

**Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Kulit Jagung (*Zea mays L.*) melalui Metode Sol-Gel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:**

**Annisa Isniyatur Rohmah**

**22106030059**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2026**



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2161/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis dan Karakterisasi Silika Xeogel dari Abu Kulit Jagung (Zea masy L.) melalui Metode Sol-Sel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANNISA ISNIYATUR ROHMAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 22106030059  
Telah diujikan pada : Rabu, 19 Agustus 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

#### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a892f6c8086f



Penguji I

Karmanto, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 6a85f2d9d8fe43



Penguji II

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 6a88069d8ba3



Yogyakarta, 19 Agustus 2026

UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khunul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a8ba61c5996e6

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Annisa Isniyatur Rohmah  
NIM : 22106030059  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Kulit Jagung (*Zea mays L.*) melalui Metode Sol-Gel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 14 Agustus 2026



Annisa Isniyatur Rohmah  
NIM. 22106030059

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



### **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Annisa Isniyatur Rohmah

NIM : 2210603009

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Kulit Jagung (*Zea mays* L.) melalui Metode Sol-Gel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 13 Agustus 2026

Pembimbing

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.

NIP: 197507252000032001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Annisa Isniyatur Rohmah  
NIM : 22106030059  
Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Kulit Jagung (*Zea mays L.*) melalui Metode Sol-Gel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet.

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 13 Agustus 2016  
Konsultan

Dr. Imelda Fajriati, M. Si.  
NIP. 197507252000032001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, karya ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta motivasi tanpa henti hingga saya dapat menyelesaikan karya ini.

Ibu Dr. Imelda Fajriati, M. Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, motivasi dan bimbingan dengan penuh kesabaran selama proses penulisan skripsi ini.

Serta Almamater tercinta,

Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

### **MOTTO**

” Maka Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhan mu lah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah,6-8)

” Bisikkanlah, terima kasih pada diri sendiri, hebat dia, terus menjagamu dan sayangimu”

(Tulus-Diri)



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran sehingga skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Kulit Jagung (*Zea mays L.*) melalui Metode Sol-Gel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet” dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat doa maupun ide sehingga tahap demi tahap penyusunan tugas akhir ini dapat dilalui. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
3. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar serta ikhlas meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan selama penelitian dan banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang dengan kesabaran dan kemurahan hatinya membimbing dan memberikan banyak ilmu serta pengalaman bagi penulis selama bangku perkuliahan.
5. Seluruh Staf Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta terutama Bapak A. Wijayanto, S.Si., Indra Naviyanto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si., yang telah membantu dalam penelitian di laboratorium sehingga dapat berjalan dengan lancar.
6. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.

7. Teristimewa untuk kedua orang tua tercinta, bapak dan ibu yang tiada hentinya melangitkan doa baiknya serta memberikan dukungan moral maupun material kepada anak perempuannya ini dalam memperjuangkan masa depan. Walaupun tidak sempat merasakan untuk duduk dibangku perkuliahan, namun mereka selalu berusaha bekerja keras untuk memberikan yang terbaik kepada anak-anaknya agar merasakan bangku perkuliahan. Allah SWT yang membalas semua kebaikan kalian, kiranya bapak dan ibu selalu diberikan kesehatan, umur panjang dan kebahagiaan selalu.
8. Kepada kakak kandungku tersayang dan satu-satunya Ayu Dinar Madu Khotimah dan kakak sepupuku Istiqomah Eka Rahmawati terima kasih untuk doa dan dukungannya selama di perantauan ini. Terimakasih telah mendengarkan keluh kesah selama perkuliahan penulis, karena motivasi dan pengalamannya saya lebih semangat dalam menyelesaikan perkuliahan ini.
9. Keluarga besar yang tidak bisa satu persatu penulis sebutkan, terima kasih atas doa dan dukungannya yang disampaikan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga sampai saat ini.
10. Teruntuk sahabat blekpunki tercinta, Andhin, Ghisella dan Eris. Terima kasih telah hadir dalam hidup penulis yang selalu kebersamai dari awal bangku perkuliahan hingga penulis penyelesaian perkuliahan ini, tanpa kalian masa perkuliahan dan skripsi terasa begitu asing dan melelahkan. Sukses dan sehat selalu kalian di manapun itu nanti.
11. Untuk teman-teman kuliah penulis terutama kelas bobok aja terima kasih telah menemani penulis selama di bangku perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
12. Teruntuk teman seperjuangan skripsi adsorben Rahma Tri Cahyani terima kasih untuk perjuangan bersama dan menjadi tempat saling diskusi selama penelitian di laboratorium maupun penulisan skripsi dan Nurmasdi Ridhani yang selama ini telah membantu dan berjuang bersama dalam bimbingan skripsi.
13. Seluruh teman-teman Xenon Kimia angkatan 2022 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih kerja sama, pengalaman dan telah memberikan semangat serta dukungan satu sama lain selama perkuliahan maupun penulisan skripsi ini.

14. *Last but not least*, untuk diri penulis sendiri, gadis kecil yang sudah berjuang sampai titik ini. Terima kasih sebab tidak memilah menyerah walaupun banyak hal terasa begitu berat buat dijalani. Terima kasih sebab senantiasa bertahan di tengah letih, tangis, kecewa, serta bermacam kondisi yang tidak mudah. Walaupun jalannya terasa berat, aku bangga pada diri aku sendiri. Kedepannya mudah- mudahan raga ini tetep kokoh, hatinya senantiasa tegar, serta ayo tetep berjuang buat tumbuh yang lebih baik dari hari ke hari.

Demi kesempurnaan skripsi ini, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penyusun berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khususnya.

