

**SINTESIS MATERIAL BERBASIS SILIKA XEROGEL
DARI KULIT DURIAN (*Durio Zibenthinus Murr.*)
UNTUK PENYERAPAN *METHYLENE BLUE***



AFDILA NADA

NIM/TM. 22036112/2022

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**SINTESIS MATERIAL BERBASIS SILIKA XEROGEL
DARI KULIT DURIAN (*Durio Zibenthinus Murr.*)
UNTUK PENYERAPAN *METHYLENE BLUE***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains



OLEH:

AFDILA NADA

NIM/TM. 22036112/2022

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN SKRIPSI

SINTESIS MATERIAL BERBASIS SILIKA XEROGEL DARI KULIT DURIAN (*Durio Zibenthinus Murr.*) UNTUK PENYERAPAN *METHYLENE BLUE*

Nama : Afdila Nada
NIM : 22036112
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

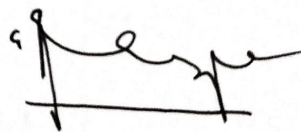
Padang, 24 Februari 2026

Mengetahui :
Kepala Departemen Kimia



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

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing



Edi Nasra, S.Si., M.Si.
NIP. 19810622 200312 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Afdila Nada
NIM : 22036112
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SINTESIS MATERIAL BERBASIS SILIKA XEROGEL DARI KULIT DURIAN (*Durio Zibenthinus Murr.*) UNTUK PENYERAPAN METHYLENE BLUE

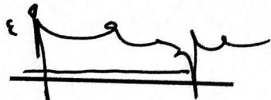
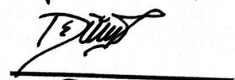
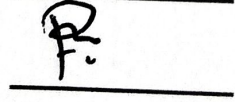
Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi

Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

Padang, 24 Februari 2026

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Edi Nasra, S.Si., M.Si.	1. 
2	Anggota	Prof. Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si.	2. 
3	Anggota	Romy Dwipa Yamesa Away, S.Si., M.Eng., Ph.D.	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afdila Nada
NIM : 22036112
Tempat/Tanggal Lahir : Batam/ 14 Februari 2004
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Sintesis Material Berbasis Silika Xerogel Dari Kulit Durian (*Durio Zibenthinus Murr.*) Untuk Penyerapan *Methylene Blue*

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 ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak kecuali 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, 25 Februari 2026
Yang menyatakan



Afdila Nada
NIM.22036112

Sintesis Material Berbasis Silika Xerogel Dari Kulit Durian (*Durio Zibenthinus Murr.*) Untuk Penyerapan *Methylene Blue*

Afdila Nada

ABSTRAK

Kulit durian merupakan limbah utama dari buah durian yang setelah melalui proses pembakaran menghasilkan abu kulit durian dengan kandungan komponen anorganik yang didominasi oleh silika, kemudian disintesis menjadi silika xerogel menggunakan metode sol-gel. Silika xerogel yang dihasilkan memiliki struktur amorf, luas permukaan yang besar, porositas tinggi, serta gugus fungsi aktif silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si), sehingga dapat diaplikasikan sebagai adsorben untuk penyerapan zat warna metilen biru menggunakan optimasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa silika xerogel memiliki kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 195,53696 mg/g pada kondisi optimum pH 6, konsentrasi 800 ppm, dan waktu kontak 60 menit, serta mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9993 yang mengindikasikan mekanisme adsorpsi secara kimia (Isotern Langmuir) dan berlangsung secara monolayer.

Kata kunci: Abu Kulit Durian; Silika Xerogel; Sol–Gel; Adsorpsi; *Methylene Blue*

Synthesis of Silica-Based Xerogel Material From Durian (*Durio Zibenthinus Murr.*) Peel For Methylene Blue Absorption

Afdila Nada

ABSTRACT

Durian peel is the main waste from durian fruit which after going through the combustion process produces durian peel ash with inorganic components dominated by silica, then synthesized into silica xerogel using the sol-gel method. The resulting silica xerogel has an amorphous structure, large surface area, high porosity, and active silanol (Si-OH) and siloxane (Si-O-Si) functional groups, so it is applied as an adsorbent for the adsorption of methylene blue dye by studying the effect of pH, initial concentration, and contact time. The results showed that silica xerogel had a maximum adsorption capacity of 195.53696 mg/g at optimum conditions of pH 6, concentration of 800 ppm, and contact time of 60 minutes, and followed the Freundlich isotherm model with a coefficient of determination (R^2) of 0.9993 which indicates a chemisorption mechanism (Isotherm Langmuir) and takes place in a monolayer manner.

