

**OPTIMASI ADSORPSI ION  $\text{Cd}^{2+}$  PADA SILIKA GEL-GPTMS  
TERMODIFIKASI SULFONAT**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan guna Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains (S.Si)*



Oleh :  
**PEBRIANI**  
**NIM. 19036030**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2023**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**OPTIMASI ADSORPSI ION  $\text{Cd}^{2+}$  PADA SILIKA GEL—GPTMS  
TERMODIFIKASI SULFONAT**

Nama : Pebriani  
NIM : 19036030  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 23 Agustus 2023

Mengetahui:  
Kepala Departemen

Disetujui oleh:  
Dosen Pembimbing



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001

**PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI**

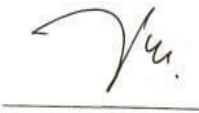
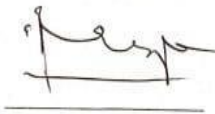

Nama : Pebriani  
NIM : 19036030  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**OPTIMASI ADSORPSI ION Cd<sup>2+</sup> PADA SILIKA GEL-GPTMS  
TERMODIFIKASI SULFONAT**

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Kimia Departemen Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 23 Agustus 2023

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
<b>Ketua</b>	<b>: Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D</b>	
<b>Anggota</b>	<b>: Edi Nasra, S.Si., M.Si</b>	
<b>Anggota</b>	<b>: Dr. Riga, S.Pd., M.Si</b>	

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Pebriani  
NIM : 19036030  
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/26 Februari 2000  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **OPTIMASI ADSORPSI ION Cd<sup>2+</sup> PADA SILIKA GEL-GPTMS TERMODIFIKASI SULFONAT**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran didalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi in, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 23 Agustus 2023

Yang menyatakan



Pebriani

NIM: 19036030

# Optimasi Adsorpsi Ion $\text{Cd}^{2+}$ pada Silika Gel – GPTMS Termodifikasi Sulfonat

Pebriani

## ABSTRAK

Adsorben yang seringkali digunakan pada proses adsorpsi adalah silika gel. Silika gel memiliki kelebihan yang unik seperti memiliki kemampuan pertukaran ion, stabil pada suhu tinggi, tidak mengambang pada pelarut organik dan mudah dimodifikasi, namun efektivitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam lemah sehingga perlu dilakukan modifikasi pada permukaan silika gel. Pemodifikasi yang digunakan adalah gugus sulfonat yang berasal dari garam 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat dengan menggunakan senyawa penghubung glisidoksi propiltrimetoksisilan (GPTMS). Tujuan penelitian ini yaitu menentukan kondisi optimum pada ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan variasi pH, waktu kontak, konsentrasi serta mengetahui apakah penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  mengikuti persamaan isoterm Langmuir. Hasil dari penelitian didapatkan kondisi optimum penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada kondisi pH 5, waktu kontak 60 menit dan konsentrasi 20 ppm. Penelitian ini mengikuti persamaan isoterm Langmuir dengan kapasitas serapan maksimum sebesar 3,3749578 mg/g. Adapun hasil perbandingan kapasitas penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  sesudah modifikasi lebih besar dibanding sebelum modifikasi, dimana kapasitas penyerapan silika sesudah modifikasi sebesar 2,81075 mg/g dengan persentase 78,3812% sedangkan sebelum modifikasi 2,0845 mg/g dengan persentase 58,12883%.

