada silika abu sekam padi sebagai adsorben kitosan-silika untuk menurunkan ion Pb(II) bahwa perbandingan kitosan-silika 2:1 memiliki kestabilan 94% lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan-silika 1:1 pada pH 2-5 selama 24 jam. Pengaruh pH adsorpsi untuk adsorpsi Pb(II) oleh kitosan-silika 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. Pada data waktu adsorpsi menunjukkan bahwa kitosan-silika 2:1 mengikuti model kinetika pseudo orde kedua dengan konstanta laju reaksi sebesar $9,072 \text{ g mmol}^{-1} \text{ mnt}^{-1}$.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki fokus yang berbeda, yaitu pada bahan yang digunakan untuk membuat kitosan-silika dan perbandingan volume kitosan-silika yang digunakan.

C. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, perbedaan utama penelitian ini adalah penggunaan daun bambu kuning sebagai sumber silika untuk membuat kitosan-silika. Daun bambu kuning mengandung silika dalam bentuk senyawa Si-OH dan Si-O-Si. Daun bambu kuning kaya akan silika yang dapat meningkatkan jumlah situs aktif pada adsorben. Hal ini terjadi karena jumlah gugus amina yang tinggi seiring dengan penambahan kitosan pada adsorben.

BAB III

Metode Penelitian

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Penelitian ini alat yang digunakan sebagai berikut: *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer* (FTIR), *X-ray Fluorescence* (XRF), Furnace, ayakan 120 mesh, magnetic stirrer, oven, neraca analitik, pipet tetes, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, gelas beaker, cawan porselen, dan spatula.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Daun Bambu kuning dari daerah Ngaliyan, aquades, kertas saring, indikator pH universal, asam asetat 2%, larutan NaOH 1 M (Merck), larutan HCl 6 M (Merck), kitosan *Pharmaceutical Grade* dari cangkang udang, serbuk $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan glutaraldehid 0,5% p.a (Merck).

B. Cara Kerja

1. Preparasi Sampel dan Pembuatan Silika Daun Bambu Kuning

Sampel daun bambu kuning dibersihkan dari pengotor-pengotor fisik dan dicuci kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari, selanjutnya diabukan suhu 900°C selama 5 jam. Dilakukan proses ekstraksi silika abu daun bambu kuning menggunakan 100 mL HCl 6M dan dipanaskan menggunakan *hot plate stirrer* pada suhu 85°C selama 2 jam. Hasil destruksi dinetralkan dengan akuades, kemudian dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam. Setelah didinginkan, sampel dihaluskan secara mekanis dan diayak dengan ayakan 120 mesh. Kemudian silika yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan XRF (*Widodo et al., 2014*).

2. Pembuatan Kitosan-Silika dari daun bambu kuning

Pembuatan Kitosan-Silika dari daun bambu kuning dilakukan dengan variasi % massa serbuk silika abu daun bambu kuning yang disajikan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi kitosan-silika

Variasi	silika (%) b/v	kitosan (%) b/v
KS 75	75	25
KS 65	65	35
KS 55	55	45

Keterangan: KS (kitosan-silika)

Kitosan dilarutkan dalam 80 mL asam asetat 2 %. Larutan kitosan ditambahkan silika kemudian diaduk 12 jam. Penetralkan dilakukan dengan penambahan 30 mL larutan NaOH 1 M hingga pH mencapai nilai tertentu. ndapan yang terbentuk kemudian dipisahkan melalui proses dekantasi dan direndam dalam 40 mL larutan glutaraldehid 0,5% sebagai *crosslinking* agent. Hasil yang didapat disaring dengan kertas Whatman no.1, dipanaskan 105°C, kemudian didinginkan. Komposisi kitosan dan silika diatur, misalnya untuk 65% silika digunakan 6,5 g silika dan 3,5 g kitosan dan seterusnya untuk komposisi silika 75,

65 dan 55 %. Kemudian Kitosan-Silika diuji menggunakan FTIR untuk memastikan Kitosan-Silika telah berhasil ditambahkan dilihat dari gugus fungsinya (Mulyasuryani, Rumhayati and Cahyani, 2013).

3. Optimasi Kondisi Adsorpsi

Adsorben yang digunakan adalah adsorben terbaik dari hasil perbandingan yang ditentukan berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan FTIR. Maka, dilakukan tahapan preparasi sebagai berikut:

a. Pembuatan larutan induk Ion logam Cd (II) 1000 ppm

Larutan ion logam Cd(II) 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,594 gram $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 mL aquades, kemudian diencerkan sampai 250 mL menggunakan labu ukur.

b. Pembuatan Larutan Ion Logam Cd(II) 100 ppm

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

c. Pembuatan Larutan Standar Ion Logam Cd(II) 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 ppm

Larutan ion logam Cd(II) 100 ppm diambil masing masing sebanyak 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; dan 0,8 mL kemudian diencerkan menjadi 100 mL sehingga didapatkan larutan ion logam Cd(II) dengan konsentrasi 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; dan 0,8 ppm.

d. Pembuatan Kurva Standar

Larutan Standar Ion Logam Cd(II) dengan konsentrasi 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 ppm dan dianalisis menggunakan spektrofotometer AAS. Kemudian dibuat kurva kalibrasi dengan memplotkan absorbansi dengan konsentrasi sehingga diperoleh persamaan 3.1:

$$Y = mx + C \quad (3.1)$$

Dengan Y adalah Absorbansi, X adalah Konsentrasi, dan C adalah Konstanta (Kimia *et al.*, 2022).

e. Adsorosi Ion Logam Kadmium (II)

Optimasi perbandingan massa silika dan kitosan

Adsorben dari abu daun bambu kuning, kitosan dan campuran kitosan-silika disiapkan

dengan komposisi pada tabel 3.1 dengan total massa 0,2 g, lalu direaksikan dengan 25 mL larutan ion logam Cd(II) dengan konsentrasi 40 ppm diaduk selama 90 menit. Larutan ion Cd(II) dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifuge 180 rpm selama 20 menit, kemudian konsentrasinya diukur menggunakan AAS.

f. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Logam Kadmium Cd (II) oleh Kitosan-Silika
Penentuan pengaruh variasi pH

Ditimbang 0,2 g adsorben dengan kapasitas adsorpsi optimum yang telah diketahui pada langkah E. Adsorben kemudian dimasukkan ke dalam beaker baru. Penentuan pH optimum dilakukan dengan menggunakan variasi pH 4,5,6,7, dan 8. Larutan Cd(II) dengan konsentrasi 40 ppm disiapkan sebanyak 25 mL dengan berbagai variasi pH dan diaduk selama 90 menit. Larutan ion Cd(II) dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifuge kecepatan 180 rpm dengan waktu kontak 20 menit. Kemudian konsentrasinya diukur menggunakan AAS (Kusumawardani *et al.*, 2018).

g. Penentuan pengaruh variasi waktu kontak

Ditimbang 0,2 g adsorben dengan kapasitas adsorpsi optimum pH yang telah diketahui pada langkah F. Adsorben kemudian dimasukkan ke dalam 25 mL larutan Cd(II) 40 ppm dengan pH optimum. Kemudian diaduk dengan variasi waktu kontak 30,45,60,75,90, dan 105 menit. Larutan ion Cd(II) dipisahkan dari adsorben menggunakan sentrifuge kecepatan 180 rpm dengan waktu kontak 20 menit. Kemudian konsentrasinya diukur menggunakan AAS (Kusumawardani *et al.*, 2018).

h. Analisis data

1. Penentuan kapasitas adsorpsi (Q_e) ditentukan dengan persamaan 3.2:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{W} \quad (3.2)$$

Dimana C_0 adalah konsentrasi awal dan C_e adalah konsentrasi kesetimbangan larutan Cu(II) (mg/L), dan V (L), dan W (g) berturut-turut adalah volume larutan Cu(II) dan massa adsorben (Chen, Chen and Lee, 2022).

2. Penentuan Kinetika Adsorpsi

- a. Persamaan pseudo orde satu merupakan model kinetika adsorpsi umum digunakan.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - \ln kt \quad (3.3)$$

Diketahui q_e adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g), q_t adalah jumlah zat teradsorpsi pada waktu t (mg/g), k adalah konstanta laju pseudo orde satu dan t adalah waktu adsorpsi (menit) (Baunsele and Missa, 2020).

- b. Persamaan pseudo orde dua merupakan model kinetika adsorpsi umum digunakan.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (3.4)$$

Diketahui q_e adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g), q_t adalah jumlah zat teradsorpsi pada waktu t (mg/g), k adalah konstanta laju pseudo orde dua dan t adalah waktu adsorpsi (menit) (Baunsele and Missa, 2020).

BAB IV

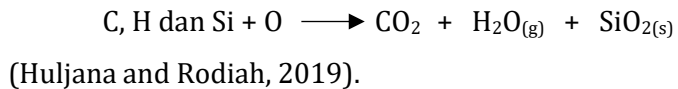
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar ion logam Cd(II) menggunakan adsorben silika dan kitosan-silika. Silika merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi. Silika banyak digunakan sebagai adsorben karena kemudahan produksinya serta sifat permukaannya yang mudah dimodifikasi (Ardana, Susatyo and Mahatmanti, 2014). Daun bambu kuning dipilih sebagai bahan baku sintesis silika karena mengandung 50% silika, jika nilainya di bawah persen tersebut kemungkinan sampel daun bambu kuning tersebut terdapat oksida-oksida lain yang terkandung dalam sampel silika, sehingga menyebabkan hasil silikanya rendah (Putra, Elvia and Amir, 2022). Hasil sintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF untuk mengetahui komposisi senyawa dalam silika, dan FTIR untuk mengidentifikasi gugus aktif yang ada dalam silika. Analisis AAS yaitu teknik analisis kuantitatif, digunakan untuk mengukur kadar logam Cd(II) yang teradsorp pada sampel adsorben kitosan-silika.

A. Preparasi Daun Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*)

1. Preparasi Sampel

Bahan yang digunakan untuk pembuatan adsorben pada penelitian ini adalah daun bambu kuning (*Bambusa vulgaris striata*) yang telah menjadi abu. Daun bambu kuning ini didapatkan dari perumahan BPI daerah Ngaliyan Semarang Barat. Sampel daun bambu kuning yang telah diperoleh dibersihkan dan dicuci, pencucian dengan aquades bertujuan untuk membersihkan daun bambu kuning dari debu dan partikel lainnya. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari, dengan tujuan dikeringkan yaitu untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam daun bambu. Selanjutnya diabukan pada suhu 900°C selama 5 jam. Reaksi yang terjadi dalam proses pembakaran abu daun bambu kuning adalah:



Pemanasan dengan suhu tinggi dilakukan dengan tujuan menghilangkan fraksi organik atau pengotor yang terkandung dalam daun bambu kuning, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan

kandungan silika (SiO_2) pada daun bambu kuning tersebut (Syukri & Hindryawati, 2017).

