

**PREPARASI SILIKA GEL DARI LIMBAH KACA BENING
MENGUNAKAN RADIASI MICROWAVE**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :

Rizkika Salsabila

NIM/TM 19036095/2019

PROGRAM STUDI KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2024

PERSETUJUAN SKRIPSI

PREPARASI SILIKA GEL DARI LIMBAH KACA BENING MENGUNAKAN RADIASI MICROWAVE

Nama : Rizkika Salsabila
NIM : 19036095
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 30 Januari 2024

Mengetahui:
Kepala Departemen

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing



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



Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIP. 19770912 200312 1 004

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI



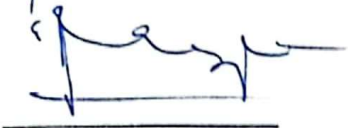
Nama : Rizkika Salsabila
NIM : 19036095
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PREPARASI SILIKA GEL DARI LIMBAH KACA BENING MENGUNAKAN RADIASI MICROWAVE

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

Padang, 30 Januari 2024

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
Ketua : Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D	 _____
Anggota : Dr.rer.nat. Deski Beri, S.Si., M.Si	 _____
Anggota : Edi Nasra, S.Si., M.Si	 _____

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Rizkika Salsabila
NIM : 19036095
Tempat/Tanggal Lahir : Jakarta/ 09 Agustus 2001
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **PREPARASI SILIKA GEL DARI LIMBAH KACA BENING MENGGUNAKAN RADIASI MICROWAVE**

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, 30 Januari 2024
Yang menyatakan



Rizkika Salsabila
NIM: 19036095

PREPARASI SILIKA GEL DARI LIMBAH KACA BENING MENGUNAKAN RADIASI MICROWAVE

Rizkika Salsabila

ABSTRAK

Limbah kaca bening dihasilkan sebesar 0,7 juta ton per tahunnya. Oleh karena itu, limbah kaca bening diolah menjadi adsorben untuk mengurangi limbah kaca yang ada pada lingkungan. Limbah kaca memiliki kandungan silika sebesar 72,4% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai silika gel. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu microwave dalam pembuatan silika gel, hasil karakterisasi XRD dan FTIR silika gel serta kapasitas penyerapan silika gel limbah kaca bening terhadap air dan logam Pb. Pada penelitian ini digunakan microwave sebagai aktivasi pada natrium silikat karena menerapkan prinsip kimia hijau dan sebagai variasi daya serta waktu pemanasan dalam pembuatan silika gel. Hasil penelitian ini didapatkan rendemen silika gel optimum sebesar 68,959 %, gugus silanol (SiOH) dan gugus siloksan(Si-O-Si) pada silika gel dengan bilangan gelombang 956,44 cm^{-1} dan 1082 cm^{-1} , serta puncak lebar $2\theta = 22^\circ$ dari karakterisasi XRD, dan kapasitas penyerapan silika gel optimum pada daya serap air yaitu 91,15% dan daya serap ion logam Pb^{2+} yaitu 2,8815 mg/g.

Kata kunci: Adsorpsi, limbah kaca bening, microwave, silika gel

PREPARATION SILICA GEL FROM CLEAR GLASS WASTE USING MICROWAVE RADIATION

Rizkika Salsabila

ABSTRACT

Clear glass waste is generated at 0.7 million tons per year. Therefore, clear glass waste is processed into adsorbents to reduce glass waste in the environment. Glass waste has a silica content of 72.4% so that it can be utilized as silica gel. The purpose of this study was to determine the effect of microwave power and time in making silica gel, the results of XRD and FTIR characterization of silica gel and the absorption capacity of clear glass waste silica gel to water and Pb metal. In this study, microwave was used as activation on sodium silicate because it applies the principle of green chemistry and as a variation of power and heating time in making silica gel. The results of this study obtained the optimum silica gel yield of 68.959%, silanol groups (SiOH) and siloxane groups (Si-O-Si) on silica gel with wave numbers 956.44 cm^{-1} and 1082 cm^{-1} , as well as a wide peak of $2\theta = 22^\circ$ from XRD characterization, and the optimum silica gel absorption capacity in water absorption of 91.15% and absorption capacity of Pb^{2+} metal ions of 2.8815 mg/g.