**Kata Kunci:** Adsorpsi,  $\text{Cd}^{2+}$ , Modifikasi, Silika gel, Sulfonat

# Optimization of Cd<sup>2+</sup> Ion Adsorption in Silica Gel – GPTMS Modified Sulfonate

Pebriani

## ABSTRACT

Adsorbents that are often used in the adsorption process are silica gels. Silica gel has unique advantages such as being, having ion exchange ability, being stable at high temperatures, not floating on organic solvents, and being easy to modify. But the effectiveness of silica gel adsorption against metal ions is weak, so it needs to be modified on the surface of silica gel. The modifier used is a sulfonate group derived from a 4-amino-5-hydroxy-2,7-naphthalenedisulfonate salt using a glycosidoxypyltrimethoxysilane linkage (GPTMS). The purpose of this study is to determine the optimum conditions for the Cd<sup>2+</sup> ion with variations in pH, contact time, concentration and find out whether the absorption of Cd<sup>2+</sup> ion follows the Langmuir isotherm equation. The results of the study obtained optimal conditions for the absorption of the Cd<sup>2+</sup> ion at pH 5, a contact time of 60 minutes, and a concentration of 20 ppm. This study follows the Langmuir isotherm equation with a maximum absorption capacity of 3.3749578 mg/g. The results of the comparison of the absorption capacity of the Cd<sup>2+</sup> ion after modification were greater than before modification, where the absorption capacity of silica after modification was 2.81075 mg/g with a percentage of 78.3812%, while before modification it was 2.0845 mg/g with a percentage of 58.12883%.

**Keywords:** Adsorption, Cd<sup>2+</sup>, Modification, Silica gel, Sulfonates

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **”Optimasi Adsorpsi Ion Cd<sup>2+</sup> pada Silika Gel-GPTMS Termodifikasi Sulfonat”** dengan baik.

Skripsi ini dibuat untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan mata kuliah Ujian Skripsi pada Program Studi Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Kimia dan Ketua Program Studi Kimia FMIPA UNP serta Pembimbing sekaligus Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya Skripsi ini.
2. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si dan Dr. Riga, S.Pd., M.Si sebagai dosen pembahas.
3. Teman-teman departemen kimia tahun 2019 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pembuatan Skripsi ini.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyusun Skripsi ini.

Penulisan Skripsi ini telah dilakukan secara optimal. Untuk ini dengan segala kerendahan hati serta besar harapan penulis dalam menerima kritikan dan saran dari berbagai pihak atas masukan dan saran yang diberikan, penulis mengucapkan terima kasih

Padang, Agustus 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Adsorpsi.....	6
B. Penukaran Ion ( <i>Ion Exchange</i> ).....	10
1. Penukaran Anion ( <i>Anion Exchange</i> ) .....	10
2. Penukaran Kation ( <i>Kation Exchange</i> ) .....	11
C. Silika Gel .....	11
D. Modifikasi Silika .....	13
E. Kadmium .....	15
F. Instrumen.....	17
1. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	17
2. Spektroskopi Serapan Atom (SSA) .....	18
3. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	19
4. Titrasi Potensiometri .....	20
BAB III METODE PENELITIAN .....	22
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
B. Objek Penelitian.....	22
C. Variabel Penelitian.....	22
D. Alat dan Bahan .....	22
1. Alat .....	22
2. Bahan .....	23

E.	Prosedur Penelitian .....	23
1.	Pembuatan Reagen .....	23
2.	Pembentukan Silika Gel – GPTMS .....	25
3.	Titration Potensiometri Silika Gel-GPTMS .....	25
4.	Modifikasi Silika gel dengan Sulfonat .....	26
5.	Adsorpsi $Cd^{2+}$ pada Silika Gel Termodifikasi Sulfonat .....	26
F.	Desain Penelitian .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
A.	Modifikasi Silika Gel.....	29
B.	Karakterisasi .....	30
1.	Analisa Gugus Fungsi dengan FTIR .....	30
2.	XRF.....	32
3.	Titration Potensiometri .....	34
C.	Adsorpsi $Cd^{2+}$ pada Silika Gel Termodifikasi Sulfonat.....	36
1.	Pengaruh pH larutan pada penyerapan ion $Cd^{2+}$ .....	36
2.	Pengaruh waktu kontak pada penyerapan ion $Cd^{2+}$ .....	37
3.	Pengaruh konsentrasi pada penyerapan ion $Cd^{2+}$ .....	39
4.	Perbandingan kapasitas adsorpsi silika gel sebelum modifikasi dan setelah modifikasi pada kondisi optimum .....	42
BAB V PENUTUP .....		44
A.	Kesimpulan.....	44
B.	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA .....		45
LAMPIRAN.....		50