Yogyakarta, 12 Agustus 2026

Annisa Isniyatur Rohmah

22106030059

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| COVER .....                                     | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                         | ii   |
| HALAMAN PERNYATAN .....                         | iii  |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                        | iv   |
| NOTA DINAS KONSULTASI.....                      | v    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                       | vi   |
| MOTTO.....                                      | vii  |
| KATA PENGANTAR.....                             | viii |
| DAFTAR ISI .....                                | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                             | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                           | xiv  |
| ABSTRAK .....                                   | xv   |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                         | 1    |
| A. Latar Belakang .....                         | 1    |
| B. Batasan penelitian .....                     | 3    |
| C. Rumusan Masalah .....                        | 4    |
| D. Tujuan Penelitian.....                       | 4    |
| E. Manfaat Penelitian .....                     | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 6    |
| A. Tinjauan Pustaka .....                       | 6    |
| B. Landasan Teori .....                         | 10   |
| 1. Silika .....                                 | 10   |
| 2. Silika Xerogel.....                          | 10   |
| 3. Kulit Jagung .....                           | 11   |
| 4. Kristal Violet .....                         | 12   |
| 5. Adsorpsi .....                               | 13   |
| 6. Desorpsi .....                               | 15   |
| 7. Metode Sol-Gel .....                         | 16   |
| 8. Kinetika Reaksi .....                        | 17   |
| 9. Isoterm Adsorpsi .....                       | 19   |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10. FTIR .....                                                                     | 20 |
| 11. XRD .....                                                                      | 21 |
| 12. BET .....                                                                      | 23 |
| 13. UV-Vis.....                                                                    | 25 |
| C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian .....                                | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN.....                                                     | 31 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian.....                                                | 31 |
| B. Alat-alat Penelitian.....                                                       | 31 |
| C. Bahan Penelitian.....                                                           | 31 |
| D. Cara Kerja Penelitian .....                                                     | 31 |
| 1. Preparasi silika dari kulit jagung.....                                         | 31 |
| 2. Uji adsorpsi Silika Abu Kulit Jagung pada Zat Warna Kristal Violet...           | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....                                                   | 35 |
| A. Sintesis Silika Xerogel Abu Kulit Jagung.....                                   | 35 |
| B. Karakterisasi Material Adsorben Silika Xerogel.....                             | 38 |
| C. Hasil Uji Aktivitas Adsorpsi Kristal Violet.....                                | 43 |
| D. Kinetika Reaksi dan Isoterm Adsorpsi Silika Xerogel dengan Kristal Violet ..... | 49 |
| E. Desorpsi Silika Xerogel terhadap Kristal Violet.....                            | 53 |
| BAB V PENUTUP.....                                                                 | 56 |
| A. Kesimpulan .....                                                                | 56 |
| B. Saran.....                                                                      | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                               | 59 |
| LAMPIRAN.....                                                                      | 66 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1. Kulit Jagung .....                                                      | 12 |
| Gambar 2. Struktur Kristal Violet .....                                           | 13 |
| Gambar 3. Proses Sol-Gel pada Sintesis Silika Xerogel.....                        | 16 |
| Gambar 4. Jenis-Jenis Isoterm Adsorpsi .....                                      | 24 |
| Gambar 5. Mekanisme Pembentukan $\text{NaSiO}_3$ .....                            | 36 |
| Gambar 6. Pembentukan $\text{Si(OH)}_4$ .....                                     | 37 |
| Gambar 7. Hidrogel dan Hasil Silika Xerogel Abu Kulit Jagung .....                | 38 |
| Gambar 8. Spektrum FTIR Silika Xerogel dan Silika Kiesel Gel 60 .....             | 39 |
| Gambar 9. Difraktogram XRD Silika Xerogel dan Kiesel Gel 60.....                  | 40 |
| Gambar 10. Kurva Isoterm Adsorpsi-Desorpsi $\text{N}_2$ dari Silika Xerogel ..... | 42 |
| Gambar 11. Grafik Penentuan $\lambda_{\text{maks}}$ Kristal Violet .....          | 44 |
| Gambar 12. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kristal Violet.....                    | 45 |
| Gambar 13. Grafik Adsorpsi pada Variasi pH.....                                   | 45 |
| Gambar 14. Struktur Kristal Violet Kondisi Asam, Netral dan Basa.....             | 46 |
| Gambar 15. Grafik Adsorpsi pada Variasi Waktu Kontak.....                         | 48 |
| Gambar 16. Kapasitas Adsorpsi Silika Xerogel terhadap Kristal Violet .....        | 49 |
| Gambar 17. Efisiensi Adsorpsi Silika Xerogel terhadap Kristal Violet .....        | 49 |
| Gambar 18. Grafik Orde Satu Semu .....                                            | 50 |
| Gambar 19. Grafik Orde Dua Semu.....                                              | 50 |
| Gambar 20. Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir.....                                   | 51 |
| Gambar 21. Kurva Isoterm Adsorpsi Freundlich .....                                | 52 |
| Gambar 22. Hasil Desorpsi Kristal Violet.....                                     | 54 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian .....                                        | 66 |
| Lampiran 2. Data Spektrum FTIR Silika Xerogel dan Kiesel Gel 60 .....           | 68 |
| Lampiran 3. Difraktogram XRD Silika Xerogel dan Kiesel Gel 60 .....             | 69 |
| Lampiran 4. Isoterm Adsorpsi-Desorpsi Nitrogen dari Silika Xerogel.....         | 69 |
| Lampiran 5. Data kurva kalibrasi standar kristal violet .....                   | 69 |
| Lampiran 6. Grafik panjang gelombang maksimum kristal violet .....              | 70 |
| Lampiran 7. Pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi kristal violet .....          | 70 |
| Lampiran 8. Pengaruh variasi waktu kontak terhadap adsorpsi kristal violet..... | 71 |
| Lampiran 9. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap adsorpsi kristal violet.....  | 72 |
| Lampiran 10. Kinetika penentuan orde laju .....                                 | 73 |
| Lampiran 11. Isoterm adsorpsi kristal violet.....                               | 74 |
| Lampiran 12. Desorpsi silika xerogel terhadap kristal violet .....              | 75 |