Keywords: Adsorption, clear glass waste, microwave, silica gel

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Preparasi Silika Gel dari Limbah Kaca Bening menggunakan Radiasi Microwave". Shalawat serta salam untuk nabi tauladan kita yakni nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang dilalui.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Selama dalam proses penyelesaian skripsi ini tidak luput dari bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Dengan demikian, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Miftahul Khair, S.Si, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Penasehat Akademik sekaligus Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Dr.rer.nat. Deski Beri, S.Si., M.Si dan Bapak Edi Nasra., S.Si., M.Si selaku Dosen Pembahas.
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang sekaligus Ketua Prodi Kimia Universitas Negeri Padang.

4. Bapak dan Ibu seluruh staff pengajar baik akademik maupun non akademik Departemen Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Kedua orang tua, saudara dan kerabat penulis yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
6. Teman-teman penulis yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan masukan, kritikan, dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan skripsi ini. Semoga masukan, kritikan, dan saran yang diberikan menjadi amal ibadah, aamiin. Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di dunia sains.

Padang, 19 Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
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.....	7
A. Limbah Kaca Bening.....	7
B. Silika	9
C. Silika Gel.....	10
D. Microwave.....	12
E. Adsorpsi	13
F. Logam Pb ²⁺ (timbal)	14
G. Instrumentasi.....	15
1. XRF (X-Ray Fluorescence).....	15
2. FTIR (Fourier Transform Infrared).....	16
3. XRD (X-Ray Diffraction).....	18
4. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21

A. Waktu dan Tempat Penelitian	21
B. Objek Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	21
1. Variabel Bebas	21
2. Variabel Terikat	21
3. Variabel Kontrol.....	21
D. Alat dan Bahan.....	22
E. Prosedur Penelitian.....	22
F. Desain Penelitian.....	26
BAB IV	27
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Hasil Analisis Bahan Baku Serbuk Limbah Kaca Bening.....	27
B. Karakterisasi XRD Serbuk Limbah Kaca Bening.....	28
C. Hasil Preparasi Silika Gel	29
D. Rendemen Silika Gel.....	31
E. Karakterisasi FTIR Silika, Silika Gel, dan Silika Gel tanpa Microwave.....	32
F. Karakterisasi XRD pada Silika Gel Optimum	41
G. Uji Daya Serap Air pada Silika Gel	42
H. Uji Daya Serap Ion Logam Pb ²⁺	45
BAB V.....	48
KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kaca (Fahnur, 2018).	8
Tabel 2. Hasil XRF Limbah Kaca Bening	27
Tabel 3. Bilangan Gelombang Silika Gel Limbah Kaca Bening dan Penelitian Sebelumnya	33
Tabel 4. Tabel luas permukaan silanol pada slika gel.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Silika	10
Gambar 2. Struktur Silika Gel.....	11
Gambar 3. Hasil Spektrum FTIR Silika Gel (Khair dkk., 2023)	17
Gambar 4. Hasil Spektrum XRD Silika Gel (Maulana dkk., 2014).....	19
Gambar 5. Hasil Karakterisasi XRD Limbah Kaca Bening.....	28
Gambar 6. (a) MW 5 menit 400W, (b) MW 10 menit 400W, (c) MW 15 menit 400W, (d) MW 5 menit 600W, (e) MW 10 menit 600W, (f) MW 15 menit 600W, (g) Silika gel tanpa MW	31
Gambar 7. Grafik rendemen silika gel.....	31
Gambar 8. Hasil Karakterisasi FTIR Silika, Silika Gel, dan Silika Gel tanpa microwave	33
Gambar 9. Grafik (a) MW 5 menit 400W, (b) MW 10 menit 400W, (c) MW 15 menit 400W,(d) MW 5 menit 600W,(e) MW 10 menit 600W,(f) MW 15 menit 600W,(g) Silika gel tanpa MW	39
Gambar 10. Hasil Karakterisasi XRD Silika Gel Optimum	42
Gambar 11. Grafik kapasitas serapan air pada silika gel	43
Gambar 12. Grafik uji daya serap air dengan massa silika gel dari hari ke-1 sampai hari ke-15.....	43
Gambar 13. Grafik Uji Daya Serap Ion Logam Pb^{2+}	46
Gambar 14. Interaksi pertukaran ion antara adsorben dan adsorbat (Kusumawardani Riska, Anita Titin, 2018).....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Kerja	54
Lampiran 2. Perhitungan.....	60
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi XRF, FTIR, dan XRD.....	65
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan produksi kaca di Indonesia menghasilkan limbah padat berupa serpihan kaca yang berbahaya jika bersentuhan dengan kulit manusia (Kafillah & Nurlina, 2018). Penggunaan kaca di lingkungan termasuk cukup tinggi karena digunakan pada bahan bangunan, peralatan rumah tangga, botol, dan industri lain-lain. Sifat kaca yang mudah pecah maka dapat menghasilkan limbah yang berdampak pada lingkungan. Limbah kaca termasuk limbah anorganik yang keberadaannya cukup melimpah karena menghasilkan limbah sebesar 0,7 juta ton per tahunnya (Alkatiri dkk., 2017). Limbah kaca memiliki kandungan silika sebesar 72,4% (Wu dkk., 2012).

