

**SINTESIS $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ DARI CANGKANG BEKICOT (*Achatina Fulica*)
UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



Oleh:

Dinda Ulandari

08031181823006

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ DARI CANGKANG BEKICOT (*Achatina Fulica*)
UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia

Oleh:

DINDA ULANDARI

08031181823006

Indralaya, 15 September 2022

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197111191997021001

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Widia', written over a white background.

Widia Purwaningrum, M.Si

NIP. 197304031999032001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul dengan judul “Sintesis $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ Dari Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) Untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 7 September 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 15 September 2022

Ketua:

1. Prof. Dr Elfita, M.Si.

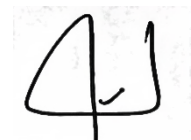
NIP. 196903261994122001

()

Sekretaris:

1. Dr. Desnelli, M.Si.

NIP. 197402052000032001

()

Pembimbing:

1. Widia Purwaningrum, M.Si

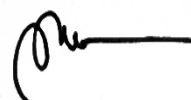
NIP. 197304031999032001

()

Penguji:

1. Prof. Dr. Muharni, M.Si

NIP. 196903041994122001

()

2. Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA




Prof. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia




Prof. Dr. Muharni, M.Si.
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Dinda Ulandari
Nim : 08031181823006
Fakultas/jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 15 September 2022

Penulis



Dinda Ulandari

Nim. 08031181823006

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Dinda Ulandari
NIM : 08031181823006
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Sintesis CaO/Fe₃O₄ dari Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru”. Dengan hak bebas *royalty non-eksklusif* ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*databases*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Indralaya, 15 September 2022

Yang menyatakan



Dinda Ulandari

Nim, 08031181823006

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk Kedua Orang Tua, Keluarga,
Dosen, Teman Hidup, Sahabat, Teman, dan Semua pihak yang
bertanya:

“Kapan Sempro?”, Kapan Sidang?”, “Kapan Wisuda?”,
“Kapan Nyusul?”. Dan lain sejenisnya.

Kalian adalah alasan saya segera menyelesaikan Skripsi ini.

KATA PENGANTAR

dengan segera rahmat, puji serta syukur kita panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa. Atas nikmat dan kasih sayangNya lah kita masih diberi kesehatan dan kesempatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Sintesis $\text{CaO/Fe}_3\text{O}_4$ dari Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) untuk Adsorpsi zat warna metilen biru”. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang ilmu kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penulisan skripsi ini tak luput dari perjuangan serta pengorbanan penulis yang cukup Panjang sehingga penulis dapat membuat serta menyelesaikan skripsi ini dengan berbagai tahapan mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data, proses penulisan hingga tahap pengolahan data. Rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa yang didukung dengan kesabaran dan keuletan sehingga penulis pun mampu menyelesaikan penelitian ini.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada ibu **Widia Purwaningrum, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, arahan, ilmu serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan kasih sayang-Nya yang begitu besar hingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini.
2. Ibu Widia purwaningrum, M.Si selaku dosen pembimbing penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena telah dengan sabar membantu serta membimbing, memberi dukungan motivasi serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu senantiasa diberikan kesehatan dan kemudahan dalam setiap urusan, serta nantinya akan menjadi pahala jariah bagi ibu.
3. Kepada orang tua saya bapak Samsudin dan ibu Nila warni, terima kasih atas segala bimbingan, didikan, dukungan, kasih sayang serta doa yang selalu kalian berikan kepada ku. Kalianlah semangat serta motivasi ku dalam menyelesaikan masa studi ini, I Pround Of You. Kepada ayuk, Neli

Viska Diana, Am.Keb, terima kasih atas motivasi serta semangat dalam menyelesaikan masa studi saya. Serta kepada adik saya Dandi Alko terima kasih karena telah mau direpotkan selama penulis mengerjakan skripsi ini dan semangat buat menyelesaikan masa studi, semoga cita-citamu segera tercapai

4. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T dan ibu Prof. Muharni, M.Si selaku dosen penguji seminar dan siding sarjana penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena telah memudahkan revisi dan proses seminar maupun siding sarjana penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si selaku ketua sidang dan Ibu Dr. Desneli, M.Si selaku sekretaris sidang sarjana penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena ibu telah bersedia menjadi ketua dan sekretaris sidang sarjana penulis sehingga semuanya bisa berjalan dengan lancar.
6. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya
7. Ibu Prof. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
8. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si selaku dosen pembimbing Akademik. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena dari awal perkuliahan sampai selesai telah membantu dan membimbing penulis.
9. Kak cosiin dan Mba novi selaku admin jurusan terima kasih atas segala bantusnnya, terima kasih karena telah mau direpotkan penulis dalam segala hal.
10. Teruntuk Phaudio Feliyen Tara, terima kasih karena telah selalu ada saat penulis dengan senang maupun susah, telah menemani penulis dari awal masuk kuliah hingga selesai.
11. Teruntuk Veronicha Fhadilasari (Veronon) teman satu perjuangan dari maba yang inshaAllah sampai Jannah, yang selalu ada, memberi semangat dan motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini, terima

kasih karena telah menjadi bagian hidup penulis selama kuliah dan untuk Ade Ristika teman satu kos terima kasih selalu ada disetiap suka dan duka, yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

12. Sahabat kecilku yang dari SD sampai kuliah tak pernah terpisahkan Rahmawati terima kasih telah memberi semangat, motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga kita berdua sukses selalu, dan semoga bisa satu tempat kerja juga yaa selamat juga atas gelar S.Si nya wat-wat.