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Proses Adsorpsi.....	6
2. Struktur Silika Gel .....	12
3. Pembentukan Silika-GPTMS .....	14
4. 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat .....	15
5. Silika Gel Termodifikasi Sulfonat.....	15
6. Logam Kadmium .....	16
7. Skema Kerja Instrumen FTIR .....	18
8. Cara Kerja Instrumen SSA .....	19
9. Spektrum FTIR Silika Gptms dan Silika GPTMS termodifikasi Sulfonat.....	30
10. Kurva Titrasi Potensiometri Silika Gel - GPTMS .....	35
11. Pengaruh pH terhadap penyerapan ion $Cd^{2+}$ menggunakan silika gel termodifikasi sulfonat .....	36
12. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan ion $Cd^{2+}$ menggunakan silika gel termodifikasi sulfonat .....	38
13. Pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan ion $Cd^{2+}$ menggunakan silika gel termodifikasi sulfonat .....	40
14. Grafik Isoterm Langmuir Silika gel Termodifikasi Sulfonat .....	42
15. Perbandingan kapasitas adsorpsi silika sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi terhadap penyerapan ion $Cd^{2+}$ .....	43

## DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1. Karakteristik Silika .....	12
2. Sifat Fisika Kadmium .....	16
3. Data Karakterisasi XRF Silika Gel-GPTMS dan Silika Gel GPTMS termodifikasi Sulfonat .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
1. Pembuatan larutan induk $\text{Cd}^{2+}$ 100 ppm.....	50
2. Pembuatan larutan standar $\text{Cd}^{2+}$ 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm .....	50
3. Pembuatan larutan $\text{HNO}_3$ 5 M.....	51
4. Pembuatan $\text{NaHCO}_3$ 0,1 M .....	52
5. Pembuatan larutan $\text{HCl}$ 0,05 M.....	52
6. Pembuatan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 3 M .....	52
7. Pembentukan Silika Gel – GPTMS.....	53
8. Modifikasi Silika Gel – GPTMS dengan Sulfonat .....	53
9. Adsorpsi $\text{Cd}^{2+}$ pada Silika Gel Termodifikasi Sulfonat.....	53
10. Perhitungan .....	55
11. Data Hasil FTIR .....	59
12. Data Hasil Titrasi Potensiometri .....	61
13. Data Hasil Pengukuran $\text{Cd}^{2+}$ .....	66
14. Persamaan Isoterm Adsorpsi .....	71
15. Kurva Penentuan Isoterm Adsorpsi.....	73
16. Dokumentasi Penelitian.....	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain yang disebabkan oleh kekuatan gaya tarik dari permukaan suatu zat. Penyerapan pada proses adsorpsi berfungsi untuk menghilangkan bau, warna, dan material-material yang sifatnya racun pada permukaan adsorben (Underwood, 2002). Metode adsorpsi memiliki kelebihan dari segi biaya yang lebih ekonomis, prosesnya yang cukup mudah, dan tidak memberikan efek samping berupa zat beracun. Adsorben yang seringkali di gunakan pada proses adsorpsi adalah silika (Syauqiah *et al.*, 2011).

Silika merupakan mineral yang melimpah di permukaan bumi. Silika juga telah banyak digunakan dalam peradaban manusia, misalnya untuk pembuatan kaca, alat elektronik, adsorben, pupuk dan lain-lain (Oktavia *et al.*, 2021). Silika sering digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi dikarenakan memiliki pori-pori yang berhubungan dengan kemampuan untuk mengadsorpsi. Semakin besar struktur pori maka semakin besar luas permukaan silika, sehingga akan meningkatkan kemampuan adsorpsi (Erwan & Oktavia, 2022).

Silika gel memiliki kelebihan yang unik seperti memiliki kemampuan pertukaran ion, stabil pada suhu tinggi, tidak mengambang pada pelarut organik dan mudah dimodifikasi, namun efektivitas adsorpsi silika terhadap ion logam lemah (Arianti & Oktavia, 2021). Kelemahan silika gel sebagai adsorben dapat diperbaiki dengan memodifikasi permukaan silika menggunakan gugus organik untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi (Weni & Oktavia, 2021).

