SELEKTIVITAS SILIKA AMPAS TEBU TERHADAP Pb^{2+} DAN Cu^{2+}

ARISA RAMA SUFITRI
H1031201006

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

SELEKTIVITAS SILIKA AMPAS TEBU TERHADAP Pb^{2+} DAN Cu^{2+}

ARISA RAMA SUFITRI
H1031201006

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
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Selektivitas Silika Ampas Tebu Terhadap Pb^{2+} dan Cu^{2+}
Nama Mahasiswa	:	Arisa Rama Sufitri
NIM	:	H1031201006
Jurusan/Program Studi	:	Kimia/S1-Kimia
Tanggal Lulus	:	16 April 2025
SK. Pembimbing	:	No.284/UN22.8/TD.06/2024/5 Februari 2024
SK. Penguji	:	No.1068/UN22.8/TD.06/2025/10 April 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Titin Anita Zaharah, S.Si, M.Sc	Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si
NIP. 196904191996012002	NIP. 197506022000032001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
H. Afghani Jayuska, S.Si, M.Si	Berlian Sitorus, M.Si., M.Sc., Ph.D
NIP. 197107072000121001	NIP. 197410102000122006

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Titin Anita Zaharah, S.Si, M.Sc	Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si
NIP. 196904191996012002	NIP. 197506022000032001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama	: Arisa Rama Sufitri
NIM	: H1031201006
Program Studi/Jurusan	: Kimia/ S1 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 dengan Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai dengan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan dengan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 5 Februari 2025



Arisa Rama Sufitri
NIM. H1031201006

SELEKTIVITAS SILIKA AMPAS TEBU TERHADAP Pb^{2+} DAN Cu^{2+}

Abstrak

Sintesis silika dari abu ampas tebu dilakukan menggunakan metode sol-gel. Silika hasil sintesis dikarakterisasi dengan *X-Ray Fluorecence* (XRF), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *Gas Sorption Analysis* (GSA) yang diaplikasikan sebagai adsorben Pb^{2+} dan Cu^{2+}. Analisis XRF menunjukkan bahwa abu ampas tebu mengandung SiO_2 sebesar 9,35%, setelah disintesis SiO_2 meningkat menjadi 53,1%. Analisis FTIR menunjukkan menunjukkan adanya gugus silanol pada bilangan gelombang 3452 cm^{-1}, 1637 cm^{-1}. Gugus siloksan pada bilangan gelombang 1095 cm^{-1} , 468 dan 806 cm^{-1} . Hasil GSA menunjukkan bahwa luas permukaan silika hasil sintesis sebesar 183,99 m^2/g, diameter pori 9,80453 nm, dan volume pori 0,901966 cc/g. Analisis Pb^{2+} dan Cu^{2+} diukur menggunakan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) pada konsentrasi 10 ppm dengan massa adsorben 0,1 gram sebanyak 20 mL pada pH 4. Kemampuan adsorpsi silika terhadap Pb^{2+} dan Cu^{2+} ditunjukkan dengan nilai koefisien distribusi (Kd) Pb^{2+} sebesar 14,41 L/g, koefisien distribusi (Kd) Cu^{2+} sebesar 7,51 L/g dan koefisien selektivitas (k) campuran (Pb^{2+} + Cu^{2+}) sebesar 1,66 L/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adsorben silika lebih selektif terhadap Pb^{2+} dibandingkan Cu^{2+}

