

**Penyerapan Anion Kromat dengan Silika Gel (SiO₂) Termodifikasi GPTMS dan DMA
(dimethylamine)**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana Sains
(S.Si)*



VIVI CHANIASI

17036063/2017

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

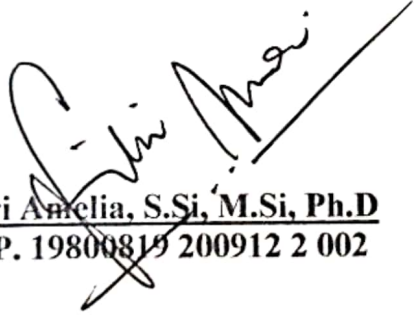
PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENYERAPAN ANION KROMAT DENGAN SILIKA GEL (SiO₂)
TERMODIFIKASI GPTMS dan DMA (*dimethylamine*)**


Nama : Vivi Chaniasi
NIM : 17036063
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 21 Januari 2022

Mengetahui:
Ketua Jurusan


Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing


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

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

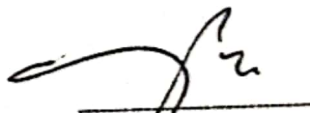
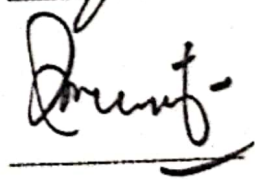

Nama : Vivi Chaniasi
NIM : 17036063
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENYERAPAN ANION KROMAT DENGAN SILIKA GEL (SiO_2) TERMODIFIKASI GPTMS dan DMA (*dimethylamine*)

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

Padang, 21 Januari 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Prof. Dr. Indang Dewata, M.Si	
Anggota	: Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Vivi Chaniasi
NIM : 17036063
Tempat/Tanggal lahir : Teluk Dalam/ 04 Desember 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Penyerapan Anion Kromat Dengan Silika Gel (SiO_2)
Termodifikasi GPTMS dan DMA (*dimethylamine*)


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 di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Padang, 21 Januari 2022

Yang menyatakan


Vivi Chaniasi
NIM : 17036063

**Anion Chromate Adsorption with Modified Silica Gel (SiO₂) GPTMS and
DMA (*dimethylamine*)**

Vivi Chaniasi

ABSTRAK

Heavy metals are the most dangerous waste for ecosystem because it cannot be biogenerated, toxic, carcinogenic even in a low concentration (ppm). It usually has some condition such as not dissolved, Terpresitipasi, dissolved, absorbed, an-organic, reducer, oxidized, and bebeas metal. One of the metals that could cause negatives effects for human and other living creatures is Chromate Ion. The waste of Chromate could pollute the ecosystem. One way to cope this Chromate in a waste issue is by doing adsorption with an adsorbent, which modified silika DMA as the adsorbent. The characterization by FTIR and chromate adsorption Spectrophotometer from a liquid with different pH, contact duration, and concentration. The result of the research shows that the modified Silika with DMA increases the adsorption capacity for the Kromat. Langmuir adsorption Isotherm produce the regression coefficient for the Silika $R^2=0,8488$ and for modified Silika $R^2=0,9054$. The maximum adsorption capacity on Silika 1,255 mg/g and modified Silika 2,26 mg/g with the first concentration K_2CrO_4 100 mg/L reach on pH 2 with 90 minutes mixing process. Modifies Silika DMA can be used as the adsorbent to adsorb Chromate with 80% percentage compared to unmodified Silika.

Keywords — adsorption, silika, potassium chromate, dimethylamine, batch method

Penyerapan Anion Kromat dengan Silika Gel (SiO₂) Termodifikasi GPTMS dan DMA (*dimethylamine*)