2. Proses Ekstraksi Silika

Selanjutnya proses ekstraksi silika melalui 10 g daun bambu menggunakan 100 mL HCl 6M dan dipanaskan menggunakan *hot plate stirer* pada suhu 85°C selama 2 jam tujuannya yaitu untuk menghilangkan pengotor yang berupa oksida logam. Oksida logam CaO , K_2O , dan MnO akan bereaksi dengan HCl membentuk garam yang larut dalam air, sehingga pada saat pencucian dengan akuades pengotor akan larut. Hasil ekstraksi dicuci dengan akuades sampai pH netral, dipanaskan pada temperatur 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dan dihaluskan menggunakan alu-mortar kemudian diayak menggunakan ayakan 120 mesh. Selanjutnya dikarakterisasi dengan XRF untuk mengetahui komposisi senyawa yang terdapat pada daun bambu kuning dan memastikan adanya kandungan silika di dalamnya. Silika daun bambu kuning yang telah diperoleh, ditunjukkan pada gambar 4.1. Hasil ekstraksi silika daun bambu kuning dengan karakteristik sifat fisik berwarna keabuan dan silika daun bambu kuning memiliki tekstur halus.

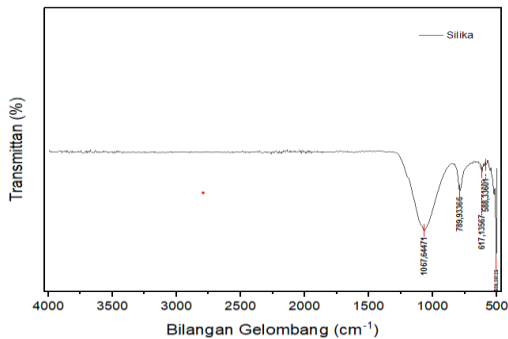


Gambar 4.1 Silika Daun Bambu Kuning

3. Karakterisasi

➤ FTIR

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa pada sampel silika daun bambu kuning dengan kisaran bilangan gelombang $500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Interaksi antara sumber sinar dengan gugus fungsi dalam sampel, di mana ada 2 jenis vibrasi yang terjadi, vibrasi ulur dan tekuk. Karakterisasi FTIR dilakukan untuk menunjukkan bahwa abu daun bambu kuning telah berhasil diekstraksi (Faika *et al.*, 2023).



Gambar 4.2 Spektra silika abu daun bambu

Analisis menggunakan instrumen FTIR dilakukan terhadap sampel silika abu daun bambu kuning yang memperlihatkan silika mengandung berbagai gugus fungsi. Intrepretasi data dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Intrepetasi Data Silika

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	
	Silika	Referensi
Vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si	1067,49	1056,99 cm ⁻¹ (Huljana and Rodiah, 2019)
Vibrasi ulur simetri gugus Si-O	789,93	790,76 cm ⁻¹ (Widodo et al., 2014)
Si-H	617,13	617,22 cm ⁻¹ (Udaibah and Priyanto, 2017)
Vibrasi tekuk asimetris Si-O	506,29	490,82 – 507,81 cm ⁻¹ (Noverliana and Asmi, 2015)

Analisis menggunakan instrumen FTIR dilakukan terhadap sampel silika abu daun bambu kuning yang memperlihatkan silika mengandung berbagai gugus fungsi. Interpretasi data dapat dilihat pada tabel 4.1. Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa spektra IR silika menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si karena terdapat puncak pada bilangan gelombang $1067,49\text{ cm}^{-1}$, keberadaan vibrasi ulur simetri gugus Si-O pada bilangan gelombang $789,93\text{ cm}^{-1}$, gugus Si-H pada bilangan gelombang $617,13\text{ cm}^{-1}$, dan menunjukkan adanya gugus Si-O karena terdapat serapan pada bilangan gelombang $506,29\text{ cm}^{-1}$. Abu daun bambu kuning yang dipakai mempunyai kandungan silika karena spektra IR yang diperoleh sesuai dengan spektra IR dari daun bambu pada penelitian Huljana & Rodiah (2019) memperlihatkan puncak Si-O-Si yang menunjukkan adanya gugus fungsi siloksan yang mengindikasikan bahwa silika dari daun bambu kuning merupakan silika reaktif.

➤ **XRF (*X-Ray Fluorescence*)**

Tabel 4.2 Hasil Analisis XRF

No	Senyawa	Persentase berat (%)	Unsur	Persentase berat (%)
1	MgO	0,874	Mg	0,529
2	Al ₂ O ₃	0,176	Al	0,0936
3	SiO ₂	50,0	Si	23,4
4	P ₂ O ₅	0,171	P	0,0746
5	SO ₃	0,228	S	0,0912
6	Cl	0,0134	C	0,0134
7	K ₂ O	3,07	K	2,54
8	CaO	0,393	Ca	0,280
9	MnO	0,0597	Mn	0,0463
10	Fe ₂ O ₃	0,172	Fe	0,121
11	NiO	0,0077	Ni	0,0061
12	CuO	0,0104	Cu	0,0083
13	ZnO	0,0273	Zn	0,0219
14	Rb ₂ O	0,0157	Rb	0,0144
15	SrO	0,0039	Sr	0,0033

Silika daun bambu yang telah selesai dipreparasi kemudian dianalisis dengan menggunakan XRF yang bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa kimia, terutama kandungan silika yang terdapat pada sampel. Berdasarkan Tabel 4.2, terlihat bahwa kandungan silika pada daun bambu kuning memperoleh persentase yaitu 50%. Hasil yang diperoleh lebih rendah jika dibandingkan dengan silika yang terdapat pada abu daun bambu petung yaitu 58% (Udaibah and Priyanto, 2017). Hal ini diakibatkan oleh faktor tempat tumbuh daun

bambu berbeda, jenis daun bambu yang digunakan berbeda, dan perbedaan pada proses ekstraksi. Hasil ekstraksi pada silika daun bambu kuning menunjukkan persentase K₂O tinggi, di mana K₂O adalah senyawa kompleks dari K₂O dan SiO₂.



Reaksi pembentukan kompleks tersebut juga bisa menurunkan hasil silika pada abu daun bambu kuning (Putra, Elvia and Amir, 2022). Selain SiO₂, ada juga beberapa senyawa lain yang terdapat dalam abu daun bambu kuning yaitu MgO, Al₂O₃, P₂O, SO₃, Cl, K₂O, CaO, MnO, Fe₂O₃, NiO, CuO, ZnO, Rb₂O, dan SrO. Kandungan tertinggi terdapat pada senyawa SiO₂ yaitu sebesar 50,0% dan kandungan terendah terdapat pada senyawa SrO yaitu sebesar 0,0039%.

B. Pembuatan Kitosan-Silika dari Daun Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*)

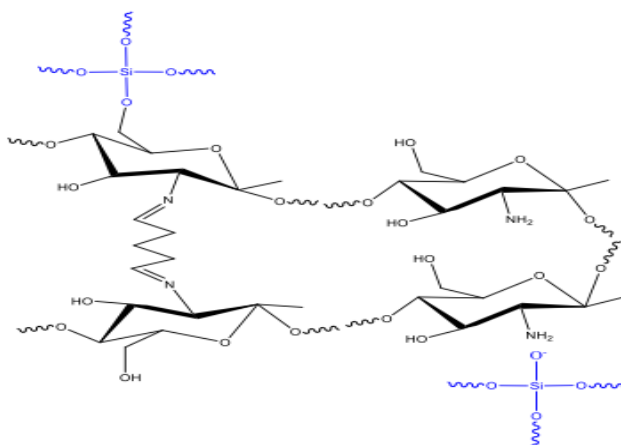
1. Modifikasi

Pembuatan Kitosan-Silika dari daun bambu kuning dilakukan dengan variasi % massa yang ditunjukkan pada tabel 3.1. variasi massa dilakukan untuk mengetahui komposisi terbaik dalam proses adsorpsi terhadap ion logam Cd(II). Tujuan dilakukan modifikasi dengan kitosan yaitu dapat

menyumbangkan gugus hidroksi (-OH) dan amina (-NH₂) sehingga material ini efektif dalam meningkatkan kapasitas adsorpsi (Ardana, Susatyo and Mahatmanti, 2014).

Selanjutnya proses modifikasi diawali dengan kitosan dilarutkan dalam 80 mL asam asetat 2 %. Selanjutnya larutan kitosan ditambahkan silika kemudian diaduk selama 12 jam. Campuran dinetralkan dengan 30 mL NaOH 1 M dan didiamkan selama 30 menit. Endapan didekantasi dan direndam dalam 40 mL glutaraldehid 0,5 % (v/v) selama 24 jam tujuannya yaitu sebagai agen penghubung dan meningkatkan kestabilan kitosan pada larutan asam. Selain itu penambahan glutaraldehid akan meningkatkan ikatan antara kitosan dengan silika (Amaria, 2023). Hasil yang didapat disaring dengan kertas Whatman no.1, dipanaskan 105°C, lalu didinginkan. Berdasarkan variasi dari tabel 3.1, setiap variasi digunakan volume kitosan yang berbeda, tujuannya untuk meningkatkan gugus fungsi NH₂ sehingga kapasitas tukar kationnya semakin meningkat. Kemudian kitosan-silika diuji menggunakan FTIR. Reaksi yang terjadi pada proses modifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.3. Hasil

modifikasi kitosan-silika daun bambu kuning dengan karakteristik sifat fisik berwarna kehijauan seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.3. Struktur kitosan silika dengan *crosslink* glutaraldehyd (Amaria, 2023)

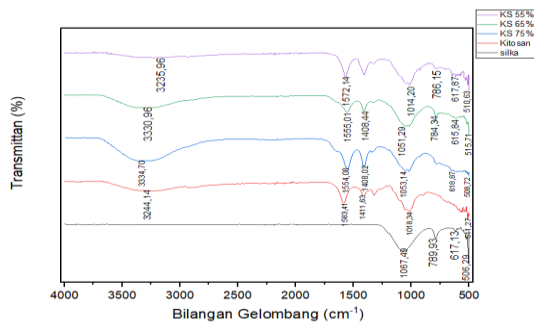


Gambar 4.4 Kitosan-Silika Daun Bambu Kuning

2. Karakterisasi silika-kitosan

➤ FTIR

Karakterisasi kitosan-silika menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada kitosan-silika. Karakterisasi FTIR dilakukan pada rentang bilangan gelombang 4000 cm^{-1} - 500 cm^{-1} . Hasil FTIR dari silika daun bambu kuning, kitosan, dan modifikasi ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Hasil Spektra FTIR Silika, Kitosan, dan KS (75%;65%;55%)

Analisis menggunakan instrumen FTIR dilakukan terhadap sampel silika daun bambu kuning mengandung berbagai gugus fungsi. Intrepretasi data dapat dilihat pada tabel 4.1. Analisis ini bertujuan mengetahui gugus fungsi terdapat pada KS dan pergeseran pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang dijadikan pembanding menentukan keberhasilan proses modifikasi. Perbedaan interpretasi data dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Interpretasi Data Hasil FTIR KS (kitosan-silika)