Keywords: Durian Peel Ash; Silica Xerogel; Sol–Gel; Adsorption; Methylene Blue

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbill'alamin, Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karna berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan proposal yang berjudul **“Sintesis Material Berbasis Silika Xerogel Dari Kulit Durian (*Durio Zibenthinus Murr.*) Untuk Penyerapan *Methylene Blue*”**. Shalawat beserta salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Seminar hasil ini diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Selama proses penyusunan proposal dan pelaksanaan penelitian, penulis mendapat banyak dukungan berupa bimbingan, arahan, dan saran berharga dari berbagai pihak. Dengan ini, penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si. selaku penasehat akademik dan pembimbing tugas akhir.
2. Bapak/Ibu Pembahas, Ibu Prof.Dr.Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si dan Bapak Romy Dwipa Yamesa Away, S.Si., M.Eng., Ph.D
2. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D sebagai kepala Departemen Kimia dan koordinator Program Studi Kimia.
3. Bapak dan Ibu staf pengajar serta seluruh staf akademik dan non akademik di Departemen Kimia.

4. Orang tua penulis yang telah memberikan doa, dorongan, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada rekan-rekan yang telah membantu dan memberikan dorongan, doa dan semangat kepada penulis

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT slalu tercurahkan pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Aamiin yaa Rabbal'alam. Penulis berharap penelitian dan penulisan proposal ini dapat menambah ilmu dan wawasan pembaca tentang topik penelitian ini serta penulis mengharapkan masukan dan saran dari pembaca untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini sehingga dapat bermanfaat dikemudian harinya.

Padang, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
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.Methylene Blue	6
B.Adsorpsi	7
C.Kulit Durian	9
D.Silika Xerogel.....	11
E. Karakterisasi.....	15
F. Isoterm Adsorpsi	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
A.Waktu dan Tempat	25
B.Objek Penelitian	25
C. Variabel	25
D.Alat dan Bahan	25

1.Alat.....	25
2.Bahan	26
E. Prosedur Kerja.....	26
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
A.Karakterisasi Kulit Durian Sebagai Bahan Baku Silika Xerogel.....	31
B.Sintesis Silika Xerogel	34
C.Karakterisasi Silika Xerogel	36
D.Optimasi Adsorpsi <i>Methylene Blue</i>	43
E. Isoterm Adsorpsi	50
BAB V KESIMPULAN.....	52
A. Kesimpulan	52
B.Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Molekul Senyawa <i>Methylene Blue</i>	7
Gambar 2. Buah durian (google image)	10
Gambar 3. Skema metode sol-gel	12
Gambar 4. Mekanisme reaksi pembentukan Na_2SiO_3	13
Gambar 5. Mekanisme Pembentukan $\text{Si}(\text{OH})_4$	13
Gambar 6. Interaksi Silika Xerogel dengan <i>Methylene Blue</i>	15
Gambar 7. Spektra FTIR dari silika xerogel	16
Gambar 8. Grafik kualitatif XRD yang mewakili (a) bahan amorf & (b) bahan Kristal	18
Gambar 9. Fotografi Silika xerogel dari kulit jagung	20
Gambar 10. Representasi Gelombang Radiasi Elektromagnetik Dan Spektrum Elektromagnetik	20
Gambar 11. Skema kerja Spektro UV-Vis.	22
Gambar 13. Spektrum FTIR Kulit Durian, Silika Xerogel, Silika Xerogel-MB ..	33
Gambar 14. Reaksi Pembentukan Silika Xerogel	35
Gambar 15. Pembentukan $\text{Si}(\text{OH})_4$	35
Gambar 17. Difraktograf XRD Silika Xerogel	39
Gambar 18. Morfologi Silika Xerogel	41
Gambar 19. Histogram distribusi partikel silika xerogel	42
Gambar 20. Pengaruh Variasi pH terhadap Panjang Gelombang Maksimum Penyerapan <i>Methylene Blue</i>	43
Gambar 21. Mekanisme Disosiasi <i>Methylene Blue</i> : (I) Kation <i>Methylene Blue</i> , ..	44
Gambar 22. Pengaruh Variasi pH terhadap Penyerapan <i>Methylene Blue</i>	45
Gambar 23. Interaksi Silika Xerogel dengan <i>Methylene Blue</i>	46
Gambar 24. Pengaruh Variasi Konsentrasi terhadap Penyerapan <i>Methylene Blue</i> ..	47
Gambar 25. Pengaruh Variasi Waktu Kontak terhadap Penyerapan <i>Methylene Blue</i>	49
Gambar 26. Isotherm Langmuir (a) dan Isotherm Freundlich (b)	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi kimia dari beberapa <i>biochar</i>	11
Tabel 2. Gugus fungsi utama yang terdapat pada silika xerogel	16
Tabel 3. Parameter isoterm Langmuir dan Freundlich.....	24
Tabel 4. %SiO ₂ pada masing-masing raw material (Kulit durian, abu kulit durian, dan abu kulit durian setelah dicuci HCl serta Silika xerogel	32
Tabel 5. Data Puncak-puncak Spektrum FTIR Silika Xerogel (SX) dan Silika Xerogel Setelah Dikontakkan dengan <i>Methylene Blue</i> (SX-MB)	37
Tabel 6. Data Hasil Uji BET	40
Tabel 7. Model Isotherm Penyerapan <i>Methylene Blue</i>	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain Penelitian	62
Lampiran 2. Preparasi Sampel	63
Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Reagen	64
Lampiran 4. Sintesis Silika Xerogel.....	65
Lampiran 5. Pembuatan reagen <i>Methylene Blue</i>	66
Lampiran 6. Pembuatan Kurva Standar	67
Lampiran 7. Pengontakan dengan pengaruh pH <i>Methylene Blue</i>	68
Lampiran 8. Pengontakan dengan pengaruh Konsentrasi <i>Methylene Blue</i>	69
Lampiran 9. Pengontakan dengan pengaruh waktu kontak <i>Methylene Blue</i>	70
Lampiran 10. Hasil Analisis Karakterisasi dengan XRF	70
Lampiran 11. Hasil Karakterisasi BET Silika Xerogel.....	73
Lampiran 12. Pengukuran Panjang Gelombang <i>Methylene Blue</i> dari Variasi pH	73
Lampiran 13. Data Hasil Pengukuran Zat Warna <i>Methylene Blue</i>	76
Lampiran 14. Model Isoterm.....	78
Lampiran 15. Dokumentasi Penelitian.....	79