## ABSTRAK

### **Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Kulit Jagung (*Zea mays* L.) melalui Metode Sol-Gel serta Aplikasinya pada Adsorpsi dan Desorpsi Kristal Violet**

Oleh:

**Annisa Isniyatur Rohmah**

**NIM. 22106030059**

**Imelda Fajriati, M.Si.**

**NIP. 197507252000032001**

Silika xerogel dari abu kulit jagung (*Zea mays* L.) telah disintesis melalui metode sol-gel dan digunakan sebagai adsorben zat warna kristal violet. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi silika xerogel menggunakan FTIR, XRD, dan BET, mengkaji pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal kristal violet terhadap kemampuan adsorpsi, serta mengevaluasi kemampuan desorpsi kristal violet dari silika xerogel setelah proses adsorpsi. Sintesis dilakukan melalui ekstraksi silika dari abu kulit jagung menggunakan NaOH 2M, pembentukan hidrogel dengan HCl 1M hingga pH 7, kemudian pengeringan untuk memperoleh silika xerogel. Karakterisasi dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi, XRD untuk menentukan struktur, dan BET untuk menganalisis karakteristik permukaan dan pori. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan keberadaan gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si), sedangkan XRD menunjukkan struktur silika yang bersifat amorf dengan puncak lebar pada  $2\theta$  sekitar  $22-24^\circ$ . Analisis BET menunjukkan luas permukaan spesifik sebesar  $336,457 \text{ m}^2/\text{g}$ , volume pori total  $0,688 \text{ cm}^3/\text{g}$ , dan diameter pori rata-rata  $7,693 \text{ nm}$ , yang menunjukkan karakteristik material mesopori. Hasil uji adsorpsi menunjukkan kondisi optimum pada pH 7 dengan efisiensi adsorpsi 93,5%, waktu kontak optimum 20 menit dengan efisiensi 95,74%, serta konsentrasi awal optimum 30 ppm dengan efisiensi 95,46% dan kapasitas adsorpsi  $28,253 \text{ mg/g}$ . Analisis kinetika menunjukkan bahwa proses adsorpsi lebih sesuai mengikuti model orde dua semu dengan nilai  $R^2$  sebesar satu, sedangkan analisis isoterm menunjukkan kesesuaian yang lebih tinggi terhadap model Freundlich ( $R^2 = 0,8190$ ). Desorpsi menggunakan HCl 0,5; 1; dan 2 M menghasilkan persentase desorpsi masing-masing sebesar 1,50%; 0,64%; dan 0,49%, yang menunjukkan bahwa kristal violet hanya dapat dilepaskan dalam jumlah kecil dari silika xerogel.

**Kata kunci:** Silika xerogel, kulit jagung, sol-gel, kristal violet, adsorpsi, desorpsi

## ABSTRACT

### **Synthesis and Characterization of Xerogel Silica from Corn Husk Ash (*Zea mays L.*) Using the Sol-Gel Method and Its Application in Adsorption and Desorption of Crystal Violet**

By:

**Annisa Isnivatur Rohmah**

**NIM. 22106030059**

**Imelda Fajriati, M.Si.**

**NIP. 197507252000032001**

Xerogel silica from corn husk ash (*Zea mays L.*) has been synthesized through the sol-gel method and used as an adsorbent for crystal violet dye. This study aims to synthesize and characterize the silica xerogel using FTIR, XRD, and BET, examine the effects of pH, contact time, and initial concentration of crystal violet on adsorption capacity, and evaluate the desorption capability of crystal violet from the silica xerogel after the adsorption process. The synthesis was conducted by extracting silica from corn husk ash using 2M NaOH, forming a hydrogel with 1M HCl until pH 7, and then drying it to obtain silica xerogel. Characterization was performed using FTIR to identify functional groups, XRD to determine structure, and BET to analyze surface and pore characteristics. FTIR characterization results indicated the presence of silanol (Si–OH) and siloxane (Si–O–Si) groups, while XRD showed an amorphous silica structure with a broad peak at  $2\theta$  around  $22\text{--}24^\circ$ . BET analysis revealed a specific surface area of  $336.457\text{ m}^2/\text{g}$ , total pore volume of  $0.688\text{ cm}^3/\text{g}$ , and an average pore diameter of  $7.693\text{ nm}$ , indicating mesoporous material characteristics. Adsorption test results showed optimal conditions at pH 7 with an adsorption efficiency of 93.5%, optimal contact time of 20 minutes with efficiency of 95.74%, and optimal initial concentration of 30 ppm with efficiency of 95.46% and adsorption capacity of  $28.253\text{ mg/g}$ . Kinetic analysis indicated that the adsorption process was more consistent with a pseudo-second-order model with an  $R^2$  value of one, while isotherm analysis showed higher conformity to the Freundlich model ( $R^2 = 0.8190$ ). Desorption using HCl at concentrations of 0.5; 1; and 2 M resulted in desorption percentages of 1.50%; 0.64%; and 0.49%, respectively, indicating that crystal violet can only be released in small amounts from the silica xerogel.