Vivi Chaniasi

ABSTRAK

Logam berat merupakan sumber pencemaran yang paling berbahaya dalam sistem lingkungan hidup karena mempunyai sifat tidak terbiodegradasi, toxic dan karsinogenik walaupun dalam konsentrasi yang rendah (ppm). Biasanya mengalami beberapa kondisi yaitu tidak larut, terpresipitasi, terlarut, terserap, bersifat anorganik, pereduksi, teroksidasi, dan logam bebas. Salah satu logam berat yang dapat menimbulkan efek negatif bagi manusia dan makhluk hidup adalah ion kromat. Limbah dari penggunaan krom dapat mencemari lingkungan. Salah satu upaya untuk menanggulangi logam kromat pada limbah dengan cara melakukan penyerapan dengan adsorben, dimana adsorben yang digunakan adalah silika yang dimodifikasi DMA. Karakterisasi dengan FTIR serta spektrofotometer adsorpsi kromat dari larutan berair pada berbagai pH, waktu pengontakan, konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi silika dengan DMA meningkatkan kapasitas adsorpsi untuk kromat. Isoterm adsorpsi Langmuir menghasilkan koefisien regresi pada silika $R^2=0,8488$, dan untuk silika termodifikasi sebesar $R^2=0,9054$. Kapasitas adsorpsi maksimum Kromat pada silika 1,255 mg/g dan silika termodifikasi 2,26 mg/g dengan konsentrasi K₂CrO₄ awal 100 mg/L dicapai pada pH 2 dengan lama pegadukan selama 90 menit. Silika modifikasi DMA dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion kromat dengan persentase sebesar 80% dibandingkan silika sebelum modifikasi.

Kata kunci — adsorpsi, silika, potassium chromate, dimethylamine, metode batch

KATA PENGANTAR



Puji syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **Penyerapan Anion Kromat dengan Silika Gel (SiO₂) Termodifikasi GPTMS dan DMA (dimetilamina)**. Skripsi ini diajukan untuk menyelesaikan tugas akhir pada Program Studi Kimia, Jurusan 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. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing dan Penasehat Akademik sekaligus Ketua Program Studi Kimia yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Indang Dewata, M.Si selaku Dosen Pembahas
3. Bapak Ananda Putra, M.Si, Ph.D selaku Dosen Pembahas
4. Ibuk Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Teman-teman kimia tahun 2017 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pembuatan skripsi penelitian.
6. Seluruh Staf Pengajar dan Tenaga Administrasi di jurusan Kimia FMIPA UNP

7. Bapak Bujang Warman dan Ibu Yeni Marlina selaku kedua Orangtua yang selalu mensupport, mendoakan juga sebagai sponsorship selama proses penggarapan skripsi.
8. Kevin Chaniasi selaku kakak yang selalu mendoakan dan memfasilitasi keuangan untuk kebutuhan scincare selama proses penggarapan skripsi.
9. Regia Rehadatul selaku adik yang sudah memberi beban atas banyak nya kandaak permintaan berjibun-jibun nya.
10. Seseorang spesial yang selalu mensupport, mendoakan selama perkuliahan dan proses penggarapan skripsi.
11. Terimakasih kepada Anisa Nahari, Astevina Shelly, dan Egidia Mayendra selaku makhluk penghuni kost yang memiliki andil besar dalam penggarapan skripsi ini, saya terlalu malu untuk menyampaikan langsung tapi berkat kata-kata halus kalian sepanjang hari, healing dan support sistem dari kalian akhirnya skripsi ini terselesaikan.

Untuk kesempurnaan skripsi dan penelitian yang telah penulis lakukan, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, 21 Januari 2022

Penulis

Vivi Chaniasi

NIM/BP : 17036063/2017

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Silika Gel	6
B. Modifikasi Silika	9
C. Adsorpsi.....	11
D. Isoterm Adsorpsi.....	16
E. Dimetilamin Sebagai Modifikator	18
F. Instrumentasi	20
1. Fourier Transform Infra Red (FT-IR).....	20
2. Spektrometri.....	22
3. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	22
G. Kromat	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
B. Variabel Penelitian	27
C. Alat dan Bahan	27
D. Prosedur Kerja	28
1. Pembuatan Reagen	28
2. Pembentukan Silika-GPTMS	29
3. Modifikasi Silika-GPTMS dengan Dimethylamine (DMA)	29
4. Penentuan adsorpsi silika gel terhadap ion kromat	29

