

**GREEN SYNTHESIS $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ MENGGUNAKAN EKSTRAK
DAUN KESEN (*Muntingia Calabura L*) UNTUK DEGRADASI ZAT
WARNA CONGO RED**

SKRIPSI

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



**Oleh :
Devimultiani Oktavia
08031382126098**

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

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**GREEN SYNTHESIS $MnFe_2O_4/ZnO$ MENGGUNAKAN EKSTRAK
DAUN KERSEN (*Muntingia Calabura L*) UNTUK DEGRADASI ZAT
WARNA CONGO RED**

SKRIPSI

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

Oleh :

Devimultiani Oktavia

08031382126098

Indralaya, 20 Maret 2025

Pembimbing I

Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si

NIP. 196808271994022001

Pembimbing II

Dra. Julinar, M.Si

NIP. 196507251993032002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Devimultiani Oktavia (08031382126098) dengan Judul "*Green Synthesis MnFe₂O₄/ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Kersen (Muntingia calabura L) untuk degradasi zat warna congo red*" telah diperbolehkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Maret 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 20 Maret 2025

Pembimbing:

1. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si**

NIP. 196808271994022061

2. **Dra. Julinar, M.Si**

NIP. 196507251993032002

()

()

Penguji:

1. **Dr. Muhammad Said, M.T**

NIP. 197407212001121001

2. **Prof. Dr. Dedi Rohendi, M.T**

NIP. 196704191993031001

()

()



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa : Devimultiani Oktavia

NIM : 08031382126098

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa karya ilmiah ini merupakan hasil karya sendiri yang didampingi tim pembimbing bukan karya orang lain dan belum pernah diajukan sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar keserjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang terdapat pada karya ilmiah ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis, apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 20 Maret 2025

Penulis

Devimultiani Oktavia
NIM. 08031382126098



HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya yang bertanda tangan dibawah ini:

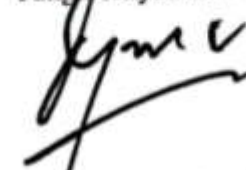
Nama mahasiswa : Devimultiani Oktavia
NIM : 08031382126098
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alara/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan karya ini kepada pihak Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non eksklusif (non-exclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul "*Green Synthesis MnFe₂O₄/ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Kersen (Muntingia Calabura L) untuk Degradasi Zat Warna Congo Red*". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit, memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat sesungguhnya.

Indralaya, 20 Maret 2025

Yang Menyatakan



Devimultiani Oktavia

NIM. 08031382126098

HALAMAN PERSEMBAHAN

الحمد لله رب العالمين

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali sesuai dengan kesanggupannya....”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar....”

(Q.S Ar-Rum: 60)

Niatkan semua kebaikan dan usaha hanya untuk orang tua dan keluarga,
InsyaAllah dipermudah

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT
2. Papa, Mama dan Adik yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dalam setiap langkahnya
3. Dosen pembimbing Ibu Prof. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Ibu Dra. Julinar, M.Si
4. Sahabat dan teman-teman penulis
5. Saya sendiri (Devimultiani Oktavia)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Green Synthesis MnFe₂O₄/ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Kersen (Muntingia calabura L) untuk Degradasi Zat Warna Congo Red*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan yang dilalui dari penelitian hingga penulisan, Namun dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa serta bantuan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Ibu Dra. Julinar, M.Si yang telah membimbing, membantu, memberikan nasihat dan motivasi sejak awal penelitian hingga skripsi ini selesai.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang sangat luar biasa kepada penulis
2. Keluarga saya (Papa, Mama, Dek Lusi, Dek Mayang dan Dek Golden) yang sudah banyak memberikan doa, materi serta motivasi selama penulis mengerjakan penelitian dan menyusun skripsi ini.
3. Sepupu-sepupu ku (Rajapuan, Gusti, Dek Tiwi, Dek Elia) yang sedang berjuang untuk keluarga besar, semoga Allah secepatnya mengabulkan impian kita semua.
4. Bapak Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph. D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

7. Ibu Dra. Julinar, M.Si selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir, terimakasih bu atas ilmu, nasihat, serta bantuannya kepada penulis dari awal semester perkuliahan hingga penulis menyanggah gelar sarjana. Semoga kebaikan ibu digantikan oleh Allah SWT, selalu diberikan kesehatan, panjang umur dan dilancarkan segala urusannya. Aamiin.
8. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir, terimakasih bu sudah membimbing saya dari awal penentuan judul hingga penulisan skripsi, memberikan nasihat kepada saya dan senantiasa melancarkan segala urusan saya selama penulisan skripsi. Semoga kebaikan ibu digantikan oleh Allah SWT, selalu diberikan kesehatan. Aamiin.
9. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T dan Bapak Prof. Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku dosen penguji seminar dan sidang saya yang telah turut andil dalam memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi saya. Semoga kebaikan bapak selalu senantiasa dibalas oleh Allah SWT. Aamiin.
10. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya telah telah memberikan banyak ilmu, mendidik dan membimbing selama perkuliahan.
11. Yuk Nur, Yuk Niar, dan Mba Yanti selaku analis kimia yang telah membantu selama penelitian, semoga kebaikan kalian senantiasa dibalas oleh Allah SWT.
12. Kak Iin dan Mba Novi selaku admin jurusan kimia yang selalu membantu dalam persoalan surat menyurat selama perkuliahan hingga lulus.
13. Teman-teman “Simerah” (Melli, Alya, Vema) terimakasih sudah menjadi teman baik penulis selama kuliah, terimakasih atas dukungan, bantuan dan selalu bisa diandalkan penulis selama perkuliahan, semoga hubungan kita selalu tetap terjaga aamiin, semangat buat kalian meraih gelar S.Si itu. Ditunggu kabar baik kalian berikutnya ya. *I never show but i love you, guys!*
14. Teman-teman “Redcard boss” (Utik, Anika, Alya) terimakasih telah menghadapi ini bersama-sama, terkadang cobaan memang harus dicoba. Namun tidak untuk diulang.
15. Teman-teman penelitian ku (Dey, Puan, Cingka, Sodifa, Annisa, Andini, Adit, Bagus) selamat kepada kita yang telah berjuang hingga akhir, momen

penelitian yang akan kuceritakan dimasa depan. Terimakasih semua bantuan dan dukungannya kepada penulis. Semoga bisa bertemu di lain kesempatan.

Finally we did it.

16. Adik-adik nim 098 dan 056 (Lia, Dini, Naqi, Gisel, Nabila, Fasya) terimakasih doa dan dukungannya kepada penulis. Semangat menjalani perkuliahan dan pasti akan terlewati. Kabar-kabar juga ya kalau mau S.Si.
17. Teman-teman seperjuangan Kimia 2021, semangat dan sukses untuk kita semua. Aamiin.
18. Teruntuk seseorang dan takdir yang belum bisa dituliskan dengan jelas disini, namun sudah tertulis jelas di *Lauhul Mahfudz* untuk penulis. Penulis percaya bahwa sesuatu yang ditakdirkan menjadi milik kita akan menuju kepada kita bagaimanapun caranya. Sampai bertemu pada takdir terindah yang telah Allah tentukan.
19. *Last but not least, i wanna thank me, i wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for, for never quitting, i wanna thank me for always being a giver and tryna give more than i recieve, i wanna thank me for tryna do more right than wrong, i wanna thank me for just being me at all times.*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua orang dan bermanfaat untuk pengembangan kimia di masa depan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Indralaya, 20 Maret 2025

Yang menyatakan

Devimultiani Oktavia

NIM. 08031382126098

SUMMARY

GREEN SYNTHESIS OF $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ USING KERSEN (*Muntingia Calabura* L) LEAF EXTRACT FOR CONGO RED DYE DEGRADATION

Devimultiani Oktavia: Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si and Dra. Julinar, M.Si

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xviii, 71 pages, 4 tables, 16 figures, 14 attachments.

Kersen plant (*Muntingia calabura* L) is known to have fast growth and weather resistance, with secondary metabolites such as flavonoids, tannins, and alkaloids that play a role in the synthesis of magnetic materials. The green synthesis method utilizes natural materials as a source of bioactive compounds that are environmentally friendly. Green synthesis-based composite materials are effective for use in photocatalytic degradation of organic pollutants such as congo red dyes that are toxic, carcinogenic and mutagenic which can cause environmental damage. The photocatalytic degradation method provides a more efficient and sustainable solution using the help of light, the photocatalyst is able to degrade congo red dye effectively and allows material regeneration.

In this study, green synthesis of $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ used for congo red dye degradation was conducted. MnFe_2O_4 as a magnetic material to facilitate the separation of the composite from the solution after the degradation process, modification of MnFe_2O_4 with ZnO used as a catalyst. Variables of photocatalytic degradation of $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ against congo red dye include the effect of pH, concentration congo red dye and duration of irradiation using visibel light.

The synthesized $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ was characterized using VSM, XRD, SEM-EDX and UV-Vis DRS. Characterization results using VSM showed a saturation magnetization value of 51.61 emu/g. Characterization results using XRD showed the highest intensity at an angle of $2\theta = 36.26^\circ$ with a particle size of 38.00 nm. The results of characterization using SEM-EDX showed an aggregate morphology with unequal sizes having constituent elements consisting of O (64.13%), Mn (1.20%), Fe (3.00%) and Zn (31.67%). The UV-Vis DRS tool characterization results show the band gap value of $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ of 1.41 eV. The pH_{pzc} value produced by $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ is at pH 7.92. The optimum condition for reducing the concentration of congo red dye by $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ is at pH 6 with a concentration of 10 ppm and the duration of irradiation using visibel light for 150 minutes resulting in a degradation efficiency of 88.54%.

Keywords : green synthesis, $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$, degradation photocatalytic, congo red.

Citation : 84 (1991 - 2024)

RINGKASAN

GREEN SYNTHESIS MnFe₂O₄/ZnO MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KERSEN (*Muntingia Calabura* L) UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED

Devimultiani Oktavia: Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si dan Dra. Julinar, M. Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xviii, 71 halaman, 4 tabel, 16 gambar, 14 lampiran

Tanaman kersen (*Muntingia calabura* L) dikenal memiliki pertumbuhan cepat dan tahan cuaca, dengan kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, dan alkaloid yang berperan dalam sintesis material magnetik. Metode *green synthesis* memanfaatkan bahan alami sebagai sumber senyawa bioaktif yang ramah lingkungan. Material komposit berbasis *green synthesis* efektif digunakan dalam fotokatalitik degradasi polutan organik seperti zat warna *congo red* yang bersifat beracun, karsinogenik dan mutagenik yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Metode fotokatalitik degradasi memberikan solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan menggunakan bantuan cahaya, fotokatalis mampu mendegradasi zat warna *congo red* secara efektif dan memungkinkan regenerasi material.

Pada penelitian ini dilakukan *green synthesis* MnFe₂O₄/ZnO yang digunakan untuk degradasi zat warna *congo red*. MnFe₂O₄ sebagai material yang bersifat magnetik untuk memudahkan pemisahan komposit dari larutan setelah proses degradasi, modifikasi MnFe₂O₄ dengan ZnO yang digunakan sebagai katalis. Variabel degradasi fotokatalitik MnFe₂O₄/ZnO terhadap zat warna *congo red* meliputi pengaruh pH, konsentrasi zat warna dan lama penyinaran menggunakan sinar visibel.

Hasil sintesis MnFe₂O₄/ZnO dikarakterisasi menggunakan alat VSM, XRD, SEM-EDX dan UV-Vis DRS. Hasil karakterisasi menggunakan VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi sebesar 51,61 emu/g. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 36,26^\circ$ dengan ukuran partikel sebesar 38,00 nm. Hasil karakterisasi menggunakan alat SEM-EDX menunjukkan morfologi yang agregat dengan ukuran yang tidak sama memiliki unsur penyusun yang terdiri dari O (64,13%), Mn (1,20%), Fe (3,00%) dan Zn (31,67%). Hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS menunjukkan nilai band gap MnFe₂O₄/ZnO sebesar 1,41 eV. Nilai pH_{pzc} yang dihasilkan MnFe₂O₄/ZnO berada pada pH 7,92. Kondisi optimum penurunan konsentrasi zat warna *congo red* oleh MnFe₂O₄/ZnO berada pada pH 6 dengan konsentrasi zat warna 10 ppm dan lama penyinaran menggunakan sinar visibel selama 150 menit menghasilkan efektivitas degradasi sebesar 88,54%.

Kata Kunci : *green synthesis*, MnFe₂O₄/ZnO, degradasi fotokatalitik, *congo red*.

Kutipan : 84 (1991 – 2024)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daun Kersen	4
2.2 Metode <i>Green Synthesis</i>	5
2.3 Zink Oksida (ZnO)	6
2.4 Mangan Ferrit (MnFe ₂ O ₄)	7
2.5 Zat Warna <i>Congo Red</i>	7
2.6 Fotokatalitik Degradasi	8
2.7 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	10
2.8 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	11
2.9 <i>Scanning Electron Microscope with Energy Dispersive</i> <i>X-ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX)	13

2.10	<i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (UV-Vis DRS)	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		15
3.1	Waktu dan Tempat	15
3.2	Alat dan Bahan	15
3.2.1	Alat	15
3.2.2	Bahan	15
3.3	Prosedur Penelitian	16
3.3.1	Preparasi Sampel	16
3.3.2	Pembuatan Ekstrak Daun Kersen	16
3.3.3	Analisa Kualitatif Kandungan Daun Kersen	16
3.3.4	<i>Green Synthesis</i> MnFe ₂ O ₄	17
3.3.5	<i>Green Synthesis</i> MnFe ₂ O ₄ /ZnO	17
3.4	Karakterisasi Material	18
3.4.1	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	18
3.4.2	<i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	18
3.4.3	<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive of</i> <i>X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX).....	18
3.4.4	<i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (UV-Vis DRS)	19
3.5	Pembuatan Larutan Zat Warna <i>Congo Red</i>	19
3.5.1	Pembuatan Larutan Induk Zat Warna <i>Congo Red</i> 1000 ppm	19
3.5.2	Pembuatan Larutan Standar Zat Warna <i>Congo Red</i>	19
3.5.3	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna <i>Congo Red</i>	19
3.5.4	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	19
3.6	Penentuan <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc)	20
3.7	Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> oleh MnFe ₂ O ₄ /ZnO	20
3.7.1	Pengaruh Variasi pH	20
3.7.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi	20

3.7.3	Pengaruh Variasi Waktu Kontak	20
3.8	Perbandingan Degradasi Zat Warna Menggunakan Katalis dengan Penyinaran, Katalis Tanpa Penyinaran, dan Penyinaran Tanpa Katalis.....	21
3.9	Analisis Data	21
3.9.1	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	21
3.9.2	<i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	21
3.9.3	<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)</i>	21
3.9.4	<i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)</i>	21
3.9.5	Kondisi Optimum Degradasi	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Hasil Preparasi dan Ekstraksi Daun Kersen	23
4.2	Hasil Analisa Kualitatif Kandungan Kimia Daun Kersen.....	24
4.3	Karakterisasi Material $MnFe_2O_4$ dan $MnFe_2O_4/ZnO$	25
4.3.1	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	25
4.3.2	Hasil Karakterisasi <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	27
4.3.3	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive of X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)</i>	28
4.3.4	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-Vis DRS)</i>	30
4.4	Nilai pH <i>Point of Zero Charge (PHpzc)</i> $MnFe_2O_4/ZnO$	31
4.5	Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Zat Warna <i>Congo red</i> oleh $MnFe_2O_4/ZnO$	32
4.5.1	Pengaruh Variasi pH.....	32
4.5.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi.....	34
4.5.3	Pengaruh Variasi Waktu Kontak	35

4.6	Perbandingan Degradasi Zat Warna Menggunakan Katalis dengan Penyinaran, Katalis Tanpa Penyinaran dan Penyinaran Tanpa Katalis.....	36
4.7	Penentuan Kinetika Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		47
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Daun Kersen	4
Gambar 2. Struktur Kimia <i>Congo Red</i>	8
Gambar 3. Kurva magnetisasi MnFe_2O_4 dan $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$	11
Gambar 4. Difraktogram MnFe_2O_4	12
Gambar 5. Kurva histeresis dari MnFe_2O_4 dan $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$	25
Gambar 6. Hasil Uji (a) MnFe_2O_4 dan (b) $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ menggunakan magnet eksternal	26
Gambar 7. Difraktogram (a) MnFe_2O_4 dan (b) $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$	27
Gambar 8. Morfologi (a) MnFe_2O_4 dan (b) $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ dengan perbesaran 3000x	29
Gambar 9. Persebaran unsur penyusun $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ (a) atom O, Mn, Fe, Zn, (b) atom O, (c) atom Mn, (d) atom Fe dan (e) atom Zn	30
Gambar 10. Nilai <i>band gap</i> (a) MnFe_2O_4 dan (b) $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$	31
Gambar 11. Kurva pH_{pzc} $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$	32
Gambar 12. Kurva persentase pengaruh variasi pH zat warna <i>congo red</i>	33
Gambar 13. Kurva persentase variasi konsentrasi zat warna <i>congo red</i>	34
Gambar 14. Kurva persentase variasi waktu kontak zat warna <i>congo red</i>	35
Gambar 15. Kurva persentase perbandingan degradasi zat warna <i>congo red</i> (a)katalis dengan penyinaran, (b)katalis tanpa penyinaran, dan (c)penyinaran tanpa katalis	36
Gambar 16. Kurva kinetika degradasi zat warna <i>congo red</i>	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Preparasi Daun Kersen.....	23
Tabel 2. Hasil analisa kualitatif kandungan kimia daun kersen	24
Tabel 3. Sudut 2θ dengan ICDD (<i>International Centre for Diffraction Data</i>) dan ukuran partikel	27
Tabel 4. Komposisi unsur penyusun MnFe_2O_4 dan $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian	50
Lampiran 2. Hasil Analisa Kualitatif Kandungan Kimia Ekstrak Daun Kersen.....	50
Lampiran 3. Reaksi Pembentukan $MnFe_2O_4$	51
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM $MnFe_2O_4$ dan $MnFe_2O_4/ZnO$	52
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD $MnFe_2O_4$ dan $MnFe_2O_4/ZnO$	53
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX $MnFe_2O_4$ dan $MnFe_2O_4/ZnO$	57
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS $MnFe_2O_4$ dan $MnFe_2O_4/ZnO$	60
Lampiran 8. Penentuan pH_{pzc} $MnFe_2O_4/ZnO$	62
Lampiran 9. Penentuan Panjang Gelombang Zat Warna <i>Congo Red</i>	63
Lampiran 10. Penentuan Kurva Kalibrasi <i>Congo Red</i>	64
Lampiran 11. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi <i>Congo Red</i> Menggunakan $MnFe_2O_4/ZnO$	65
Lampiran 12. Perbandingan Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Penyinaran, Tanpa Penyinaran dan Tanpa Katalis.....	68
Lampiran 13. Perhitungan Kinetika Degradasi Fotokatalitik <i>Congo Red</i> oleh $MnFe_2O_4/ZnO$	69
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kersen (*Muntingia calabura* L) merupakan tumbuhan yang memiliki pertumbuhan yang cepat dan tahan terhadap cuaca. Daun kersen diketahui memiliki kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid yang bertindak sebagai bioreduktor dan penstabil serta diharapkan dapat mencegah aglomerasi dalam sintesis material (Elviera *et al.*, 2022). Menurut penelitian sebelumnya, diketahui bahwa daun kersen memiliki kandungan flavonoid yang lebih banyak dibandingkan daun matoa (Damayanti dkk, 2023) dan daun kelor (Saidah dkk, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan daun kersen sebagai bioreduktor karena efektif dalam berinteraksi dengan ion logam. Metode ini disebut sebagai metode *green synthesis* yang efektif dalam mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya sehingga bersifat ramah lingkungan (Vijayaram *et al.*, 2023).

Semikonduktor ZnO bersifat biokompatibel sehingga aman bagi manusia dan lingkungan (Kumari *et al.*, 2019). Penelitian ini menggunakan ZnO sebagai fotokatalis karena memiliki fotosensitivitas dan stabilitas kimia tinggi, serta potensi redoks yang baik, sehingga mampu mengurangi polutan organik yang ada dalam air (Mawarni dkk, 2021). Celah pita energi ZnO yang lebar (3,37 eV) menyebabkan penyerapan ZnO hanya terbatas pada daerah UV (Rahal *et al.*, 2022). Guna menurunkan celah pita ZnO yang lebar, perlu dilakukan modifikasi menggunakan material yang memiliki celah pita sempit, seperti MnFe_2O_4 . Dengan demikian, diharapkan dapat menghasilkan celah pita yang sempit sehingga penyerapan pada daerah sinar tampak dapat maksimal dan akan meningkatkan kinerja fotokatalitiknya.

MnFe_2O_4 dipilih karena memiliki sifat stabilitas kimia tinggi, celah pita sempit (1,74 eV) yang sesuai untuk fotokatalitik degradasi cahaya tampak (Boutra *et al.*, 2020), serta memiliki permeabilitas dan momen magnetik yang tinggi (Putra, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Safitri *et al* (2024) didapatkan nilai magnetisasi MnFe_2O_4 sebesar 47,76 emu/g yang menunjukkan bahwa MnFe_2O_4 bersifat superparamagnetik. Nilai magnetisasi dari MnFe_2O_4

lebih tinggi dibandingkan ferrit lain seperti NiFe_2O_4 (Hariani *et al.*, 2021), CoFe_2O_4 (Naghizadeh *et al.*, 2019) dan ZnFe_2O_4 (Rahmayeni dkk, 2024). Nilai magnetisasi yang besar dapat mempermudah pemisahan material dari air dengan magnet eksternal, sehingga memungkinkan penggunaan komposit berulang.

Material komposit digunakan sebagai fotokatalis dalam proses degradasi zat warna sintetik. *congo red* adalah zat warna sintetik yang tergolong pewarna azo yang bersifat beracun, karsinogenik dan mutagenik terhadap lingkungan akibat struktur anionik di-azo benzidine (Lekshmi *et al.*, 2022). Penelitian ini menggunakan zat warna *congo red* karena mengandung gugus azo yang dikenal sangat stabil dan sulit terdegradasi dengan sendirinya (D'Souza *et al.*, 2017). Dengan demikian diharapkan mampu menguji efektivitas penyerapan fotokatalis $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ menggunakan metode fotokatalitik degradasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zamani *et al* (2020) panjang gelombang zat warna *congo red* berada pada daerah sinar tampak sebesar 500 nm, sehingga cocok menggunakan fotokatalis $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ dengan celah pita sempit.

Pewarna azo yang memiliki sifat toksik tersebut dapat dikurangi dengan metode seperti koagulasi (Ramadani dkk, 2024), ozonasi (Wulansarie dkk, 2024) dan elektrokimia (Arlianti dan Nurlatifah, 2018). Namun metode ini dapat menimbulkan koagulan yang tidak dapat digunakan lagi (Saravanan *et al.*, 2021). Pada penelitian ini menggunakan metode fotokatalitik degradasi yang diharapkan menjadi metode alternatif dalam mengurangi zat warna *congo red*. Metode fotokatalitik degradasi adalah metode penguraian molekul kimia besar menjadi molekul yang lebih kecil (Khan *et al.*, 2020). Proses ini terjadi dengan menggunakan cahaya untuk mengoksidasi polutan organik melalui reaksi reduksi oksidasi pada permukaan fotokatalis (Susanto dan Wibowo, 2015). Metode fotokatalitik degradasi memiliki keunggulan seperti efektivitas degradasi tinggi, berkelanjutan dan mudah diterapkan (Deka, 2019). Metode fotokatalitik degradasi telah banyak dikembangkan dalam berbagai penelitian untuk mendegradasi zat warna seperti *Rhodamine B* (Mawarni dkk, 2021), *Methyl red* (Riyanti *et al.*, 2018), *Methylene blue* (Chaudhari *et al.*, 2022), dan *Acid red* (Sugiyana dan Notodarmojo, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mensintesis $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun kersen untuk fotokatalitik degradasi zat warna *congo red*. Keberhasilan sintesis $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan *Vibrating sample magnetometer* (VSM), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning electron microscope-energy dispersive x-ray spectroscopy* (SEM-EDX) dan *Ultraviolet-visible diffuse reflectance* (UV-Vis DRS).

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam ekstrak daun kersen?
2. Bagaimana keberhasilan *green synthesis* $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ menggunakan ekstrak daun kersen?
3. Bagaimana pengaruh variasi pH, konsentrasi zat warna, waktu kontak terhadap kemampuan $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ dalam proses degradasi zat warna *congo red*?
4. Bagaimana laju kinetika degradasi zat warna *congo red* oleh $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan secara kualitatif kandungan senyawa metabolit sekunder dari ekstrak daun kersen.
2. Mensintesis $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ dengan penambahan ekstrak daun kersen dan mengkarakterisasi menggunakan VSM, XRD, SEM-EDX dan UV-Vis DRS.
3. Menentukan pengaruh variasi pH, konsentrasi zat warna, waktu kontak terhadap kemampuan degradasi $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$.
4. Menentukan laju kinetika degradasi zat warna *congo red* oleh $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pembaca mengenai sintesis $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ sebagai fotokatalitik dengan penambahan ekstrak daun kersen untuk degradasi zat warna *congo red*, sehingga dapat diaplikasikan dalam mengurangi pencemaran limbah cair zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M & Khairurrijal. (2009). Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1): 1-9.
- Akhlagi, N & Darzi, G. N. (2021). Manganese Ferrite (MnFe_2O_4) Nanoparticles: From Synthesis To Application A-Review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 103. 292–304.
- Alfiraza, E. N., Nurhidayati, L. G., Fahmasya, A & Wahyuningtias, A. 2024. Perbandingan Metode Ekstraksi terhadap Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L). *Journal of Pharmaceutical and Health Research*. 5(3): 9-16.
- Amaliya, S. T. (2024). Sintesis Dan Analisis Struktur Kristal Nanopartikel ZnO Menggunakan Metode Presipitasi Dengan pH-7. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, XII*, 161–168.
- Andari, N. D & Wardhani, S. (2014). Fotokatalis TiO_2 -Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem. Prog.* 7(1): 9-14.
- Angelina, G., Yanti, D. D., Ashari, A., Agung, A. A. J., & Ayuwulanda, A. (2024). Sintesis Nanopartikel ZnO Menggunakan Capping Agent Ekstrak Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) dan Studi Aktivitas Antioksidannya. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. (1): 10-20.
- Annisa, N & Najib, S. (2022). Skrining Fitokimia Dan Penetapan Kadar Total Fenol. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Herbal Medicine*, 1(2): 96–104.
- Arlianti, L & Nurlatifah, I. (2018). A Review: Degradasi Elektrokimia Zat Pewarna Golongan Azo (Azo Dyes). *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*. 5(2): 23-29.
- Boutra, B., Güy, N., Özacar, M & Trari, M. (2020). Magnetically Separable $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{TA}/\text{ZnO}$ Nanocomposites For Photocatalytic Degradation of Congo Red Under Visible Light. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 497(May 2019).
- Campos, A. F. C., Brito, P. H. M., Silva, F. G., Gomes, R. C., Gomide, G & Depuyrot, J. (2019). Removal of direct yellow 12 from water using CTAB-coated core-shell bimagnetic nanoadsorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 10303.
- Chaudari, A., Kaida, T., Desai, H. B., Ghosh, S., Bhatt, R. P., & Tanna, A. R. (2022). Dye Degradation and Antimicrobial Applications of Manganese Ferrite Nanoparticles Synthesized by Plant Extracts. *Chemical Physics Impact*. 5: 100098.
- Clavijo, C & Osma, J. F. (2019). Functionalizes Leather: A Novel and Effective Hazardous Solid Waste Adsorbent for the Removal of the Diazo Dye Congo

- Red from Aqueous Solution. *Water*. 11 (1906): 2–16.
- D'Souza, E., Fulke, A. B., Mulani, N., Ram, A., Asodekar, M., Narkhede, N & Gajbhiye, S. N. (2017). Decolorization of Congo red-mediated by Marine Alcaligenes Species Isolated From Indian West Coast Sediments. *Environmental Earth Sciences*. 76(20): 721.
- Damayanti, F., Malik, A., & Dahlia, A. A. (2023). Skrining Fitokimia dan Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*) Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Makassar Natural Product Journal*. 4(20): 191-202.
- Davis, K., Yarbrough, R., Froeschle, M., White, J & Rathnayake, H. (2019). Band Gap Engineered Zinc Oxide Nanostructures Via a sol-gel Synthesis of Solvent Driven Shape-Controlled Crystal Growth. *Royal Society of Chemistry Advances*. 9. 14638–1464.
- Deka, P. T. (2019). Perbandingan Proses Fotodegradasi Pada Zat Warna Metil Jingga Menggunakan Zeolit, Katalis Fe_2O_3 -Zeolit dan Sinar UV. *Journal of Pharmacy and Science*, 4(2): 71–76.
- Dini, E. W & Wardhani, S. (2014). Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Chem. Prog*. 7(1): 29 – 33.
- Elviera, Yulizar, Y., Apriandanu, D. O. B & Marcony Surya, R. (2022). Fabrication of Novel SnWO_4/ZnO Using *Muntingia Calabura* L. Leaf Extract With Enhanced Photocatalytic Methylene Blue Degradation Under Visible Light Irradiation. *Ceramics International*, 48(3), 3564–3577.
- Ernwati, L., Wahyuono, R. A., Maharsih, I. K., Yusariarta, A. W., Laksono, A. D., Kartikowati, C. W., & Nandiyanto, A. B. D. (2020). Fotodegradasi Zat Pewarna Tekstil (Rhodamin B) Menggunakan Adsorben berbasis Material Komposit Kalsium Titanate (CaTiO_3). *Jurnal Teknik Kimia*. 14(2): 32-39.
- Fakhzury., Kasim. A., Asben, A & Anwar, A. (2020). Review: Optimalisasi Metode Maserasi untuk Ekstraksi Tanin Rendemen Tinggi. *Menara*. 14(2): 38-41.
- Hariani, P. L., Said, M., Rachmat, A., Riyanti, F., Pratiwi, h. C. & Rizki, W. T. (2021). Preparation of NiFe_2O_4 Nanoparticles by Solution Combustion Method as Photocatalyst of Congo Red. *Bulletin of Chemical reaction Engineering & Catalysis*. 16(3): 482.
- Haryono, H., Faizal D, M., Liamita N, C., & Rostika, A. (2018). Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(1): 94.
- Hossain, M. D., Hossain, M. A & Sikder, S. S. (2022). Hysteresis Loop Properties of Rare Earth Doped Spinel Ferrites: A Review. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 564. 170095.

- Hassani, G., Takdastan, A., Ghaedi, M., Goudarzi, G., Neisi, A., & Babaei, A. A. (2016). Optimization of 4-chlorophenol Oxidation by Manganese Ferrite Nanocatalyst with Response Surface Methodology. *International Journal of Elektrochemical Science*. 11, 8471-8485.
- Huang, Z., Tong, A., Xing, T., He, A., Luo, Y., Zhang, Y., Wang, M., Qiao, S., Shi, Z., Chen, F & Xu, W.(2024). A Triple-Crosslinking Strategy For High-Performance Regenerated Cellulose Fibers Derived From Waste Cotton Textiles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 264: 1–9.
- Indriaty, Djufri, Ginting, B & Hasballah, K. (2023). Phytochemical Screening, Phenolic and Flavonoid Content, and Antioxidant Activity of Rhizophoraceae Methanol Extract from Langsa, Aceh, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(5): 2865–2876.
- Jumardin., Maddu, A., Santoso, K & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) dengan Metode UV-Vis DRS (Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 9(1): 1- 15.
- Karuvantevida, N., Razia, M., Bhuvaneshwar, R., Satishkumar, G., Prabukumar, S & Sivaramakrishnan, S. (2022). Bioactive Flavonoid used as a Stabilizing Agent of Mono and Bimetallic Nanomaterials for Multifunctional Activities. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 16(3): 1.
- Khan, I., Saeed, K., Ali, N., Khan, I., Zhang, B., & Sadiq, M. (2020). Heterogeneous photodegradation of industrial dyes: An insight to different mechanisms and rate affecting parameters. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5): 1–14.
- Kirupakar, B. R., Vishwanath, B. A., Sree, M. P & Deenadayalan. (2016). Vibrating Sample Magnetometer and Its Application in Characterisation Of Magnetic Property Of The Anti Cancer Drug Magnetic Microspheres. *International Journal Of Pharmaceutics & Drug Analysis*. 4(5): 227 – 233.
- Kiswanto, H., Yuniarto, A. H. P., Istiqomah, N. I., & Suharyadi, E. (2021). Struktur Kristal dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Mn-Ferrite yang Disintesis dari Bahan Alam Pasir Besi. *Jurnal Fisika Unand*. 10(4): 413-420.
- Kumar, A., Nayak, D., Sahoo, P., Nandi, B. K & Thangavel, R. (2024). Synthesis of Type-II TiO₂ nanoparticle/ZnO nanorods heterostructure for enhanced photocatalytic activity. *Materials Letters*. 136672.
- Kumar, V., Kaushik, N. K., Tiwari, S. K., Singh, D & Singh, B. (2023). Green Synthesis of Iron Nanoparticles: Sources and Multifarious Biotechnological Applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 1–30.
- Kumari, V., Mittal, A., Jindal, J., Yadav, S & Kumar, N. (2019). S-, N- and C-doped ZnO as Semiconductor Photocatalyst: A review. *Front. Master. Sci*.

13(1): 1- 12.

- Kustomo. (2020). Uji Karakterisasi dan Mapping Magnetit nanopartikel Terlapisi Asam Humat dengan Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9(3): 148-153.
- Lekshmi, G.S., Ramasamy, T., Bazaka, O., Levchenko, I., Bazaka, K., Govindan, R & Mandhakini, M. (2022). Antioxidant, Anti-Bacterial, and Congo Red Dye Degradation Activity of AgxO-Decorated Mustard Oil-Derived rGO Nanocomposites. *Molecules*. 27(5950).
- Levine, W. G. (1991). *Metabolism of Azo Dyes: Implication For Detoxication and Activation*. New York: Molecular Pharmacology.
- Liu, W., Wei, X., Wang, Z., Chu, G., & Wang, X. (2022). Rapid Determination of Rhodamine B in Chilli Powder by Electrochemical Sensor Based on Graphene Oxide Quantum Dots. *International Journal of Electrochemical Science*, 17, 1–12.
- Listiorini., Fahyuan, H. D & Ngatijo. (2018). Pengaruh Doping Ai Terhadap Band Gap Energy Lapisan Tipis ZnO. *Jurnal Online Fisika*. 4(1): 24-29.
- Lydia, C., & Allen, G. R. G. (2019). A Review on Photodegradation of Various Dyes Using Photocatalysts. *International Journal of Advanced Scientific and Management*. 4(7): 37 – 42.
- Masthura, M. (2019). Identifikasi Rhodamin B Dan Methanyl Yellow Pada Manisan Buah Yang Beredar Di Kota Banda Aceh Secara Kualitatif. *Amina*, 1(1), 39–44.
- Mawarni, T., Fadarina, H. C., Aznury, M., & Taufik, M. (2021). Degradasi Zat Warna Rhodamine B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe₂O₄ dan Aplikasikan pada Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas. *Jurnal Kinetika*. 12(3): 44-50.
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., & Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Matreial: X-Ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *Indonesian Journal of Laboratory*. 6(1): 9 – 16.
- Morozzi. P., Ballarin, B., Arcozzi, S., Brattich, E., Lucarelli, F., Nava, S., Cacades, P. J. G. C., Orza, J. A. G., & Tositti, L. (2021). Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS), a Rapid and Non-Destructive Analytical Tool For The Identification of Saharan Dust Events in Particulate Matter Filters. *Atmospheric Environment*. 252: 118297.
- Naaz, F., Dubey, H. K., Kumari, C., & Lhiri, P. (2020). Structural and Magnetic Properties of MgFe₂O₄ nanopowder synthesized via co-precipitation route. *SN Applied Sciences Journal*. 2: 808.
- Nagggar, A.H., Ahmed, A.S.A., El-Nasr, T.A.S., Alotaibi, N.F., Chong, K.F., Ali, G.A.M. (2023). Morphological Dependence of Metal Oxide Photocatalysts

- for Dye Degradation. *Inorganics. Inorganic*, 11, 484.
- Naghizadeh, M., Taher, M. A., & Tamaddon, A. M. (2019). Facile Synthesis and Characterization of Magnetic Nanocomposite ZnO/CoFe₂O₄ Hetero-Structure for Rapid Photocatalytic Degradation of Imidacloprid. *Heliyon*, 2870.
- Naimah, S., Ardhanie A., S., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Arianti C., A. (2014). Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit Tio₂ – Zeolit (Color Degradation In Textile Industrial Wastewater With. *Jurnal Kimia Kemasan*, 36, 225–236.
- Ngugi, F., Mwangi, J., Njagi, E., & Ombaka, O. (2021). Adsorption of rhodamine b from aqueous solution using mangroves (*Rhizophora mucronata*) carbon nanotubes nanocomposites. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 8(3), 5–10.
- Nurbayasari, R., & Saridewi, N. (2017). Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Rumput Laut Hijau *Caulerpa* sp . Biosynthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles with Extract of Green Seaweed. *Jurnal Perikanan UGM*, 19(1), 17–28.
- Nurholis., & Saleh, I. (2019). Hubungan Karakteristik Morfofisiologi Tanaman Kersen (*Muntingia Calabura*). *Agrovigor*. 12(2): 47-52.
- Permatahati, D. M., & Yanti, L. P. D. (2021). Metode Identifikasi Rhodamine B pada Makanan dan Kosmetik. *Bima Nursing Journal*, 2(1), 62.
- Prabakaran, E., & Pilay, K. (2018). Synthesis of N-doped ZnO nanoparticles with Cabbage Morphology As a Catalyst For The Efficient Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Under UV and Visible Light. *Royal Society Of Chemistry Advances*. 9, 7509–7535.
- Puspitasari, A. D & Wulandari, R. L. (2017). Aktivitas Antioksidan dan Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etil Asetat Daun Kersen (*Muntingia calabura* L). *Jurnal Pharmascience*. 4(2): 167-175.
- Putra, R. A. (2021). Kajian Mikrostruktur dan Dielektrik Nanopartikel MnFe₂O₄ Yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Hadron*, 3(2), 30–35.
- Putri, R., Sanjaya, H., & Yohandri. (2022). Pengaruh Waktu Penyinaran Terhadap Degradasi Zat Warna Methanil Yellow Menggunakan Metoda Fotosonolisis dengan Bantuan Katalis ZnO. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*. 11(1): 98 -101.
- Putri, S. A., Amanah, I. N., Susilawati, J., & Fabiani, A. (2021). Degradasi Zat Warna Rhodamin-B Menggunakan Green Fotokatalis Seng Ferit (ZnFe₂O₄)-Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratogeomachra glaucum*). *Fullerene Journ. Of Chem*, 6(2), 135–142.

- Qi, K., Cheng, B., Yu, J., & Ho, W. (2017). Review On The Improvement of The Photocatalytic and Antibacterial Activities of ZnO. *Journal of Alloys and Compounds*. 727. 792-820.
- Rahal, M., Atassi, Y., & Alghoraibi, I. (2022). Preparation of Separable MnFe₂O₄/ZnO/CQDs as a Visible Light Photocatalyst for Gentamicin treatment. *Materials Chemistry and Physics*, 286, 1–12.
- Rahmah, M. H., Nurfila., & Sari, A. P. (2022). Total Fenol dan Total Flavonoid Ekstrak Maserasi Bertingkat Daun Kersen (Muntingia calabura) Segar dan Kering: Suatu Bioagen immunomodulator untuk bahan minuman fungsional yang berkelanjutan. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*. 8(3): 767-780.
- Rahmayeni, Arief, S., Jamarun, N., Empriasi & Stiadi, Y. (2017). Magnetically Separable ZnO-MnFe₂O₄ Nanocomposites Synthesized in Organic-free media for Dye Degradation Under Natural Sunlight. *Oriental Journal Of Chemistry*. 33(6): 2758 – 2765.
- Rahmayeni., Yuliani, P., Putri, Y. E., & Stiadi, Y. (2024). Pemanfaatan Ekstrak Daun Sirih Hijau (Piper Betle Linn.) sebagai Capping Agent dalam Green Synthesis Spinel Ferrit ZnFe₂O₄ untuk Remediasi Fenol dalam Air dan sebagai Anti Bakteri. *Jurnal Riset Kimia*. 15(1): 73 -88.
- Ramadani, T. A., Fajrin, R., Mayangsari, N. E., & Astuti, U. P. (2024). Reduksi Zat Pewarna Kongo Merah via Koagulasi-Flokulasi dengan Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (Scylla serrata). *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. 6(2): 104-111.
- Riyanti, F., Hariani, P. L., Purwaningrum, W., Elfita., Santika, S., & Amelia, I. (2018). The Synthesis Of MnFe₂O₄-Activated Carbon Composite For Removal of Methyl Red From Aqueous Solution. *Molekul*. 13(2):123 – 132.
- Sadino, A., Sumiwi, S. A., & Sumarni, S. (2022). Jurnal Farmasi Sains dan Praktis Kajian Literatur : Kandungan Kimia Dan Aktivitas Farmakologi Daun Kersen (Muntingia Calabura L .) Literature Review : Chemical Content And Pharmacological Activity Of Kersen Leaf (Muntingia calabura L .). *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 8(1), 12–18.
- Safitri, B., Hariani, P. L., & Kusumawati, H. Y. (2024). Green Synthesis Nanomagnetic MnFe₂O₄ Using Breadfruit Leaf Extract (Artocarpus Altilis) And Anti-Bacterial Activity Test Against E. Coli And S. Aureus. *Analytical and Environmental Chemistry*, 9(01), 1–12.
- Sahdiah, H., & Kurniawan, R. (2023). Optimasi Tegangan Akselerasi pada Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk Pengamatan Morfologi Sampel Biologi. *Jurnal Sains dan Edukasi*. 6(2): 117 – 123.
- Saidah, I., Indriarto, R., & Cahyana, Y. (2022). Karakteristik dan Senyawa Fenolik Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor (Moringia oleifera) Dengan

Kombinasi Maltodekstrin dan Whey Protein Isolat. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 32(3): 273-282.

- Saravanan, A., Senthil Kumar, P., Jeevanantham, S., Karishma, S., Tajsabreen, B., Yaashikaa, P. R., & Reshma, B. (2021). Effective Water/wastewater treatment Methodologies for Toxic Pollutants Removal: Processes and Applications Towards Sustainable Development. *Chemosphere*, 280.
- Setyaningtyas. T., Riyani, K., Dwiasi, D. W., & Rahayu, E. B. (2018). Degradasi Fenol pada Limbah Cair Batik Menggunakan Reagen Fenton Dengan Sinar UV. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. 4(1): 26-33.
- Siddiqui, S.I., Allehyani, E.S., Al-Harbi, S.A., Hasan, Z., Abomuti, M.A., Rajor, H.K., & Oh, S. (2023). Investigation of Congo Red Toxicity towards Different Living Organisms. *Processes*. 11(807).
- Sugiyana, D., & Notodarmojo, S. (2015). Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO₂. *Jurnal Arena Tekstil*. 30(2): 83 – 94.
- Sutanto, H., & Wibowo, S. (2015). *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi, dan Aplikasi)*. Semarang: Telescope.
- Syahara, S., & Siregar, Y. F. (2019). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *Indonesian Health Scientific Journal*, 4(2), 121–125.
- Szymanski, N.J., Fu, S., Persson, E., & Ceder, G. (2024). Integrated Analysis of X-ray Diffraction Patterns and Pair Distribution Functions for Machine-learned Phase Identification. *npj Comput Mater*. 10 (45).
- Tangaran, R., Putri, S. E., & Hasri. (2023). Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Komposit Kitosan-Fe₂O₃. *Jurnal Chemica*, 24(1), 53–60.
- Tawainella, R. D., Riana, Y., Fatayati, R., Amelliya., Kato. T., Iwata. S & Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 18(52): 1-7.
- Vijayaram, S., Razafindralambo, H., Zhang, Y & Seerangaraj, S. (2023). Applications of Green Synthesized Metal Nanoparticles — a Review. *Biological Trace Element Research*, 1(0123456789), 360–386.
- Widiantari, N. W. A., & Suyasa, I. W. B. (2024). Fotoreduksi Ion Logam Cr(VI) Menjadi Cr(III) Menggunakan Katalis ZnO/Kitosan. *Jurnal Kimia*. 18(2): 153 – 160.
- Wulansarie, R., Rozaq M., Bismo, S., & Rengga, W. D. P. (2024). Degradation of Congo Red Dye in Wastewater using Ozonation Method with H₂O₂ Catalyzt. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 22(1): 150-154.
- Yuniar, Agustina, T. E., Faizal, M., & Hariani, P. L. (2023). Synthesis and

Characterization of ZnO/MnFe₂O₄ Nanocomposites for Degrading Cationic Dyes. *Journal of Ecological Engineering*, 24(4), 252–263.

- Zainul, R., Trafino, R., Krismadinata, Lapisa, R., Azhari, P., Lubis, A. P & Muhardi. (2023). Influence of ZnO on Antibacterial Properties of Portland Cement. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(6), 2045–2051.
- Zhang, B., Li, W., Ke, J., & Fang, S. (2024). Effective adsorption of As(V) from aqueous solution by quaternary ammonium and Zn²⁺ decorated lignin-based sorbent. *International Journal of Biological Macromolecules*, 261(947), 1–11.
- Zhang, X., Li, C., Chen, T., Tan, Y., Liu, X., Yuan, F., Zheng, S., & Sun, Z. (2021). Enhanced visible-light-assisted peroxymonosulfate activation over MnFe₂O₄ modified g-C₃N₄/diatomite composite for bisphenol A degradation. *International Journal of Mining Science and Technology*, 31(6), 1169–1179.
- Zuhro, S. H., Tutik & Marcella, S. (2021). Pengaruh Jenis Pelarut Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L) Terhadap Larva *Aedes Aegypti*. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 8(4): 367 -374.
- Zulaicha, A. S., Saputra, I. S., Sari, I. P., Ghifari, M. A., Yulizar, Y., Permana, Y. N., & Sudirman. (2021). Green Synthesis Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Daun Ilalang (*Imperata cylindrica* L). *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 1(3), 11–19.