SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SILIKA-KITOSAN UNTUK ADSORPSI ION TIMBAL (Pb^{2+})

MULIA ALSANTI
H1031191054

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2026

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SILIKA–KITOSAN UNTUK ADSORPSI ION TIMBAL (Pb^{2+})

MULIA ALSANTI
H1031191054

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Kimia

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Silika–Kitosan Untuk Adsorpsi Ion Timbal (Pb^{2+})
Nama Mahasiswa	:	Mulia Alsanti
NIM	:	H1031191054
Program Studi/ Jurusan	:	Kimia
Tanggal Lulus	:	23 Juli 2023
SK Pembimbing	:	No.4757/DST/UN22.8/DT.00/2026
SK Penguji	:	No.5103/DST/UN22.8/DT.00/2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Titin Anita Zahara, S.Si., M.Si	Firman Shantya Budi, S.Pd., M.Sc
NIP 196904191996012002	NIP 198905292023211027

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr Nurlina.,S.Si.,M.Si	Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si
NIP 198510232012122002	NIP 197109202000031002
Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Titin Anita Zahara, S.Si., M.Si	Firman Shantya Budi, S.Pd., M.Sc
NIP 196904191996012002	NIP 198905292023211027

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP 197108022000031000

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Mulia Alsanti
NIM	: H1031191054
Program studi/ Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundang tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 22 Juni 2026

Mulia Alsanti

NIM H1031191054

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT SILIKA–KITOSAN UNTUK ADSORPSI ION TIMBAL (Pb^{2+})

ABSTRAK

Pencemaran ion timbal (Pb^{2+}) di perairan merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan metode penanganan yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis, mengarakterisasi, dan mengevaluasi kemampuan adsorpsi komposit silika–kitosan terhadap ion Pb^{2+}. Komposit disintesis menggunakan metode sol–gel dengan prekursor *tetraethyl orthosilicate* (TEOS) dan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) serta *Gas Sorption Analysis* (GSA). Kinerja adsorpsi dievaluasi melalui variasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan Pb^{2+}, kemudian dianalisis menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Hasil FTIR menunjukkan munculnya pita karakteristik Si–O–Si serta pergeseran beberapa pita serapan kitosan yang mengindikasikan terbentuknya komposit silika–kitosan. Analisis GSA menunjukkan bahwa komposit memiliki diameter pori rata-rata sebesar 4,10 nm. Kapasitas adsorpsi optimum diperoleh pada waktu kontak 60 menit sebesar 4,55 mg g^{-1}, sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum mencapai 24,38 mg g^{-1} pada konsentrasi awal 150 mg L^{-1}. Pemodelan isoterm menunjukkan bahwa data adsorpsi lebih sesuai mengikuti model Freundlich ($R^2 = 0{,}9782$), yang mengindikasikan bahwa proses adsorpsi berlangsung pada permukaan yang heterogen. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit silika–kitosan yang disintesis memiliki gugus fungsi aktif dan karakteristik pori yang berpotensi mendukung proses adsorpsi ion Pb^{2+}.

Kata Kunci: komposit silika–kitosan, ion Pb^{2+}, Adsorpsi, metode sol–gel

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SILICA–CHITOSAN COMPOSITE FOR LEAD ION (Pb^{2+}) ADSORPTION

ABSTRACT

Lead (Pb^{2+}) ion contamination in aquatic environments is an environmental issue that requires effective and environmentally friendly treatment methods. This study aimed to synthesize, characterize, and evaluate the adsorption performance of a silica–chitosan composite for Pb^{2+} ion removal. The composite was synthesized using the sol–gel method with tetraethyl orthosilicate (TEOS) as the silica precursor and characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Gas Sorption Analysis (GSA). The adsorption performance was evaluated by varying the contact time and initial Pb^{2+} concentration, followed by adsorption isotherm analysis using the Langmuir and Freundlich models. FTIR analysis revealed the appearance of characteristic Si–O–Si absorption bands and shifts in several chitosan absorption bands, indicating the formation of the silica–chitosan composite. GSA analysis showed that the composite possessed an average pore diameter of 4.10 nm. The optimum adsorption capacity was obtained at a contact time of 60 min, reaching 4.55 mg g^{-1}, while the maximum adsorption capacity of 24.38 mg g^{-1} was achieved at an initial Pb^{2+} concentration of 150 mg L^{-1}. Adsorption isotherm analysis indicated that the experimental data were better described by the Freundlich model ($R^2 = 0.9782$), suggesting that the adsorption process occurred on a heterogeneous surface. Overall, the synthesized silica–chitosan composite exhibited active functional groups and pore characteristics that have the potential to support the adsorption of Pb^{2+} ions.