**Keywords:** xerogel silica, corn husk ash, sol-gel, adsorption, desorption, crystal violet

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Sebagai negara dengan warisan budaya yang kaya, Indonesia adalah rumah bagi batik dimana salah satu kekayaan budaya yang diakui UNESCO pada tahun 2009 sebagai *Masterpiece of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*. Pengakuan tersebut diberikan sebagai penghargaan terhadap kekayaan budaya dan warisan non-fisik yang dimiliki oleh Indonesia (Evita *et al.*, 2022). Meskipun demikian, di balik kesuksesan industri ini terdapat masalah lingkungan yang serius karena penggunaan zat pewarna sintetis dalam proses pewarnaan kain batik (Apriyani, 2018). Sekitar 15% hingga 20% pewarna yang digunakan dalam proses pewarnaan tekstil tidak memengaruhi serat kain, sehingga tidak terserap semua dan langsung dimasukkan ke dalam limbah. Kadar pewarna yang rendah ini menyebabkan warna pada air, yang menyebabkan masalah toksikologi jika tidak ditangani dengan tepat (Zulti *et al.*, 2022).

Zat pewarna merupakan bahan yang berfungsi memberikan warna pada kain tekstil (Siregar, 2016). Kristal violet dipilih karena termasuk jenis zat pewarna sintetis yang seringkali digunakan pada industri batik. Kristal violet dikategorikan sebagai senyawa yang tidak mudah diolah oleh mikroorganisme, sehingga bertahan di berbagai jenis lingkungan (Ferreira dkk., 2015).

Diperlukan metode pengolahan limbah lebih efektif untuk menurunkan konsentrasi kristal violet sebelum dibuang ke lingkungan. Koagulasi-flokulasi, oksidasi kimia, membran filtrasi, dan biodegradasi adalah beberapa metode yang telah dikembangkan. Namun beberapa metode tersebut memiliki keterbatasan, salah satunya adalah biaya yang tinggi untuk menjalankannya, pembentukan lumpur sekunder, serta efisiensi yang rendah terhadap konsentrasi zat warna tertentu. Di antara metode pengolahan limbah yang ada, adsorpsi merupakan teknik yang sering dikaji karena memiliki keunggulan berupa proses sederhana, efisiensi tinggi, tidak

menghasilkan produk samping berbahaya, serta dapat menggunakan material adsorben berbasis sumber daya lokal (Maryani *et al.*, 2025). Berbagai material telah diteliti sebagai adsorben kristal violet, seperti karbon aktif, biomassa termodifikasi, dan material berbasis silika. Akan tetapi, penggunaan adsorben komersial sering terkendala oleh biaya yang relatif mahal dan ketersediaan bahan baku.

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber material adsorben menjadi alternatif yang menjanjikan dalam mendukung konsep green chemistry. Limbah pertanian yang melimpah di Indonesia salah satunya adalah kulit jagung. Kulit jagung umumnya tidak dimanfaatkan secara optimal dan sering langsung dibakar atau dibiarkan membusuk. Padahal, kulit jagung mengandung senyawa anorganik, terutama silika, yang dapat diperoleh melalui proses kalsinasi menjadi abu. Komposisi kulit jagung sebagian besar terdiri dari lignin (15%), selulosa (44,08%), abu (5,09%), dan alkohol-sikloheksana (1:2) (Sholahuddin *et al.*, 2023). Berdasarkan penelitian oleh Dahliyanti *et al.* (2022), xerogel silika yang dibuat dari kulit jagung terbukti efektif sebagai adsorben untuk zat pewarna kationik seperti crystal violet dan methylene blue. Dengan demikian, bahan ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai adsorben untuk limbah cair industri dengan menggunakan metode ramah lingkungan.

Silika yang diperoleh dari abu biomassa dapat disintesis menjadi berbagai bentuk material berpori, salah satunya adalah silika xerogel. Silika xerogel memiliki karakteristik luas permukaan yang besar, porositas tinggi, stabilitas termal dan kimia yang baik, serta keberadaan gugus silanol ( $\text{SiOH}$ ) pada permukaannya yang berperan penting dalam proses adsorpsi (Witoon *et al.*, 2011; Guzel *et al.*, 2021). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa silika berbasis limbah dapat dimanfaatkan sebagai adsorben zat warna dengan kinerja yang cukup baik. Eltaweil *et al.* (2020) melaporkan bahwa material berpori berbasis silika dan biochar efektif dalam mengadsorpsi zat warna kationik melalui mekanisme chemisorption. Selain itu, Irawati dkk. (2018) menyebutkan bahwa biosorben kulit singkong

mampu mengadsorpsi zat warna kristal violet melalui interaksi gugus aktif hidroksil dan karboksilat dengan molekul zat warna. Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji preparasi silika dari abu kulit jagung dan aplikasinya sebagai adsorben kristal violet masih terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, preparasi silika berbasis abu kulit jagung sebagai adsorben kristal violet menjadi penting untuk dikaji lebih lanjut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif adsorben yang murah, ramah lingkungan, serta bernilai tambah tinggi melalui pemanfaatan limbah pertanian, sekaligus berkontribusi dalam upaya pengendalian pencemaran limbah zat warna.

## **B. Batasan penelitian**

Batasan masalah yang terkandung dalam penelitian ini adalah:

1. Silika hasil sintesis dari abu kulit jagung merupakan silika yang digunakan.
2. Metode yang digunakan dalam preparasi silika berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*) adalah metode sol-gel.
3. Karakterisasi komposit silika dari abu kulit jagung (*Zea mays L.*) dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Brunauer Emmett Teller* (BET) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).
4. Zat warna yang digunakan sebagai adsorbat adalah kristal violet.
5. Aktivitas silika sebagai adsorben zat warna kristal violet diamati dengan parameter adsorpsi yang dikaji terbatas pada variabel waktu kontak, pH, dan konsentrasi awal.
6. Proses desorpsi dilakukan terhadap silika xerogel yang telah mencapai kondisi adsorpsi optimum menggunakan larutan pendesorpsi yang telah ditentukan.