5.	Penentuan Isoterm Adsorpsi Ion Kromat pada Silika Gel.....	30
6.	Perbandingan Kapasitas Sorpsi	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
A.	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum pada Ion Kromat.....	33
B.	Perlakuan Penelitian dengan Sistem Batch	34
C.	Preparasi Kurva Standar Kalium Kromat (KCr_2O_4).....	35
D.	Karakterisasi dengan Fourier Transform Infra Red spektroskopy (FTIR)	36
E.	Penentuan Ukuran Adsorben (Silika GPTMS Termodifikasi DMA) dengan Formula Scherrer.....	39
F.	Penentuan pH Pada Penyerapan Anion Kromat (CrO_4) ²⁻ dengan Silika GPTMS Termodifikasi DMA sebagai Adsorben	40
G.	Penentuan Waktu Kontak Pada Penyerapan Anion Kromat (CrO_4) ²⁻ ... <u>.....</u> dengan Silika GPTMS Termodifikasi DMA sebagai Adsorben	42
H.	Perbandingan Isoterm Adsorpsi Ion Kromat pada Silika Sebelum <u>.....</u> Modifikasi dan Silika GPTMS Termodifikasi.....	43
I.	Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Silika Sebelum Modifikasi dengan Silika GPTMS Termodifikasi pada Kondisi Optimum	46
BAB V PENUTUP.....		48
A.	Kesimpulan.....	48
B.	Saran	48
DAFTAR KEPUSTAKAAN		49
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. (a) Struktur silika, (b) Struktur 3D silika	1
Gambar 2. Silanol groups on surface of silika material	7
Gambar 3. Silika Gel 60 mesh	7
Gambar 4. Struktur Tetrahedral Silika	8
Gambar 5. Glisidoksipropiltrimetoksisilan (GPTMS)	11
Gambar 6. Adsorpsi pada suatu padatan	12
Gambar 7. Struktur senyawa Dimethylamine (DMA)	19
Gambar 8. Reaksi Silika GPTMS DMA dengan Anion	20
Gambar 9. Skema Peralatan FTIR	22
Gambar 10. Spektronic.....	22
Gambar 11. Diagram mekanisme XRD	23
Gambar 12. Kurva panjang gelombang maksimum pada kalium kromat.....	34
Gambar 13. Kurva kalibrasi larutan standar dengan keadaan pH 2.	35
Gambar 14. Spektrum FTIR (a) Silika Gel (b) Silika-GPTMS (c) Silika-GPTMS- DMA.....	37
Gambar 15. Spektrum FTIR pada silika termodifikasi yang telah dikontakkan anion	38
Gambar 16. Grafik XRD silika GPTMS termodifikasi DMA	40
Gambar 17. Pengaruh pH terhadap penyerapan anion kromat dengan menggunakan silika gel sebagai adsorben (kondisi: 25 ml larutan kromat 125 ppm, adsorben 1 g, kecepatan pengadukan 150 rpm, waktu 120 menit).....	41
Gambar 18. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan anion kromat dengan menggunakan silika gel sebagai adsorben (kondisi: 25 ml larutan kromat 125 ppm, pH 2, adsorben 1 g, kecepatan pengadukan 150 rpm)	42
Gambar 19. Pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan anion kromat dengan menggunakan silika sebagai adsorben (kondisi: 25 ml larutan K_2CrO_4 , pH 2, adsorben 1 g, kecepatan pengadukan 150 rpm, waktu 90 menit)	44
Gambar 20. Pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan anion kromat dengan menggunakan silika-GPTMS-DMA sebagai adsorben (kondisi: 25 ml larutan K_2CrO_4 , pH 2, adsorben 1 g, kecepatan pengadukan 150 rpm, waktu 90 menit).....	44
Gambar 21. Isoterm Langmuir pada silika sebelum modifikasi	45
Gambar 22. Isoterm Langmuir pada silika termodifikasi	46
Gambar 23. Perbandingan kapasitas adsorpsi silika, silika-GPTMS-DMA (kondisi: 25 ml larutan K_2CrO_4 100 ppm, pH 2, adsorben 1 g, waktu pengadukan 90 menit, dan kecepatan 150 rpm).....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisika Silika	8
Tabel 2. Daerah spektrum gelombang elektromagnetik	33
Tabel 3. Gugus fungsi analisa silika pada FTIR	39