Silika adalah salah satu bahan mineral yang melimpah dikerak bumi. Silika terbentuk dari asam silikat yang berpolimerisasi. Silika berbentuk tetrahedral SiO_4 yang terdiri dari silikon dan oksigen. Silika juga ditemukan dalam berbagai bentuk, termasuk kuarsa, amorf, pasir dan banyak lagi. Sebagai bentuk alami, silika memiliki struktur kristal, sedangkan sebagai senyawa sintetik memiliki struktur amorf (Sulastri & Kristianingrum, 2010). Silika yang diekstraksi dari limbah kaca dapat dijadikan bahan baku dalam pembuatan silika gel. Silika gel terbentuk oleh reaksi silikon dioksida (SiO_2) dalam limbah kaca dengan natrium hidroksida sehingga menghasilkan natrium silikat (Fahnur, 2018).

Silika gel adalah silika amorf yang terdiri dari globula-globula SiO_4 tetrahedral yang tersusun secara tidak beraturan akan membentuk kerangka 3 dimensi yang lebih besar (1-25 μm). Rumus kimia umum untuk silika gel yaitu $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Adsorben sering diaplikasikan pada silika gel karena silika gel mempunyai gugus aktif yaitu silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) dan bisa mengadsorpsi logam dalam air dengan prinsip pertukaran ion (Sholikha, Ismiati., 2010).

Pada penelitian sebelumnya limbah kaca pernah dimanfaatkan untuk campuran beton (Maleke., 2019), *bio filter aerobik* (Juniati & Sulastri, 2023), dan pengganti agregat halus (Taufiq Lilo Adi Sucipto, 2020), sebelumnya limbah kaca bening sudah disintesis menjadi silika gel dengan metode kalsinasi (Azmiyawati dkk., 2019). Akan tetapi, proses yang dilakukan sebelumnya kurang efektif karena menggunakan suhu kalsinasi yang cukup tinggi sehingga peneliti ingin menggunakan microwave sebagai penerapan prinsip *green chemistry*. Pemanasan pada microwave terjadi secara langsung dengan molekul dan memberikan efisiensi reaksi yang lebih tinggi dengan sedikit produk sampingan (Rungronmitchai dkk., 2009).

Green chemistry atau dapat disebut kimia hijau merupakan prinsip yang memiliki proses untuk mengurangi penggunaan serta hasil residu berupa zat yang berbahaya (Mitarlis dkk., 2016). Prinsip ini mempunyai tujuan untuk membuat proses kimia dan hasil produk yang ramah lingkungan (Prabawati dkk., 2015).

Adsorpsi merupakan metode yang sering digunakan untuk penyerapan logam karena dengan metode ini biaya yang dibutuhkan tidak terlalu mahal dan lebih efektif dalam menghilangkan logam dalam perairan serta tidak memberikan efek toksik (Y,He dkk., 2019). Adsorpsi adalah proses penyerapan pada permukaan adsorben

yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antar adsorben dan ion logam yang larut dalam air (Astuti & Kurniawan, 2015). Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai penyerapan ion logam Pb dengan karbon aktif kulit durian (Lestari & Nasra, 2022) dan biji serta kulit lengkeng (Alkhaira & Kurniawati, 2022).

