

**FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED*  
MENGUNAKAN NANOMAGNETIK MAGNESIUM FERRIT ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ )**

**SKRIPSI**

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



**NURHIDAYAH  
08031381823061**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED***  
**MENGGUNAKAN NANOMAGNETIK MAGNESIUM FERRIT ( $MgFe_2O_4$ )**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**NURHIDAYAH**  
**08031381823061**

Indralaya, 27 Juni 2022

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Fahma Riyanti, M. Si.**  
**NIP. 197204082000032001**

**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 ini dengan judul “Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Nanomagnetik Magnesium Ferrit ( $MgFe_2O_4$ )”, telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juni 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 27 Juni 2022

### Ketua:

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

NIP.196808271994022001

(  )

### Anggota:

2. Fahma Riyanti, M. Si.

NIP.197204082000032001

(  )

3. Prof. Dr. Muharni, M. Si.

NIP.196903041994122001

(  )

4. Widia Purwaningrum, M. Si.

NIP.197304031999032001

(  )

Mengetahui,

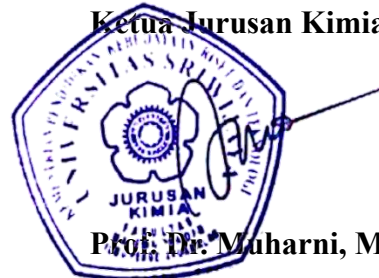
Dekan FMIPA



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 : Nurhidayah

NIM : 08031381823061

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, 27 Juni 2022

Penulis,



Nurhidayah

NIM. 08031381823061

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

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

Nama Mahasiswa : Nurhidayah  
NIM : 08031381823061  
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* menggunakan Nanomagnetik Magnesium Ferrit ( $MgFe_2O_4$ )”. 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 dengan sesungguhnya.

Indralaya, 27 Juni 2022  
Yang Menyatakan,



Nurhidayah  
NIM. 08031381823061

## SUMMARY

### PHOTODEGRADATION OF CONGO RED DYE USING MAGNESIUM FERRITE ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) NANOMAGNETIC

Nurhidayah : Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. and Fahma Riyanti, M.Si.

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

xvii + 63 pages, 20 Pictures, 5 Tables, 16 Attachments

The research on photodegradation of congo red dye using  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  nanomagnetic has been done.  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  nanomagnetic,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  with mole ratio (2:1) were synthesized using coprecipitation method. The success of  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  synthesis were characterized using XRD, UV-VIS DRS, SEM-EDX, VSM and FTIR. The photodegradation process of congo red variables including the effect of concentration dye, contact time, and photocatalyst reuse. The result of the XRD  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  diffractogram showed a diffraction peak (311) at  $2\theta = 35.55^\circ$  with crystal size the 14.38 nm. The UV-VIS DRS characterization obtained an energy band gap of 1.9 eV. Morphological  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  showed aggregates with non-uniform size and large pore gaps. The results of EDX  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  showed that the constituent elements of Mg, Fe, and O were 7.27%, 62.59% and 22.86%, respectively. The saturation magnetization  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  value of 17.78 emu/g. The FTIR spectrum of  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  before Mg-O, Fe-O, O-H degradation, after  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  degradation showed the addition of C=C, N-H, S=O functional groups.  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  nanomagnetic has a pH<sub>pzc</sub> at pH 8. The best condition for photodegradation of congo red dye on the effect concentration dye of 10 mg/L, contact time of 210 minutes, the percent degradation of 95.58% and 95.88%. The reuse of photocatalyst were carried out three times and the percent degradation of 59.15% and the test result using TOC with concentration of 60 mg/L were 90.62%. The result showed that  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  was able to degrade congo red dye.

**Keywords :**  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  nanomagnetic, photodegradation, *congo red*

Citation : 58 (2009-2021)

## RINGKASAN

### FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED* MENGGUNAKAN NANOMAGNETIK MAGNESIUM FERRIT ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ )

Nurhidayah : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. dan Fahma Riyanti, M.Si.

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

xvii + 63 Halaman, 20 Gambar, 5 Tabel, 16 Lampiran.