Gugus Fungsi	Pustaka	Bilangan gelombang (Cm ⁻¹)				
		Silika	Kitosan	KS 75%	KS 65%	KS 55%
-OH	3361,09 (Putra, Elvia and Amir, 2022)	-	3244,14	3334,70	3330,96	3235,68
N - H bend	1557,99(Amaria, 2023)		1583,41	1554,08	1555,01	1572,14
C - H Alkana	1407,58-1409,15 (Putra, Elvia and Amir, 2022)	-	1411,63	1408,02	1408,44	1407,64
Vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si	1016,62 (Putra, Elvia and Amir, 2022)	1067,49		1053,14	1051,29	1014,20
Vibrasi ulur simetri gugus Si-O	790,76 (Widodo, Mulyasuryani and Sabarudin, 2014a)	789,93	-	-	784,34	786,15
Si-H	617,22 cm ⁻¹ (Udaibah and Priyanto, 2017)	617,13	-	601,87	615,84	617,87
Vibrasi tekuk	507,81 (Noverlina and	506,29	-	508,72	515,71	510,63

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa spektra IR silika menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si karena terdapat pada puncak bilangan gelombang $1067,49\text{ cm}^{-1}$, keberadaan vibrasi simetris gugus Si-O dari siloksan pada bilangan gelombang 789.93 cm^{-1} , memiliki gugus Si-H pada bilangan gelombang $617,13\text{ cm}^{-1}$, dan menunjukkan adanya gugus Si-O karena terdapat serapan pada bilangan gelombang $506,29\text{ cm}^{-1}$. Daun bambu kuning yang dipakai mempunyai kandungan silika karena spektra IR yang diperoleh sesuai dengan spektra IR dari daun bambu pada penelitian Widodo *et al.*, (2014a) dan Huljana & Rodiah, (2019) memperlihatkan puncak Si-O-Si yang menunjukkan adanya gugus fungsi siloksan yang mengindikasikan bahwa silika dari daun bambu kuning merupakan silika reaktif.

Selanjutnya interpretasi data pada kitosan yang menunjukkan adanya gugus -OH karena terdapat puncak pada bilangan gelombang $3244,14\text{ cm}^{-1}$, gugus N-H *bend* menunjukkan bilangan gelombang $1583,41\text{ cm}^{-1}$, dan terdapat gugus C-H alkana *bend*

pada bilangan gelombang $1411,63\text{ cm}^{-1}$. Penambahan kitosan pada proses modifikasi karena kemampuan adsorpsi kitosan dihubungkan dengan adanya gugus hidroksi (-OH) dan amina (-NH₂) pada kitosan yang masing-masing dapat bertindak sebagai ligan jika berinteraksi dengan logam (Ardana, Susatyo and Mahatmanti, 2014).

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa spektra IR KS 75% menunjukkan adanya gugus -OH karena terdapat puncak pada bilangan gelombang $3334,70\text{ cm}^{-1}$, terdapat gugus N-H *bend* pada bilangan gelombang $1554,08\text{ cm}^{-1}$, terdapat gugus C-H alkana *bend* karena terdapat bilangan gelombang $1408,02\text{ cm}^{-1}$, terdapat vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si pada bilangan gelombang $1053,14\text{ cm}^{-1}$, memiliki gugus Si-H pada bilangan gelombang $601,87\text{ cm}^{-1}$, terdapat gugus Si-O karena terdapat bilangan gelombang $508,72\text{ cm}^{-1}$.

Interpretasi yang sama terlihat pada spektra KS 65% terdapat gugus -OH mengalami pergeseran pada pita serapan $3330,96\text{ cm}^{-1}$, pada gugus N-H *bend* mengalami pergeseran pada pita serapan $1555,01\text{ cm}^{-1}$, terdapat gugus C-H alkana *bend* pada bilangan gelombang $1408,44\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur asimetris Si-O

dari Si-O-Si mengalami pergeseran pada pita serapan $1051,29\text{ cm}^{-1}$, terdapat gugus Si-O dari siloksan pada bilangan gelombang $784,34\text{ cm}^{-1}$, gugus Si-H mengalami pergeseran pada bilangan gelombang $615,84\text{ cm}^{-1}$, gugus Si-O mengalami pergeseran pada bilangan gelombang $515,71\text{ cm}^{-1}$.

Selanjutnya interpretasi data dari KS 55%. Hasil karakterisasi tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa KS. Analisis sesuai dengan tabel 4.3 spektra FTIR pada KS menunjukkan adanya gugus -OH mengalami pergeseran pada bilangan gelombang $3235,68\text{ cm}^{-1}$, pada spektra IR KS 75% dan 65% gugus gugus N-H *bend* mengalami pergeseran pada bilangan gelombang $1572,14\text{ cm}^{-1}$, gugus C-H alkana *bend* memiliki bilangan gelombang yang sama dengan KS 75% dan 65% sedangkan pada KS 55% mengalami pergeseran pita serapan pada bilangan gelombang $1407,64\text{ cm}^{-1}$, gugus Si-O dari Si-O-Si mengalami pergeseran pita serapan pada bilangan gelombang $1014,20\text{ cm}^{-1}$. Pada gugus Si-O dari siloksan mengalami pergeseran pita pada bilangan gelombang $786,15\text{ cm}^{-1}$. Adanya pergeseran pita serapan gugus

Si-H pada bilangan gelombang $617,87\text{ cm}^{-1}$, dan bilangan gelombang $510,63\text{ cm}^{-1}$ yaitu gugus Si-O.

Hasil FTIR Kitosan-Silika (KS) menunjukkan adanya pergeseran pita serapan membuktikan bahwa modifikasi silika pada kitosan mengakibatkan pergeseran pita serapan. Pita serapan $3235,68 - 3334,70\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan -OH. Hal ini diperkuat dengan adanya serapan pada bilangan gelombang $1572,14\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus N-H pada kitosan-silika. Gugus N-H pada kitosan- silika ini berasal dari kitosan.

Serapan pada bilangan gelombang $1067,49\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O pada siloksan Si-O-Si. Serapan pada panjang gelombang $923,24\text{ cm}^{-1}$ yaitu pita serapan vibrasi ulur Si-O pada Si-OH. Gugus Si-O-Si dan Si-OH yang terdapat pada kitosan-silika berasal dari silika. Gugus Si-O-Si dan Si-OH merupakan gugus aktif silika. Gugus fungsi seperti Si-OH menunjukkan adanya ikatan hidrogen gugus silanol dari silika dengan gugus amida ataupun gugus okasi dalam kitosan. Interaksi silika dan kitosan dapat dilihat dari menurunnya intensitas uluran N-H di daerah $3235,68 - 3334,70\text{ cm}^{-1}$ pada kitosan-silika yang bertumpang tindih

dengan serapan OH. Hal ini dikarenakan gugus N-H berinteraksi dengan silika yang ditambahkan. Gugus N-H yang berfungsi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi logam berat oleh material komposit (Susilowati, Mahatmanti and Haryani, 2018).

C. Adsorpsi Ion Logam Cd(II)

Penelitian ini telah dilakukan serangkaian percobaan adsorpsi logam Cd(II) menggunakan berbagai komposisi adsorben kitosan-silika. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi adsorben dengan kapasitas adsorpsi tertinggi yang selanjutnya akan dioptimasi terhadap variabel pH dan waktu kontak. Perbandingan adsorben dari abu daun bambu kuning, kitosan dan campuran kitosan-silika disiapkan dengan komposisi pada tabel 3.1. Data pengujian yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Uji Adsorpsi Sampel Kitosan, Silika, dan KS (kitosan-silika)

No	Sampel	Qe (mg/g)
1	Kitosan	0,563
2	Silika	1,046
3	KS 75%	2,005
4	KS 65%	3,39
5	KS 55%	1,549

Berdasarkan tabel 4.4 hasil uji adsorpsi awal pada sampel Kitosan, Silika, KS 75%, KS 65%, dan KS 55% dapat dilihat bahwa kemampuan adsorpsi paling baik yaitu KS 65% dengan kapasitas adsorpsi 3,39 mg/g. Hasil uji adsorben silika menunjukkan bahwa kemampuan untuk adsorpsi terhadap logam Cd baik, tetapi meningkat secara signifikan setelah ditambah kitosan. Berdasarkan data yang dihasilkan dapat diketahui bahwa dengan adanya kitosan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi silika terhadap Cd (II), jadi kitosan akan memberikan pengaruh terhadap kemampuan adsorben pada proses adsorpsi Cd(II). KS 65% dipilih untuk komposisi yang paling baik selanjutnya akan digunakan pada tahap optimasi pH dan waktu kontak.

1. Penentuan pH Optimum

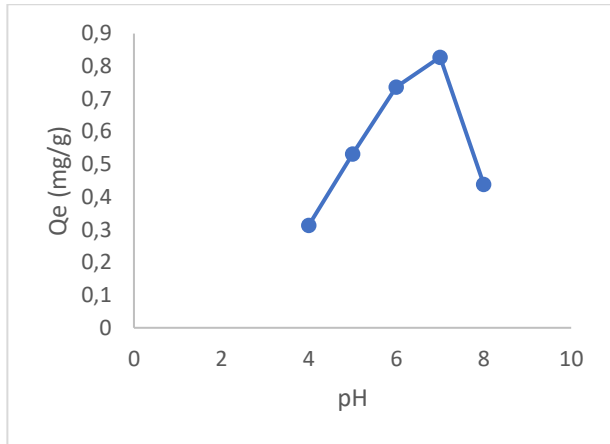
Dalam penelitian ini, penentuan kondisi pH optimum untuk mengetahui bagaimana pH mempengaruhi jumlah molekul adsorbat yang diadsorpsi oleh permukaan adsorben. Kelarutan ion logam dan gugus aktif dalam material adsorben dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH). Untuk mengetahui kisaran pH pada kondisi optimal pH dari penyerapan ion logam Cd(II) pada

adsorben kitosan-silika. Variasi pH yang dilakukan adalah 4, 5, 6, 7, dan 8. Pengaturan pH dilakukan menggunakan NaOH 0,1 M untuk larutan bersifat basa dan HNO₃ 0,1 M untuk membuat larutan bersifat asam. Data optimasi pH ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Optimasi pH

pH	Qe (mg/g)
4	0,314
5	0,532
6	0,737
7	0,828
8	0,439

Berdasarkan tabel 4.4 pemilihan variasi pH larutan dari pH 4 sampai 8 karena di bawah pH 7 terbentuk ion Cd²⁺, jika dilanjutkan pH di atas 7 sudah mulai terbentuk endapan Cd(OH)₂ sesuai dengan spesiasi logam Cd gambar 2.1 (Rodr and Serena, 2016). Pengaruh variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.6 Pengaruh Variasi pH terhadap kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan gambar 4.6 pH optimum terjadi pada pH 7, dengan jumlah Cd(II) yang teradsorpsi sebesar 0,828 mg/g. Semakin tinggi pH, menyebabkan deprotonasi gugus fungsi pada permukaan adsorben, menghasilkan muatan negatif. Hal ini meningkatkan gaya tarik-menarik elektrostatis antara adsorben bermuatan negatif dengan ion Cd(II) bermuatan positif, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi maksimum tercapai pada pH 7. Setelah pH 7 kapasitas adsorpsi menurun, hal ini disebabkan karena mulai terbentuk endapan $\text{Cd}(\text{OH})_2$ akibat terlampauinya harga $K_{sp} \text{ Cd}(\text{OH})_2$ pada larutan sehingga sebagian logam tidak dapat

teradsorp. Harga K_{sp} $\text{Cd}(\text{OH})_2$ pada suhu 25°C adalah $7,2 \times 10^{-15}$. Sebaliknya, pada pH rendah, kompetisi antara ion H^+ dan $\text{Cd}(\text{II})$ untuk situs aktif pada permukaan adsorben menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi (Farida *et al.*, 2019).