Pada proses adsorpsi ini digunakan silika gel sebagai adsorben karena silika gel memiliki kelebihan yaitu mudah diproduksi, inert, hidrofilik, memiliki kestabilan termal yang tinggi, dan mekanik yang tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik (Sulastri, 2009). Pada penelitian sebelumnya pembuatan silika gel sudah ada tetapi penggunaan limbah kaca bening untuk membuat silika gel belum banyak dilakukan (Sudjarwo & Bee, 2017). Penelitian yang telah dilakukan yaitu silika untuk adsorpsi ion logam Cu (II) (Fathurrahman, 2020), silika gel untuk adsorpsi logam Mn (Nur'aeni dkk., 2019) dan silika gel untuk adsorpsi logam Cr (III) (Sudiarta dkk., 2022). Oleh karena itu, digunakan silika gel dari limbah kaca bening sebagai adsorbennya.

Negara Indonesia termasuk dalam negara yang berkembang. Hal tersebut berdampak pada bidang industri yang tumbuh secara pesat dan meningkatkan jumlah limbah dalam bentuk cair, padat, serta gas. Limbah cair industri memberikan dampak negatif pada lingkungan yaitu pencemaran logam berat yang mengakibatkan gangguan kesehatan bagi masyarakat disekitar kegiatan industri. Pencemaran ion logam berat ini telah menjadi masalah secara global yang tingkat toksisitasnya tinggi diantaranya pencemaran logam berat kromium, timbal, cadmium, tembaga, dan arsen pada perairan seperti air tanah, air limbah industri, dan lainnya (Egashira dkk., 2012).

Logam Pb (timbal) ialah logam berat yang memiliki tingkat toksisitas yang cukup tinggi. Bila kadar ion Pb^{2+} melewati kadar yang telah ditetapkan maka akan memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan makhluk hidup. Pada manusia, dampak negatif yang dihasilkan dari sifat beracun yang dimiliki logam timbal yaitu dapat menghambat kerja suatu enzim serta ion-ionnya dalam proses pembentukan hemoglobin darah manusia (Zikra dkk., 2016). Salah satu cara untuk mengurangi limbah ion logam Pb^{2+} yakni dengan teknik adsorpsi. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini mengkaji preparasi silika gel dari limbah kaca bening menggunakan radiasi microwave.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Kurangnya pemanfaatan limbah kaca bening sebagai bahan baku pembuatan silika gel.
2. Microwave sebagai pengganti pemanasan furnace dalam penerapan *green chemistry*.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang didapatkan dari identifikasi masalah diatas yaitu:

1. Bahan baku pembuatan silika gel berasal dari limbah kaca bening.
2. Adsorpsi silika gel menggunakan air.
3. Konsentrasi larutan NaOH yaitu 3 M.

4. Waktu dan daya yang digunakan dalam aktivasi microwave pada pembuatan silika gel dari limbah kaca bening yaitu 5, 10, dan 15 menit serta 400 dan 600 watt.
5. Silika gel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan FTIR dan XRD.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapatkan yaitu :

1. Bagaimana pengaruh waktu dan daya yang digunakan dalam aktivasi microwave pada pembuatan silika gel dari limbah kaca bening?
2. Bagaimana hasil karakterisasi silika gel dari limbah kaca bening?
3. Bagaimana kapasitas penyerapan silika gel dari limbah kaca bening terhadap air ?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu microwave pada pembuatan silika gel dari limbah kaca.
2. Untuk mengetahui hasil karakterisasi silika gel dari limbah kaca bening.
3. Untuk mengetahui hasil serapan silika gel dari limbah kaca bening terhadap air.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan penelitian ini yaitu :

1. Dapat meningkatkan nilai ekonomis pada limbah kaca bening.
2. Dapat memanfaatkan microwave sebagai penerapan *green chemistry* pada preparasi silika gel dari limbah kaca bening.

3. Dapat memanfaatkan silika gel dari limbah kaca bening sebagai adsorben terhadap air.