Penelitian tentang fotodegradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  telah dilakukan. Nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  dengan perbandingan rasio mol (2:1) disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Keberhasilan hasil sintesis  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  dilihat menggunakan karakterisasi XRD, UV-VIS DRS, SEM-EDX, VSM dan FTIR. Proses fotodegradasi dilakukan beberapa variabel diantaranya pengaruh konsentrasi zat warna, waktu kontak, dan penggunaan kembali fotokatalis. Hasil difraktogram XRD  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  menunjukkan puncak difraksi (311) pada  $2\theta = 35,55^\circ$  dengan ukuran kristal sebesar 14,38 nm. Hasil karakterisasi UV-VIS DRS didapatkan nilai celah pita energi sebesar 1,9 eV. Hasil Morfologi  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  berbentuk agregat dengan ukuran tidak seragam dan celah pori yang besar. Hasil EDX  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  menunjukkan unsur penyusun berupa Mg, Fe, dan O masing-masing sebesar 7,27%, 62,59% dan 22,86%. Nilai magnetisasi saturasi  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sebesar 17,78 emu/g. Spektrum FTIR  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sebelum degradasi Mg-O, Fe-O, O-H, sesudah degradasi  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  menunjukkan adanya penambahan gugus fungsi C=C, N-H, S=O. Nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  memiliki pHPzc berada pada pH 8. Kondisi terbaik fotodegradasi zat warna *congo red* terhadap pengaruh konsentrasi zat warna 10 mg/L, waktu kontak selama 210 menit didapatkan persentase degradasi sebesar 95,58% dan 95,88%. Penggunaan kembali fotokatalis dilakukan sebanyak tiga kali didapatkan persentase degradasi sebesar 59,15% serta hasil uji menggunakan TOC pada konsentrasi 60 mg/L sebesar 90,62%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  mampu mendegradasi zat warna *congo red*.

**Kata kunci** : Nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ , fotodegradasi, *congo red*




Sitasi : 58 (2009-2021)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim...*

*Jangan pernah mengeluh atas apa yang terjadi dalam hidupmu, Allah selalu tahu yang terbaik untukmu. Bersyukurlah walau hanya untuk setetes embun yang kau teguk hari ini, karena banyak hikmah yang dapat kita pelajari dari sebuah kesyukuran. Dengan bermodal yakin maupun obat mujarap penumbuh semangat hidup.*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

-  Allah SWT
-  Almamaterku (Universitas Sriwijaya)
-  Kedua Orang tua dan Kedua Adikku

Dan kupersembahkan kepada:

1. Nabi Muhammad SAW
2. Pembimbingku
3. Seluruh dosen FMIPA Universitas Sriwijaya



## 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 “Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* menggunakan Nanomagnetik Magnesium Ferrit ( $MgFe_2O_4$ )”. 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 **Fahma Riyanti, M.Si** 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. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si. Selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. Selaku sekretaris Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. 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.
6. Ibu Fahma Riyanti, M. Si. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhirku, terimakasih telah banyak membantu, membimbingku dengan sabar dan waktu yang ibu berikan. Terimakasih banyak atas segalanya ibu.

7. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si dan Widia Purwaningrum, M. Si. Selaku pembahas dan penguji seminar hasil dan sidang sarjana yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Kedua orang tuaku tersayang (bapak Alham dan ibu Norma Lubis) dan kedua adikku (Abdi Setiawan dan Anesah Qurniati), yang sangat kusayangi, penguatku, penyemangatku, terimakasih atas Do'a dan semua dukungan sampai dititik ini yang telah engkau usahakan dan berikan gelar dibelakangku kupersembahkan untuk kalian. Bapak mamak sehat selalu ya.
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. Seluruh keluarga besar Bapak dan mamak (Nenek, wawak, bibik, teteh, nantulang, etek, Ayuk, keponakanku) yang telah memberikan dukungan dan mendoakan perjalanan ini.
13. Abangku Alamsyah Budi, *u are my best person for me*. Semangat terus mengejar gelar S.H semoga diberi kelancaran sampai akhir. Terimakasih telah menjadi partner yang sabar, dan selalu menyemangatiku.
14. Kepada Siti Azizah, terimakasih banyak kenangan cerita, pernah melewati rintangan bersama, partner lembur sampai jam 11 malam, semangat terus sukses semoga kita bertemu kembali dilain waktu ya bestie.
15. Squad Kosim kawan kost an ku (Lola Andini, Quratul Aini, Nurisa Layla dan Dewi Rosalina) yang memberikan support, perhatian yang mewarnai selama dikost. Kak Devi, kak rolis, yang selalu datang ke kost berantem, bahan ghibah, bucin. Semangat selalu buat kalian dan sukses kedepannya.
16. Kepada Balqis Hayati, Siti Chodijah, Irma Listiany. Sahabat kadang akur balikkan lagi seminggu yah terimakasih telah menjadi penasehat yang sangat baik dari awal perkuliahan sampai akhir, walaupun ada permasalahan tapi kita tetap utuh yah.