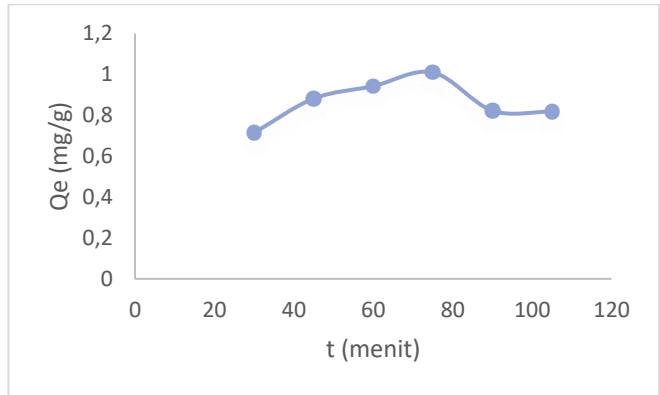
2. Penentuan Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak optimum pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penyerapan optimum logam $\text{Cd}(\text{II})$ oleh kitosan:silika. Laju reaksi merupakan fungsi dari jumlah tumbukan per satuan waktu, sesuai dengan teori tumbukan. Reaksi berlangsung lebih cepat hingga mencapai kondisi kesetimbangan jika semakin banyak tumbukan yang terjadi (Ernawati *et al.*, 2021). Percobaan yang telah dilakukan memvariasikan waktu kontak dengan pH optimum dari percobaan sebelumnya.

Tabel 4.6 Optimasi Waktu

No	Waktu(menit)	Qe(mg/g)
1	30	0,715
2	45	0,882
3	60	0,943
4	75	1,01
5	90	0,301
6	105	0,231

Semakin dinaikkan waktunya maka waktu kontak memiliki pengaruh terhadap adsorpsi ion logam Cd(II). Waktu kontak optimum dalam penelitian ini dicapai pada menit ke 75 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1,01 mg/g. Pada waktu 90 dan 105 menit mengalami penurunan kapasitas adsorpsi bahwa pada keadaan ini kapasitas adsorpsi permukaan adsorben telah jenuh dan telah mencapai keadaan setimbang pada waktu kontak optimum, sehingga tidak mengalami peningkatan kapasitas adsorpsi lagi. Hal ini disebabkan semakin lama waktu kontak dapat mengakibatkan desorpsi (Nugraheni, Herlyanti and Syukur, 2017). Pengaruh waktu terhadap kapasitas adsorpsi ditunjukkan pada gambar 4.6.

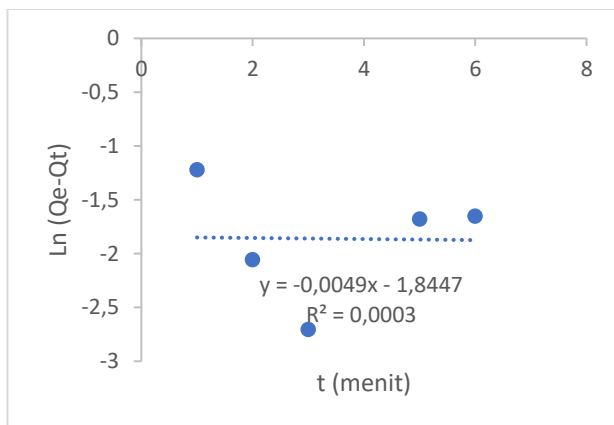


Gambar 4.7 Pengaruh Waktu terhadap Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan gambar 4.7 ion Cd(II) dapat dilihat bahwa secara umum kapasitas adsorpsi ion Cd(II) mengalami peningkatan diawal proses adsorpsi seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Setelah waktu optimum maka ion Cd(II) sulit diterima pada permukaan adsorben karena kondisi dimana melepaskan kembali sampel limbah yang telah diadsorpsi (Fitasari and Ramadani, 2022). Maka, waktu optimum terjadi pada waktu 75 menit dengan kapasitas adsorpsi 1,01 mg/g.

Hasil optimasi waktu digunakan untuk menentukan kinetika adsorpsi. Tujuan dari penentuan kinetika adsorpsi yaitu untuk mengetahui laju kemampuan penyerapan

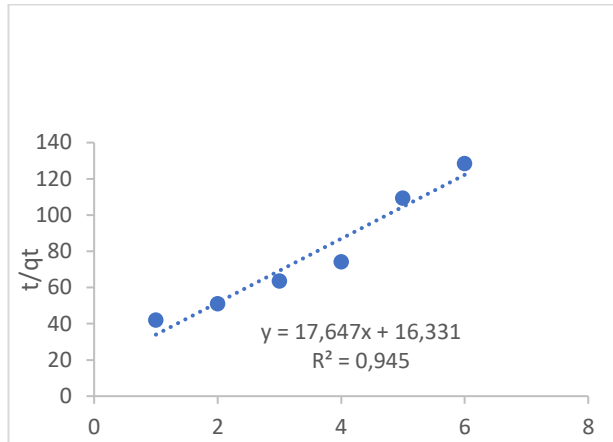
adsorben KS 65% terhadap logam Cd(II). Kinetika adsorpsi ditentukan dengan model kinetika *pseudo* orde 1 dan *pseudo* orde 2. Model kinetika adsorpsi terbaik dapat dilihat melalui nilai koefisien sehingga dapat ditentukan nilai linearitas (R^2) dan kapasitas adsorpsi (Q_e) (Putra *et al.*, 2015). Model kinetika adsorpsi *pseudo* orde satu gambar 4.7.



Gambar 4.8 Kinetika Pseudo Orde Satu

Berdasarkan gambar 4.8 kinetika *pseudo* orde satu diperoleh persamaan garis linier $y = -0,0049x - 1,8447$ dengan R^2 0,0003. Berdasarkan persamaan tersebut dapat diketahui nilai gradiennya -0,0049 dengan intersep 1,8447. Berdasarkan persamaan garis dapat diketahui k_1 yaitu 0,011 menit^{-1} dan nilai Q_e teoritis 0,2659

mg/g. Gambar 4.9 menunjukkan model kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua.



Gambar 4.9 Kinetika Pseudo Orde Dua

Gambar 4.9 kinetika *pseudo* orde dua diperoleh persamaan garis linier $y = 17,647x + 16,331$ dengan $R^2 = 0,945$. Persamaan tersebut dapat diketahui nilai gradiennya 17,647 dengan intersep 16,331. Berdasarkan persamaan garis dapat diketahui k_2 yaitu $1,0818 \text{ menit}^{-1}$ dan nilai Q_e teoritis $0,0566 \text{ mg/g}$. Tabel 4.8 menyajikan data yang diperoleh dari hasil kurva kinetika adsorpsi yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7 Kinetika Adsorpsi Ion Logam Cd(II)
Kitosan-Silika

Pseudo Orde 1			Pseudo Orde 2		
Qe (mg/g)	k ₁ (min ⁻¹)	R ²	Qe (mg/g)	k ₂ (min ⁻¹)	R ²
0,2659	0,011	0,0003	0,0566	1,0818	0,945

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan 4.9 menunjukkan, hal ini mengindikasikan bahwa model kinetika adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi kitosan-silika adalah kinetika adsorpsi *pseudo* orde dua karena memiliki nilai R² 0,945 mendekati satu, nilai konstanta kecepatan laju adsorpsi pada pseudo orde dua (k₂) lebih besar dari nilai k₁ pseudo orde satu, menunjukkan bahwa k₂ memiliki laju adsorpsinya lebih cepat yaitu 1,0818 menit⁻¹, hal ini mengindikasikan laju adsorpsi sebesar 1,0818 mg, artinya setiap miligram adsorben dapat mengadsorpsi 1,0818 mg adsorbat dalam satu menit.. Semakin cepat kapasitas adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat maka semakin tinggi seiring dengan bertambahnya konstanta laju adsorpsi (Taihuttu, Kayadoe and Mariwy, 2019).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil dan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Daun bambu kuning mengandung silika sebanyak 50%.
2. Komposisi optimum KS untuk adsorpsi ion Cd(II) adalah 65%:35%, menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 3,39 mg/g. Karakterisasi FTIR interaksi silika dan kitosan dapat dilihat dari pergeseran pita serapan didaerah 3235,68 - 3334,70 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan -OH dan diperkuat adanya gugus N-H pada kitosan-silika. Karakteristik fisik kitosan-silika berwarna hijau.
3. Hasil terbaik dalam mengadsorpsi ion logam Cd(II) dengan konsentrasi 40 ppm pada pH 7 dan waktu kontak 75 menit diperoleh dengan menggunakan campuran KS dengan perbandingan 65% dan 35% dengan total massa 0,2 gram.
4. Model kinetika adsorpsi dalam penelitian ini yaitu mengikuti pseudo orde dua dengan Q_e

teoritis sebesar 0,0566 mg/g, k_2 sebesar 1,0818 g.mg⁻¹ min⁻¹, dan R^2 sebesar 0,945.