Kata kunci : Ampas tebu, silika gel, adsorpsi, Pb^{2+} dan Cu^{2+}, selektivitas

SELECTIVITY BAGASSE SILICA
TO Pb^{2+} and Cu^{2+}

Abstract

The synthesis of silica from bagasse ash was carried out using the sol-gel method. The synthesized silica was characterized by X-Ray Fluorecence (XRF), Fourier Transform Infrared (FTIR), and Gas Sorption Analysis (GSA) and applied as Pb^{2+} and Cu^{2+} adsorbent. XRF analysis showed that bagasse ash contained 9.35% SiO_2, after synthesized SiO_2 increased to 53.1%. FTIR analysis showed the presence of silanol groups at wave numbers 3452 cm^{-1}, 1637 cm^{-1}. Siloxane groups at wave numbers 1095 cm^{-1}, 468 and 806 cm^{-1}. GSA results showed that the surface area of the synthesized silica was 183.99 m2/g, pore diameter 9.80453 nm, and pore volume 0.901966 cc/g. Analysis of Pb^{2+} and Cu^{2+} was measured using Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS) at a concentration of 10 ppm with a mass of 0.1 gram adsorbent as much as 20 mL at pH 4. The adsorption ability of silica to Pb^{2+} and Cu^{2+} is indicated by the value of the distribution coefficient (Kd) of Pb^{2+} of 14.41 L/g, the distribution coefficient (Kd) of Cu^{2+} of 7.51 L/g and the selectivity coefficient (k) of the mixture (Pb^{2+} + Cu^{2+}) of 1.66 L/g. These results indicate that silica adsorbent is more selective to Pb^{2+} than Cu^{2+}.

Keywords: Bagasse, silica gel, adsorption, Pb^{2+} and Cu^{2+}, selectivity.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **"Selektivitas Silika Ampas Tebu Terhadap Pb^{2+} dan Cu^{2+}"**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada cinta pertama serta panutan saya, Bapak Muhammad Aris dan kepada pintu surga saya, Ibu Lilis Supriyatin. Saya sangat berterima kasih sudah bekerja keras, memberi dukungan, mendidik dan selalu mendoakan demi keberhasilan saya dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Kepada adik semata wayang saya, Muhammad Asfi Warraihan terima kasih telah memberikan semangat dan selalu mendoakan saya untuk dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Titin Anita Zaharah, S.Si, M.Sc dan Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan pengarahan, bantuan dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Prof. Dr. Gusrizal, S. Si, M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
5. Dr.Winda Rahmalia, S.Si., M.Si, selaku Ketua Program Studi S-1 Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
6. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S. Si, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.

7. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S. Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan motivasi dari awal perkuliahan hingga akhir penulisan skripsi ini.
8. H. Afghani Jayuska, S.Si dan Berlian Sitorus, M.Si., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan dan saran membangun dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
9. Kepala Laboratorium, segenap civitas akademik Program Studi Kimia, terutama semua dosen yang telah memberikan ilmu yang tidak terbatas selama perkuliahan dan Laboran Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
10. Senior dan teman-teman riset di Laboratorium Kimia Anorganik serta teman-teman seperjuangan khususnya Angkatan 2020 atas kebersamaan selama menuntut ilmu di FMIPA, Universitas Tanjungpura Pontianak.
11. Sahabat seperjuangan Putri Suci Tilawati, Nikki Rahmah Indarti, Aulya Nurwanda, Indah Adheone, Azizah Yasmina Taurat yang menemani saya menghadapi segala lika liku perkuliahan dengan saling membantu dan saling memotivasi sedari mahasiswa baru hingga penyelesaian skripsi.
12. Terakhir, kepada diri sendiri Arisa Rama Sufitri. Terima kasih untuk segala perjuangan, kesabaran dan ketekunan yang telah dilalui dalam setiap langkah yang penuh tantangan ini. Untuk diri saya sendiri, terima kasih sudah mampu untuk bertahan sampai sejauh ini.

Penulis berharap semoga melalui skripsi ini dapat memberikan ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca nantinya. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih.

Pontianak, 5 Februari 2025



Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

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 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4

2.1 Ampas Tebu 4

2.2 Silika 5

2.3 Adsorpsi 8

2.4 Logam Berat Pb dan Cu 8

2.5 *Fourier Transform Infrared* (FTIR) 11

2.6 *X-Ray Fluorecence* (XRF) 12

2.7 *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) 13

2.8 *Gas Sorption Analysis* (GSA) 15

BAB III METODE PENELITIAN 16

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 16

3.2 Alat dan Bahan 16

3.3 Prosedur Kerja 16

3.3.1 Preparasi Ampas Tebu 16

3.3.2 Karbonisasi Ampas Tebu 17

3.3.3 Ekstraksi Silika dari Abu Ampas Tebu 17

3.3.4 Sintesis Silika Gel dari Abu Ampas Tebu 17
3.3.5 Pembuatan Larutan Baku Logam Pb dan Cu 100 ppm..... 18
3.3.6 Adsorpsi Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} 18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1. Preparasi Ampas Tebu.....19
4.2 Karbonisasi Arang Ampas Tebu..... 20
4.3. Pembuatan Abu Ampas Tebu.....22
4.4. Karakterisasi Abu Ampas Tebu.....22
4.5. Ekstraksi Silika dari Abu Ampas Tebu.....24
4.6 Sintesis Silika Gel dari Abu Ampas Tebu.....25
4.7. Karakterisasi Luas Permukaan Silika.....29
4.8. Adsorpsi Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}.....31