17. Kepada Amanda syafa, Dwi novarina, Arief seftiawan, Maria Ulfa, Cici, Sri. Terimakasih telah mewarnai dan tawa dilab selama lembur malam, sukses dan sehat selalu teman.
18. Tim TA Analis (Beb Annisa, Veronica, Anita, Anggun, Tias, Salsa, Vika, Nurul, dan dinda) yang telah memberikan support, berbagi ilmu selama penelitian. Terimakasih banyak kalian sehat dan sukses terus kedepannya.
19. Seluruh Angkatan 2018 dan 2019, The Gurl, Group mamong dan Sahabat beasiswa SMA Wita Indria. Terimakasih telah menjadi partner teman seperjuangan yang sangat baik dan support satu sama lain dari awal sampai akhir, senang dan bangga menjadi bagian dari keluarga ini.
20. KakYohanna, kak Apres, kak sheshe, kak chibe, kak putra, kak indah, kak ramdan, kak fahri, kak elsha, kak oik, dan adik jurusan kimia yang banyak membantu baik dalam keorganisasian di BEM KM FMIPA dan membantu selama masa penelitian dan perkuliahan.
21. 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 Allah mengangkat derajatmu setinggi mungkin. *Love your self as you are.*
22. 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, 27 Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>v</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Zat Warna Azo .....	4
2.2 Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	4
2.3 Nanomagnetik Magnesium Ferrite ( $MgFe_2O_4$ ) .....	5
2.4 Metode Kopresipitasi.....	6
2.5 Fotodegradasi .....	7
2.6 Karakterisasi .....	9
2.6.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	9
2.6.2 <i>Ultraviolet Visible Diffuse Reflectance Spectrum</i> .....	9
2.6.3 <i>Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive Xray</i> .....	10
2.6.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	12
2.6.5 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	13

	<b>Halaman</b>
2.6.6 Spektrofotometer UV-Vis .....	13
2.7 <i>Total Organic Carbon (TOC)</i> .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	15
3.2 Alat dan Bahan .....	15
3.3 Prosedur Penelitian .....	16
3.3.1 Sintesis Nanomagnetik MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	16
3.4 Karakterisasi Material .....	16
3.4.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	16
3.4.2 <i>Ultraviolet Visible Diffuse Reflectance Spectrum</i> .....	16
3.4.3 <i>Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive</i> <i>Xray</i> .....	16
3.4.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	17
3.4.5 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	17
3.4.6 Penentuan <i>pH Point Zero Charge (pHpzc)</i> .....	17
3.5 Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	17
3.5.1 Pembuatan Larutan Stok Standar <i>Congo Red</i> 1000 mg/L	17
3.5.2 Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo red</i> .....	18
3.6 Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	18
3.6.1 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna .....	18
3.6.2 Pengaruh Waktu Kontak.....	18
3.6.3 Pengaruh Penggunaan Kembali ( <i>reuse</i> ) .....	18
3.7 Analisis Data .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1 Hasil Sintesis Nanomagnetik MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	21
4.2 Karakterisasi .....	21
4.2.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	21
4.2.2 <i>Ultraviolet Visible Diffuse Reflectance Spectrum</i> .....	23
4.2.3 <i>Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive</i> <i>Xray</i> .....	24
4.2.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	26
4.2.5 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	27
4.3 Penentuan <i>pH point Zero Change (pHpzc)</i> .....	28