13. Teruntuk artisku Agnes moonica yang selalu memberikan semangat, teman curhat, tempat berkeluh kesah masalah doi, TA, penelitian, dan pemberi solusi dalam setiap permasalahanku terima kasih atas segalanya cuk, semoga kita sukses disegala hal cuk.

14. Seluruh anggota team penelitian CaO Nurul, Sicho dan Vika. Terima kasih atas dukungan, bantuan, kerjasama dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini, semoga kita semua sukses selalu.

15. Teruntuk IDRC terima kasih telah membersamai penulis dari SMA sampai penulis menyelesaikan studi ini, terimakasih telah memberi semangat serta motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

16. Seluruh teman-teman seperjuangan, adik tingkat di Kimia FMIPA UNSRI
Demikian skripsi ini saya persembahkan, sebagai karya tulis yang diharapkan mampu memberikan manfaat terhadap para pembaca. Penulis skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan, maka dari itu penulis meminta maaf dan bersedia menerima masukan untuk kemajuan skripsi ini kedepannya.

Indralaya, 15 September 2022
Penulis

Dinda Ulandari

SUMMARY

SYNTHESIS OF CaO/Fe₃O₄ FROM SNAIL SHELL (*ACHATINA FULICA*) FOR ADSORPTION OF METHYLENE BLUE DYE

Dinda Ulandari : Supervised by Widia Purwaningrum, M.Si

Department Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University

xvii +63 Pages, 5 Tables, 23 Pictures, 18 Attachments

The research of synthesis CaO/Fe₃O₄ from snail shells (*Achatina Fulica*) for methylene blue dye adsorption. Snail shells were prepared to obtain CaO powder which was then composited with magnetite nanoparticles. The CaO/Fe₃O₄ composite was made with a mass ratio (1:1) and the resulting CaO/Fe₃O₄ synthesis was characterized using XRD, FTIR, VSM and BET. The results of characterization using XRD showed the highest intensity at an angle of $2\theta = 35.55^\circ$. The results of FTIR characterization show that the spectrum of CaO has an absorption at a wave number of 891.11 cm^{-1} and a spectrum of Fe₃O₄ has an absorption at a wave number of 574.79 cm^{-1} . Value content of the saturation magnetization of the CaO/Fe₃O₄ composite is 44.13 emu/g . The surface area of the CaO/Fe₃O₄ composite is $104.951\text{ m}^2/\text{g}$ with a pore volume of 0.265242 cc/g , and an average diameter of 50.2009 \AA . The optimum condition for adsorption of CaO/Fe₃O₄ composite to methylene blue dye was obtained at a contact time of 45 minutes, the optimum concentration at 200 mg/L and at a temperature of 40°C with an absorption capacity of 27.58 mg/g . the adsorption kinetics of CaO/Fe₃O₄ composite to methylene blue dye corresponded to pseudo second order with a correlative coefficient value (R^2) = 0.9967 and an adsorption capacity (Q_e) = 5.807 mg/g . The isotherm adsorption of the CaO/Fe₃O₄ composite was in accordance with the Langmuir adsorption isotherm model with the correlation coefficient $R^2 = 0.9919$, the adsorption capacity value $Q_m = 22.42\text{ mg/g}$ and $K_L = 0.0739\text{ L/mg}$. while the adsorption thermodynamic study showed that the adsorption process was endothermic, spontaneous at each temperature which could be seen in the value of ΔH° which was 4.234 kJ/mol and the value of ΔG° was -3.023 , -3.263 , -3.502 and -3.742 kJ/mol at 30 , 40 , 50 , and 60°C

Keywords : Snail Shell, CaO, CaO/Fe₃O₄ Composite, methylene blue dye

Citation: 67 (1989-2022)

RINGKASAN

SINTESIS $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ DARI CANGKANG BEKICOT (*ACHATINA FULICA*) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA METILEN BIRU

Dinda Ulandari : Dibimbing oleh Widia Purwaningrum, M.Si

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya,

xvii +63 halaman, 5 Tabel, 23 Gambar, 18 Lampiran

Penelitian dengan judul sintesis $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dari cangkang bekicot (*Achatina Fulica*) untuk adsorpsi zat warna metilen biru. Cangkang bekicot dipreparasi untuk mendapatkan serbuk CaO yang selanjutnya dikompositkan dengan nanopartikel magnetit. Komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dibuat dengan perbandingan massa (1:1) dan hasil sintesis $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ yang didapat dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, VSM dan BET. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 35,55^\circ$. Hasil Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa spektrum CaO mempunyai serapan pada bilangan gelombang $891,11 \text{ cm}^{-1}$ dan spektrum Fe_3O_4 mempunyai serapan pada bilangan gelombang $574,79 \text{ cm}^{-1}$. Kandungan nilai magnetisasi saturasi komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ adalah $44,13 \text{ emu/g}$. Luas permukaan komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ adalah $104,951 \text{ m}^2/\text{g}$ dengan volume pori sebesar $0,265242 \text{ cc/g}$, serta diameter rata-rata sebesar $50,2009 \text{ \AA}$. Kondisi optimum adsorpsi komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ terhadap zat warna metilen biru diperoleh pada waktu kontak 45 menit, konsentrasi optimum pada 200 mg/L dan pada suhu 40°C dengan daya serap sebesar $27,58 \text{ mg/g}$. Kinetika adsorpsi komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ terhadap zat warna metilen biru sesuai dengan *pseudo* orde dua dengan nilai koefisien korelatif (R^2) = 0,9967 dan kapasitas adsorpsi (Q_e) sebesar $5,807 \text{ mg/g}$. Isoterm adsorpsi komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ sesuai dengan model isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien korelatif $R^2 = 0,9919$, nilai kapasitas adsorpsi $Q_m = 22,42 \text{ mg/g}$ dan $K_L = 0,0739 \text{ L/mg}$. Sedangkan studi termodinamika adsorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara endotermik, bersifat spontan pada masing-masing suhu yang dapat dilihat pada nilai ΔH° yang bernilai $4,234 \text{ kJ/mol}$ dan nilai ΔG° berturut-turut $-3,023$, $-3,263$, $-3,502$ dan $-3,742 \text{ kJ/mol}$ pada suhu 30 , 40 , 50 , dan 60°C

Kata kunci: Cangkang bekicot, CaO , komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$, metilen biru

Sitasi: 67 (1998-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY.....	x
RINGKASAN.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tekstil.....	5
2.2 Zat Warna Metilen Biru	5
2.3 Cangkang Bakicot (Achatina Fulica).....	6
2.4 Kalsium Oksida (CaO).....	7
2.5 Nanopartikel (Fe ₃ O ₄)	8
2.6 Metode Kopresipitasi	9
2.7 Adsorpsi	10

2.7.1 Isotherm Adsorpsi Langmuir	12
2.7.2 Isotherm Adsorpsi Freundlich	12
2.8 Kinetika Adsorpsi	13
2.9 X-Ray Diffraction (XRD)	13
2.10 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	15
2.11 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)	16
2.12 pH Point Zero Charge (pHpzc)	17
2.13 Branaur, Emmett and Teller (BET)	18
2.14 Spektrofotometer UV-Vis.....	19
2.15 Termodinamika	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.2.1 Alat	21
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Prosedur Penelitian	21
3.3.1 Preparasi CaO dari Cangkang bekicot	21
3.3.2 Sintesis CaO	22
3.3.3 Sintesis Fe ₃ O ₄	22
3.3.4 Sintesis Komposit CaO/Fe ₃ O ₄	22
3.4 Karakterisasi	23
3.4.1 X-Ray Diffraction (XRD).....	23
3.4.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	23
3.4.3 Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	24
3.4.4 Branaur, Emmett and Teller (BET)	24
<u>3.5 Penentuan pH Point Zero Charge (pHpzc)</u>	<u>24</u>

3.6	Penentuan Konsentrasi Zat Metilen Biru	24
3.6.1	Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 1000 mg/L	24
3.6.2	Pembuatan Kurva Standar Metilen Biru	25
3.7	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan CaO/Fe ₃ O ₄	25
3.7.1	Penentuan Waktu Kontak Optimum	25
3.7.2	Penentuan Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru Optimum	25
3.7.3	Penentuan Suhu Optimum	25
3.8	Analisis Data	26
3.8.1	Analisa Karakterisasi	26
3.8.2	Analisa Daya Serap, Persen Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi	26
3.8.3	Analisa Kinetika Adsorpsi	26
3.8.4	Analisa Isoterm Adsorpsi	27
3.8.5	Analisa Studi Termodinamika	27
BAB IV	PEMBAHASAN	28
4.1	Serbuk Cangkang Bekicot	28
4.2	Sintesis CaO	28
4.3	Sintesis Fe ₃ O ₄	29
4.4	Sintesis CaO/Fe ₃ O ₄	30
4.5	Karakterisasi CaO/Fe ₃ O ₄	31
4.5.1	Hasil Karakterisasi CaO/Fe ₃ O ₄ dengan X-Ray Diffraction (XRD)	31
4.5.2	Analisis menggunakan FTIR	32
4.5.3	Analisis Luas Permukaan Menggunakan Analisis BET	34
4.5.4	Analisis Menggunakan Vibrating Sample Magnetometer (VSM)	34
4.6	pH Point of Zero Charge (pHpzc)	35
4.7	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Metilen Biru	36
4.7.1	Penentuan Waktu Kontak	36

4.7.2 Penentuan Konsentrasi Optimum	37
4.7.3 Penentuan Suhu Optimum	39
4.8 Hasil Penentuan Kinetika Adsorpsi Pada CaO/Fe ₃ O ₄ Terhadap Zat Warna Metilen Biru	39
4.9 Hasil Penentuan Isoterm Adsorpsi pada Komposit CaO/Fe ₃ O ₄ Terhadap Zat Warna Metilen Biru	41
4.10 Termodinamika Adsorpsi	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur metilen biru	6
Gambar 2. Cangkang bekicot.....	7
Gambar 3. Kalsium oksida (CaO).....	8
Gambar 4. Struktur kristal Fe_3O_4	9
Gambar 5. Pola XRD nanomagnetic Fe_3O_4	14
Gambar 6. Pola XRD komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	14
Gambar 7 (a). Spektrum FTIR nanopartikel Fe_3O_4	15
Gambar 7 (b). Spektrum FTIR CaO , $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	16
Gambar 8. Kurva VSM dari Fe_3O_4	17
Gambar 9. Grafik pH pzc dari $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	18
Gambar 10. Kurva BET $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	19
Gambar 11. Serbuk cangkang bekicot	28
Gambar 12. Serbuk putih hasil sintesis CaO	29
Gambar 13. Nanopartikel magnetit yang didekatkan magnet eksternal.....	30
Gambar 14 (a) Komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ (b) Komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ yang didekatkan magnet eksternal.....	31
Gambar 15. Difraktogram komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$, Fe_3O_4 , dan CaO	31
Gambar 16. Spektrum FTIR $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ sebelum dan sesudah adsorpsi.....	33
Gambar 17. Kurva histeresis nanomagnetit dan komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	35
Gambar 18. Grafik pHpzc komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	36
Gambar 19. Kurva kondisi optimum adsorpsi variasi waktu kontak.....	37
Gambar 20. Kurva kondisi optimum adsorpsi variasi konsentrasi	38
Gambar 21. Kurva kondisi optimum variasi suhu	39
Gambar 22. Grafik model kinetika <i>Pseudo</i> orde dua.....	40
Gambar 23. Grafik isoterm adsorpsi Langmuir	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	51
Lampiran 1.1 Sintesis CaO/Fe ₃ O ₄	51
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi CaO Menggunakan XRD	52
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Fe ₃ O ₄ Menggunakan XRD.....	56
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi CaO/Fe ₃ O ₄ Menggunakan XRD.....	59
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi BET	62
Lampiran 6. Perhitungan Perbandingan Massa Komposit CaO/Fe ₃ O ₄	63
Lampiran 7. Perhitungan Perbandingan Massa Fe ₃ O ₄	64
Lampiran 8. Perhitungan Rendemen Komposit CaO/Fe ₃ O ₄	65
Lampiran 9. Perhitungan Rendemen Fe ₃ O ₄	66
Lampiran 10. Penentuan pH point of zero charge (pH pzc).....	67
Lampiran 11 a. Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru.....	68
Lampiran 11 b. Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru	69
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit CaO/Fe ₃ O ₄ Terhadap Penentuan Waktu Kontak	70
Lampiran 13. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit CaO/Fe ₃ O ₄ Terhadap Penentuan Konsentrasi Larutan Metilen Biru	72
Lampiran 14. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit CaO/Fe ₃ O ₄ Terhadap Penentuan Suhu .	74
Lampiran 15. Penentuan Kinetika Adsorpsi pada Komposit CaO/Fe ₃ O ₄ terhadap Zat Warna Metilen Biru	76
Lampiran 16. Penentuan isotherm adsorpsi pada komposit CaO/Fe ₃ O ₄ terhadap zat warna metilen biru	79
Lampiran 17. Studi Termodinamika	81
Lampiran 18. Gambar Hasil Adsorpsi.....	83

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. perbandingan massa komposit komposit nanopartikel CaO/Fe ₃ O ₄	23
Tabel 2. Sudut 2θ, intensitas puncak dan ukuran partikel CaO, nanopartikel magnetit dan komposit CaO/Fe ₃ O ₄	32
Tabel 3. parameter termodinamika adsorpsi zat warna metilen biru	42
Tabel 4. Konstanta model kinetika adsorpsi <i>Pseudo</i> orde satu dan <i>pseudo</i> orde dua komposit.....	77
Tabel 5. Data isotherm adsorpsi Langmuir dan isotherm adsorpsi Freundlich pada komposit CaO/Fe ₃ O ₄	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak industri tekstil yang tersebar di berbagai kota. Hal tersebut membawa dampak positif bagi kehidupan manusia namun dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan berupa limbah cair dari zat warna, jika air limbah hasil industri tekstil dibuang ke perairan tanpa diolah terlebih dahulu. Dampak negatif limbah cair dapat menyebabkan perubahan pada warna air, menimbulkan bau serta akan merubah kualitas dari perairan tersebut (Mufrodi dkk, 2008). Limbah zat warna mempunyai struktur yang kompleks dan sangat stabil seperti struktur aromatik. Hal tersebut membuat zat warna sulit untuk didegradasi dengan perlakuan kimia, fisik atau biologis. Selain itu, zat warna dalam media berair dapat menyebabkan penetrasi sinar matahari di dalam air dapat terganggu sehingga aktivitas biologis dalam sistem fotokimia organisme air juga terganggu pula (Choi and yu, 2019).

Zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil adalah metilen biru, hal ini dikarenakan metilen biru dapat menghasilkan warna yang terang, mudah diaplikasikan dan proses pewarnaannya cepat serta harga dari metilen biru murah. Limbah zat warna metilen biru dengan kadar 20-30 mg/L akan sulit terurai di perairan yang dapat menyebabkan gangguan pada ekosistem air. Nilai ambang batas zat warna metilen biru di perairan adalah 5-10 mg/L (Firmansyah dkk, 2019). Metilen biru adalah salah satu zat warna kationik yang memiliki sifat lebih toksik dari pada zat warna kationik lainnya. Paparan metilen biru dalam waktu yang lama dapat menimbulkan masalah serius bagi kesehatan manusia seperti denyut jantung yang meningkat, muntah, penyakit kuning, sianosis, kelumpuhan anggota badan, luka bakar pada mata, dan masalah nekrosis jaringan (Choi and yu, 2019).

Dari uraian di atas diperlukan pengolahan limbah zat warna tekstil terutama zat warna metilen biru. Ada beberapa metode yang sering digunakan yaitu metode adsorpsi, koagulasi kimia, biodegradasi, oksidasi, elektrolisis dan fotodegradasi (Sausan dkk, 2021). Metode adsorpsi adalah suatu proses penyerapan atau pengurangan konsentrasi zat warna serta dinilai sebagai metode yang paling

sederhana, efektif, serta biaya yang dikeluarkan rendah (Lestari dkk, 2021). Metode adsorpsi memiliki desain sederhana, mudah diaplikasikan serta efisiensinya paling baik dibandingkan metode konvensional lainnya (Farnane *et al.*, 2018) Pada proses adsorpsi diperlukan sebuah adsorben yang berfungsi sebagai zat penyerap. Ada beberapa bahan yang dapat dijadikan sebagai adsorben yaitu arang aktif, CaO, zeolit, dan lain sebagainya.

CaO merupakan suatu adsorben yang mudah ditemukan di sekitar lingkungan, yang bisa didapatkan dari bahan-bahan yang dianggap sebagai limbah. Beberapa sumber yang dapat dijadikan CaO diantaranya tulang ayam yang memiliki kandungan CaO sebesar 56,28 % (Mohadi *et al.*, 2013) cangkang bekicot memiliki kandungan CaO yang lebih besar dibandingkan tulang ayam, yaitu sebesar 89%. Cangkang bekicot sebagai sumber utama CaO memiliki kelebihan berupa luas permukaan tinggi, mudah didapatkan, biaya yang dikeluarkan murah serta memiliki kemampuan menyerap logam berat serta zat warna yang tinggi pada air limbah (Dharma, 1988).

Komposit dikatakan sebagai kombinasi antara satu material atau lebih dengan perbedaan sifat penyusun dari unsur penyusunnya. Tujuan dibuatnya komposit adalah untuk memperoleh sifat yang lebih unggul dari material penyusunnya. Sifat tersebut diantaranya memiliki kemampuan dalam menyerap suatu senyawa dan sifat magnet (Li *et al.*, 2012). Penelitian ini menggunakan material tambahan berupa nanomagnetik Fe₃O₄ yang bertujuan agar mendapatkan sifat yang lebih unggul dari material penyusunnya selain itu nanomagnetik Fe₃O₄ yang digunakan memiliki sifat kemagnetan yang tinggi dibandingkan dengan oksida-oksida besi yang lain sehingga dapat digunakan dalam membantu meningkatkan kinerja proses adsorpsi pada pengolahan air limbah (Mairoso dan Astuti, 2016). Proses sintesis Fe₃O₄ yang terlibat lebih sederhana dan dengan biaya rendah. Nanomagnetik Fe₃O₄ adalah salah satu oksida besi yang memiliki sifat kemagnetan yang kuat dan berwarna hitam.

Komposit CaO/Fe₃O₄ merupakan gabungan dari kalsium oksida (CaO) dan nanopartikel magnetit. Nanopartikel adalah suatu partikel dengan ukuran nanometer yaitu sekitar 1-100 nm (Bukit dkk, 2015). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fajarwati *et al.*, (2020). tentang studi adsorpsi metilen biru dan

metil oranye menggunakan CaO memiliki persentase adsorpsi sebesar 81,43%, untuk zat warna metilen biru sedangkan untuk metil oranye memiliki persentase adsorpsi sebesar 98,671%.

Berdasarkan uraian pada penelitian ini dilakukan modifikasi CaO dari cangkang bekicot, dan melakukan sintesis CaO/Fe₃O₄ menggunakan metode kopresipitasi yang akan diaplikasikan pada proses adsorpsi zat warna metilen biru. Hasil sintesis CaO/Fe₃O₄ akan di karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan ukuran kristal dari suatu senyawa, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi. *Vibrating Sample magnetometer* (VSM) digunakan untuk mendapatkan nilai magnetisasi saturasi, *Branaur, Emmett and Teller* (BET) digunakan untuk mengetahui ukuran luas permukaan dan pori-pori suatu material, serta *pH point zero charge* (pHpzc) untuk menentukan pH di mana komposit mempunyai muatan netral. Selanjutnya CaO/Fe₃O₄ hasil sintesis digunakan dalam proses adsorpsi dengan variabel waktu kontak, konsentrasi zat warna metilen biru serta penentuan suhu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah komposit CaO/Fe₃O₄ dari cangkang bekicot berhasil disintesis?
2. Bagaimana kemampuan CaO/Fe₃O₄ dalam adsorpsi zat warna metilen biru pada kondisi optimum?
3. Bagaimana model kinetika adsorpsi, isoterm adsorpsi serta studi termodinamika proses adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan komposit CaO/Fe₃O₄?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mensintesis komposit CaO/Fe₃O₄ dari cangkang bekicot dan mengkarakterisasi komposit CaO/Fe₃O₄ yang diperoleh.
2. Menentukan kemampuan komposit CaO/Fe₃O₄ untuk adsorpsi zat warna metilen biru pada kondisi optimum

3. Menentukan model kinetika adsorpsi, isoterm adsorpsi serta studi termodinamika proses adsorpsi zat warna metilen biru komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang pemanfaatan cangkang bekicot sebagai sumber CaO dan proses sintesis komposit $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$, serta aplikasinya sebagai adsorben pada proses adsorpsi zat warna metilen biru

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, G. 2013. Sintesis Karakterisasi dan Uji Stabilitas Fe₃O₄ Asam Karbonat. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Yogyakarta :Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Agnestisia, R.2017. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe₃O₄) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Methylene Blue. *Sains dan Terapan Kimia*. 11(2): 61-70.
- Alimano, M dan Mindriany, S. 2014. Reduksi Ukuran Adsorben untuk Memperbesar Diameter Pori dalam Upaya /meningkatkan Efisiensi Adsorpsi Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 20(2): 173-182).
- Asip, F., Ridha, M., dan Husna. 2008. Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(15) : 22-26.
- Atmono, T. M., Rita, P., dan Angie, M. R. K. 2015. Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2015-Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN Yogyakarta*. ISSN 0216-3128.
- Brunauer, S., Emmet, P. H., Teller, E. 1938. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *J. Am Chem Soc*. 60: 309-319.
- Bukit, N., Erna, F., Pintor, S., dan Tresia, S. 2015. Analisis Difraksi Nanopartikel Fe₃O₄ Metode Kopresipitasi dengan Polietilen Glikol 6000. *Prosiding Seminar Nasional Fisikam (E-Journal) SNF2015*. 4: 163-166.
- Chen., Chua-Yuan., and Chun-I, L. 2003. Kinetics of Adsorption of β-Carotene from soy Oil with Activated Rice Hull Ash. *J.Cem.Eng.Japan*. 36(6) : 265-270.
- Choi, H. J., and Yu, S. W. (2019). Biosorption of Methylene Blue from Aqueous Solution by Agricultural Bioadsorbent Corncob. *Environmental Engineering Research*, 24(1), 99–106.
- Chrisyanti, D., Gunawan dan Abdul, H. 2018. Blue Methylene Retrieval Using Silica-Salicylic Acid Modified Feltering, *Jurnal Kimia Sains and Aplikasi*. 21(1): 19-23.
- Deng, X., Z. Huang., W. Wang., and R. N. Dave. 2016. Investigation of Nanoparticle Agglomerates Properties Using Monte Carlo Simulations. *Advanced Powder Technology*. 27(5) : 1971-1979
- Desta, M. B. 2013, Batch Sorption Experiments: Langmuir and Freundlich Isoterm Studies for the Adsorption of Textile Metal Ions Onto Telt Straw (Eragrostis tef) Agricultural Waste. *Journal of Thermodynamics*. 2013(1): 1-6.

- Dewi, S. H., dan Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(2) : 136-140.
- Dharma, B. 1988. *Siput dan Kerang Indonesia*. Jakarta : PT. Sarana Graha.
- Enrico. 2019. Dampak Limbah Cair Industri Tekstil terhadap Lingkungan dan Aplikasi Thnik Eco Printing sebagai usaha mengurangi Limbah. *Moda*. 1(1): 5-13.
- Ernawati., Ifta, M., Irin, U., Pricillia, N. P., Wahyu, N., dan Sri Lestari. 2021. Adsorpsi Metilen Biru dengan Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia* : 173-179.
- Fajarwati, P. I., Nadya, I. Y., Mai, A., and Amri, S. 2020. Adsorption Study of methylene blue and methyl orange using green shell (perna viridis). *Journal of Sciences and data analysis*. 1(1): 92-97.
- Fatmawati, H., Wellyana, P., Rohini, P., Sesy, A., dan Is, F. 2017. Penentuan Berat CaO dari Cangkang Keong Sawah (*Pilla Ampullacea*) pada Aktivitasnya Sebagai Katalis Heterogen pada Konversi Biodiesel dari Minyak Bekatul. *Jurnal Ilmu-ilmu MIPA*. 18(1):64-73.
- Farnane, M., Machrouhi, A., Elhalil, A., Abdennouri, M., Qourzal, S., Tounsadi, H., and Barka, N. (2018). New Sustainable Biosorbent Based on Recycled Deoiled Carob Seeds: Optimization of Heavy Metals Remediation. *Journal of Chemistry*, 2018.
- Firmansyah, W. B., Mamat, R., dan Edy, W. 2019. Pelapisan Titanium Dioksida pada Plastik Mika Sebagai Fotokatalis untuk mendegradasi Metilen biru. *E-Proceeding of Engineering*. 6(1): 1157-1164.
- Fitriansyah, H., Hermansyah, A., dan Elvinawati. 2021. Karakterisasi adsorben karbon aktif dari sabut pinang (*areca catechu*) terhadap kapasitas adsorpsi zat warna indigosol blue 04-B. *Jurnal Pendidikan dan ilmu kimia*. 5(1): 42-54.
- Fuadah, S. R., dan Maya, R. 2019. Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna Naftol Blue Black Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 4(02): 59-67.
- Gea, H. A., dan Nurdin, R. 2016. Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (magnetit) dari Pasir Besi Sebagai Bahan Pengisi Termoplastik HDPE (high Density Poliethylen3. *Jurnal Einstein*. 4(1) : 15-23.
- Ghandoor, H. E., Zidan, H. M., Mostafa, M. H. K., and Ismail, M. L. M. 2012. Syntesis and Some Physical Properties of Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles. *International Journal of Electrochemical Science*. 7: 5734-5745.
- Hadayani, L. W., Indah, R., dan Rita, D. R. 2015. Adsorpsi Pewarna Metilen Biru

- Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi. *Momentum*. 11(1): 19-23.
- Harianto, Y. A., T. Mujiyanti dan H. Nasikhah. 2020. Ekstraksi dan Karakterisasi CaO berbasis Cangkang bekicot dari ponggok blitar sebagai raw material biokeramik. *Jurnal Transmisi*. 17(1): 126-131.
- Harjadi, W. 1986. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Jankowska, H., Swatkowski, A and Choma, J. 1991, *Active Carbon*. Ellis Horwood. New York.
- Khoo, F. S., dan Hossein Esmaeili. 2018. Synthesis of CaO/Fe₃O₄ magnetic composite for the removal of Pb(II) and Co(II) from Synthetic Wastewater. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 83(2): 237-249.
- Khopkar. 1990. *konsep dasar kimia analitik*. Jakarta. UI Press.
- Kouzu, M.; Kasuno, T.; Tajika, M.; Sugimoto, Y.; Yamanaka, S.; Hidaka, J. Kalsium oksida sebagai katalis basa padat untuk transesterifikasi minyak kedelai dan aplikasinya pada produksi biodiesel. *Bahan Bakar* 2008, 87, 2798–2806.
- Latupeirissa, J., Matheis, F. J. D. P., Tanasale., dan Sigit, H. M. 2018. Kinetika Adsorbansi Zat Warna Metilen Biru oleh Karbon Aktif dari Kulit Kemiri (*Alleurites Moluccana* (L)Willd). *Indo. J. Chem. Res*. 6(1): 12-21.
- Lestari, N. C., Ilham, B., dan Ahmad, M. F. 2021. Pemanfaatan Cangkang Telur dan Sekam Padi Sebagai Bioadsorben pada Limbah Tekstil. *Jurnal Riset Kimia*. 12(1): 36-44.
- Li, X. M., Xu, G., Liu, Y and He, t. 2012. Magnetic Fe₃O₄ Nanoparticles From Vietnamese Rice Husk By Sol-Gel Method. *Nanoscale Research Letters*. 8(1): 2-10.
- Liu, R., Zhao, Y., Huang, R., Zhao, Y and Zhou, H. 2011. Phase Transformation And Shape Evolution Of Iron Oxide Nanocrystals Synthesized In Ethylene Glycol-Water System. *Science China Physics, Mechanics and Astronomy*. 54(7): 1271-1276.
- Lowell, S and Shields, J.E. 1991. *Powder Surface Area and Porosity*. Springer Netherland.
- Kurniawan, A. M., dan Devita. S. 2018. Penentuan penambahan Abu Cangkang Bekicot pada Semen Ramah Lingkungan Terhadap kuat Tekanan Mortar. *Jurnal Qua Tentikal*. 8(2) : 2527-3892
- Kurniawan, E., Asregi, A., dan Jumriana, R. N. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Oksida dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*).

Jamb. Journal Chemical. 1(2) : 50-54.

- Mairoza, A., dan Astuti. 2016. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif, *Jurnal Fisika Unand*. 5(3): 283-286.
- Maity, D., and Agrawal, D. C. 2007. Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and Non-aqueous Media. *Journal of Magnetism and Magnetic Material*. 308(2007): 46-55.
- Mardani, H. R., Mehdi, F., Nazanin, M dan Zahra, K. 2020. A comparative study on physicochemical properties of two nanomagnetic compounds $\text{CaO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ and $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CaO}$ and their catalytic role on biodiesel preparation. *Environmental progress & sustainable energy* : 1-11.
- Mohadi, R., Lesbani, A., dan Susie, Y. 2013. Preparasi dan Karakterisasi Kalsium Oksida (CaO) dari Tulang Ayam. *Jurnal Chemistry*. 6(2) : 76-80.
- Moreno, R. R. 2010. Study of Superparamagnetic Nanocomposites of High Density Polyethylene and Maghemite, advanced applications of electrical engineering.
- Muchlisyyah, J., Rasalina, A. L., dan Widya, D. R. P. 2017. *Kimia Fisik Pangan*. Malang. UB Press.
- Mufrodi, Z., Nur, W., dan Ranny, C. K. 2008. Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*: 90-93.
- Mulja. 1998. *Validasi Metode Analisis Instrumentasi*. Airlangga press: Surabaya.
- Nasution, N., dan Fitri, A. 2018. Sintesis Nanopartikel TiO_2 Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitas. *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*. 2(2): 18-25
- Nor, W. F. K. W., Siti, K. C.S., Alyza, A. A. R. A., Mohd, S. M. Y and Mustafa, S. 2018. Synthesis and Physicochemical Properties of Magnetite Nanoparticles (Fe_3O_4) As Potential Solid Support for Homogeneous Catalysts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 22(5): 768-774.
- Peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan RI No. 16 tahun 2019.
- Qin, X., Lin, F., Wang, G and Huang, G. 2015. Adsorption of Humic Acid From Aqueous Solution By Hematite: effects Of pH and Ionic Strength. *Environmental Earth Sciences*. 73(8): 4011-4017.
- Ramadhani, A., Muhdarina dan Amilia, L. 2015. Kapasitas Adsorpsi Metilen Biru oleh Lempung Cengar Teraktivasi Asam Sulfat. *JOM FMIPA*. 2(1): 232-238.
- Rusman. 2019. *Kinetika Kimia*. Aceh: Syiah Kuala University Press.

- Sausan, F. W., Ainun, R. P., dan Dian, Y. P. 2021. Studi Literatur Pengolahan Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi, Filtrasi, dan Elektrolisi. *Tecnoscienza*. 5(2): 213-230.
- Sharma, R., D. P. Binsen ., Shukia., dan B. G. Sharma. 2012. X-Ray Difrraction:A Wanderful Method of Characterisiing Nanomaterial. *Resent Research in Science ang Technology*. 4(8) : 77-79.
- Shu, L., Zhonghua, W., Yijiang, H., Ni, H., Chunguang, R and Wei, Z. 2015. Adsorption Removal of Congo Red from Aqueous Solution by Polyhedral Cu₂O Nanoparticles: Kinetics, Isotherms and Thermodynamics Mechanism Analysis. *Journal Of Alloys and Compounds*. 633(2015): 338-346.
- Setiabudi, A., Rifan, H., dan Ahmad, M. 2012. *Karakteristik Material;Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung : UPI Press.
- Sibilia, P. 1996. *Guide to Materiial Characterisation and chemical Analysis*. 2and Edition. New York : John Willey-VCH.
- Singh, G., Kumar, V., dan Dwivedi, S. K. 2021. Comparative Investigation of Congo Red and Direct Blue-1 Adsorpsi on Mycosynthesized Iron Nanoparticle. *Journal of Cluster Science*. 3(1): 1-17.
- Sunardi., Kholifatu, R., dan Toto, B. O. 2013. Pemanfaatan Cangkang Bekicot (Achatina Fulica) Sebagai Katalis untuk Reaksi Transesterifikasi (kajian Penentuan Suhu Reaksi dan Rasio mol Metanol : Minyak). *Jurnal Fisika FLUX*. 10(2) : 100-1-9.
- Syauqiah,I., dkk. 2011. Pemurnian Limbah Fenol dengan Menggunakan Arang Aktif Bagasse dan Tempurung Kelapa. *Info Teknik*. 12(1) : 10-16.
- Tamjidi, S. dan Esmaili, 2019. Chemically Modified CaO/Fe₃O₄ Nanocomposite vy Sodium Dodecyl Sulfate for Cr(III) Removal from Water. *Chemical engineering and Technology*. 42(3): 607-616.
- Teja, A. S., and Pei-Yoong, K. 2009. Synthesis, Properties and Applications of Magnetic Iron Oxides Nanoparticles. *Science Direct*. 22(2009): 22-45.
- Triaminingsih, S. 1998. Analisis Difraksi Sinar-X pada Baja Tahan Karat Austenitikdan Feritik (Uji Laboratorium). *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia*. 5(10) : 17-24.
- Victor, S. M., Bayu, A., dan Isna, S. 2016. Pemanfaatan Kitosan dari Limbah Cangkang Bekicot (Achatina Fulica) Sebagai Adsorben Logam Berat Seng (Zn). *Konversi*. 5(1): 24-29.
- Wahyuningsih, K., Jumeri., dan Wagiman. 2018. Aktivitas Katalis Hijau Nanopartikel CaO dari Kulit Pinctada maxima pada Reaksi Alkoholisi. *Jurnal ilmu-ilmu MIPA*. 18(2) : 121-136.

- Warrdiyati, S., Adel, F., dan Ridwan. 2011. Penyerapan Logam Ni dalam Larutan Oleh Nanokomposit Fe₃O₄-Karbon Aktif. *Indonesian Journal of Materials Science*. 12(3) : 224-228.
- Widiastuti, N., Tri, A. S., Haris dan Endang, P. S. 2019. Adsorpsi Metilen biru dan kongo merah pada Zeolit-X hasil sintesis dari Abu Dasar : 20-35.