B. Saran

Diharapkan penelitian selanjutnya akan menggunakan aktivator tambahan untuk meningkatkan kemampuan kapasitas adsorpsi daun bambu kuning. Selain itu, karakterisasi menggunakan XRD dan instrumen SAA akan diperlukan untuk memastikan luas permukaan dan pori-pori yang dihasilkan. Dan pada saat uji adsorpsi disarankan secara *triplo* agar hasil yang didapatkan lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A.S. *et al.* (2018) 'Agregat Halus Pada Campuran Beton Analysis Of Use Of Silica Sand As Replacement Of Fine Aggregate On Concrete Mixture S dan Yanuar , AR (2018) penggunaan daur ulang pasir silika dalam pengecoran logam', 1.
- Akbar, A.W., Daud, A. and Mallongi, A. (2014) 'Analisis Resiko Loam Berat Kadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Makassar', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin*, (Cd), pp. 1–8.
- Aldila, H., Dalimunthe, D.Y. and Nuryadin, A. (2020) 'Ekstraksi Kitosan dari Limbah Cangkang Udang sebagai Adsorben Ion Logam Cu pada Air Pasca Tambang Timah (Extraction of Chitosan from Shrimp Shells Waste as Cu Metal Ions Adsorbent in Post Tin Mining ' s Water)', *Promine*, 8(2), pp. 65–71.
- Amaria, H.S.P. dan 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).
- Anggraini, N., Agustina, T.E. and Hadiyah, F. (2022) 'Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium

- Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), pp. 345–355. Available at:
- Anisa, Z. *et al.* (2023) 'Fakultas Teknik-Universitas Wahid Hasyim Semarang 173', 8.
- Ardana, S.K., Susatyo, E.B. and Mahatmanti, F.W. (2014) 'Sintesis Silika-Kitosan Bead untuk menurunkan kadar ion Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(3), pp. 193–197.
- Arsyi, N.Z. *et al.* (2018) 'Karakterisasi Nano Kitosan Dari Cangkang Kerang Hijau Dengan Metode Gelasi Ionik', *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2), pp. 106–111.
- Aynuddin¹ and dan Rosalina^{1*} (2022) 'Pengolahan Logam Berat Kromium dalam Limbah Cair Laboratorium', 46(2), pp. 13–17.
- Azizati, Z. (2019) 'Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan Kulit Udang Galah DD =', 2(1), pp. 10–16.
- Baunsele, A.B. and Missa, H. (2020) 'Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa', 5(2), pp. 76–85.
- Chen, W.S., Chen, Y.C. and Lee, C.H. (2022) 'Modified Activated Carbon for Copper Ion Removal from Aqueous Solution', *Processes*, 10(1).
- Clara Precelia, S. *et al.* (2018) 'Sintesis Silika Mesopori

- Tersulfonasi dari Abu Daun Bambu Petung (Dendrocalamus Asper) Synthesis Of Sulfonated Mesoporous Silica From Bamboo Leves Ash (Dendrocalamus asper)', *Jurnal Atomik*, 03(1), pp. 61–67.
- Ernawati *et al.* (2021) 'Adsorpsi Metilen Biru Dengan Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi', *Prosiding Seminar Nasional Kimia* , pp. 173–179.
- Faika, S. *et al.* (2023) 'PKM Mandiri Pelatihan Aplikasi Spektroskopi IR Dalam Mengidentifikasi Struktur Molekul Bagi Mahasiswa Pendidikan Kimia Jurusan Kimia', 01, pp. 151–155.
- Farida, A. *et al.* (2019) 'PEMANFAATAN LIMBAH KULIT JAGUNG (*Zea mays* L.) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM KADMIUM DALAM LARUTAN', *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), pp. 27–32.
- Fitasari, D. and Ramadani, H.R. (2022) 'Hydrochar Ampas Kopi Termodifikasi H₂O₂ Sebagai Adsorben untuk Ion Logam Berat Cd(II)', *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 5(1), pp. 21–32.
- Hardyanti, I.S. *et al.* (2017) 'Utilization of Silica (SiO₂) and Bentonite as Adsorbent for Heavy Metal Fe in Batik Waste', *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2), pp. 37–41.
- Huljana, M. and Rodiah, S. (2019) 'Sintesis Silika dari Abu

- Sekam Padi dengan Metode Sol-gel', *Sains dan Teknologi Terapan*, 2, pp. 1–8.
- Husni, Junaedi, G. (2020) 'Potensi Kitosan Bersumber dari Limbah Cangkang Rajungan', 5(1), pp. 32–38.
- Irma Syukri, Noor Hindryawati, R.R.D.J.N.. (2017) 'Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi Termodifikasi', 02(2), pp. 221–226.
- Johnson et al., 2021 (2021) ' β eta kimia Konsentrasi Optimum dan Model Isotherm Bovine Serum Albumin', 1(November), pp. 78–88.
- Kanto, D.A.R., Permana, A.D. and Hertadi, R. (2019) 'Extraction and Characterization of Chitin and Chitosan from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)', *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 10(1), pp. 23–32.
- Ketapang, M.C. (2019) 'Jurnal Katalisator', 4(1), pp. 42–52.
- Khanifa, L.N., Mulyatun, M. and Suryandari, E.T. (2019) 'Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} Menggunakan Hidrochar *Eichhornia Crassipes* Termodifikasi H_2O_2 ', *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), p. 64.
- Khanifa, L.N. and Suryandari, E.T. (2019) 'Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu^{2+} Menggunakan Hidrochar *Eichhornia Crassipes* Termodifikasi H_2O_2 Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang', 2(2), pp. 64–79.

- Kimia, D.T. *et al.* (2022) 'Jurnal Teknik Kimia-USU Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir Optimization of the Effect of Contact Time and Adsorbent Dosage of *Eucalyptus* (*Melaleuca cajuputi*)', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), pp. 72–79.
- Kusumawardani, R., Zaharah, T., A, dan Destiarti, L. (2018) 'Adsorpsi Kadmium Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu', *Jurnal program studi kimia Fakultas MIPA universitas tanjungpura*, 7(3), pp. 75–83.
- Lufira, Zuhriyah, Muktiningsih, Rahayu, F. (2021) 'Model Penjernih Air Hujan Untuk Air Bersih', 12(1), pp. 61–70.
- Maylani¹, A.I., Nurfauziah², A. and Ariesta⁴, A.N. dan A.H. (2015) 'review jurnal : isolasi dan identifikasi kafein dari kopi dengan instrumen spektrofotometer uv-vis dan ftir'.
- Muhardi, Nurlina and Shofiyani, A. (2018) 'Pengaruh Komposisi Berat Kitosan-Zeolit Terhadap Stabilitas Fisiko-Kimia Komposit Yang Dihasilkan', *Jurnal Kajian Komunikasi*, 7(1), pp. 66–72.
- Muhtar, D.F., Sinyo, Y. and Ahmad, H. (2017) 'Pemanfaatan Tumbuhan Bambu Oleh Masyarakat Di Kecamatan Oba

- Utara Kota Tidore Kepulauan', *Sainstifik@: Jurnal Pendidikan MIPA*, 1(1), pp. 37–44.
- Mulyasuryani, A., Rumhayati, B. and Cahyani, C. (2013) 'Adsorpsi Pb 2 + dan Cu 2 + Menggunakan Kitosan-Silika dari Abu Sekam Padi', 3(2).
- Namira, N. and Wahyuni, A. (2016) 'Identifikasi unsur penyusun tanah desa babange kabupaten bantaeng menggunakan metode x-ray fluorescence (xrf)', pp. 280–286.
- Noverliana, N. and Asmi, D. (2014) 'Sintesis Keramik Silika dari Daun Bambu dengan Teknik Sol-Gel dan Karakteristik Pada Suhu Kalsinasi 500oC – 700oC', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 03(1), pp. 17–23.
- Noverliana, N. and Asmi, D. (2015) 'Sintesis Keramik Silika Daun Bambu Dengan Metode Sol-Gel Dan Karakterisasi Pada Suhu Kalsinasi 500 OC, 600 OC, dan 700 OC', *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika*, 03(01), pp. 17–23.
- Nugraheni, B., Herlyanti, K. and Syukur, M. (2017) 'adsorpsi pb2+ dalam limbah cair batik menggunakan adsorben dami nangka tanpa teraktivasi dan teraktivasi naoh: ph dan waktu kontak', *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 3(2), pp. 1–5.
- Ozel, H.U. (2012) 'Biosorption of Cd(II) ions by nordmann fir cones', *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(9), pp.

2527–2535.

- Pawitra, T., Setiawan, A. and Ramadani, T.A. (2021) 'Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Abu Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Cu(II)', *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 6(1), pp. 70–77.
- Perucha, J.A. *et al.* (2015) 'Analisis Konduktivitas Hidrolik Jenuh pada Batang Bambu Kuning (*Bambusa Vulgaris* Schard Es . J . C)', *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(3), pp. 201–208.
- Putra, R. *et al.* (2015) 'Adsorpsi Ion Mn(II) Pada Zeolit Dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditizon', *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 17(2), pp. 87–99.
- Putra, R., Elvia, R. and Amir, H. (2022) 'Sintesis Silika-Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Ion Besi Dalam Air Permukaan', *Alotrop*, 6(1), pp. 15–27.
- Putri, N.S. *et al.* (2023) 'Pengujian X-Ray Fluorescence Terhadap Kandungan Mineral Logam Pada Endapan Sedimen di Sungai Amamapare Kabupaten Mimika , Papua Tengah', 04(1), pp. 6–10.
- Putri Rizkina*, Febrina Arfi, R.S.N. (2023) 'Dengan ekstrak etanol mamon ungu (*Cleome rutidospermae*)', 5(1), pp. 26–35.
- Rafi, A. (2016) 'pemetaan sebaran bijih besi berdasarkan

- kualitas dengan metode inverse distance weighed (idw) di daerah jorong pulakek koto baru kabupaten', 6(2), pp. 220-230.
- Rahayu, I. *et al.* (2021) 'Characteristics of impregnated wood by nano silica from betung bamboo leaves', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 891(1).
- Rahmaniah, Isdar, E. and Rani, S.R.A. (2024) 'Sintesis dan karakterisasi kitosan berbasis cangkang landak laut sebagai kandidat adsorben logam berat', 9(2), pp. 30-36.
- Rizki, R. *et al.* (2020) 'Pemanfaatan tempurung kluwak sebagai adsorben dalam menurunkan kadar logam berat tembaga', 01(01).
- Rodr, C. and Serena, L. (2016) 'Comprehensive Study of Growth Mechanism and Properties of Low Zn Content Cd_{1-x}Zn_xS Thin Films by Chemical Bath Comprehensive Study of Growth Mechanism and Properties of Low Zn Content Cd_{1-x}Zn_xS Thin Films by Chemical Bath', (November).
- Rozak, R.& (2021) 'Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Bandeng (*Chanos chanos forsk*) yang Berasal dari Kampung Melayu Kota Bima', *Jurnal Pijar Mipa*, 16(1), pp. 97-102.