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di Indonesia, Sumatera Barat menjadi salah satu wilayah yang menghasilkan buah durian, dengan total produksi mencapai 844.373,54 Kw pada tahun 2024 (BPS, 2024). Dari keseluruhan berat buah durian, hanya sekitar 20,52% yang dapat dimakan, yaitu bagian daging buahnya, sementara sekitar 79,41% terdiri atas kulit dan biji yang umumnya tidak dimanfaatkan (Sari *et al.*, 2025). Minatnya konsumen terhadap konsumsi buah durian mengakibatkan menumpuknya limbah kulit durian di lingkungan. Kulit durian merupakan komponen terbesar dari keseluruhan buah durian, dengan proporsi sekitar 57% dari total beratnya (Lubis *et al.*, 2018). Limbah ini kerap menumpuk karena durian yang dijual atau dikonsumsi hanya menyisakan kulit dan biji, yang kemudian dibuang kembali ke tempat limbah. Penumpukan limbah ini dapat menimbulkan bau tidak sedap, menarik banyak lalat, serta berisiko mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan.

Kulit durian mengandung selulosa sebesar 57 hingga 64%, hemiselulosa sebesar 30,7%, serta lignin sebesar 13,6% (Lubis *et al.*, 2018). Kulit durian terdiri dari karbon (C) serta sejumlah elemen lain seperti oksigen (O) dan kalium (K). Elemen-elemen ini dapat bereaksi dengan oksigen atau klorin sehingga menghasilkan senyawa seperti oksida, karbonat, fosfat, atau klorida (Jun *et al.*, 2010). Kulit durian memiliki potensi pemanfaatan yang luas apabila diproses secara optimal. Material ini dapat diolah menjadi karbon aktif, digunakan sebagai sumber bahan baku dalam produksi bioetanol, serta dimanfaatkan kandungan selulosanya

sebagai adsorben biodegradable untuk berbagai aplikasi lingkungan (Payus *et al.*, 2021). Penelitian terdahulu memanfaatkan karbon aktif (Rha Hayu *et al.*, 2022) dan ekstrak selulosa (Heditama *et al.*, 2024) dari kulit durian sebagai adsorben untuk penyerapan zat warna *methylene blue*. Kulit durian juga memiliki kandungan silika sebesar 31,486 % (Anjelia *et al.*, 2024). Kandungan silika dalam kulit durian memiliki potensi untuk disintesis menjadi silika xerogel sebagai alternatif material adsorben yang ramah lingkungan.