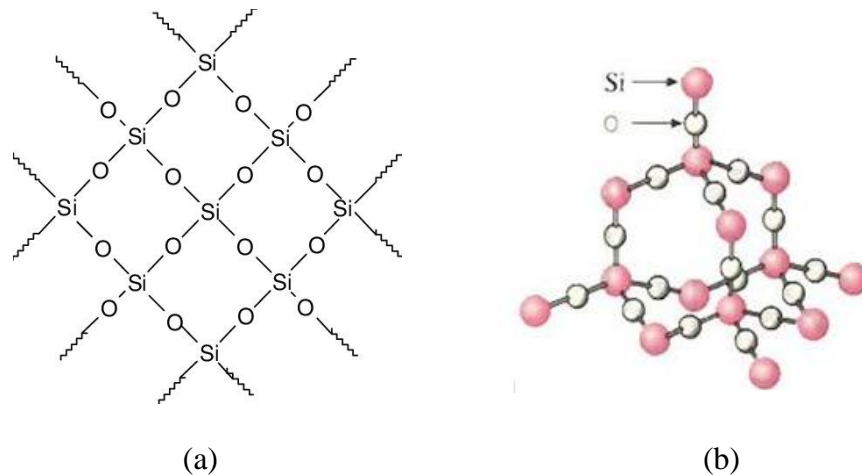
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Larutan HCL 2M	53
Lampiran 2. Pembuatan Larutan NaOH 1M	53
Lampiran 3. Pembuatan Larutan Induk K_2CrO_4	54
Lampiran 4. Skema Penelitian	55
Lampiran 5. Pembentukan Silika-GPTMS	56
Lampiran 6. Pembentukan silika-GPTMS-DMA	57
Lampiran 7. Pengaruh pH Larutan	58
Lampiran 8. Pengaruh Konsentrasi Larutan.....	59
Lampiran 9. Pengaruh Waktu Kontak Larutan	60
Lampiran 10. Perbandingan Kapasitas sorpsi	61
Lampiran 11. Perhitungan Pembuatan Reagen	62
Lampiran 12. Data Hasil Pengukuran	65
Lampiran 13. Pengukuran FTIR	69
Lampiran 14. Metoda Batch.....	71
Lampiran 15. Dokumentasi.....	79

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Silika merupakan salah satu adsorben yang sering digunakan dalam adsorpsi. Silika merupakan padatan pendukung yang stabil pada kondisi asam, memiliki karakteristik pertukaran massa yang tinggi, porositas dan luas permukaan spesifik serta memiliki daya tahan tinggi terhadap panas, namun efektivitas adsorpsi silika terhadap ion logam lemah. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kemampuan oksigen (silanol dan siloksan) sebagai donor pasangan elektron, sehingga berakibat pada lemahnya ikatan ion logam pada permukaan silika (Jal et al., 2004).



Gambar 1. (a) Struktur silika, (b) Struktur 3D silika

Silika memiliki 2 situs aktif yaitu gugus Silanol (-SiOH) dan Siloksan (Si-O-Si), pada gugus Silanol permukaan silika tersebut akan berinteraksi langsung dengan molekul H_2O , sehingga mengakibatkan H_2O (air) akan mengalami deaktivasi pada permukaan silika dan proses pemisahan akan melemah karena adanya daya retensi menurun sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kemampuan pemisahan silika. Adanya kedua situs aktif ini

memungkinkan untuk dilakukan modifikasi dengan pergantian gugus pada sisi aktifnya (Sulastri & Kristianingrum, 2010).

Kelemahan silika sebagai adsorben dapat diperbaiki dengan beberapa upaya, diantaranya dengan modifikasi permukaan silika (Jal et al,2004). Silika sering dimodifikasi dengan gugus organik tertentu untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Pada tahun 2009, Jiang et al dalam jurnal *“determination of trace inorganic anions in seawater samples by ion chromatography using silicacolumns modified with cetyltrimethylammonium ion”* berhasil menganalisa anion anorganik pada sampel air laut menggunakan silika yang telah dimodifikasi dengan ion *cetyltrimethylammonium* sebagai fasa diam (Jiang et al,2009). Pada tahun 2013, Wang et al dalam jurnal *“adsorption and desorption characteristics of imidazole-modified silica for chromium(IV)”* berhasil menyerap ion kromat dengan menggunakan silika yang telah dimodifikasi dengan senyawa imidazol (Wang et al, 2013). Pada tahun 2020, Oktavia dan Kardi berhasil melakukan pembuatan kolom monolit dengan bahan silika menggunakan dimetilamin (DMA) sebagai pemodifikasi dan ethylene dimethacrylate sebagai crosslinker dan penggunaannya pada ion kromatografi(Oktavia & Prasmi Kardi, 2020).