Keywords: silica–chitosan composite, Pb^{2+} ions, adsorption, sol–gel method

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Komposit Silika - kitosan untuk Adsorpsi Ion Timbal (Pb^{2+})" tepat pada waktunya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. Penulis menyadari bahwa dalam proses kepenulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua dan saudari saya yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan moral maupun materi, serta menjadi sumber semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
3. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Dr. Anis Shofiyani, S.Si., M.Si.
4. Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Dr. Winda Rahmalia, S.Si.,M.Si.
5. Dosen Penasihat Akademik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Titin Anita Zahara, S.Si, M.Sc.
6. Dosen Pembimbing pertama dan kedua Tugas Akhir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Titin Anita Zahara, S.Si, M.Sc dan Firman Shantya Budi, S.Pd., M.Sc yang telah memberikan masukan, koreksi dan saran yang sangat berharga bagi penyempurnaan skripsi ini.
7. Dosen Penguji Pertama dan Kedua Tugas Akhir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Dr. Nurlina, S.Si., M.Si dan Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Silika–Kitosan Untuk Adsorpsi Ion Timbal (Pb^{2+})
Nama Mahasiswa	:	Mulia Alsanti
NIM	:	H1031191054
Program Studi/ Jurusan	:	Kimia
Tanggal Lulus	:	23 Juli 2023
SK Pembimbing	:	No.4757/DST/UN22.8/DT.00/2026 29 Juli 2026
SK Penguji	:	No.3753/DST/UN22.8/DT.00/2026 31 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Titin Anita Zahara, S.Si., M.Si	Firman Shantya Budi, S.Pd., M.Sc
NIP 196904191996012002	NIP 198905292023211027

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr Nurlina.,S.Si.,M.Si	Dr. Andi Hairil Alimuddin, M.Si
NIP 198510232012122002	NIP 197109202000031002

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Titin Anita Zahara, S.Si., M.Si	Firman Shantya Budi, S.Pd., M.Sc
NIP 196904191996012002	NIP 198905292023211027

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP 197108022000031000

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Mulia Alsanti
NIM	: H1031191054
Program studi/ Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundang tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 22 Juni 2026



Mulia Alsanti

NIM H1031191054

Dipindai dengan CamScanner

8. Administrasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Ruminis, S.Kom dan Warsih Kurnia Rahayu, S.Si yang telah membantu penulis dalam mengurus berkas selama perkuliahan.
9. Kepala Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Dr. Nurlina, S.Si., M.Si.
10. Kepala Laboratorium Riset dan Bioteknologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D
11. Laboran Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Yoga Pratama. S.Si., M.Si dan Titiek Lestari, S.Si., M.Si
12. Sahabat-sahabat dan teman-teman yang telah membantu, mendukung, serta menyemangati penulis selama proses perkuliahan, penelitian, dan penyusunan skripsi, khususnya Sufarni,Eliese Sherly Rabti, Nadia Fitriani, Ayu Anjani, Fritzgerald Muhammad Arsyi, Nirmala,Qoulan Syaqila dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
13. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan dan berjuang hingga titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah di tengah berbagai tantangan, keraguan, kelelahan, serta proses panjang yang menyertai perjalanan perkuliahan, penelitian, dan penyusunan skripsi ini. Untuk diriku sendiri, terima kasih telah sampai sejauh ini. *I'm proud of you*.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk lebih baik dalam penulisan di masa yang akan datang. Penulis harap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Pontianak, 10 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan masalah 3
1.3 Tujuan penelitian 4
1.4 Manfaat penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Silika (SiO_2) 5
2.2 Kitosan ($C_6H_{11}NO_4$) 6
2.3 Komposit Silika - kitosan 7
2.4 Timbal (Pb) 9
2.5 Adsorpsi 10
2.5.1 Pengaruh pH 11
2.5.2 Pengaruh Waktu 11
2.5.3 Pengaruh Konsentrasi 11
2.5.4 Isoterm Adsorpsi Freundlich 12
2.6 Metode Sol-Gel 13
2.7 *Fourier Transform Infrared Spectroscop*y (FTIR) 14
2.8 Analisis GSA 16
2.9 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) 17
BAB III METODE PENELITIAN 18