Silika xerogel adalah material berpori dengan luas permukaan tinggi yang memiliki sifat adsorben unggul. Silika xerogel dapat disintesis dari berbagai sumber alam, antara lain abu terbang (Cynthia & Nasra, 2024) dan kulit durian (Anjelia *et al.*, 2024). Salah satu metode yang efektif untuk sintesis silika xerogel adalah metode sol-gel, yang memungkinkan kontrol struktur material melalui berbagai parameter proses, termasuk waktu aging. Natrium silikat digunakan sebagai prekursor dalam metode sol-gel (Pisal & Rao, 2016). Material ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pemurnian air, penghilangan polutan dalam gas dan cairan, serta sebagai bahan pendukung dalam industri katalis (Tanheitafino *et al.*, 2020). Silika xerogel yang dihasilkan biasanya berpori dan memiliki luas permukaan yang tinggi, sehingga meningkatkan kinerjanya dalam berbagai aplikasi tertentu, seperti sebagai adsorben dalam penyerapan limbah di perairan (Yuan *et al.*, 2019). Salah satunya silika xerogel dari abu kulit durian dengan kandungan SiO_2 31,5% digunakan sebagai adsorben dalam penyerapan ion logam Pb (II) kemampuan penyerapannya yaitu 6,04 mg/g terhadap ion logam Pb (II) (Putri *et al.*, 2024). Penelitian sebelumnya belum ada menggunakan silika xerogel dari abu kulit durian sebagai penyerapan zat warna di perairan.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi pencemaran zat warna seperti ultrafiltrasi, reverse osmosis, pertukaran ion, adsorpsi, dan degradasi fotokatalitik (Vaez & Javanbakht, 2020). Adsorpsi merupakan potensi aplikasi yang paling menjanjikan dalam remediasi air karena prosesnya yang sederhana dan kemampuan penyerapan yang tinggi pada zat warna (Hussain *et al.*, 2022). Adsorpsi adalah mekanisme penangkapan zat pada permukaan suatu adsorben yang dapat menurunkan konsentrasi kontaminan dalam air limbah. Dibandingkan metode pemisahan lainnya, teknik ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemampuan pemisahan yang tinggi pada skala molekuler, sehingga efektif untuk menghilangkan pengotor meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Berbagai jenis material adsorben, seperti silika xerogel, karbon aktif, dan zeolit, telah banyak diaplikasikan dalam penelitian, namun keberhasilan proses adsorpsi sangat ditentukan oleh karakteristik masing-masing adsorben (Husein & Nasra, 2025). Silika xerogel merupakan material berpori dengan luas permukaan tinggi yang memiliki sifat hidrofilik sehingga menjadikannya adsorben unggul. Silika xerogel ini dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penyerapan limbah zat warna di perairan. Salah satunya pewarna kationik yaitu *methylene blue*.

Methylene Blue adalah senyawa organik yang tergolong aromatik heterosiklik stabil dengan struktur berbasis *thiazine* yang banyak digunakan dalam industri tekstil (Yuan *et al.*, 2019). Adanya struktur aromatik pada *methylene blue* membuat molekulnya berukuran relatif besar, sehingga degradasi biologisnya menjadi sulit terjadi. Senyawa ini dapat diuraikan melalui fotodegradasi oleh sinar matahari, tetapi prosesnya lambat dan tidak sebanding dengan tingkat masuknya *methylene blue* ke dalam perairan, yang pada akhirnya menyebabkan konsentrasinya tetap

tinggi di lingkungan (Anwar & Mulyadi, 2015). Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep51/MENLH/10/1995, ambang batas *methylene blue* dalam air adalah sekitar 5-10 mg/L. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk sintesis silika xerogel berbasis kulit durian guna mengadsorpsi zat warna *methylene blue* dalam air sebagai solusi pemanfaatan limbah kulit durian yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Limbah kulit durian masih banyak yang tidak dimanfaatkan, sehingga dapat menimbulkan masalah lingkungan.
2. Zat warna seperti *Methylene Blue* sangat berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup, sehingga diperlukan upaya untuk mengatasinya.
3. Belum maksimalnya pemanfaatan silika yang terdapat dalam abu kulit durian
4. Dibutuhkan kondisi optimum kapasitas penyerapan zat warna yang menggunakan silika xerogel.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, beberapa batasan yang ditetapkan adalah:

1. Penelitian ini menggunakan abu kulit durian sebagai sumber silika xerogel
2. Silika xerogel yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan FTIR, XRF, XRD, BET, dan SEM.
3. Silika xerogel yang dihasilkan digunakan untuk menyerap zat warna *methylene blue* yang di optimasi dengan pH, konsentrasi, waktu kontak secara eksperimen.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses metode pengembangan silika xerogel dari abu kulit durian?
2. Bagaimana hasil karakterisasi dari sintesis silika xerogel yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh optimasi pH, konsentrasi dan waktu pengontakan terhadap kapasitas adsorpsi *methylene blue* menggunakan silika xerogel dari kulit durian?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan silika xerogel yang bersumber dari silika kulit durian.
2. Menganalisis karakteristik struktur pori, luas permukaan, dan sifat adsorpsi silika xerogel yang bersumber dari silika kulit durian.
3. Menentukan kondisi dari optimasi pH, konsentrasi dan waktu pengontakan terhadap kapasitas penyerapan *methylene blue* menggunakan silika xerogel yang bersumber dari silika kulit durian.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yaitu menyediakan alternatif bahan adsorben yang dapat diaplikasikan dalam berbagai industri, seperti penyerapan zat warna *methylene blue* di perairan dan memanfaatkan limbah kulit durian yang berpotensi sebagai silika xerogel untuk keperluan komersial.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Abu kulit durian di sintesis menjadi silika xerogel menggunakan metode sol-gel. Silika xerogel berhasil disintesis dari abu kulit durian melalui metode sol-gel. Analisis FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas silika, yaitu gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Pola difraksi XRD memperlihatkan puncak melebar pada rentang sudut 2θ sekitar $20-25^\circ$, yang mengindikasikan bahwa silika xerogel memiliki struktur amorf. SEM menunjukkan morfologi permukaan yang tidak beraturan dengan agregat partikel dan struktur berpori, yang merupakan ciri khas silika xerogel hasil metode sol-gel. Karakteristik struktur amorf dan permukaan berpori tersebut mendukung terbentuknya luas permukaan yang besar serta ketersediaan situs aktif, sehingga silika xerogel yang dihasilkan berpotensi baik untuk diaplikasikan sebagai adsorben.
2. Kondisi optimum adsorpsi *methylene blue* dengan silika xerogel Abu kulit durian adalah pada saat larutan methylene blue berada pada pH 6, konsentrasi 800 ppm, dan waktu kontak dengan silika xerogel selama 60 menit.
3. Kapasitas adsorpsi maksimum dari pengontakan silika xerogel dari abu kulit durian dengan larutan zat warna *methylene blue* adalah sebesar 195.53696 mg/g

B. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan modifikasi permukaan silika xerogel, misalnya dengan penambahan gugus amina, surfaktan, atau aktivasi kimia tertentu, untuk meningkatkan jumlah situs aktif dan memperkuat interaksi antara adsorben dan *methylene blue* sehingga kapasitas adsorpsi dapat lebih ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agilent Technologies. (2021). The Basics of UV-Vis Spectrophotometry. *The Basics of UV-Vis Spectrophotometry*, 36.
- Anisara, R., Ayu, G., & Taufiq, A. (2022). Silica Gel from Bagasse Ash Methylene Blue Adsorption. *Jurnal Sains Natural*, 1(14), 142–143.
- Anisuzzaman, S. M., Joseph, C. G., Krishnaiah, D., Bono, A., & Ooi, L. C. (2015). Parametric and adsorption kinetic studies of methylene blue removal from simulated textile water using durian (*Durio zibethinus murray*) skin. *Water Science and Technology*, 72(6), 896–907. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.247>
- Anjelia, M., Nasra, E., Kurniawati, D., & Nizar, U. K. (2024). Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH Terhadap Xerogel dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr .*). 13(1), 63–66.
- Anwar, D. I., & Mulyadi, D. (2015). Synthesis of Fe-TiO₂ Composite as a Photocatalyst for Degradation of Methylene Blue. *Procedia Chemistry*, 17, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.131>
- Astuti, W., Cha, A., & Abasaeed, A. E. (2019). *Journal of Environmental Chemical Engineering Methyl violet dye removal using coal fly ash (CFA) as a dual sites adsorbent*. 7(July), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103262>
- Bangi, U. K. H., Rao, A. V., & Rao, A. P. (2008). A new route for preparation of sodium-silicate-based hydrophobic silica aerogels via ambient-pressure drying. *Science and Technology of Advanced Materials*, 9(3). <https://doi.org/10.1088/1468-6996/9/3/035006>
- Busayo, J., Sie, A., Lau, Y., Hua, Y., Yong, Y., Tung, T., Nabisab, C., & Mubarak, M. (2025). *A comprehensive review on adsorption technologies for methylene blue elimination : efficiency , mechanisms , and future perspectives*. Springer International Publishing.
- Chai, W. S., Cheun, J. Y., Kumar, P. S., Mubashir, M., Majeed, Z., Banat, F., Ho, S. H., & Show, P. L. (2021). A review on conventional and novel materials towards heavy metal adsorption in wastewater treatment application. *Journal*