Modifikasi silika dengan penambahan suatu material pada permukaannya telah banyak dilakukan, seperti modifikasi dengan penambahan Merkaptopropiltrimetoksisilan (MPTS) untuk mendapatkan gugus merkapto, modifikasi dengan aminopropiltrimetoksisilan (APTS) untuk mendapatkan gugus amino, modifikasi dengan kloropropiltrimetoksisilan (CPTS) untuk mendapatkan gugus Kloro dan juga bukan pereaksi silan seperti asam 1-amino,2-hidroksi,4-

naftalenadisulfat, digunakan senyawa penghubung glisidoksi propil trimetoksisilan (GPTMS). Keberhasilan dalam modifikasi dapat dianalisis melalui karakterisasi menggunakan FTIR untuk analisa jenis gugus fungsi pada senyawa dari spektrumnya (Sulastri & Kristianingrum, 2010).

Logam kromat memiliki peran penting dalam menunjang berbagai sektor industri, seperti pada industri logam, penyepuhan (elektroplating), penyamakan kulit, zat warna dan cat serta sebagai sektor lainnya. Namun, buangan limbah dari penggunaan krom dapat mencemari lingkungan. Krom merupakan logam berat yang memiliki dampak bahaya yang harus diwaspadai. Bentuk spesies logam krom menentukan tingkat toksisitas. Dalam perairan, spesies yaitu Cr(IV) bersifat sangat toksik, korosif, karsinogenik, dan memiliki kelarutan yang sangat tinggi. Krom (IV) dalam perairan ditemukan dalam dua bentuk ion spesies, yaitu sebagai anion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (dalam larutan asam) dan anion CrO_4^{2-} (dalam larutan basa) yang berwarna kuning (Kotas, 2000).

Akumulasi kromat dengan konsentrasi sebesar 0,1 mg/L dapat mengakibatkan kematian. Dalam air minum, batas ambang maksimum kromat adalah 0,05 mg/L. Sifat toksik logam kromat dapat mengakibatkan kanker paru-paru, luka bernanah kronis dan merusak selaput tipis hidung. Mengingat bahaya dan pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh limbah cair kromat, maka pihak industri diharuskan untuk mengolah limbahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Sesuai dengan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor.51/MENHL/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal krom total Cr yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 2,0 mg/L.

Penanggulangan limbah industri yang mengandung logam krom dapat dilakukan dengan pengendapan, yaitu dengan pengaturan pH, namun efektifitasnya perlu ditingkatkan. Untuk itu diperlukan alternatif lain dalam penanggulangan limbah industri yang mengandung krom, seperti dengan menggunakan adsorben (Miyata, 1983). Beberapa macam adsorben yang dapat digunakan adalah biomassa, karbon aktif, zeolit dan silika. Jenis adsorben yang menjadi perhatian untuk penelitian kali ini adalah silika.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Penyerapan Anion Kromat dengan Silika Gel (SiO_2) Termodifikasi GPTMS dan DMA (*dimetilamina*)”.

B. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah pada penelitian ini adalah :

1. Silika gel sebelum modifikasi masih belum mempunyai muatan sehingga tidak bisa dilakukannya adsorpsi dengan baik .
2. Keberadaan ion kromat yang dapat mencemari lingkungan sehingga perlu diatasi.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Memodifikasi silika gel dengan dimetilamina.
2. Pengujian adsorpsi ion kromat pada silika gel termodifikasi dengan dimetilamina.

3. Pengaruh pH (2, 4, 6, 8, dan 10), waktu kontak (30, 60, 90 dan 120 menit) dan konsentrasi pada adsorpsi ion kromat.

D. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana memodifikasi silika gel dengan dimetilamina?
2. Bagaimana melakukan pengujian adsorpsi ion kromat menggunakan silika gel yang telah dimodifikasi?
3. Bagaimana pengaruh pH dan waktu kontak pada adsorpsi ion kromat?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Memperoleh Silika Gel termodifikasi dimetilamin
2. Memperoleh kondisi optimum penyerapan ion kromat menggunakan silika gel dari hasil modifikasi.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi teknik modifikasi pada silika gel menggunakan dimetilamin.
2. Menginformasikan penyerapan optimum ion kromat menggunakan silika gel.