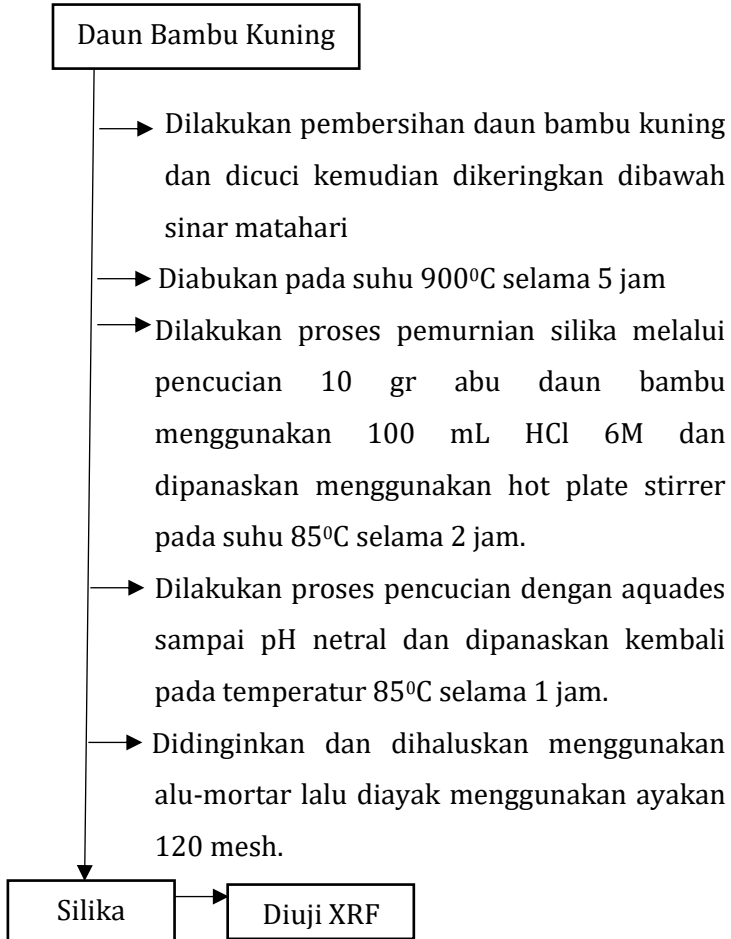
- Sa'diyah, H. *et al.* (2016) 'Ekstraksi Silikon Dioksida Dari Daun Bambu', V, pp. SNF2016-BMP-13-SNF2016-BMP-16.
- Safitri, O., Alrasyid, H. and Udyani, K. (2020) 'Sebagai Adsorben Logam Berat Pada Limbah Cair [Review]', *Jurnal Envirotek*, 12(2), pp. 19–24.
- Susilowati, E., Mahatmanti, F.W. and Haryani, S. (2018) 'Sintesis Kitosan-Silika Bead sebagai Pengadsorpsi Ion Logam Pb (II) pada Limbah Cair Batik', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), pp. 1–9.
- Syachroni, S.H. *et al.* (2017) 'No Title', (Cd), pp. 23–29.
- Taihuttu, B., Kayadoe, V. and Mariwy, A. (2019) 'ISSN: 2087-9024 studi kinetika adsorpsi ion Fe (iii) menggunakan limbah ampas sagu', 9(1), pp. 9–17.
- Tasanif, R., Isa, I. and Kunusa, W.R. (2022) 'Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd , Cu dan Cr Potensi Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cd , Cu dan Cr', (August).
- Udaibah, W. and Priyanto, A. (2017) 'Synthesis and Structure Characterization of SiO₂ from Petung Bamboo Leaf Ash (Dendrocalamus asper (Schult.f.) Backer ex Heyne)', *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 3(1), pp. 215–220.
- Widodo, N.T., Mulyasuryani, A. and Sabarudin, A. (2014a) 'Recovery Cu (II) dengan Teknik Ekstraksi Fasa Padat

- Menggunakan Adsorben Silika dari Abu Sekam Padi – Kitosan’, *Natural B*, 2(4), pp. 360–365.
- Widodo, N.T., Mulyasuryani, A. and Sabarudin, A. (2014b) ‘Recovery Cu (II) dengan Teknik Ekstraksi Fasa Padat Menggunakan Adsorben Silika dari Abu Sekam Padi – Kitosan’, 2(4), pp. 360–365.
- Yasrin, Alimuddin, dan S. (2020) ‘PEMBUATAN SILIKA GEL DARI ABU DAUN BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus asper* (Schult . F) Backer ex Heyne) DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI ION Cd (II) THE MANUFACTURING OF SILICA GEL FROM BAMBOO LEAF ASH (*Dendrocalamus asper* (Schult . f) Backer ex Heyne)’, 05(51), pp. 107–113.

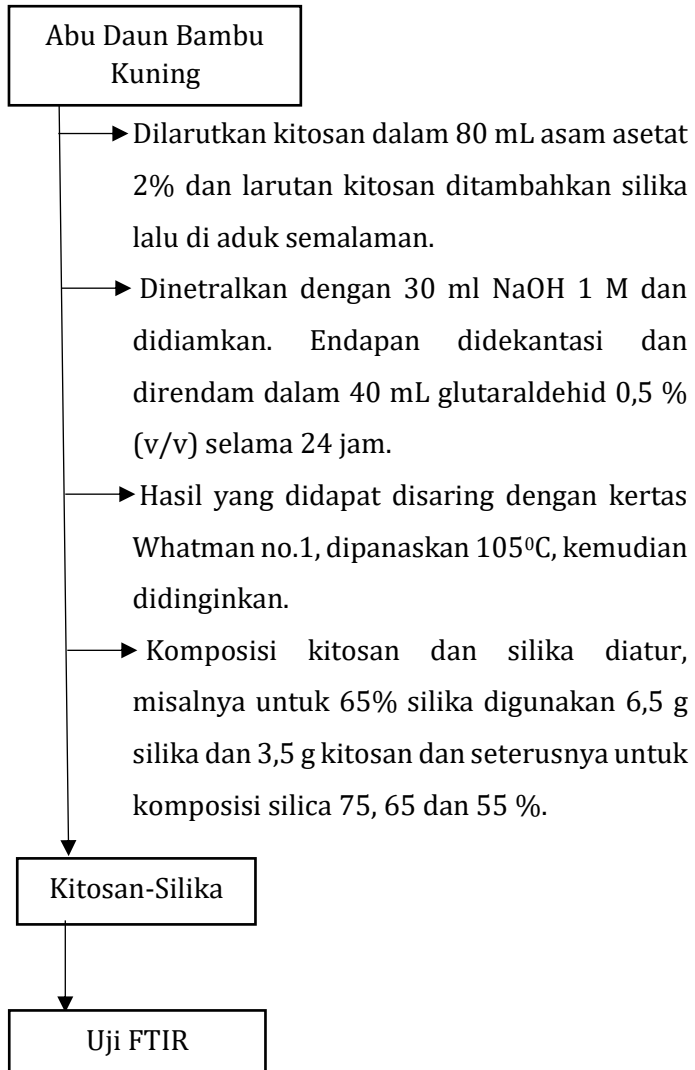
LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian

A. Preparasi Sampel dan Pembuatan Silika Abu Daun Bambu Kuning

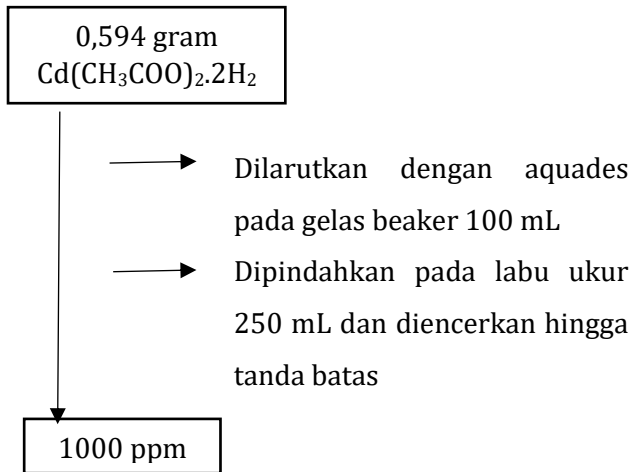


B. Pembuatan Kitosan-Silika dari abu daun bambu kuning

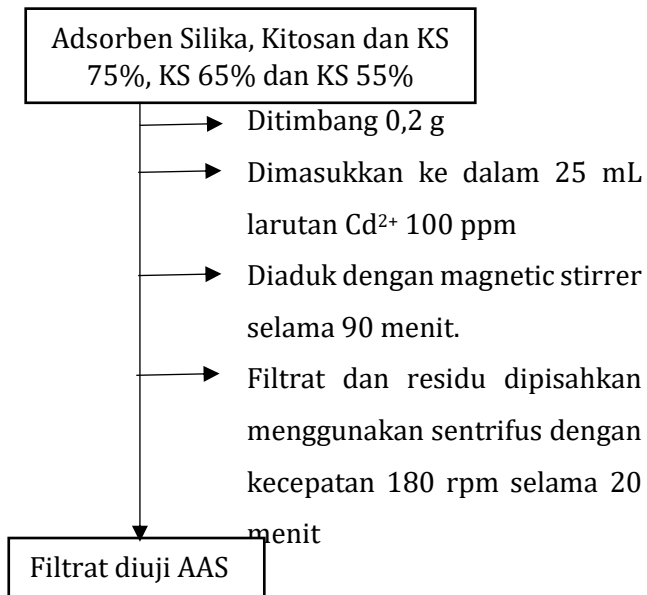


C. Pembuatan Larutan Kadmium Cd(II)

a. Larutan induk 1000 ppm

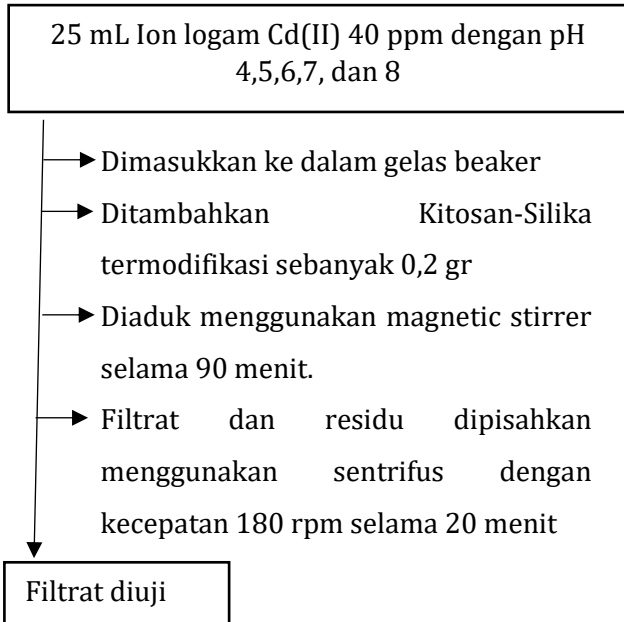


b. Adsorpsi Awal

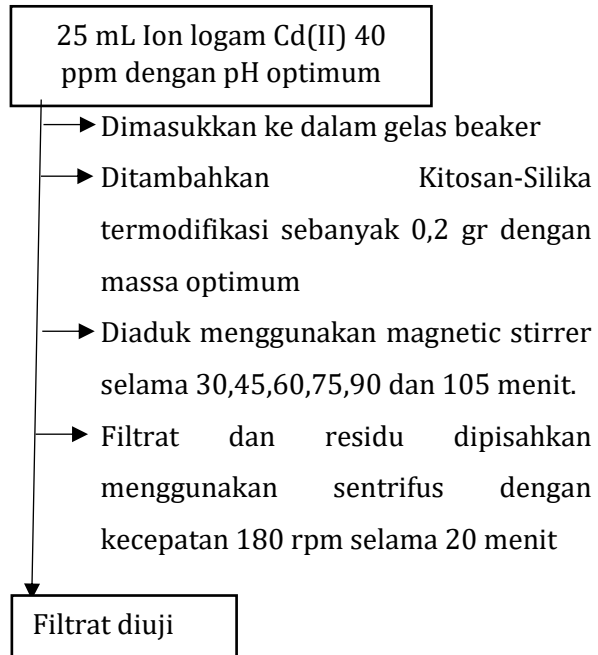


c. Penentuan kondisi optimum

a. pH optimum



b. waktu kontak optimum



Lampiran 2. Data Hasil Percobaan

1. Data Uji Adsorpsi

Tabel L.1 Data Uji Adsorpsi Awal

Variasi	Sam pel	Massa Adsorben	Volume Larutan (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Rata- rata Qe (mg/g)
Kitosan	A	0,2	25	35,16	30,65	0,563	0,563
Silika	A	0,2	25	35,16	26,79	1,046	1,046
KS 75	A	0,2	25	35,16	18,50	2,083	2,005
	B	0,2	25	35,16	19,75	1,926	
KS 65	A	0,2	25	35,16	7,92	3,405	3,39
	B	0,2	25	35,16	8,16	3,375	
KS 55	A	0,2	25	36,16	20,86	1,788	1,549
	B	0,2	25	35,16	26,11	1,131	