### C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka rumusan masalah yang dapat diangkat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana proses sintesis silika xerogel dari abu kulit jagung (*Zea mays L.*) melalui metode sol-gel?
2. Bagaimana karakteristik silika xerogel berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*) yang diperoleh melalui metode sol-gel berdasarkan analisis menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET)?
3. Bagaimana pengaruh variasi pH larutan, konsentrasi, dan waktu kontak kristal violet terhadap kemampuan adsorpsi silika xerogel berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*)?
4. Bagaimana kemampuan desorpsi kristal violet dari silika xerogel berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*) setelah proses adsorpsi?

### D. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui proses sintesis silika xerogel dari abu kulit jagung (*Zea mays L.*) melalui metode sol-gel hingga diperoleh silika xerogel yang dapat digunakan sebagai material adsorben.
2. Untuk melihat karakteristik silika berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*) melalui metode sol-gel berdasarkan analisis menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Brunauer Emmett Teller* (BET).
3. Untuk mempelajari pengaruh silika berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*) sebagai adsorben berdasarkan parameter pH larutan, konsentrasi, dan waktu kontak zat warna kristal violet.
4. Untuk mengkaji kemampuan desorpsi kristal violet dari silika xerogel berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*) setelah proses adsorpsi.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bermanfaat guna membagikan ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber material silika serta aplikasinya untuk adsorben zat warna. Penelitian ini juga memberikan informasi tentang pH optimum, waktu kontak optimum dan konsentrasi optimum zat warna kristal violet yang dapat terjerap oleh silika xerogel berbasis abu kulit jagung (*Zea mays L.*). Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif adsorben yang murah, ramah lingkungan dan berbasis sumber daya lokal untuk pengolahan limbah zat warna, khususnya zat warna kristal violet.



## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi silika xerogel berbahan dasar abu kulit jagung menggunakan metode sol-gel serta pengujian aktivitas adsorpsi dan degradasinya terhadap kristal violet, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Silika xerogel dari abu kulit jagung berhasil disintesis melalui metode sol-gel dilakukan melalui tahap preparasi abu, ekstraksi silika menggunakan larutan basa, pembentukan sol dengan penambahan asam hingga terbentuk gel, kemudian proses pengeringan untuk menghasilkan silika xerogel. Metode sol-gel memungkinkan silika yang terkandung dalam abu kulit jagung diubah menjadi material silika xerogel yang dapat digunakan sebagai adsorben.
2. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan keberadaan gugus silanol (Si-OH) pada bilangan gelombang  $3642,75\text{ cm}^{-1}$  dan  $1640,02\text{ cm}^{-1}$ , serta gugus siloksan (Si-O-Si) pada bilangan gelombang  $1091,95\text{ cm}^{-1}$  dan  $467,46\text{ cm}^{-1}$ , yang identik dengan spektrum kiesel gel 60 sebagai pembanding. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan pola difraksi melebar (broad peak) pada rentang  $2\theta$  sekitar  $22-24^\circ$  yang sesuai dengan data JCPDS 46-1045 ( $2\theta = 20,85^\circ-26,65^\circ$ ), mengindikasikan silika xerogel bersifat amorf. Hasil karakterisasi BET menunjukkan luas permukaan spesifik sebesar  $336,457\text{ m}^2/\text{g}$ , volume pori total  $0,688\text{ cm}^3/\text{g}$ , dan diameter pori rata-rata  $7,693\text{ nm}$  yang tergolong tipe IV(a) yaitu mesopori menurut klasifikasi IUPAC. Ketiga hasil karakterisasi tersebut membuktikan bahwa silika xerogel abu kulit jagung memiliki gugus fungsi, struktur amorf, dan porositas yang mendukung fungsinya sebagai adsorben.

3. Variasi pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi awal kristal violet berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi silika xerogel abu kulit jagung. Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada pH 7 dengan efisiensi adsorpsi sebesar 94,54%, waktu kontak optimum selama 20 menit dengan efisiensi 95,74%, dan konsentrasi awal optimum 30 ppm dengan efisiensi 95,46% serta kapasitas adsorpsi sebesar 28,253 mg/g. Kinetika adsorpsi kristal violet mengikuti model orde dua semu ( $R^2 = 1$ ) dan proses adsorpsi lebih sesuai dengan model isoterm Freundlich ( $R^2 = 0,8190$ ) dibandingkan isoterm Langmuir ( $R^2 = 0,4021$ ), yang mengindikasikan bahwa adsorpsi berlangsung pada permukaan silika xerogel yang heterogen dengan kemungkinan pembentukan lapisan multilayer.
4. Silika xerogel dari abu kulit jagung yang telah mengadsorpsi kristal violet hanya mampu melepaskan sebagian kecil adsorbat menggunakan HCl, yaitu 1,50% pada HCl 0,5 M, 0,64% pada HCl 1 M, dan 0,49% pada HCl 2 M. Persentase desorpsi semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi HCl. Rendahnya desorpsi diduga disebabkan oleh kuatnya interaksi kristal violet dengan permukaan silika serta terperangkapnya sebagian molekul kristal violet di dalam pori-pori silika xerogel, sehingga HCl kurang efektif dalam melepaskan kembali adsorbat.

## **B. Saran**

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan berikut saran yang dapat digunakan untuk diterapkan penelitian berikutnya:

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai agen pendesorpsi alternatif selain HCl, misalnya etanol atau campuran etanol-HCl/etanol-air yang mengandung elektrolit, mengingat mekanisme adsorpsi kristal violet tidak sepenuhnya bersifat elektrostatik sederhana.
2. Melakukan uji regenerasi berulang (reusability test) pada silika xerogel abu kulit jagung untuk mengetahui jumlah siklus desorpsi.