3.1 Waktu dan Tempat 18
3.2 Alat dan Bahan 18
3.3 Prosedur Kerja 18
3.3.1 Sintesis Komposit Silika–Kitosan 18
3.3.2 Karakterisasi Komposit 19
3.3.3 Uji Adsorpsi Pb2+ dan Penentuan Kondisi Optimum 19
BAB IV PEMBAHASAN 22
4.1 Sintesis Komposit Silika Kitosan 22
4.1.1 Preparasi Larutan Kitosan 22
4.1.2 Pembentukan Sol Silika - kitosan 22
4.1.3 Pengaturan pH dan Aging 23
4.1.4 Pengeringan Gel Komposit 24
4.1.5 Penggerusan 24
4.2 Karakterisasi Komposit Silika–Kitosan Menggunakan FTIR 25
4.2.1 Spektrum FTIR Kitosan Murni 26
4.2.2 Spektrum FTIR Komposit Silika–Kitosan 28
4.3 Karakterisasi Luas Permukaan dan Pori Menggunakan Gas Sorption Analyzer (GSA) 30
4.3.1 Luas Permukaan Spesifik Berdasarkan Metode BET 31
4.3.2 Luas Permukaan Spesifik (BET Surface Area) 33
4.4 Adsorpsi Ion Pb^{2+} oleh Komposit Silika–Kitosan 35
4.4.1 Kondisi Pengujian Adsorpsi dan Pengamatan Selama Percobaan 35
4.4.2 Kurva Kalibrasi Ion Pb^{2+} 36
4.4.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Pb^{2+} 38
4.4.4 Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Adsorpsi Ion Pb^{2+} 40
4.4.5 Pemodelan Isoterm Adsorpsi 41
BAB V SIMPULAN 48
5.1 Simpulan 48
5.2 Saran 48
DAFTAR PUSTAKA 49
LAMPIRAN 55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Interpretasi pita serapan FTIR pada komposit silika–kitosan 15
Tabel 2.2 Klasifikasi ukuran pori menurut IUPAC 16
Tabel 4.1 Pergeseran Bilangan Gelombang Pita Serapan FTIR Kitosan 30
Tabel 4.2 Ringkasan Hasil Karakterisasi GSA Komposit Silika–Kitosan 31
Tabel 4.3 Parameter Perhitungan BET Komposit Silika–Kitosan 31
Tabel 4.4 Ringkasan Hasil Analisis BJH *Desorption* Komposit Silika–Kitosan .. 33
Tabel 4.5 Data Larutan Standar Pb^{2+} untuk Pembuatan Kurva Kalibrasi 36
Tabel 4. 6 Data adsorpsi pada variasi waktu kontak 38
Tabel 4.7 Pengaruh konsentrasi awal terhadap adsorpsi ion Pb^{2+} oleh komposit silika–kitosan 40
Tabel 4.8 Isoterm Adsorpsi Langmuir Pb2 + oleh Komposit Silika - kitosan 42
Tabel 4.9 Isoterm Adsorpsi Freundlich Pb2 + oleh Komposit Silika - kitosan ... 44
Tabel 4.10 Parameter Hasil Linearisasi Model Isoterm Langmuir 44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Silika Amorfus (Prayogi, 2022) 5
Gambar 2.2 Struktur Kitosan (Satitsri, 2020) 6
Gambar 2.3 Skema Sintesis Komposit Silika–Kitosan (Budnyak, Pylypchuk, *et al*., 2015)..... 8
Gambar 2.4 Mekanisme Adsorpsi Fisik (a) dan Kimia (b) (Katibi *et al*., 2021) .. 10
Gambar 2.5 Skema Prinsip Kerja Alat FTIR (Dittrich, 2021) 15
Gambar 2.6 Komponen Utama AAS (Skoog *et al*., 2017) 17
Gambar 4.1 Spektrum FTIR kitosan murni (hitam) dan komposit silika - kitosan (merah) 26
Gambar 4.2 Kurva Isoterm Adsorpsi N_2 Komposit Cts + TEOS. Kurva Merah : Adsorpsi; Kurva Biru : Desorpsi..... 32
Gambar 4.3 Distribusi ukuran pori BJH (desorpsi) komposit silika - kitosan..... 34
Gambar 4.4 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb^{2+}..... 37
Gambar 4.5 Pengaruh waktu kontak terhadap removal Pb^{2+} 38
Gambar 4.6 Hubungan konsentrasi awal Pb^{2+} terhadap kapasitas adsorpsi (Qe) komposit silika–kitosan..... 40
Gambar 4.7 Kurva Isoterm Langmuir Adsorpsi Ion Pb^{2+} Oleh Komposit Silika–Kitosan. 43
Gambar 4.8 Kurva Linier Isoterm Freundlich Adsorpsi Ion Pb^{2+} oleh Komposit Silika–Kitosan 45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan 55
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian 59
Lampiran 3. Dokumentasi Karakterisasi FTIR 62
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi GSA 63
Lampiran 5. Dokumentasi Hasil Adsorpsi 71