2. Data Optimasi pH

Variasi	Sam pel	Massa Adsorben	Volume Larutan (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Rata- rata Qe (mg/g)
pH 4	A	0,2	25	37,30	32,17	0,641	0,314
	B	0,2	25	37,30	37,40	- 0,013	
pH 5	A	0,2	25	37,30	32,59	0,589	0,532
	B	0,2	25	37,30	33,51	0,474	

pH 6	A	0,2	25	37,30	31,03	0,784	0,737
	B	0,2	25	37,30	31,78	0,69	
pH 7	A	0,2	25	37,30	31,90	0,675	0,828
	B	0,2	25	37,30	29,45	0,981	
pH 8	A	0,2	25	37,30	33,89	0,426	0,439
	B	0,2	25	37,30	32,67	0,453	

3. Data Optimasi Waktu Kontak

Watu (menit)	Massa Adsorben	Volume Larutan (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
30	0,2	25	29,69	23,97	0,715
45	0,2	25	29,69	22,63	0,882
60	0,2	25	29,69	22,14	0,943
75	0,2	25	29,69	21,61	1,01
90	0,2	25	29,69	23,10	0,823
105	0,2	25	29,69	23,19	0,818

4. Data Kinetika Adsorpsi

Pseudo Orde 1			Pseudo Orde 2		
Qe (mg/g)	k ₁ (min ⁻¹)	R ²	Qe (mg/g)	k ₂ (min ⁻¹)	R ²
0,2659	0,011	0,0003	0,0566	1,0818	0,945

Lampiran 3. Perhitungan Analisis Data

1. Pembuatan Larutan

A. Pembuatan Larutan HCl 6M

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

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

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

B. Pembuatan Larutan NaOH 1M

$$M = (\text{massa} \times M) / (M_r \times \text{Volume})$$

$$1 = (\text{massa} \times 1) / (40 \times 0,1 \text{ L})$$

$$\text{Massa} = 4 \text{ gram}$$

C. Pembuatan Larutan Glutaraldehid 5%

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

$$0,25 \times V_1 = 0,01 \times 100 \text{ mL}$$

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

D. Pembuatan Larutan Asam Asetat 2%

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

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

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

E. Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm

Membuat larutan Cd(II) dari padatan $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($A_r \text{ Cd} = 112,411 \text{ g/mol}$, $M_r \text{ Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 266,52 \text{ g/mol}$), dengan volume 250 ml

• Larutan induk 1000 ppm = 1000 mg/L = 1 g/mol

• Massa $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \frac{M_r \text{ Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{A_r \text{ Cd}} \times 0,25 \text{ L} \\ &= \frac{266,52}{112,411} \times 0,25 \text{ L} \\ &= 0,594 \text{ g} \end{aligned}$$

F. Pengenceran larutan Cd(II)

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

Keterangan

M1= Konsentrasi Larutan Induk (1000 ppm)

M2 = Konsentrasi yang diinginkan (ppm)

V1 = Volume larutan yang dibutuhkan (mL)

V2 = Volume larutan setelah pengenceran (mL)

1) Larutan Cd(II) 80 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V1 = 80 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 8 \text{ mL}$$

2) Larutan Cd(II) 60 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V1 = 60 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 6 \text{ mL}$$

3) Larutan Cd(II) 40 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V1 = 40 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 4 \text{ mL}$$

4) Larutan Cd(II) 20 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V1 = 20 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 2 \text{ mL}$$

5) Larutan Cd(II) 10 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V1 = 10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 1 \text{ mL}$$

6) Larutan Cd(II) 0,8 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 0,8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 0,8 \text{ mL}$$

7) Larutan Cd(II) 0,4 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 0,4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 0,4 \text{ mL}$$

8) Larutan Cd(II) 0,2 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 0,2 \text{ mL}$$

9) Larutan Cd(II) 0,1 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 0,1 \text{ mL}$$

10) Larutan Cd(II) 0,05 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \text{ ppm} \times V1 = 0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

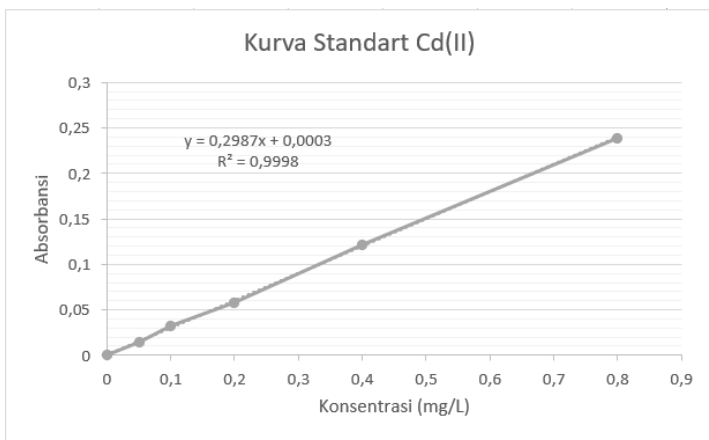
$$V1 = 0,05 \text{ mL}$$

2. Kurva Standar Cd(II)

Tabel Kurva Standar Cd(II)

Konsentrasi Larutan Standar Cd(II) (mg/L)	Nilai Absorbansi
0	0
0,05	0,015
0,1	0,032
0,2	0,058
0,4	0,121
0,8	0,239

Tabel dapat dibuat grafik kurva standart Cd(II) yang di sajikan pada gambar



3. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi (Q_e)

Rumus:
$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{w} \times V$$

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 Cd(II)

a. Variasi awal

1. Kitosan

$$Q_e = \frac{(35,16 - 30,65)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 0,563 \text{ mg/g}$$

2. Silika

$$Q_e = \frac{(35,16 - 26,79)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 1,046 \text{ mg/g}$$

3. KS 75 A

$$Q_e = \frac{(35,16 - 18,50)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 2,083 \text{ mg/g}$$

4. KS 75 B

$$Q_e = \frac{(35,16 - 19,75)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 1,926 \text{ mg/g}$$

5. KS 65 A

$$Q_e = \frac{(35,16 - 7,92)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$
$$= 3,405 \text{ mg/g}$$

6. KS 65 B

$$Q_e = \frac{(35,16-8,16)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 3,375 \text{ mg/g}$$

7. KS 55 A

$$Q_e = \frac{(35,16-20,86)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 1,788 \text{ mg/g}$$

8. KS 55 B

$$Q_e = \frac{(35,16-26,11)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 1,131 \text{ mg/g}$$

b. Variasi pH

1. pH 4 A

$$Q_e = \frac{(37,30-32,17)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,641 \text{ mg/g}$$

2. pH 4 B

$$Q_e = \frac{(37,30-37,40)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= -0,013 \text{ mg/g}$$

3. pH 5 A

$$Q_e = \frac{(37,30-32,59)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,589 \text{ mg/g}$$

4. pH 5 B

$$Q_e = \frac{(37,30-33,51)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,474 \text{ mg/g}$$

5. pH 6 A

$$Q_e = \frac{(37,30 - 31,03)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,784 \text{ mg/g}$$

6. pH 6 B

$$Q_e = \frac{(37,30 - 31,78)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,69 \text{ mg/g}$$

7. pH 7 A

$$Q_e = \frac{(37,30 - 31,90)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,675 \text{ mg/g}$$

8. pH 7 B

$$Q_e = \frac{(37,30 - 29,45)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,981 \text{ mg/g}$$

9. pH 8 A

$$Q_e = \frac{(37,30 - 33,89)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,426 \text{ mg/g}$$

10. pH 8 B

$$Q_e = \frac{(37,30 - 32,67)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,453 \text{ mg/g}$$

c. Variasi Waktu Kontak

1. 30 menit

$$Q_e = \frac{(29,69 - 23,97)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,715 \text{ mg/g}$$

2. 45 menit

$$Q_e = \frac{(29,69 - 22,63)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,882 \text{ mg/g}$$

3. 60 menit

$$Q_e = \frac{(29,69 - 22,14)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,943 \text{ mg/g}$$

4. 75 menit

$$Q_e = \frac{(29,16 - 21,61)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 1,01 \text{ mg/g}$$

5. 90 menit

$$Q_e = \frac{(29,63 - 23,10)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

$$= 0,823 \text{ mg/g}$$

6. 105 menit

$$Q_e = \frac{(29,69 - 23,19)}{0,2} \times 0,025 \text{ L}$$

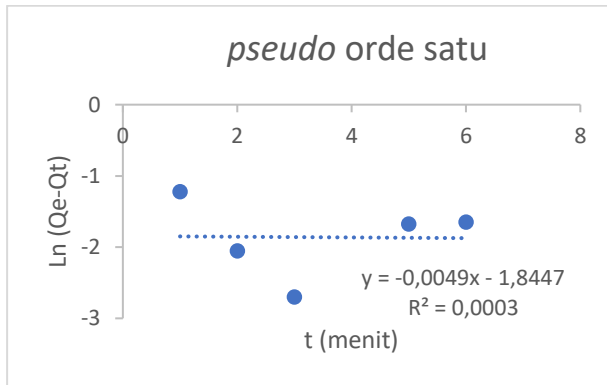
$$= 0,818 \text{ mg/g}$$

i. Perhitungan Kinetika Adsorpsi

a. Pseudo Orde Satu

t (menit)	Qt (mg/g)	Qe (mg/g)	Qe-Qt	Ln (Qe-Qt)
30	0,715	1,01	0,295	-1,221
45	0,882	1,01	0,128	-2,056
60	0,943	1,01	0,067	-2,703
75	1,01	1,01	0	0
90	0,823	1,01	0,187	-1,677