3. Uji aplikasi adsorpsi dilakukan secara aplikatif langsung menggunakan sampel air limbah tekstil dengan kandungan zat warna yang sesungguhnya untuk melihat kemampuannya secara praktis.
4. Penelitian lanjutan dapat mengkaji modifikasi permukaan silika xerogel misal dengan penambahan gugus fungsi tertentu untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi sekaligus mempermudah proses regenerasi adsorben.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. A. (2022). Efficient Removal of Dyes from Aqueous Solution by Adsorption on L-Arginine-Modified Mesoporous Silica Nanoparticles. *Processes*, 10(6), 1079. <https://doi.org/10.3390/pr10061079>
- Abriyani, E., Syalomita, D., Apriliani, S. P., Puspawati, I., Adiputra, S., & Nadeak, Z. T. (2024). Pengaruh Pengolahan Termal Terhadap Struktur Molekul Material Polimer Studi Dengan Spektroskopi FTIR. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 3424-3432.
- Aisyahlika, A. F., Hadi, D. P., Nazriati, & Setyawan, H. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap Zat Warna Sintesis. *Reactive RED-120 dan Reactive Blue 198*, 2(2), 148-155.
- Amiruddin, A. N. I., Yaqin, A. A. A., Siswanta, D., & Kuncaka, A. (2025). Sustainable Alginate/PVA/Silica Hydrogel Composites for Efficient Removal and Regeneration in Crystal Violet Adsorption. *Indonesian Journal of Chemistry*, 26(4), 1135 - 1147. <https://doi.org/10.22146/ijc.111248>
- Anggraini, U. M., Hasan, A., & Puranamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(2), 29-37.
- Anisara, R., Ayu, G., & Taufiq, A. (2024). Silica Gel From Bagasse Ash For Methylene Blue Adsorption. *Jurnal Sains Natural*, 14(3), 142-153. <https://doi.org/10.31938/jsn.v14i3.738>
- Arman, E., Andini, V., Dwiwibangga, Y., & Elfia, M. (2025). Pengaruh Waktu Kontak dan Studi Kinetika Adsorpsi Crystal Violet oleh Adsorben Ampas Kelapa (*Cocos nucifera* L). *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 5(2), 401-406.
- Atmadani, A. A., & Hidayah, E. N. (2022). Kinetika Reaksi Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT) TiO<sub>2</sub> Sebagai Bahan Alternatif Pengolahan Limbah Cair Tahu. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(15), 584-594. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i5.999>
- Channoy, C., Maneewan, S., Punlek, C., & Chairarattananon, S. (2018). Preparation and Characterization of Silica Gel from Bagasse Ash. *Advanced Materials Research*, 1145, 44-48. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1145.44>
- Dahliyanti, A., Yunitaman, D. A., Rofiqoh, I. M., & Mustapha, M. (2022). Synthesis and characterization of silica xerogel from corn husk waste as cationic dyes adsorbent. *F1000Research*, 11(305), 1-11. <https://doi.org/10.12688/f1000research.75979.1>

- Darchriyanus. (2017). Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi. *Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas*. <https://doi.org/10.25077/car.3.1>.
- Dufresne, C. (1998). Isolation by Ion-Exchange Methods. *Natural Product Isolation*, 4, 141-164.
- Dwisa, M., & Alimin, M. (2021). Pengaruh Waktu Perendaman NaOH Terhadap Kristalinitas dan Densitas Nanoserat Selulosa Buah Pinang. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 10(1), 117-122. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.1.117-122.2021>
- Eddy, D. R., Ernawati, E., Noviyanti, A. R., Lubis, R. A., & Tjokronegoro, R. (2016). Pembuatan Fotokatalis Seng Oksida Termodifikasi Silika Sekam Padi. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 6(2), 18-23.
- Elsandika, G., Dirgantara, M., Beladona, S. U. M., & Pasaribu, M. H. (2025). Sintesis dan Karakterisasi Silika Sekam Padi sebagai Material Self-Cleaning. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 14(2), 124-130.
- Fajri, N., Cahya, E. P., Riandi, & Sriyanti, S. (2024). Validasi Metode Analisis Konsentrasi Larutan Kopi berdasarkan Spektroskopi Absorpsi Cahaya. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 8(1), 51-59. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v8i1.2101>
- Fathurrahman, M., Taufiq, A., Widiastuti, D., & Hidayat, F. D. F. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II). *Jurnal Kartika Kimia*, 3(2), 89-95. <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i2.66>
- Fathurrahmana, M., Suhendarb, U., Iryania, A., Widiastutia, D., Ahmada, S. N., & Juniara, E. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Eugenol-Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung serta Analisis Antibakteri dan Daya Serap terhadap Air. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(1), 10-18.
- Fatimah, Effendi, S. R., & Sofith, C. D. (2021). Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan Mg<sup>2+</sup> pada Penjerapan Ion Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 13-18.
- Febriliani, A., Denny, Y. R., & Antarnusa, G. (2025). Analisis XRD Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Dengan Variasi Suhu Sintesis. *jurnal FisTa : Fisika dan Terapannya*, 6(1), 14018. <https://doi.org/10.67006/fista.v6i1.418>
- Ferreira, B. C. S., Teodoro, F. S., Mageste, A. B., Gill, L. F., Freitas, P., & Gurgel, L. V. A. (2015). Application of A New Carboxylate-Functionalized Sugarcane Bagasse for Adsorptive Removal of Crystal Violet from Aqueous Solution: Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Industrial Crops and Products*, 65, 521-534. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.020>

- Guzel, K.G., Yilmaz, E., & Deveci, H. (2019). A Novel Silica Xerogel Synthesized from Volcanic Tuff as an Adsorbent for High Efficient Removal of Methylene Blue: Parameter Optimization Using Taguchi Experimental Design. *Journal Chem Technol Biotechnol*, 94(8), 2729-2737. <https://doi.org/10.1002/jctb.6089>
- Guzel, F., Saygili, H., Saygili, G.A., and Koyuncu, F. (2014). Decolorisation of Aqueous Crystal Violet Solution by A New Nanoporous Carbon: Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Ind. Eng. Chem*, 20, 3375-3386.
- Handayani, D. S., Jumina, Siswanta, D., & Mustofa. (2012). Adsorption of Pb(ii), Cd(ii), and Cr(iii) by Poly-5-allyl-calix[4]arene Tetraester). *Journal of People and Environment*, 19(3), 218-225. <https://doi.org/10.22146/jml.18459>
- Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P. (2015). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(2), 55-59. <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3698>
- Irawati, H., Aprilita, N. H., & Sugiharto, E. (2018). Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Journal of Mathematic and Natural Sciences FMIPA*, 25(1), 17-31. 1
- Karim, M. A., Juniar, H., & Ambarsari, F. P. (2017). Adsorpsi Ion Logam Fe Dalam Limbah Tekstil Sintesis Dengan Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 68-81. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1205>
- Karisma, M. N., Chusnul, M. W., & Sukanto. (2021). Penentuan Konstanta Laju Reaksi Pembuatan Biocide (Methyl Chloride Dengan  $ZnCl_2$ ) Sebagai Reagen Penentuan Dichloro Dimethyl Paraquat. *Journal of Chemical and Process Engineering*, 2(3), 33-37.
- Kipling, J. J. (1965). *Adsorption for solution of Non Electrolytes*. London: Academic Press.
- Kundari, N. A., & Wiyuniati, S. (2008). Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir: 25-26 Agustus 2008. Yogyakarta, Indonesia*, 376-386.
- Kusumaningrum, D. I. P., Sudarni, D. H. A., & Wahyuningsih, S. (2022). Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir. *JURNAL TEKNIK KIMIA - USU Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara*, 11(2), 72-79. <https://doi.org/10.32734/jtk.v11i2.9119>
- Lestari, Y. D., Rahayunungtyas, M. T., Utami, L. I., & Wahyusi, K. N. (2023). Sintesis Silika Xerogel dari Sabut Kelapa dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal*

- Malgorzata, W., Monika, W., Onysko, M., Medykowska, M., Wiercinska, A., & Bogatyrov, V. (2021). Carbon-Silica Composite as Adsorbent for Removal of Hazardous C.I. Basic Yellow 2 and C.I. Basic Blue 3 Dyes. *Materials (Basel)*, 12, 3245. <https://doi.org/10.3390/ma14123245>
- Mardiana, I., Wardhani, S., & Purwonugroho, D. (2013). Pengaruh pH dan Wktu Aging Dalam Sintesis Silika Xerogel Berbasis Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 2(1), 337-343.
- Marsyahyo, E. (2009). Analisis Brunnaeur Emmet Teller (Bet) Topografi Permukaan Serat Rami (Boehmeria Nivea ) Untuk Media Penguatan Pada Bahan Komposit. *Jurnal Flywheel*, 2(2), 33-41.
- Maryani, Ridwan, & Ariani, F. (2025). Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Zat Warna Kristal Violet Pada Panjang Gelombang Maksimum Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *SAINTIS*, 6(1), 271-275.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto, D. (2013). Sintesis Silika Gel Jenis Amorf dari Pasir Bancar Tuban sebagai Bahan Dasar Pembuatan Nanosilika. *jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 3(1), 33-39.
- Nabila, L. J., Pratama, A. K., Widharyanti, I. D., & Dahlia, A. (2024). Cationic Dye Adsorption Using Silica Xerogel from Corn Husk in A Continuous Fixed-Bed Column. *MOLEKUL: Jurnal Ilmiah Kimia*, 19(2), 379-387. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2024.19.2.11192>
- Nada, A., Arpy, A., Tsagifa, F. H., & Nasra, E. (2025). Sintesis dan Karakterisasi Silika Xerogel dari Abu Cangkang Sawit serta Penentuan Luas Permukaannya Menggunakan Metode Adsorpsi Metilen Biru. *MASALIQ: Jurnal Pendidikan dan Sains*, 6(1), 518-531. <https://doi.org/10.58578/masaliq.v6i1.8940>
- Noviyanto, F. (2020). Penetapan Kadar Ketoprofen dengan Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Media Sains Indonesia*, 5-8.
- Nurul Aini, Wardhani, O. P., & Iriyani. (2017). Desorpsi B-Karoten Minyak Kelapa Sawit (Crude Palm Oil) Dari Karbon Aktif Menggunakan Isopropanol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 1-7. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1547>
- Paramitha, T., Saputra, T. R., Aliah, A. N., Tarigan, A. V., & Ghozali, M. (2019). Karakterisasi Silika Dari Abu Ampas Tebu. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 5(3), 290-298. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2019.v5.i3.14309>
- Patel, H. (2021). Review on solvent desorption study from exhausted adsorbent. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25(8), 10132. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2021.101302>