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air oleh logam berat masih menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang mendapat perhatian luas karena logam berat bersifat toksik, persisten, dan sukar terdegradasi secara alami. Salah satu logam berat yang paling banyak menjadi perhatian adalah timbal (Pb^{2+}), yang banyak berasal dari aktivitas industri seperti pelapisan logam, baterai, pertambangan, dan cat. Ion Pb^{2+} dapat terakumulasi dalam rantai makanan dan menimbulkan berbagai gangguan Kesehatan, antara lain kerusakan sistem saram, gangguan fungsi ginjal, serta gangguan pembentukan darah apabila gangguan pembentukan darah apabila terpapar dalam jangka panjang (Joshi & Srivastava, 2019; Rahman *et al*., 2021). Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan metode pengolahan air yang efektif untuk menurunkan konsentrasi Pb^{2+} sebelum dilepaskan ke lingkungan.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghilangkan ion logam berat dari air limbah, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, filtrasi membran dan elektrokimia. Meskipun mampu menurunkan kadar logam berat, metode-metode tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain biaya operasional yang relatif tinggi, pembentukan lumpur hasil proses, serta penurunan efisiensi pada konsentrasi rendah (Al-Ghouti *et al*., 2020). Oleh karena itu, adsorpsi banyak dikembangkan sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah karena prosesnya relatif sederhana, ekonomis, mudah dioperasikan, dan menggunakan material adsorben yang dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan (Joshi & Srivastava, 2019).

Keberhasilan proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh karakteristik adsorben, terutama keberadaan gugus fungsi aktif, kestabilan struktur, dan sifat material. Kitosan merupakan salah satu biopolimer yang banyak digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus amina ($-NH_2$) dan hidroksil (-OH) yang mampu berinteraksi dengan ion logam melalui pembentukan kompleks maupun ikatan koordinasi (Kamari *et al*., 2011). Namun, kitosan murni memiliki kelemahan berupa stabilitas

mekanik yang rendah, mudah mengembangkan dan larut pada suasana asam, serta kekuatan struktur yang terbatas sehingga membatasi penggunaan sebagai adsorben (Wang *et al*., 2023). Di sisi lain, silika memiliki kestabilan kimia dan mekanik yang baik serta mengandung gugus silanor (Si-OH) yang juga dapat berperan sebagai situs adsorpsi, tetapi afinitasnya terhadap beberapa ion logam masih relatif terbatas apabila digunakan sebagai material tunggal (Al-wasidi *et al*., 2022; Baskaran *et al*., 2022). Oleh karena itu, membuat komposit dengan silika dan kitosan adalah salah satu cara yang banyak digunakan untuk merekatkan keunggulan kedua material tersebut.

Sintesis komposit silika - kitosan umumnya dilakukan menggunakan metode sol-gel dengan prekursor *tetraethyl orthosilicate* (TEOS). Metode ini memungkinkan terjadinya reaksi hidrolisis dan kondensasi TEOS sehingga terbentuk jaringan silika yang dapat berinteraksi dengan rantai kitosan dan menghasilkan komposit organik-anorganik yang lebih homogen (Budnyak, Sapi, *et al*., 2015; Issa & Luyt, 2019). Selain meningkatkan kestabilan material, proses sintesis melalui metode sol-gel juga memungkinkan distribusi gugus silanol dan gugus amina yang lebih merata pada permukaan komposit sehingga berpotensi meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap ion logam (Ebisike *et al*., 2020).

Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa komposit silika - kitosan hasil sintesis sol-gel memiliki potensi sebagai adsorben logam berat. Budnyak *et al*. (2015) berhasil mensintesis nanokomposit silika - kitosan menggunakan metode sol-gel dan menunjukkan terbentuknya material hibrida yang stabil. Joshi dan Srivastava (2019) melaporkan bahwa komposit silika - kitosan mampu mengadsorpsi ion Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, dan Hg^{2+} dari larutan berair, sedangkan De Mello *et al* (2022) menunjukkan bahwa material komposit berbasis silika - kitosan memiliki kemampuan adsorpsi yang baik terhadap zat terlarut dalam air. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut lebih banyak menitikberatkan pada keberhasilan sintesis, identifikasi gugus fungsi menggunakan FTIR, serta evaluasi kapasitas adsorpsi, sedangkan karakterisasi tekstur pori adsorben melalui *gas sorption analysis* (GSA) masih relatif terbatas.

Karakterisasi tekstur pori menggunakan GSA menjadi penting karena mampu

memberikan informasi mengenai luas permukaan spesifik, volume pori, dan distribusi ukuran pori yang berperan dalam menggambarkan karakteristik fisik adsorben. Informasi tersebut diperlukan untuk membantu menjelaskan hubungan antara karakteristik material hasil sintesis dengan prilaku adsorpsinya. Namun, penggunaan GSA pada penelitian komposit silika - kitosan masih belum banyak dilaporkan dibandingkan karakterisasi FTIR, sehingga hubungan antara karakteristik pori komposit hasil sintesis metode sol-gel dengan kemampuan adsorpsi ion Pb^{2+} masih memerlukan kahian lebih lanjut. Kondisi tersebut menjadi celah penelitian utama yang mendasari penelitian ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis komposit silika - kitosan menggunakan metode sol-gel dengan prekursor TEOS, kemudian mengkarakterisasi material menggunakan *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) dan *gas sorption analysis* (GSA), serta mengevaluasi kemampuan adsorpsinya terhadap ion Pb^{2+} melalui variasi waktu kontak dan konsentrasi awal. Selain itu, analisis isoterm Langmuir dan Freundlich dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik adsorpsi komposit silika - kitosan yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai hubungan antara karakteristik komposit hasil sintesis dengan prilaku adsorpsinya sehingga dapat menjadi dasar bagi pengembangan adsorben berbasis silika - kitosan untuk pengolahan air tercemar logam berat.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik komposit silika - kitosan hasil sintesis berdasarkan analisis FTIR dan GSA?
2. Bagaimana karakteristik adsorpsi dan kesetimbangan ion Pb^{2+} oleh komposit silika–kitosan berdasarkan variasi waktu kontak, variasi konsentrasi, serta model isoterm Langmuir dan Freundlich?

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis komposit silika–kitosan menggunakan metode sol–gel dengan prekursor *tetraethyl orthosilicate* (TEOS), serta mengkarakterisasi komposit yang dihasilkan menggunakan *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) dan *gas sorption analysis* (GSA).
2. Menganalisis karakteristik adsorpsi dan kesetimbangan ion Pb^{2+} oleh komposit silika–kitosan berdasarkan variasi waktu kontak, variasi konsentrasi, serta model isoterm Langmuir dan Freundlich.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara ilmiah maupun praktis. Secara ilmiah, penelitian ini bertujuan menambah informasi tentang sintesis komposit silika–kitosan menggunakan metode sol–gel serta karakteristik material yang diperoleh dari analisis FTIR dan GSA. Penelitian ini juga diharapkan memperkaya kajian mengenai hubungan antara karakteristik komposit dengan kemampuan adsorpsi dan kesetimbangan ion Pb^{2+} yang dikaji melalui variasi waktu kontak, variasi konsentrasi, serta penerapan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Secara praktis, penelitian ini diharapkan menjadi salah satu referensi dalam pengembangan material komposit silika–kitosan sebagai adsorben untuk pengolahan air yang mengandung ion logam berat. Selain itu, temuan yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai pengembangan adsorben berbasis biopolimer yang lebih efisien dan optimal untuk aplikasi pengolahan air.