105	0,818	1,01	0,192	-1,65
-----	-------	------	-------	-------



Berdasarkan pada gambar L3.1 didapatkan persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde satu dengan $y = -0,0049x - 1,8447$ dan $R^2 = 0,0003$. Nilai k_1 dan Q_e dapat dihitung menggunakan cara seperti berikut :

$$y = ax + b$$

$$y = -0,0049x - 1,8447$$

$$R^2 = 0,0003$$

$$\frac{k_1}{2,302} = a$$

$$2,302$$

$$\frac{k_1}{2,302} = -0,0049$$

$$2,302$$

$$k_1 = -0,011$$

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

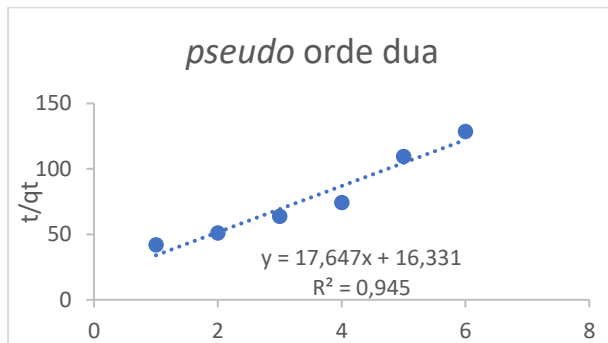
$$\text{Log } Q_e = -1,8447$$

$$Q_e \text{ teoritis} = 0,2659$$

b. Pseudo Orde Dua

t (menit)	Qt (mg/g)	Qe (mg/g)	t/Qt
30	0,715	1,01	41,958
45	0,882	1,01	51,02
60	0,943	1,01	63,626
75	1,01	1,01	74,257
90	0,823	1,01	109,356
105	0,818	1,01	128,361

Data pada tabel L3.2 dapat dibuat kurva persamaan linear antara t vs t/Q_t dengan intersep = $1/k_2Q_e^2$ dan sloponya = $1/Q_e$. Kurva t vs t/Q_t ditunjukkan pada gambar L3.2



Berdasarkan pada gambar L3.2 didapatkan persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde dua dengan

$y = 17,647x + 16,331$ dan $R^2 = 0,945$. Nilai k_2 dan Q_e dapat dihitung menggunakan cara seperti berikut :

$$y = ax + b$$

$$y = 17,647x + 16,331$$

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

$$\frac{1}{Q_e} = 17,647$$

$$Q_e = 0,0566$$

$$\frac{1}{k_2 \cdot Q_e} = b$$

$$k_2 \cdot Q_e$$

$$\frac{1}{k_2 \cdot 0,0566} = 16,331$$

$$k_2 \cdot 0,0566$$

$$k_2 = 1,0818$$

Lampiran 4. Dokumentasi

No.	Aktivitas	Gambar
1.	Preparasi daun bambu kuning	
2.	Hasil kalsinasi daun bambu kuning	
3.	Proses penambahan HCl 6M silika	

4.	Proses penetralan pH		
5.	Setelah ditambahkan asam asetat+penetralan menggunakan NaOH+penambahan glutaraldehid		
6.	Setelah dioven pada suhu 105°		
7.	Setelah dihaluskan dan diayak 120 mesh		

		
8.	AAS	

Lampiran 5. Hasil analisis pengujian

1. Hasil karakterisasi XRF

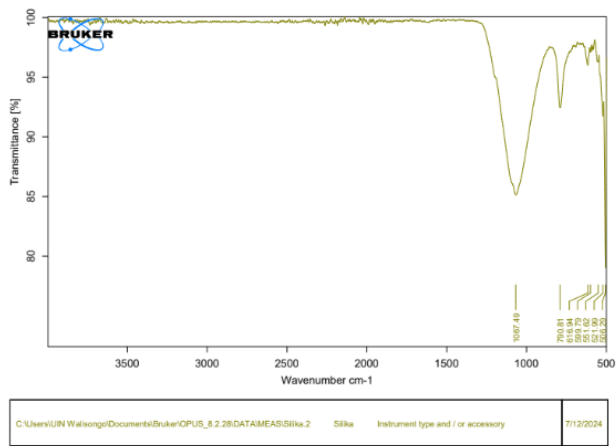
2024- 6-26 14:13

SQX Calculation Result						
Sample : SP24120808011				Date analyzed : 2024- 6-26 11:24		
Application : Powder				Sample type : Oxide Powder		
Balance : Estimate						
Matching library :						
Density : 229.6358 mg/cm2		Sample film corr. : P.P.Film		Impurity corr. :		
Helium corr. : Yes		File : SP24120808011				
Weight : 1.6232 g		Height : 10.0 mm		Diameter : 30.0 mm		
No.	Component	Result	Unit	El. line	Intensity	Analyzing depth
1	Total	230	mg/cm2			
2	MgO	0.874	mass%	Mg-KA	0.1405	0.0644
3	Al2O3	0.176	mass%	Al-KA	0.1828	0.0947
4	SiO2	50.0	mass%	Si-KA	53.0222	0.1355
5	P2O5	0.171	mass%	P-KA	0.1444	0.0990
6	SO3	0.228	mass%	S-KA	0.3617	0.1338
7	Cl	0.0134	mass%	Cl-KA	0.0830	0.1764
8	K2O	3.07	mass%	K-KA	8.0815	0.3991
9	CaO	0.393	mass%	Ca-KA	1.4127	0.4770
10	MnO	0.0597	mass%	Mn-KA	0.2617	1.7096
11	Fe2O3	0.172	mass%	Fe-KA	1.1209	2.1673
12	NiO	0.0077	mass%	Ni-KA	0.1080	3.3476
13	CuO	0.0104	mass%	Cu-KA	0.1855	4.1437
14	ZnO	0.0273	mass%	Zn-KA	0.6645	5.0951
15	Rb2O	0.0157	mass%	Rb-KA	1.2014	17.9627
16	SrO	0.0039	mass%	Sr-KA	0.2996	20.8940
17	Balance	44.8	mass%	Pd-KAC	7.2413	

Rigaku

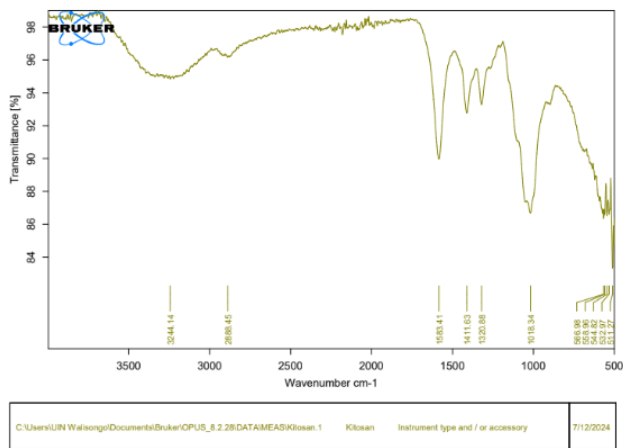
2. Hasil karakterisasi FTIR

a. Silika



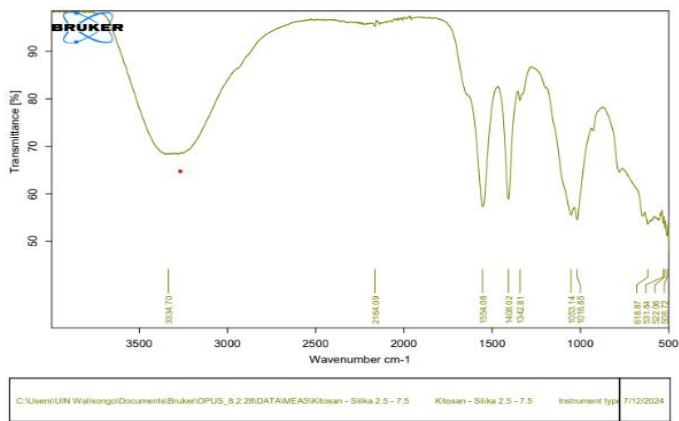
Page 1/1

b. Kitosan



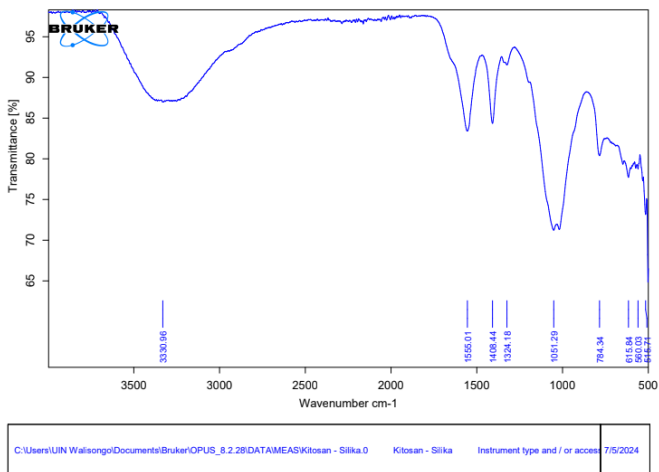
Page 1/1

c. Modifikasi KS 75%



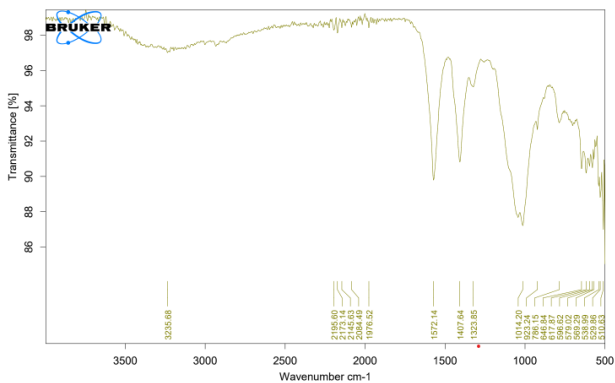
Page 1/1

d. Modifikasi KS 65%



Page 1/1

e. Modifikasi KS 55%



C:\Users\UN Walsongoi\Documents\Bruker\OPUS_8.2.28\DATA\MEAS\Kitosan - Silika 4.5 - 5.5	Kitosan - Silika 4.5 - 5.5	Instrument type	7/12/2024
---	----------------------------	-----------------	-----------

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Fitria Try Handayani
2. TTL : Tegal, 24 Januari 2002
3. Alamat : Dk.Pesawahan Pangkah rt 07/rw01,
Kec.Pangkah Kab.Tegal, Jawa Tengah
4. No.HP : 081915882859
5. E-mail : fitriatryhandayani123@gmai.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SDN Pangkah 04
2. SMPN 01 Pangkah
3. SMAN 01 Pangkah