BAB V PENUTUP..... 36
5.1 Simpulan 36
5.2 Saran 36

DAFTAR PUSTAKA 37

LAMPIRAN..... 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Review Penelitian Terdahulu.....7
Tabel 2.2 Gugus Fungsi dan Bilangan Gelombang FTIR.....12
Tabel 2.3 Senyawa kimia pada Abu Ampas Tebu.....13
Tabel 4.1 Komposisi Senyawa Oksida dalam Analisis XRF Abu Ampas Tebu 23
Tabel 4.2 Senyawa Oksida dalam Silika Gel setelah Ekstraksi.....27
Tabel 4.3 Spektrum FTIR dari Hasil Silika Gel.....29
Tabel 4.4 Analiss Silika Gel Hasil Sintesis dengan GSA.....30
Tabel 4.5 Selektivitas Adsorpsi Ion Logam.....34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ampas Tebu.....5
Gambar 2.2 Struktur Umum Silik Xerogel.....6
Gambar 2.3 Diagram Pourbaix Logam Cu.....10
Gambar 2.4 Diagram Pourbaix Logam Pb.....11
Gambar 4.1 Serbuk Abu Ampas Tebu.....19
Gambar 4.2 Arang Ampas Tebu.....20
Gambar 4.3 Mekanisme Pirolisis pada Biomassa Lignoselulosa.....21
Gambar 4.4 Abu Ampas Tebu Hasil Kalsinasi.....22
Gambar 4.5 Spektrum FTIR Silika Ampas Tebu.....28
Gambar 4.7 Kurva Kalibrasi Standar Logam Pb.....31
Gambar 4.8 Kurva Kalibrasi Standar Logam Cu.....32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan Kerja.....43
Lampiran 2 Perhitungan.....47
Lampiran 3 Foto Penelitian.....53
Lampiran 4 Hasil Karakterisasi FTIR.....56
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi XRF.....56
Lampiran 6 Hasil Karakterisasi GSA.....58
Lampiran 7 Hasil Karakterisasi AAS.....60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pedagang minuman es tebu menghasil limbah ampas tebu yang cukup banyak (Hajar *et al*., 2016). Ampas tebu terdiri dari selulosa 35,01%, hemiselulosa 25,24%, dan lignin 6,4% (Hidayati *et al*., 2016). Ampas tebu merupakan penghasil silika dari bahan alam yang murah serta ramah terhadap lingkungan (September *et al*., 2023). Kandungan silika dalam ampas tebu dapat diperoleh dengan pelarut alkali seperti NaOH, KOH atau Na_2CO_3, dan dapat diendapkan dengan HCl, $C_6H_8O_7$, CH_3COOH, $C_2H_8O_7$, dan $C_2H_2O_4$. (Handayani *et al*., 2014). Ampas tebu perlu dilakukan pembakaran dan menghasilkan abu ampas tebu yang mengandung kadar silika (SiO_2) yang tinggi sekitar 50,36%. Kandungan silika yang cukup tinggi ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan silika gel (Frapanti *et al*., 2024). Silika gel memiliki gugus aktif yaitu gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si) yang dapat berikatan dengan ion logam (Nur'aeni *et al*., 2017).

Logam berat dapat menyebabkan pencemaran karena bersifat racun terhadap makhluk hidup yang berdampak negatif bagi kesehatan manusia, tanaman, hewan dan lingkungan (Irhamni *et al*., 2017). Salah satu sumber penghasil limbah logam berat Pb dan Cu yaitu pada limbah industri batik. Menurut penelitian oleh (Hardyanti *et al*., 2017) menunjukkan kandungan limbah Pb yaitu sebesar 0,2349 mg/L dan Cu sebesar 0,2696 mg/L. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, baku mutu logam Pb yaitu sebesar 0,05 mg/L dan logam Cu sebesar 0,02 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa limbah logam Pb dan Cu telah melewati batas baku mutu.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limbah ampas tebu yaitu dengan dijadikan sebagai adsorben silika pada logam berat (Ali *et al*., 2017). Metode adsorpsi ion logam dapat menurunkan konsentrasi logam berat karena mudah dilakukan, memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan relatif murah