- Pohan, M. S. A., Sutarno, & Suyanta. (2016). Studi Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfat, Sulfat Dan Nitrat Pada Zeolit Termodifikasi CTAB. *Jurnal Penelitian Sains*, 18(3), 124-133. <https://doi.org/10.56064/jps.v18i3.20>
- Pramudita, D., Nababan, J., Isaura, A., Ratnalisti, P., Simbolon, W., Sylvani, M. M., Beladona, S. M., & Putra, R. (2025). Sintesis dan Karakterisasi XRD dari Nanosilika Menggunakan Metode Sol-gel. *Jurnal Penelitian UPR: Kaharati*, 5(1), 12-16. <https://doi.org/10.52850/jptupr.v5i1.18458>
- Prempeh, C. O., Formann, S., Hartmann, I., & Nelles, M. (2024). An improved method for the production of biogenic silica from cornhusk using sol-gel polymeric route. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, 28701-28711. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03615-6>
- Rahman, M., Shafiullah, A. Z., Amirul, I., Jahan, I & Saha, B. B. (2021) Studi tentang Model Isoterm Adsorpsi IUPAC Optimum yang Menggunakan Sensitivitas Parameter untuk Evaluasi Kinerja Sistem Adsorpsi yang Ketat. *Jurnal Energi*, 14(22), 7478
- Rahmayanti, M. (2020). Recovery Emas dalam Sistem Au tunggal dan Sistem Multi Logam (Au/Cu) Menggunakan Adsorben Asam Askorbat Termodifikasi Magnetit. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(2), 179. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.2.36129.179-189>
- Rahmayanti, M., Putra, M. D., Karmanto, & Setyadi, E. (2023). Potential organic magnetic nanoparticles from peel extract of Archidendron pauciflorum for the effective removal of cationic and anionic dyes. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 40(11), 2759-2770. <https://doi.org/10.1007/s11814-023-1499-7>
- Rahmayanti, M., Yahdiyani, A., & Afifah, I. Q. (2022). Eco-friendly synthesis of magnetite based on tea dregs (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-TD) for methylene blue adsorbent from simulation waste. *Communications in Science and Technology*, 7(2), 119-126. <https://doi.org/10.21924/est.7.2.2022.965>
- Ramanda, C. E., Ghaisani, J., & Afryansyah. (2026). Sintesis Silika Xerogel dari Abu Limbah Sekam Padi (*Oryza sativa* L.) dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Penelitian Sains*, 28(1C), 1-8. <https://doi.org/10.56064/jps.v28i1.1281>
- Reynolds, J. E. F. (1982). *Martindale The Extra Pharmacopoeia* (28th ed.). London: The Pharmaceutical Press.
- Riwayati, I., Fikriyyah, N., & Suwardiyono. (2019). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Abu Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) Teraktivasi Asam Sulfat. *Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 6-11. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3016>
- Rochery, M., Vroman, C., & Campagne, C. (2006). Coating of Polyester with Poly(dimethylsiloxane)-and Poly(tetramethylene oxide) based Polyurethane. *Journal of Industrial Textiles*, 35(3).

- Saha, P.D., Chakraborty, S., and Chowdhury, S. (2012). Batch and Continuous (Fixed-Bed Column) Biosorption of Crystal Violet by *Artocarpus heterophyllus* (Jackfruit) Leaf Powder. *Colloid Surface B*, 92, 262-270.
- Salamah, S., Trisunaryanti, W., Kartini, I., & Purwono, S. (2022). Synthesis of Mesoporous Silica from Beach Sand by Sol-Gel Method as a Ni Supported Catalyst for Hydrocracking of Waste Cooking Oil. *Indonesian Journal of Chemistry*, 22(3), 726-741. <https://doi.org/10.22146/ijc.70415>
- Saputra, D., Rudyansyah, M., & Wahyuni, N. (2014). Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Termodifikasi Asam Stearat. *JKK*, 3(3), 6-42.
- Saputra, I. S., & Suryaneta. (2023). Sintesis Nanopartikel PbO-Ag Dengan Menggunakan Metode Sol-Gel. *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1(3), 236-244. <https://doi.org/10.59581/konstanta.v1i4.1652>
- Sari, N. W., Fajri, M. Y., & Anjas, W. (2018). Analisis Fitokimia Dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa acuminate* (L). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(1), 30-34.
- Sholahuddin, A., Yuwita, P. E., & Faila, R. N. (2023). Karakterisasi Morfologi Karbon Aktif Kulit Jagung Menggunakan Sem Sebagai Bahan Pembuatan Adsorben. *Journal of Science and Technology*, 4(1), 10-14.
- Silvia, L. (2020). Analisis Silika (  $\text{SiO}_2$  ) Hasil Kopresipitasi Berbasis Bahan Alam menggunakan Uji XRF dan XRD. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(1), 12. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.5322>
- Syauqiah, I., Nurandini, D., Prihatini, N. S., & Simanjuntak, R. A. (2020). Analysis of The Effect of Rice Husk Activated Charcoal Dose In Adsorption Of Cadmium Metals (Cd) From Sasirangan Liquid Waste. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 5(April), 84-87. <https://dx.doi.org/10.20527/k.v10i1.9916>
- Ulfa, M., Solikah, A. A., Fadhilah, Z. A., Setiarini, I., & Syadida. (2024). Studi Optimasi dan Kinetika Adsorpsi Silika dari Lumpur Lapindo dengan Metode Sol-Gel Menggunakan P123-Putih Telur. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 20(1), 49. <https://doi.org/10.20961/alchemy.20.1.75659.49-61>
- Widodo, S. (2017). Proses Sintesis Nanopartikel Indium Oksida dengan Metode Sol Gel sebagai Lapisan Aktif Pada Sensor Gas. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia XIII*, 175-182.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., & Kurniawan, C. (2018). Adsorpsi Logam Cr(VI) Dan Cu(II) Pada Tanah Dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242-248.
- Yanlinastuti, & Syamsul, F. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut Untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan

Spektrofotometer UV-Vis. *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, (17), 22-33.

Yanti, D. R., & Oktavia, B. (2022). Desorpsi Nitrat dari Silika Gel Termodifikasi Dimetilamina (Dma) Menggunakan Eluen Asam. *CHEDS:Journal of Chemistry, Education, and Science*, 6(2), 82-89. <https://doi.org/10.30743/cheds.v6i2.6072>

Zhou, Y., Zhang, M., Wang, X., Min, Q., Ma, Y., & Niu, J. (2014). Removal of Crystal Violet by a Novel Cellulose-Based Adsorbent: Comparison with Native Cellulose. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53, 5498-5506. <https://doi.org/10.1021/ie404135y>