- of Cleaner Production*, 296, 126589. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126589>
- Cynthia, & Nasra, E. (2024). Penentuan Kondisi Optimum Waktu Aging Pada Sintesis Silika Xerogel Dari Limbah Abu Terbang. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(2), 50–53.
- Dahliyanti, A., Yunitama, D. A., Rofiqoh, I. M., & Mustapha, M. (2024). *Synthesis and characterization of silica xerogel from corn husk waste as cationic dyes adsorbent*. 1–11.
- Daosukho, S., Kongkeaw, A., & Oengeaw, U. (2022). The Development of Durian Shell Biochar as a Nutrition Enrichment Medium for Agricultural Purpose : Part 1 Chemical and Physical Characterization. *Journal of Applied Science, Department of Science Service*, 1(1), 133– 141. <https://doi.org/10.60136/bas.v1.2012.189>
- Dinh, V. P., Huynh, T. D. T., Le, H. M., Nguyen, V. D., Dao, V. A., Hung, N. Q., Tuyen, L. A., Lee, S., Yi, J., Nguyen, T. D., & Tan, L. V. (2019). Insight into the adsorption mechanisms of methylene blue and chromium(III) from aqueous solution onto pomelo fruit peel. *RSC Advances*, 9(44), 25847–25860. <https://doi.org/10.1039/c9ra04296b>
- 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*, 14(2), 124– 130. <https://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/view/1502>
- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2011). Transformation of durian biomass into a highly valuable end commodity : Trends and opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 2470– 2478. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.004>
- Hanifah, U., & Shofiyani, A. (2025). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Synthesis of Hydrophobic Silica Xerogel from Fly Ash for Oil – in – Water Adsorption*. 28(5), 235–243.
- Heditama, M. R., Nasra, E., Amelia, F., & Kurniawati, D. (2024). *Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyerapan Zat Warna Methylene Blue Oleh Selulosa Dari Limbah Kulit Durian (Durio Zibethinus Murr).* 13(2),

76–80.

- Hemdan, S. S. (2023). The Shift in the Behavior of Methylene Blue Toward the Sensitivity of Medium : Solvatochromism , Solvent Parameters , Regression Analysis and Investigation of Cosolvent on the Acidity Constants. *Journal of Fluorescence*, 33(6), 2489–2502. <https://doi.org/10.1007/s10895-023-03234-y>
- Huang, D., Li, B., Ou, J., Xue, W., Li, J., Li, Z., Li, T., Chen, S., Deng, R., & Guo, X. (2020). Megamerger of biosorbents and catalytic technologies for the removal of heavy metals from wastewater: Preparation, final disposal, mechanism and influencing factors. *Journal of Environmental Management*, 261(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109879>
- Huda, T., & Yulitaningtyas, T. K. (2018). *Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari*. 01(01), 9– 19. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art2>
- Husein, S., & Nasra, E. (2025). Pengolahan Limbah Kulit Durian (Durio Zibethinus Murray) Sebagai Adsorben pada Penyerapan Ion Logam Berat Pb²⁺. *Periodic*, 14, 11. <https://doi.org/10.24036/periodic.v14i2.132906>
- Hussain, Z., Chang, N., Sun, J., Xiang, S., Ayaz, T., Zhang, H., & Wang, H. (2022). Modification of coal fly ash and its use as low-cost adsorbent for the removal of directive , acid and reactive dyes. *Journal of Hazardous Materials*, 422(April 2021), 126778. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126778>
- Jiang, X., Tang, X., Tang, L., Zhang, B., & Mao, H. (2019). Synthesis and formation mechanism of amorphous silica particles via sol – gel process with tetraethylorthosilicate. *Ceramics International*, 45(6), 7673–7680. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.01.067>
- Kalaoglu-Altan, O. I., & Kayaoğlu, B. K. (2025). Thermal Behavior of Silica Xerogel and Graphene Incorporated Composite Nonwovens. *Fibers and Polymers*, 26(2), 869–881. <https://doi.org/10.1007/s12221-024-00842-8>
- Lancaster, S. T., Sahlin, E., Oelze, M., Ostermann, M., Vogl, J., Laperche, V., Touze, S., Ghestem, J. P., Dalencourt, C., Gendre, R., Stammeier, J., Klein, O., Pröfrock, D., Košarac, G., Jotanovic, A., Bergamaschi, L., Di Luzio, M., D'Agostino, G., Jaćimović, R., ... Irrgeher, J. (2024). Evaluation of X-ray