(Soliman *et al*., 2016). Luas permukaan pada karbon ampas tebu yaitu sebesar 58,635 m^2/g (Hidayati *et al*., 2016). Menurut penelitian oleh (Purnawan *et al*., 2018) diperoleh luas permukaan silika dari abu ampas tebu sebesar 64,32 m^2/g. Luas area permukaan pori adalah faktor penting yang menentukan kemampuan adsorpsi suatu adsorben. Oleh karena itu, adsorben dengan luas permukaan pori yang lebih besar akan memiliki daya adsorpsi yang lebih tinggi (Daryono *et al*., 2020).

Nur'aeni, *et al*. (2017) melaporkan gugus aktif dari adsorben silika dapat berikatan dengan ion logam melalui atom oksigen (O) pada gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si). Ikatan antara ion logam dan atom oksigen terbentuk melalui ikatan koordinasi, dimana pasangan elektron bebas dari atom O akan mengisi orbital kosong pada ion logam, sehingga terbentuk senyawa kompleks koordinasi.

Harimu, *et al*. (2019) telah melakukan studi variasi konsentrasi NaOH dan H_2SO_4 untuk memurnikan silika dari abu sekam padi sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}. Ion logam Pb^{2+} lebih baik dibandingkan ion Cu^{2+} karena gugus aktif silanol dan ukuran pori silika abu sekam padi cocok untuk ion logam Pb^{2+}. Secara umum, ion logam dengan sifat asam keras cenderung berinteraksi kuat dengan basa keras, sedangkan ion logam bersifat asam lunak memiliki interaksi yang kuat dengan basa lunak. Gugus aktif adsoben terdiri atas silanol yang merupakan basa lemah (Nur'aeni *et al*., 2017). Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} bersifat asam madya (diantara asam keras dan asam lunak), namun Pb^{2+} bersifat cenderung lebih asam lemah dibandingkan Cu^{2+}. Berdasarkan prinsip tersebut Pb^{2+} akan berinteraksi lebih kuat dengan ligan basa lemah yang terdapat pada permukaan adsorben silika (Komari *et al*., 2012).

Selektivitas adsorpsi merupakan kemampuan suatu adsorben untuk menyerap adsorbatnya yang diukur melalui rasio adsorpsi. Selektivitas dapat ditentukan dari besarnya nilai koefisien distribusi (Kd) dan koefisien selektivitas (k) dalam satuan L/g (Madikizela *et al*., 2016). Berdasarkan prinsip *Hard and Soft Acid Base* (HSAB) suatu asam keras akan berinteraksi dengan basa keras secara interaksi

ionik, sedangkan asam lemah berinteraksi dengan basa lemah interaksi bersifat kovalen (Nur'aeni *et al*., 2017).

Penelitian ini melakukan pengujian selektivitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} sebagai adsorbat pada silika ampas tebu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode sol-gel. Pemilihan metode ini karena prosesnya yang sederhana dan menggunakan peralatan yang sederhana (Fadhlulloh *et al*., 2014). Selanjutnya, dilakukan karakterisasi dengan *Gas Sorption Analysis* (GSA) untuk mengetahui luas permukaan silika, diameter pori dan volume pori silika. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pada silika ampas tebu, *X-Ray Fluorecence* (XRF) untuk mengetahui komposisi senyawa pada silika ampas tebu dan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui penyerapan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

a. Bagaimana karakteristik silika yang disintesis dari abu ampas tebu menggunakan *Gas Sorption Analysis* (GSA) ?
b. Bagaimana selektivitas adsorpsi ion logam berat Pb^{2+} dan Cu^{2+} terhadap adsorben silika ampas tebu menggunakan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

a. Mengetahui karakteristik silika yang disintesis dari abu ampas tebu menggunakan *Gas Sorption Analysis* (GSA).
b. Mengetahui selektivitas adsorpsi ion logam berat Pb^{2+} dan Cu^{2+} terhadap adsorben silika ampas tebu menggunakan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik silika yang disintesis dari abu ampas tebu menggunakan *Gas Sorption Analysis* (GSA) dan mengetahui selektivitas adsorpsi ion logam berat Pb^{2+} dan Cu^{2+} terhadap adsorben silika ampas tebu menggunakan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS).