

***GREEN SYNTHESIS*  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK  
DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA* L) SEBAGAI *CAPPING AGENT*  
DAN APLIKASINYA PADA DEGRADASI FOTOKATALITIK  
ZAT WARNA *CONGO RED***

**SKRIPSI**

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



**OLEH:**

**ANGGUN APRILIYANI**

**08031381924068**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**GREEN SYNTHESIS  $MnFe_2O_4$  DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK  
DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA L*) SEBAGAI *CAPPING AGENT*  
DAN APLIKASINYA PADA DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT  
WARNA CONGO RED**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**ANGGUN APRILIYANI**  
**08031381924068**

Indralaya, 31 Maret 2023

**Pembimbing I**

**Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M. Si.**  
**NIP. 196808271994022001**

**Pembimbing II**

**Dra. Fatma, MS.**  
**NIP. 196207131991022001**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Anggun Apriliyani (08031381924068) dengan judul "*Green Synthesis MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L) sebagai Capping Agent dan Aplikasinya pada Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Congo Red*" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Seminar Hasil Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Februari 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 31 Maret 2023

Ketua :

1. **Dr. Suheryanto, M.Si.**  
NIP. 196006251989031006

( *Suheryanto* )

Sekretaris :

1. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.**  
NIP. 197211092000032001

( *Nurlisa Hidayati* )

Pembimbing :

1. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.**  
NIP. 196808271994022001
2. **Dra. Fatma, MS.**  
NIP. 196207131991022001

( *Poedji Loekitowati Hariani* )  
( *Fatma* )

Penguji :

1. **Nova Yuliasari, M.Si.**  
NIP. 197307261999032001
2. **Drs. H. Dasril Basir, M.Si.**  
NIP. 195810091986031005

( *Nova Yuliasari* )  
( *Dasril Basir* )

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 di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Anggun Apriliyani

NIM : 08031381924068

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, 31 Maret 2023

Yang menyatakan,



Anggun Apriliyani

NIM. 08031381924068

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**


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

Nama Mahasiswa : Anggun Apriliyani  
NIM : 08031381924068  
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “*Green Synthesis MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L) sebagai Capping Agent dan Aplikasinya Pada Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Congo Red*” dengan hak bebas royalty 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 dengan sesungguhnya.

Indralaya, 31 Maret 2023  
Yang Menyatakan,



Anggun Apriliyani  
NIM. 08031381924068

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini sebagai tanda syukur dan terimakasih kepada Allah SWT dan Baginda Rasul Muhammad SAW, dan saya persembahkan kepada :

- Kedua Orangtuaku, Mamah dan Bapak yang Anggun sayangi dan cintai, yang telah mendoakan dan memberi support dalam bentuk apapun dikala senang maupun sedih serta yang telah menguatkan dan mengingatkan Anggun untuk selalu berbuat kebaikan.
- Kedua adikku tersayang, Karin Novitasari dan Raffa Dewantara, yang sudah memberi semangat kepada kakaknya yang cantik dan manis ini.
- Dosen pembimbing (Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si dan Dra. Fatma, MS).
- Orang baik yang memotivasiku selama masa perkuliahan.
- Sahabat dan teman-teman yang terlibat dan membantu dalam perkuliahan
- Teman-teman seperjuangan dan Almamaterku yang aku banggakan, Universitas Sriwijaya.
- Diri sendiri

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, perasaan syukur telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “*Green Synthesis MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L) sebagai Capping Agent dan Aplikasinya pada Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Congo Red*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si** dan Ibu **Dra. Fatma, MS** selaku pembimbing dalam segala hal yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dukungan, nasehat, motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu sehat selalu dan tambah sukses kedepannya.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat serta keberkahan dan rasa puji syukur yang begitu besar aku panjatkan kepadanya.
2. Mamah terbaikku, Bapak pahlawan terbaikku, dan kedua adikku (Karin dan Raffa) yang sangat kusayangi, pengingatku, penyemangatku, terimakasih atas Do'a dan semua dukungan serta nasehat kebaikan yang selalu menjadi penyemangat untuk melangkah dalam kehidupan hingga saat ini. Mamah, bapak, dan adek sehat-sehat terus yahh.
3. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si. Selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. Selaku sekretaris Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhirku, Pembimbing Akademik, dan Pembimbing Kerja Praktik (KP) yang sangat berjasa membantu dalam segala hal, memberikan waktu dan sangat besar kesabaran setiap bimbingan yang ibu berikan. Terimakasih banyak atas segalanya ibu.
7. Ibu Dra. Fatma, MS. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhirku, terimakasih telah banyak membantu, membimbingku dengan sabar dan waktu yang ibu berikan. Terimakasih banyak atas segalanya ibu.
8. Ibu Nova Yuliasari, M.Si. dan Bapak Drs. H. Dasril Basir, M.Si. Selaku pembahas dan penguji seminar hasil dan sidang sarjana yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
10. Mbak Novi dan Kak Cosiin, selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu permasalahan administrasi perkuliahan hingga tugas akhir.
11. Ibu Yuniar, S.T. M.Sc., Ibu Siti Nuraini. dan Ibu Hanida Yanti, A. Md. Selaku analis di Laboratorium Kimia yang membantu dalam hal administrasi fasilitas laboratorium untuk keperluan tugas akhir.
12. Keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan senantiasa memberi dukungan dan arahan.
13. Orang baik dengan nim 08031381924083 yang telah hadir di dalam hidup penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan penyemangat, menjadi tempat berbagi kisah, menemani dalam kebahagiaan dan kesedihan, serta mendengarkan keluh kesah penulis. Semangat buat kamu penelitiannya yahh.



14. Tim Kelor (Piti dan Lolik), tidak terbayangkan bagaimana perjuangan kita bertiga menyelesaikan penelitian ini walaupun banyak badai dan rintangan tetapi kita saling menguatkan satu sama lain, partner lembur sampai mengingap di lab terimakasih yahh semoga kita bertiga sukses kedepannya dan cepat dapat kerja! Aaamiinnn.
15. Ciwi-ciwi hebat (Annash, Yollan, Lolik) terima kasih telah menjadi sahabat seperjuangan, tempat berbagi keluh kesah, penghibur, pemberi warna, dan penyemangat sejak SMA hingga masa perkuliahan. Inget ga kita berempat pernah ngomong mau lulus bareng? Hwaaa we did it, Alhamdulillah.
16. Grup SUKSES (Feby, Mayang, dan Nada) walaupun aku gatau kata sukses itu berasal darimana tapi aku doakan kita berempat bisa sukses aamiinn. Oiyaaa terima kasih telah menyediakan tempat ternyaman untuk berbagi cerita random perhibahan, perdoian, selalu mendengarkan keluh kesahku dan selalu ada disaat senang ataupun susah. Jangan lupain aku ya maaf kalau ada kata-kata aku yang menyinggung kalian tapi ingat aku sayang banget sama kalian hwaaa terimakasih sudah mau jadi temanku.
17. Pasukan 3431 (Feby, Mayang, Nada, Dina, Maul, Bang Rajes, Jepri, Agung, Neneng, Bang Apres, dan Mitha) terima kasih telah menjadi teman seperjuangan sekaligus keluarga selama di perkuliahan hingga sekarang, terima kasih atas segala support dan kebaikan dari kalian. Semangat penelitian dan skripsian yahh ols.
18. Tetracheat (Sisil, Pindi, dan Fio) terimakasih selalu memberikan semangat dan dukungan baik secara online maupun offline. Semangat buat kita kedepannya ayo nongki xixi
19. Trice (Ayu dan Eca) terimakasih telah menjadi sahabatku dari SMP hingga sekarang, memberikan semangat dan dukungan baik secara online maupun offline. Sukses terus buat kita dimanapun kita berada!

20. Inda, Ujuk, dan ima sahabat gabutku terima kasih telah memberi semangat, dukungan, motivasi dan memberi warna di sela-sela gundahnya tugas akhir ini. Semangat yaa sist
21. Jeme Kele (Cece, Pio, Anin, Pici, Niken, Aisyah, Irakk, Fadilah, gumeii, afif, kaka, dan aan) keluarga kecil KKN-ku, terimakasih telah menghibur dan memberi semangat revisian skripsi selama KKN. Pengalaman selama KKN akan selalu jadi kenangan manis semangat buat kita, senang bisa kenal sama kalian lopyu ols.
22. Teruntuk diriku sendiri, terimakasih banyak sudah mau kuat sejauh ini, terimakasih untuk selalu sabar dalam segala hal. Terimakasih banyak selalu ikhlas dan tabah dalam menerima segala hal. Kamu bisa dan kamu mampu. Orang lain mengecilkanmu tapi jika kamu berusaha Allah akan mengangkat derajatmu. *Love your self as you are.*
23. Dan terakhir, kepada siapapun itu yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang banyak membantu, memberi dukungan, terimakasih telah menemani perjalanan dan perjuangan selama kuliah ini.

Semoga bimbingan dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang bahkan kemasyarakatan.

Indralaya, 31 Maret 2023

Penulis

## SUMMARY

### GREEN SYNTHESIS $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ WITH THE ADDITION OF MORINGA OLEIFERA L EXTRACT AS A CAPPING AGENT AND ITS APPLICATION IN PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CONGO RED DYE

Anggun Apriliyani: Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.  
and Dra. Fatma, MS.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Sriwijaya University.

xviii + 70 pages, 21 pictures, 4 tables, 18 attachment.

The textile industry in Indonesia produces a lot of liquid waste containing dyes, one of which is Congo Red. Congo Red dye is toxic, mutagenic, and carcinogenic which can pollute the environment. This research was conducted to synthesize  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  with the addition of Moringa leaf extract as a capping agent using the green synthesis method used for photocatalytic degradation of Congo Red dye.  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  was characterized using XRD, SEM-EDX, VSM, UV-VIS DRS, and FTIR. Photocatalytic degradation variables include the effect of pH, concentration, and irradiation time. The XRD diffractogram of  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  showed an average crystal size of 16.5 nm. SEM-EDX results obtained morphology in the form of irregular particle size with constituent elements consisting of Mn (22.41%), Fe (44.81%), and O (21.44%). VSM characterization results show the saturation magnetization value of  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  of 19.52 emu/g. The band gap value from UV-VIS DRS results is 1.66 eV. The FTIR spectrum of  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  shows the presence of Mn-O, Fe-O, C-O, C=C, and O-H functional groups.  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  has a  $\text{pH}_{\text{pzc}}$  at pH 7.43. The best condition of photocatalytic degradation of Congo Red dye to the effect of pH 3, dye concentration of 75 mg/L, and irradiation time for 105 minutes obtained a percentage of degradation of 96.92%. The test results using TOC Analyzer showed that  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  successfully degraded with a percentage of carbon reduction of 78.94%. The results showed that  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  was able to degrade Congo Red dye.

**Keywords** : Green Synthesis,  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , Photocatalytic degradation, Congo Red.

Citation : 85 (2000-2022).

## RINGKASAN

### ***GREEN SYNTHESIS MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA L*) SEBAGAI CAPPING AGENT DAN APLIKASINYA PADA DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA CONGO RED***

Anggun Apriliyani : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.  
dan Dra. Fatma, MS.

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

xviii + 70 halaman, 21 gambar, 4 tabel, 18 lampiran.

Industri tekstil di Indonesia banyak menghasilkan limbah cair yang mengandung zat warna, salah satunya *Congo Red*. Zat warna *Congo Red* bersifat toksik, mutagen, dan karsinogenik yang dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini dilakukan sintesis MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan penambahan ekstrak daun kelor sebagai *capping agent* menggunakan metode *green synthesis* yang digunakan untuk degradasi fotokatalitik zat warna *Congo Red*. MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDX, VSM, UV-VIS DRS, dan FTIR. Variabel degradasi fotokatalitik meliputi pengaruh pH, konsentrasi, dan waktu penyinaran. Hasil difraktogram XRD MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> menunjukkan ukuran kristal rata-rata sebesar 16,5 nm. Hasil SEM-EDX diperoleh morfologi berupa ukuran partikel yang tidak beraturan dengan unsur penyusun yang terdiri dari Mn (22,41%), Fe (44,81%), dan O (21,44%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebesar 19,52 emu/g. Nilai *band gap* dari hasil UV-VIS DRS sebesar 1,66 eV. Spektrum FTIR MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> menunjukkan adanya gugus fungsi Mn-O, Fe-O, C-O, C=C, dan O-H. MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> memiliki pH<sub>pzc</sub> pada pH 7,43. Kondisi terbaik degradasi fotokatalitik zat warna *Congo Red* terhadap pengaruh pH 3, konsentrasi zat warna 75 mg/L, dan waktu penyinaran selama 105 menit didapatkan persentase degradasi sebesar 96,92%. Hasil uji menggunakan TOC *Analyzer* menunjukkan MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> berhasil mendegradasi dengan persentase penurunan karbon sebesar 78,94%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> mampu mendegradasi zat warna *Congo Red*.

**Kata kunci** : *Green Synthesis*, MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Degradasi fotokatalitik, *Congo Red*

Sitasi : 85 (2000-2022).

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY .....	xi
RINGKASAN .....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Industri Tekstil .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 <i>Green Synthesis</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Degradasi Fotokatalitik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.5	Mangan Ferrit ( $MnFe_2O_4$ ) .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.6	Daun Kelor ( <i>Moringa oleifera</i> L).....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.7	Karakterisasi .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.7.1	<i>X-ray Diffraction</i> (XRD). .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.4	<i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-VIS DRS) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7.5	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8	<i>Total Organic Carbon</i> (TOC) .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1	Waktu dan Tempat.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
3.2	Alat dan Bahan.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
3.2.1	Alat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2	Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3	Prosedur Penelitian .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
3.3.1	Ekstraksi Daun Kelor.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.2	Analisa Kualitatif .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.3	Sintesis $MnFe_2O_4$ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.4	Karakterisasi Material.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.5	Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.6	Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.7	Analisis Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4.1 Analisa kualitatif Ekstrak Daun Kelor .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.2 MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Hasil Sintesis .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.3 Karakterisasi Material .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.3.1 Hasil Karakterisasi MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dengan XRD	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.2 Hasil Karakterisasi MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dengan SEM-EDX	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.3 Hasil Karakterisasi MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dengan VSM	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.4 Hasil Karakterisasi MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dengan UV-Vis DRS	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4 Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.5 Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> ...	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.5.1 Pengaruh pH .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.3 Pengaruh Waktu Penyinaran	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6 Hasil Pengujian <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Kesimpulan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
5.2 Saran .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	5
Gambar 2. Manfaat Utama dari Metode <i>Green Synthesis</i> .....	6
Gambar 3. Struktur $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	8
Gambar 4. Senyawa yang terkandung dalam daun kelor.....	9
Gambar 5. Pola XRD $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	10
Gambar 6. Hasil pencitraan SEM $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	11
Gambar 7. Kurva Loop Histeris ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ) .....	12
Gambar 8. Uv-Vis DRS $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	13
Gambar 9. Spectrum FTIR $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	13
Gambar 10. $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ Hasil Sintesis serta diuji dengan magnet eksternal.....	24
Gambar 11. Mekanisme $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ dengan penambahan <i>capping agent</i> .....	25
Gambar 12. Hasil difraktogram dari $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	26
Gambar 13. Morfologi $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ menggunakan <i>mapping</i> .....	27
Gambar 14. Morfolgi permukaan $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ dengan beberapa perbesaran .....	27
Gambar 15. Spectra EDX $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	28
Gambar 16. Kurva VSM dari $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	29
Gambar 17. Besarnya energi gap $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	30
Gambar 18. Spectra FTIR $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	31
Gambar 19. Grafik pH <sub>pzc</sub> $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	32
Gambar 20. Pengaruh variasi pH zat warna <i>Congo Red</i> pada $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	33
Gambar 21. Pengaruh variasi konsentrasi zat warna <i>Congo Red</i> pada $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	34
Gambar 22. Kurva variasi waktu penyinaran <i>Congo Red</i> pada $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	35



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Senyawa yang terkandung pada ekstrak daun kelor .....	23
Tabel 2. Data unsur-unsur penyusun $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	28
Tabel 3. Interpretasi gugus fungsi spektra IR $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	31
Tabel 4. Hasil karakterisasi TOC Larutan <i>Congo Red</i> .....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Sintesis Nanomagnetik $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	47
Lampiran 2. Reaksi Pembentukan Nanomagnetik $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	48
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ menggunakan XRD .....	49
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ menggunakan SEM-EDX .....	51
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ menggunakan UV-VIS DRS .....	52
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ menggunakan FTIR .....	54
Lampiran 7. Data Analisa pH <i>Point Zero Charge</i> (PZC) .....	55
Lampiran 8. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Congo Red</i> .....	56
Lampiran 9. Kurva Kalibrasi Larutan Standar <i>Congo Red</i> .....	57
Lampiran 10. Kondisi pH terbaik dengan penyinaran+ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	58
Lampiran 11. Kondisi pH terbaik dengan penyinaran saja .....	60
Lampiran 12. Kondisi konsentrasi terbaik dengan penyinaran+ $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	62
Lampiran 13. Kondisi konsentrasi terbaik dengan penyinaran saja .....	63
Lampiran 14. Kondisi waktu penyinaran terbaik penambahan $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ .....	64
Lampiran 15. Kondisi waktu penyinaran terbaik.....	65
Lampiran 16. Kurva Kalibrasi Analisis <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) .....	66
Lampiran 17. Hasil Pengujian TOC.....	67
Lampiran 18. Gambar Penelitian .....	68

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tekstil berkembang dengan pesat namun tidak diiringi dengan pengolahan limbah tekstil yang tepat (Putri dkk., 2021). Terdapat berbagai masalah yang ditimbulkan seperti tingginya tingkat pencemaran limbah cair sisa proses pewarnaan. Tahapan proses pewarnaan salah satunya adalah tahap pencelupan dimana tahapan ini menghasilkan sekitar 6% garam dan 24% zat warna yang berupa limbah cair dan masuk ke perairan (Lestari dkk., 2021).

Zat warna tahan terhadap degradasi kimia dan mengandung berbagai macam pewarna sintetis yang stabil terhadap cahaya dan oksidator dikarenakan strukturnya sangat kompleks (Kumari *et al.*, 2016). Adanya pemakaian zat warna sintesis akan memicu permasalahan baru dengan peningkatan limbah yang mengandung zat warna dan sulit untuk terdegradasi (Ruzicka dkk., 2014). Limbah zat warna terdekomposisi dengan bantuan cahaya matahari dengan intensitas cahaya *ultraviolet* masuk ke permukaan bumi yang relatif rendah sehingga reaksi yang dihasilkan berjalan lambat (Naimah dkk., 2014). Zat warna diklasifikasikan dalam senyawa hidrokarbon aromatik, antraquinon, stiril, nitro, benzodifuranon dan gugus azo (Haryono dkk., 2018). Kandungan gugus azo yang terdapat pada zat warna menyebabkan zat warna sulit terurai sehingga dapat menimbulkan masalah pencemaran air (Sausan dkk., 2021). Zat warna dapat dibedakan menjadi beberapa macam, salah satunya, zat warna *congo red*. *Congo red* merupakan salah satu pewarna azo anionik (Huda dan Yulitaningtyas., 2018) dan mengandung gugus kromofor (Supriyanto dkk., 2021). Struktur molekul kimia *Congo Red* yang kompleks menyebabkan molekulnya sangat stabil dan tahan terhadap degradasi (Yang *et al.*, 2021).

Metoda penanggulangan cemaran zat warna diantaranya degradasi fotokatalitik, koagulasi, oksidasi kimia, dan adsorpsi (Tan *et al.*, 2012). Metode degradasi fotokatalitik dapat dijadikan metode alternatif untuk pengolahan limbah zat warna. Degradasi fotokatalitik dapat menguraikan zat warna menjadi unsur yang lebih aman dan sederhana untuk dibuang dan tidak membahayakan lingkungan (Bhernama., 2015). Proses fotokatalis lebih disukai karena terbarukan,

aman, dan bersih (Ranjeh *et al.*, 2020). Teknologi fotokatalis juga mampu menghilangkan semua jenis bahan pencemar dalam air dengan memanfaatkan material semikonduktor (Raileanu *et al.*, 2013).

Nanomagnetik jenis ferit memiliki kegunaan sebagai fotokatalis (Rahmayeni dkk., 2016). Struktur nanomagnetik transisi magnetik dengan spinel struktur mewakili ion logam divalen berbentuk kubik salah satunya  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  yang memiliki keunikan sifat magnetik seperti magnetisasi ukuran sedang, efek domain tunggal, superparamagnetisme (Zipare *et al.*, 2015). Efek sinergis *Mangan ferrite* antara  $\text{Mn}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{2+}$  secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi transfer elektron dalam sistem  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ , sehingga menghasilkan lebih banyak radikal pengoksidasi dan meningkatkan efek degradasi terhadap polutan (Zhang *et al.*, 2001).  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  stabil dalam pengaruh temperatur karena sifatnya sulit terkorosi serta permeabilitas magnetik yang baik dengan konduktivitas elektronik yang tinggi (Putri dan Puryanti., 2020).

Beberapa tanaman saat ini sedang dikembangkan untuk biosintesis nanomagnetik logam salah satunya, tanaman kelor ((Iravani., 2011). Tanaman kelor adalah tanaman yang banyak dijumpai dan laju pertumbuhannya relatif cepat. Preparasi nanomagnetik  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  telah dilakukan dengan beberapa metode diantaranya reaksi padatan, ekstrak tanaman (*Green Synthesis*), hidrotermal, *electrospinning*, dan kopresipitasi. Diantara metode tersebut, sintesis dengan ekstrak tanaman merupakan metode sintesis alternatif yang ramah lingkungan (Ahmed *et al.*, 2015) dan dapat digunakan untuk skala besar produksi nanomagnetik logam (Iravani., 2011). Ekstrak tanaman daun kelor mengandung senyawa fotokimia seperti terpenoid, flavonoid dan asam fenolik yang bertindak sebagai *capping agent* atau penstabil selama sintesis nanomagnetik agar tidak terjadi aglomerasi (Matinise *et al.*, 2018). Pelarut yang paling efektif untuk ekstraksi tanaman kelor adalah etanol (Larasati dkk., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mensintesis  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  dengan penambahan ekstrak kental daun kelor (*Moringa Oleifera* L) dan diaplikasikan untuk mendegradasi *Congo red*. Keberhasilan sintesis  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  dibuktikan menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM),

*Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-VIS DRS), dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Penentuan kondisi terbaik degradasi fotokatalitik seperti pengaruh variasi pH, variasi konsentrasi, dan variasi waktu penyinaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil dari karakterisasi  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  yang disintesis menggunakan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera L*)?
2. Bagaimana pengaruh variasi pH, konsentrasi zat warna, dan waktu penyinaran terhadap kemampuan  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  dari proses degradasi fotokatalis?
3. Apakah  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  mampu mendegradasi zat warna *Congo Red* berdasarkan uji dengan *Total Organik Carbon* (TOC)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  dengan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera L*) dan mengkarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS, VSM, UV-VIS DRS, dan FTIR.
2. Menentukan pengaruh variasi pH, konsentrasi zat warna, dan waktu penyinaran terhadap kemampuan  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  dari proses degradasi fotokatalitik.
3. Membuktikan bahwa  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  mampu mendegradasi zat warna *Congo Red* dari hasil uji dengan *Total Organik Carbon* (TOC).

## 1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi dan pengetahuan kepada pembaca mengenai proses sintesis *Mangan Ferrite* ( $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ) dengan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai material fotokatalis dalam mendegradasi zat warna *Congo Red*. Hasil yang didapatkan dari penelitian dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran limbah yang disebabkan oleh senyawa-senyawa yang susah terdegradasi secara alami dengan bantuan degradasi fotokatalitik serta dapat menanggulangi masalah limbah dari zat warna pada tekstil yang tidak membahayakan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, Y., Abdullah, A. H., Zainal, Z., dan Yusof, N. A. 2011. Photodegradation of M-Cresol by Zinc Oxide Under Visible-Light Irradiation. *International Journal Of Chemistry*. 3(3): 31–43.
- Ali, M. H. M., Al-Saad, K., Popelka, A., Tilborg, G. V. and Goormaghtigh, E. 2016. Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Atomic Force Microscopy in Stroke-Affected Brain Tissue. *Swift Journal of Medicine And Medical Sciences*. 2(2): 11–24.
- Adam, F., Himawan, A., Aswad, M., Ilyas, S., Heryanto., Anugrah. M.A. and Tahir, D. 2020. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Moringa oleifera* l. water extract and its photocatalytic evaluation. *Journal of Physics*. 1763(1): 1-6.
- Ahamad, T., Ruksana., Chaudhary, A.A., Naushad, M. and Alshehri, S.M. 2019. Fabrication of  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  Nanoparticles Embedded Chitosan Diphenylureaformaldehyde Resin for The Removal of Tetracycline From Aqueous Solution. *International Journal of Biological Macromolecules*. 134(1): 180-188.
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B.L. and Ikram, S. 2015. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. *Journal of Advanced Research*. 5-8.
- Ali, H. Q. and Mohammed, A.A. 2020. Elimination of Congo Red Dyes From Aqueous Solution Using *Eichornia Crassipes*. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*. 4(21): 21-32.
- Aliah, H. dan Karlina, Y. 2015. Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  Sebagai Material Fotokatalis Berulang. *Jurnal Fisika*. 9(1): 185-203.
- Apriani, W., Perdana, I. dan Saraswati, S. P. 2014. Pengaruh Jenis Arang Aktif Ampas Tebu, Tatal Kayu dan Tempurung Kelapa Terhadap Kemampuan Penjerapan Warna Air Sungai Sambas. *ASEAN Journal of Systems Engineering*. 2(2): 59-64.
- Atacan, K., Guy, N., Boutra, B. and Ozacar, M. 2020. Enhancement of Photoelectrochemical Hydrogen Production by using a Novel Ternary  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4/\text{GO}/\text{MnFe}_2\text{O}_4$  Photocatalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*. 45(1): 17453-17467.
- Aziz, A., Ali, N., Khan, A., Bilal, M., Malik, S., Ali, N. and Khan, H. 2020. Chitosan-zinc Sulfide Nanoparticles, Characterization and Their Photocatalytic Degradation Efficiency for Azo Dyes. *International Journal of Biological Macromolecules*. 153(1): 502-512.

- Babychan, N., Reshma., Mole, S. and Prabhachandh, S. 2017. Analysis of Antioxidant Properties of *Morinfa Oleifera* Lam in Urban and Coastal Area. *International Journal of Applied Research*. 3(6): 1098-1101.
- Bakatula, E. N., Richard, D., Neculita, C. M., and Zagury, G. J. 2018. Determination of Point of Zero Charge of Natural Organic Materials. *Environmental Science And Pollution Research*. 25(8): 7823–7833.
- Bhernama, B. G., Safni, S., & Syukri, S. 2015. Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis TiO<sub>2</sub>-anatase dan SnO<sub>2</sub>. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*. 1(1): 49-62.
- Bisutti, I., Hilke, I. and Raessler, M. 2004. Determination of Total Organic Carbon-an Overview of Current Methods. *Trends in Analytical Chemistry*. 23(1): 10-11.
- Cao, G. 2004. *Nanostructures and Nanomaterials*. USA: Imperial College Press.
- Cherie, D. A. and Dagnaw, L. A. 2021. Point Zero Charge Determination and Fluoride Adsorption on Natural Red Ash (Metal Oxide). *Asian Journal of Applied Chemistry Research*. 8(4): 1-6.
- Christou, C., Agapiou, A., and Kokkinofita, R. 2018. Use of FTIR Spectroscopy and Chemometrics for the Classification of Carobs Origin. *Journal of Advanced Research*. 10: 1–8.
- Devi, L.G., Kumar, S.G., Reddy, K.M. and Munikrishnappa, C. 2009. Effect of Various Inorganic Anions on The Degradation of Congo Red, a di Azo Dye, by The Photo-Assisted Fenton Process Using Zero-Valent Metallic Iron as a Catalyst. *Desalination and Water Treatment*. 4(1): 294-305.
- Dewi, S. H. dan Ridwan, R. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(2): 136-140.
- Dewi, N., Awaluddin, A. dan Mukhtar, A. 2015. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida pada Degradasi Methylene Blue Menggunakan Mangan Oksida yang disintesis dengan Metode Sol-Gel. 1-7.
- Dewi, N. R. K. dan Widjanarko, S. B. 2015. Studi Proporsi Tepung Porang: Tapioka dan Penambahan NaCl Terhadap Karakteristik Fisik Bakso Sapi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(3): 855-864.
- Dini, E. W. P. 2019. Degradasi Metilen Blue Menggunakan Fotokatalis ZnO-zeolit. *Chemistry Progress*. 7(1).

- Djawa, J.P.T., Tawa, B.D. dan Wogo. H.E. 2018. Degradasi Zat Warna Azo Metil Orange Menggunakan Besi Valensi Nol. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi*. Malang: 3 Februari 2018. Hal 1-6.
- Fitri, A., Toharmat, T., Astuti D.A. and Tamura, H. 2015. The Potential Use of Secondary Metabolites in *Moringa Oleifera* as an Antioxidant Source. *Media Peternakan*. 38(3): 169-175.
- Habiba, U., Lee, J.J.L., Joo, T.C., Ang. And Afifi, A.M. 2019. Degradation of Methyl Orange and Congo Red by Using Chitosan/Polyvinyl Alcohol/TiO<sub>2</sub> Electrospun Nanofibrous Membrane. *International Journal of Biological Macromolecules*. 131(1): 821-827.
- Haryono, Haryono, and Atiek Rostika. 2018. Pengolahan limbah zat warna tekstil terdispersi dengan metode elektrofotasi. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)* 3(1): 94-105.
- Huda, T. dan Yulitaningtyas, T.K. 2018. Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *Chem Anal*. 01(01): 09-19.
- Indira *et al.*, 2021. Photocatalytic Degradation of Congo Red Dye Using Nickel–Titanium Dioxide Nanoflakes Synthesized by Mukia Madrasapatna Leaf Extract. *Environ*. 202(1): 111647.
- Iravani, S. 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chem*. 13(1): 2683-2650.
- Jamaluddin., Nugraha, S. T., Maria, M., dan Umar, E. P. 2018. Prediksi Total Organic Carbon (TOC) Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal Geoelebes*. 2(1): 1-5.
- Jannah, F., Rezagama, A. dan Arianto, F. 2017. Pengolahan Zat Warna Turunan Azo dengan Metode Fenton (Fe<sup>2+</sup> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dan Ozonasi (O<sub>3</sub>). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(3): 1-11.
- Kaneko, T., Watakuni, Y., Toyama, T., Kojima, Y. and Nishimiya, N. 2017. Characterization and hydrogen sorption behaviors of FeNiCr-carbon composites derived from Fe, Ni and Cr-containing polyacrylonitrile fibers prepared by electrospinning method. . *International Journal of Hydrogen Energy*. 30(1): 1-9.
- Kiswanto, H., Puspitasari, A., Suharyadi, E., Kato, T. and Iwata, S. 2018. Effect of Zinc on Crystal Structure and Magnetic Properties of Co<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Synthesized by Coprecipitation Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 367(1): 012001.
- Kumari, R. Mankamna, *et al.* 2016. "Antibacterial and photocatalytic degradation efficacy of silver nanoparticles biosynthesized using Cordia dichotoma leaf extract." *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology* 7(4) : 045009.



- Kutchko, B. G. and Kim, A. G. 2006. Fly Ash Characterization by SEM–EDS. *Fuel*, 85(17-18), 2537-2544.
- Larasati, T., Yassi, R.M. dan Malis, E. 2021. Pengaruh Jenis Pelarut Dalam Ekstraksi Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Daya Mortalitas Larva (*Aedes Aegypti*). *Jurnal PGRI*. 3(1): 15-25.
- Lestari, N.C., Budiawan, I. dan Fuadi, A.M. 2021. Pemanfaatan Cangkang Telur dan Sekam Padi Sebagai Bioadsorben Metilen Biru pada Limbah Tekstil. *Jurnal Riset Kimia*. 12(1):36-37.
- Li, C., Chen, S., Wang, Y. and Hou, Y. 2019. ZnO/ZnS heterostructures grown on Zn foil substrate by hydrothermal method for photoelectrochemical water splitting. *International Journal of Hydrogen Energy*. 44(1): 25416-25427.
- Mahmoodi, N.M. 2013. Manganese Ferrite Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Dye Degradation Ability. *Desalination and Water Treatment*. 1(1): 1-7.
- Majid, N., Majid, A. dan Paulus, A. Y. 2022. Identifikasi Golongan Senyawa Tanin, Flavonoid, Alkoloid, dan Saponin Sebagai Senyawa Antibakteri Pada Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* ). *CHMK Applied Scientific Journal*. 5(1): 1-7.
- Massinai, M.A., Mamudi, W. and Massinai, M.F.I. 2021. Distribution Pattern Identification of Mineral using XRF and XRD Method in Jeneberang Watershed, Indonesia. *Journal of Hunan Univesity*. 48(6): 146-152.
- Matinise, N., Kaviyarasu, K., Mongwaketsi, N., Khamlich, S., Kotsedi, L., Mayedwa, N. and Maaza, M. 2018. Green synthesis of novel Zinc iron oxide (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Nanocomposite via *Moringa Oleifera* Natural Extract for Electrochemical applications. *Applied Surface Science*. 466(1): 66-73.
- Mierziak, J., Kostyn, K. and Kulma, A. 2014. Flavonoids as Important Molecules of Plant Interactions With The Environment. *Molecules*. 19(1): 16240-16265.
- Mujamilah., Ridwan., Muslich, M.R., Purwanto, S., Febri, M.I.M. Yohannes., Santoso, A.M.E. dan Mugirahardjo. 2000. Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Tipe Oxford VSM 1.2 H. *Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet I*. Serpong: 11 Oktober 2000. Hal 77-81.
- Naaz, F., Dubey, H. K., Kumari, C., and Lahiri, P. 2020. Structural and Magnetic Properties of MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanopowder Synthesized Via Co-Precipitation Route. *Sn Applied Sciences*. 2(5): 1–8.
- Nahak, O. R., Tahuk, P. K., Bira, G. F., Bere, A. dan Riberu, H. 2019. Pengaruh Penggunaan Jenis Aditif yang Berbeda Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Silase Komplit Berbahan Dasar Sorgum. *JAS*. 4(1): 3-5.

- Naimah, S., Ardhanie, S., Jati, B.N., Aidha, N.N. dan Arianita, A. 2014. Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO<sub>2</sub>-Zeolit. *Jurnal Kimia Kemasan*. 36(1): 225-236.
- Naseri, M.G., Saion, E.B., Ahangar, H.A., Hashim, M. and Shaari, A.H. 2011. Synthesis and Characterization of Manganese Ferrite Nanoparticles by Thermal Treatment Method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 323(1): 1745-1749.
- Nguyen, H. T. T., Nguyen, D. C., and Bach, L. G. 2019. A Facile Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Activity of Magnesium Ferrite Nanoparticles Via the Solution Combustion Method. *Journal of Chemistry*. 1(1):1-8.
- Nurhasanah, I., Priyono., Karnaji. Dan Richardina, V. 2018. Fotokatalis Nanopartikel Magnetis Zinc Ferrite dengan Penyinaran Cahaya UV dan Cahaya Tampak. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 13(1): 33-39.
- Oktaviani, Z.P. dan Haris, A. 2016. Sintesis ZnO-SiO<sub>2</sub> dan Aplikasinya Pada Fotokatalisis Degradasi Limbah Organik Fenol dan Penurunan Kadar Cd(II) Secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 19(2): 45-49.
- Panche, A. N., Diwan, A. D. and chandra, S, R. 2016. Flavonoids: An overview. *J Nutr Sci*, 5(1): 15.
- Pandey, A., Singh, P. and Lyengar, L. 2007. Bacterial Decolorization and Degradation of Azo Dyes. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 59(1): 73-84.
- Pardede, A., Manjang, Y., dan Efdi, M. 2013. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol dari Kulit Batang Manggis. *Media Sains*. 2 (2) : 60-66.
- Park, H. and Choi, W. 2005. Photocatalytic Reactivities of Nafion-Coated TiO<sub>2</sub> for the Degradation Charged Organic Compounds under UV or Visible Light, *J. Phys, Chem. B*. 109(23): 11667-11674.
- Putri, S.A., Amanah, I.N., Susilawati, J. dan Fabiani, V.A. 2021. Degradasi Zat Warna Rhodamin-B Menggunakan Green Fotokatalis Seng Ferit (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) - Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratogeomys glaucum*). *Journal of Chemistry*. 6(2): 135-142.
- Putri, N. dan Puryanti, D. 2020. Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dari Pasir Besi dan Mangan Alam dengan Metode Kopersipitasi. *Jurnal Fisika Unand*. 9(3): 375-380.
- Rahmayeni, Zulhadjri, Novesar Jamarun, Emiriadi, dan Syukri Arief. 2016. Synthesis of ZnO-NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanocomposites by Simple Solvothermal Method for Photocatalytic Dye Degradation under Solar Light. *Oriental Journal of Chemistry*. 32(3): 1411-1419.

- Raileanu, M., Crişan, M., Niţoi, I., Ianculescu, A., Oancea, P., Crişan, D. and Todan, L. 2013. TiO<sub>2</sub>-based nanomaterials with photocatalytic properties for the advanced degradation of xenobiotic compounds from water. A literature survey. *Water, Air, & Soil Pollution*. 224(6): 1-45.
- Ranjeh, M., Masjedi, M., Amiri, O. and Salavati, M. 2020. Li<sub>2</sub>MnO<sub>3</sub>/LiMnBO<sub>3</sub>/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Ternary Nanocomposites: Pechini Synthesis, Characterization and Photocatalytic Performance. *International Journal of Hydrogen Energy*. 45(1): 21241-21251.
- Ruzicka, O. dan L. Safira. 2014. Aplikasi Fotokatalis Tio<sub>2</sub> Pada Degradasi Limbah Cair Zat Warna Tekstil. *Lomba Karya Ilmiah Sumber Daya Air*. Tahun 2014.
- Saputra, I. dan Handayani, D. 2022. Efektivitas Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap Pertumbuhan Koloni *Fusarium oxysporum* secara In Vitro. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 1( 2): 1762-1768.
- Sausan, Fida Warad, and Ainun Rahma Puspitasari. 2021. Studi Literatur Pengolahan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi, Filtrasi, dan Elektrolisis. *Jurnal Tecnoscienza*. 5.2 (2021): 213-230.
- Shen, Y., Wu, Y., Li, X., Zhao, Q., and Hou, Y. 2013. One-Pot Synthesis of MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanospheres by Solvothermal Method. *Materials Letters*. 96: 85–88.
- Senida, Z. E., Ramli., Ratnawulan. Dan Hidayati. 2019. Pengaruh Variasi Komposisi MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi yang Disintesis dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. *Pillar of Physics*. 12(1): 17-24.
- Setiabudi, A., Hardian, R. dan Muzakir, A. 2012. *Karakterisasi Mineral: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.
- Setiawan, D., Sibarani, J. dan Suprihatin, I.E. 2013. Perbandingan Efektifitas Disinfektan Kaporit Hidrogen Peroksida, dan Pereaksi Fenton (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>). *Journal of Applied Chemistry*. 1(2): 16-24.
- Setiawan, Y., Mahatmanti, F. W., dan Harjono 2018. Preparasi dan Karakterisasi Nanozeolit dan Zeolit Alam Gunung kidul dengan Metode Top-Down. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1): 43-49.
- Setiorini, I.A., Agusdin., Mardiana, V., Prakasa, W. dan Sujarwo, A. 2018. The Effect of Mass Coal Active Carbon Adsorben Karbon Aktif Batubara Terhadap Penyerapan Kandungan Nilai COD dan TOC Dalam Limbah Kain Jumputan Pada Rancang Bnagun Alat Adsorber. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 9(1): 14-28.

- Setyaningtyas, T. dan Dwiasi, D.D. 2012. Degradasi Zat Warna Azo Tartrazin pada Limbah Cair Mie dengan Metode AOPs. *Molekul*. 7(2): 153-162.
- Shah, M., Faweet, D., Sharma, S., Tripathy, S. K. and Poinern, G.E.J. 2015. Green Synthesis of Metallic Nanoparticles Via Biological Entities. *Materials*. 8(1): 7278-7308.
- Singh, J., Dutta, T., Kim, K.H., Rawat, M., Samddar, P. and Kumar, P. 2018. Green Synthesis of Metals and Their Oxide Nanoparticles: Applications for Environmental Remediation. *Journal of Nanobiotechnology*. 1-24.
- Sugiyana, D. dan Notodarmojo, S. 2015. Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO<sub>2</sub>. *Arena Tekstil*. 30(2): 83-94.
- Sugiyana, D., dan Soenoko, B. 2017. Identifikasi Mekanisme Fotokatalitik pada Degradasi Zat Warna Azo Reactive Black 5 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO<sub>2</sub>. *Arena Tekstil*. 31(2): 115-124.
- Suherjadi, A., Wardhani, S. dan Purwonugroho, D. 2014. Studi Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Terhadap Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Bentonit. *Kimia Student Journal*. 2(2): 569-575.
- Sundari, R., Hua, T.I, Aziz, M. and Nizar, U.K. 2014. The Characterization Study of Ferrites (Magnesium and Manganese) Using Sol Gel Method. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 18(3): 485-490.
- Supriyanto, R., Dio, R. G. R., Bahri, S., dan Kiswandono, A. A. 2021. Fotodegradasi Pewarna Tekstil Congo Red Menggunakan Katalis ZnO/ZEOLIT Y Secara Spektrofotometri UV-VIS. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(2), 104-113.
- Susanty., Ridnugrah, N.A., Chaerrudin, A. dan Yudistirani, A. 2019. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Zat Tambahan Pembuatan *Moisturizer*. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Jakarta: 16 Oktober. Hal 1-7.
- Swan, N.B. and Zaini, M.A.A. 2019. Adsorption of Malachite Green and Congo Red Dyes From Water: Recent Progress and Future Outlook. *Ecol Chem Eng S*. 26(1): 119-132.
- Takagi, dkk. 2004. Social Psychologi Communication Behaviour. *Journal Psychology*. Vol 56.
- Tan, T.C., Kanyarat, K. and Azhar, M.E. 2012. Evaluation of functional properties of egg white obtained from pasteurized shell egg as ingredient in angel food cake. *International Food Research Journal*. 19(1): 303- 308.

- Tawainella, R.D., Riana, Y., Fatayati, R., Amellya., Kato, T., Iwata, S. dan Suharyadi, E. 2014. Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite ( $MnFe_2O_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 18(52): 1-6.
- Toripah, S.S., Abijulu, J. dan Wehantouw. 2014. Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Total Fenolik Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera* Lam). *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 3(4): 37-43.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi  $TiO_2$ - Zeolit Dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Berkala MIPA*. 3 : 27-35.
- Yang, Y., Ali, N., Khan, A., Khan, S., Khan, S., Khan, H., Xiaoqi, S., Ahmad, W., Uddin, S., Ali, N. and Bilal M. 2021. Chitosan-capped Ternary Metal Selenide Nanocatalysts for Efficient Degradation of Congo Red Dye in Sunlight Irradiation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 167(1): 169-181.
- Zeng, M., Liu, J., Yue, M., Yang, H., Dong, H., Tang, W., Jiang, H., Liu, X. and Yu, R. 2015. High-Frequency Electromagnetic Properties of The Manganese Ferrite Nanoparticles. *Journal of Applied Physics*. 117(1): 1-5.
- Zhang, X., Li, C., Chen, T., Tan, Y., Liu, X., Yuan, F., Zheng, S. and Sun, Z. 2001. Peningkatan Aktivasi Peroxymonosulfate dengan Bantuan Cahaya Tampak Komposit g-C $3$ N $4$ /diatomit yang dimodifikasi  $MnFe_2O_4$  Untuk Degradasi Bisphenol A. *Jurnal Internasional Sains dan Teknologi Pertambangan*. 31(1): 1169-1179.
- Zipare, K., Dhumal, J., Bandgar, S., Mathe, V. and Shahane, G. 2015. Superparamagnetic Manganese Ferrite Nanoparticles: Synthesis and Magnetic Properties. *Journal of Nanoscience and Nanoengineering*. 1(3): 178-182.