Pada penelitian ini untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam dapat digunakan garam mononatrium asam 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat. Proses modifikasi menggunakan pereaksi ini diperlukan pereaksi silan lain untuk perantara atau jembatan penghubung, dalam hal ini dapat digunakan glisidoksi propiltrimetoksisilan (GPTMS) (Sulastris & Kristianingrum, 2010). GPTMS merupakan senyawa yang memiliki gugus epoksi (Arianti&Oktavia, 2021). Senyawa yang akan terbentuk nantinya merupakan silika sulfonat, yaitu silika termodifikasi oleh gugus sulfonat (Azmiyawati, 2004).

Silika termodifikasi sulfonat diharapkan dapat digunakan sebagai fase diam pada kolom kromatografi yang berupa ion, karena harga dari resin penukar ion yang cukup mahal. Pada kolom kromatografi terjadi proses pertukaran ion-ion, yaitu ion negatif (anion) akan ditukar dengan ion negatif dan ion positif (kation) akan ditukar dengan ion positif. Garam mononatrium asam 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat yang digunakan, dapat berfungsi sebagai gugus fungsi tempat pertukaran dan pemisahan kation, salah satunya kation kadmium (II) atau  $Cd^{2+}$  (Setiawan & Purwoto, 2019).

Kadmium dalam umumnya ditemukan dalam bentuk ion  $Cd^{2+}$ . Kadmium termasuk kedalam 5 logam berat yang toksik, logam berat tersebut adalah Hg, Pb, Cd, Cr dan As (Hasrianti, 2013). Kadmium termasuk unsur yang jumlahnya kecil di alam namun apabila konsentrasi kadmium di atas ambang batas maka akan menyebabkan keracunan bagi makhluk hidup. Apabila dikonsumsi atau terkontaminasi jangka panjang pada manusia kadmium bisa menyebabkan kerusakan pada tulang, jantung, hati, otak, ginjal dan sistem peredaran darah hal

ini dikarenakan kadmium bersifat karsinogen. Kadar kadmium yang dapat diterima oleh tubuh manusia berkisar 400-500  $\mu\text{g}$  (Indirawati, 2017).

Pada penelitian (Buhani *et al.*, 2009), telah dilakukan modifikasi silika menggunakan 3-merkaptopropiltrimetoksisilan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi pada ion  $\text{Cd}^{2+}$ . Pada penelitian tersebut silika termodifikasi gugus merkapto didapatkan pH optimum 5 dan waktu kontak optimum 60 menit dengan kapasitas serapannya sebesar 0,3609 mg/g. Keterbaruan pada penelitian ini, silika gel dimodifikasi menggunakan sulfonat yang berasal dari garam mononatrium asam 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalenadisulfonat untuk menyerap ion  $\text{Cd}^{2+}$ . Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dan kondisi optimum pada ion  $\text{Cd}^{2+}$  dilakukan variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Optimasi Adsorpsi Ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada Silika Gel-GPTMS Termodifikasi Sulfonat”

## **B. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah yang diperoleh dari uraian latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Rendahnya efektifitas penyerapan pada silika.
2. Harga dari resin penukar ion pada kolom kromatografi relatif mahal.
3. Variasi pH dapat mempengaruhi proses adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat.
4. Variasi waktu kontak dapat mempengaruhi proses adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat.



5. Variasi konsentrasi dapat mempengaruhi proses adsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat.

### **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengaruh variasi pH terhadap penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan variasi 2, 3, 4, 5, 6.
2. Pengaruh variasi waktu kontak terhadap penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan variasi 15, 30, 45, 60, 75 menit.
3. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan variasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm.

### **D. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi optimum untuk mengadsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan menggunakan silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat ?
2. Apakah penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat mengikuti persamaan isoterm Langmuir ?
3. Bagaimana penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  pada silika gel dan silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat?

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan kondisi optimum variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan menggunakan silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat.
2. Menentukan persamaan isoterm Langmuir ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan menggunakan silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat.
3. Menentukan perbandingan penyerapan ion  $\text{Cd}^{2+}$  terhadap silika gel dan silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat

### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah silika gel-GPTMS termodifikasi sulfonat dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya sebagai fase diam atau resin penukar kation untuk ion logam yang nantinya dapat digunakan pada kolom kromatografi.