- fluorescence for analysing critical elements in three electronic waste matrices: A comprehensive comparison of analytical techniques. *Waste Management*, 190(October), 496–505. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.10.015>
- Lellis, B., Fávaro-Polonio, C. Z., Pamphile, J. A., & Polonio, J. C. (2019). Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. *Biotechnology Research and Innovation*, 3(2), 275–290. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2019.09.001>
- Lorrane, T., Mota, R., Lícia, A., Gomes, M., Guimarães, H., Henrique, E., Nunes, M., & Houmard, M. (2019). Influence of the synthesis parameters on the mesoporous structure and adsorption behavior of silica xerogels fabricated by sol – gel technique. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10971-019-05131-y>
- Lubis, R., Saragih, S. W., Wirjosentono, B., & Eddyanto, E. (2018). Characterization of durian rinds fiber (*Durio zubinthinus*, murr) from North Sumatera. *AIP Conference Proceedings*, 2049(December). <https://doi.org/10.1063/1.5082474>
- Mahdi, H. H., Saleh, A. M., Alias, A. B., Jawad, A. H., Salman, S. D., Qarizada, D., Mostafa, M. M., Saleh, N. M., & Abdulqader, M. A. (2024). Synthesis and Characterization of Xerogel Derived from Palm Kernel Shell Biochar and Comparison with Commercial Activated Carbon. *Journal of Ecological Engineering*, 25(6), 1–11. <https://doi.org/10.12911/22998993/183719>
- Mawardi, Sanjaya, H., & Zainul, R. (2015). Characterization of napa soil and adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using on column method. Available Online www.Jocpr.Com *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), 905–912. www.jocpr.com
- Mirhosseini, H., & Amid, B. T. (2013). Effect of different drying techniques on flowability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate-protein Gum from durian fruit seed. *Chemistry Central Journal*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-1>
- Natalí, A., P, A. L., Tesio, Y., Romina, M., & Bonini, N. A. (2025). *Microporous and Mesoporous Materials Optimization of surface silanol groups in mesoporous SBA-15 and KIT-6 materials : Effects on APTES functionalization*

- and CO₂ adsorption. 382(October 2024). <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2024.113394>
- Nguyen, A. P. T., Kha, P. H., Ly, L. T., Vo, K. D. N., & Thuy, T. T. (2025). *Chemical Profiling of RI6 Durian Peel (Durio zibethinus Murr.) and Lignin Characterization*. 119(June), 529–534. <https://doi.org/10.3303/CET25119089>
- Nur'aeni, D., Hadisantoso, E. P., & Suhendar, D. (2019). Adsorpsi Ion Logam Mn²⁺ dan Cu²⁺ Oleh Silika Gel dari Abu Ampas Tebu. *Al-Kimiya*, 4(2), 70–80. <https://doi.org/10.15575/ak.v4i2.5087>
- Nurmutaaqimah, Siti Jamilatun, & Aster Rahayu. (2025). Effect of NaOH Concentration on Surface Width and Pore Volume of Silica Gel From Beef Shrain as Adsorbent. *Sains Natural: Journal of Biology and Chemistry*, 15(2), 102–109. <https://doi.org/10.31938/jsn.v15i2.814>
- Oladoye, P. O., Ajiboye, T. O., Omotola, E. O., & Oyewola, O. J. (2022). Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater. *Results in Engineering*, 16(September), 100678. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100678>
- Pal Singh, J., Shankar Acharya, S., Kumar, S., & Kumar Dixit, S. (2023). Sol-Gel Method - Recent Advances Nanomaterials – Recent Advances. In *IntechOpen*.
- Patel, D., Panchal, D., Prof. Mitali Dalwadi, & Dr. Umesh Upadhyay. (2022). A Review on UV Visible Spectroscopy. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 7(5), 1144–1151.
- Payus, C. M., Refdin, M. A., Zahari, N. Z., Rimba, A. B., Geetha, M., Saroj, C., Gasparatos, A., Fukushi, K., & Oliver, P. A. (2021). Materials Today : Proceedings Durian husk wastes as low-cost adsorbent for physical pollutants removal : groundwater supply. *Materials Today: Proceedings*, 42, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.006>
- Pisal, A. A., & Rao, A. V. (2016). Comparative studies on the physical properties of TEOS , TMOS and Na₂ SiO₃ based silica aerogels by ambient pressure drying method. *Journal of Porous Materials*. <https://doi.org/10.1007/s10934-016-0215-y>
- Prihatini, D., Amne, F., Gunawan Togatorop, H., Sintiani, P., & Simatupang, L. (2020). Penjernihan Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Kulit Durian

- (Durio Zibethinus) Teraktivasi Kalium Hidroksida Purification of Used Cooking Oil Using Durian (Durio zibethinus) Peel Activated with Potassium Hydroxide as Adsorbents. *Sains Dan Terapan Kimia*, 14(1), 29–35.
- Putri, S. E., Nasra, E., Sanjaya, H., & Riga, R. (2024). Pengaruh Massa dan Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Ion Logam Pb²⁺ Menggunakan Xerogel dari Abu Kulit Durian (Durio zibethinus Murr.). *Periodic*, 13(1), 59. <https://doi.org/10.24036/periodic.v13i1.124373>
- Raji, Z., Karim, A., Karam, A., & Khalloufi, S. (2023). Adsorption of Heavy Metals: Mechanisms, Kinetics, and Applications of Various Adsorbents in Wastewater Remediation—A Review. *Waste*, 1(3), 775–805. <https://doi.org/10.3390/waste1030046>
- Rha Hayu, L. D., Nasra, E., Azhar, M., & Etika, S. B. (2022). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (Durio zibethinus Murr.). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113349>
- Sabeela, N. I., Almutairi, T. M., Al-Lohedan, H. A., Ezzat, A. O., & Atta, A. M. (2019). Reactive mesoporous ph-sensitive amino-functionalized silica nanoparticles for efficient removal of coomassie blue dye. *Nanomaterials*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/nano9121721>
- Sari, N. E., Malau, S., Nurliana, V., Novry, D., & Sahanaia, R. (2025). *Pemanfaatan Limbah Kulit Durian menjadi Pupuk Organik Ramah Lingkungan Utilization of Durian Skin Waste as an Environmentally Friendly Organic Fertilizer*. 5999–6006.
- Sepehri, A., & Sarrafzadeh, M. (2018). *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification Effect of nitric acid concentration on fouling mitigation and nitric acid efficiency in a membrane bioreactor*. 128(March), 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.04.006>
- Setyawan, N., Hoerudin, & Yuliani, S. (2021). Synthesis of silica from rice husk by sol-gel method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012149>
- Tanheitafino, S., Shofiyani, A., & Sasri, R. (2020). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Synthesis and Characterization of Trimethylchlorosilane-Modified Silica*

Xerogel. 23(7), 249–254.

- Teixeira, Y. N., de Paula Filho, F. J., Bacurau, V. P., Menezes, J. M. C., Zhong Fan, A., & Melo, R. P. F. (2022). Removal of Methylene Blue from a synthetic effluent by ionic flocculation. *Heliyon*, 8(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10868>
- Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A. V., Olivier, J. P., Rodriguez-Reinoso, F., Rouquerol, J., & Sing, K. S. W. (2015). Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 87(9–10), 1051–1069. <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>
- Thuong, N. T., Thi, N., Nhi, T., Thi, V., Nhung, C., Bich, H. N., Thi, B., Quynh, P., Bach, L. G., & Nguyen, T. D. (2019). A Fixed-Bed Column Study for Removal of Organic Dyes from Aqueous Solution by Pre-Treated Durian Peel Waste. 19(2), 486–494. <https://doi.org/10.22146/ijc.39712>
- Vaez, Z., & Javanbakht, V. (2020). Synthesis, characterization and photocatalytic activity of ZSM-5/ZnO nanocomposite modified by Ag nanoparticles for methyl orange degradation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 388(August), 112064. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2019.112064>
- Vareda, J. P., & Durães, L. (2017). Functionalized silica xerogels for adsorption of heavy metals from groundwater and soils. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 84(3), 400–408. <https://doi.org/10.1007/s10971-017-4326-y>
- Vuono, D., Catizzzone, E., Aloise, A., Policicchio, A., Agostino, R. G., Migliori, M., & Giordano, G. (2017). Modelling of adsorption of textile dyes over multi-walled carbon nanotubes: Equilibrium and kinetic. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 25(4), 523–532. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2016.10.021>
- Yuan, N., Cai, H., Liu, T., Huang, Q., & Zhang, X. (2019). Adsorptive removal of methylene blue from aqueous solution using coal fly ash-derived mesoporous silica material. *Adsorption Science and Technology*, 37(3–4), 333–348. <https://doi.org/10.1177/0263617419827438>
- Zarrini, K., Rahimi, A. A., Alihosseini, F., & Fashandi, H. (2017). Highly efficient

dye adsorbent based on polyaniline-coated nylon-6 nanofibers. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 142). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.103>