	<b>Halaman</b>
4.4 Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	29
4.4.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi Zat Warna .....	29
4.4.2 Pengaruh Variasi Waktu Kontak .....	30
4.4.3 Penggunaan Kembali ( <i>reuse</i> ) .....	31
4.5 Hasil Pengujian Total <i>Organic Carbon</i> (TOC) .....	32
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>34</b>
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>41</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Struktur zat warna <i>Congo red</i> .....	4
Gambar 2. Struktur spinel $MgFe_2O_4$ .....	5
Gambar 3. Mekanisme degradasi zat warna <i>Congo red</i> .....	8
Gambar 4. Difraktogram XRD $MgFe_2O_4$ .....	9
Gambar 5. UV-Vis DRS dan <i>Band Gap Energy</i> $MgFe_2O_4$ .....	10
Gambar 6. Mikrograf SEM $MgFe_2O_4$ menggunakan metode kopresipitasi .....	11
Gambar 7. Spektra EDX $MgFe_2O_4$ .....	11
Gambar 8. Kurva histeresis $MgFe_2O_4$ metode kopresipitasi .....	12
Gambar 9. Spektrum FTIR $MgFe_2O_4$ .....	13
Gambar 10. Hasil sintesis $MgFe_2O_4$ dan diuji magnet <i>neodymium</i> .....	21
Gambar 11. Hasil difraktogram XRD kristal $MgFe_2O_4$ .....	22
Gambar 12. Besarnya <i>energy gap</i> $MgFe_2O_4$ .....	23
Gambar 13. Morfologi $MgFe_2O_4$ menggunakan <i>mapping</i> dispersi logam.....	24
Gambar 14. Spektra EDX $MgFe_2O_4$ .....	25
Gambar 15. Kurva VSM nanomagnetik $MgFe_2O_4$ .....	26
Gambar 16. Spektra FTIR nanomagnetik $MgFe_2O_4$ .....	27
Gambar 17. Grafik pH <sub>pzc</sub> $MgFe_2O_4$ .....	29
Gambar 18. Kurva variasi konsentrasi <i>congo red</i> pada $MgFe_2O_4$ .....	30
Gambar 19. Kurva variasi waktu kontak <i>congo red</i> pada $MgFe_2O_4$ .....	31
Gambar 20. Kurva penggunaan kembali $MgFe_2O_4$ .....	32

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Perbandingan nilai $2\theta$ $MgFe_2O_4$ pada JCPDS No.36-0398 .....	22
Tabel 2. Data unsur-unsur penyusun nanomagnetik $MgFe_2O_4$ .....	25
Tabel 3. Gugus fungsi yang muncul terhadap nanomagnetik $MgFe_2O_4$ .....	27
Tabel 4. Hasil pengujian TOC <i>Analyzer</i> zat warna <i>congo red</i> .....	33
Tabel 5. Penentuan kurva kalibrasi zat warna <i>congo red</i> .....	52



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Sintesis Pembentukan Nanomagnetik $MgFe_2O_4$ .....	41
Lampiran 2. Reaksi Pembentukan Nanomagnetik $MgFe_2O_4$ .....	42
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi $MgFe_2O_4$ menggunakan XRD .....	43
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi $MgFe_2O_4$ menggunakan UV-VIS DRS.....	45
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi $MgFe_2O_4$ menggunakan SEM-EDX .....	47
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi $MgFe_2O_4$ menggunakan VSM.....	48
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi $MgFe_2O_4$ menggunakan FTIR.....	49
Lampiran 8. Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) .....	50
Lampiran 9. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Congo Red</i> .....	51
Lampiran 10. Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	52
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> terhadap Pengaruh Konsentrasi Zat Warna .....	53
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	55
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> terhadap Pengaruh Penggunaan Kembali Fotokatalis.....	57
Lampiran 14. Kurva Kalibrasi Analisis <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) .....	59
Lampiran 15. Hasil Pengujian Analisis <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) .....	60
Lampiran 16. Gambar Penelitian .....	61

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Limbah cair dihasilkan dari industri tekstil memiliki kandungan polutan yang tinggi seperti bahan organik, anorganik, logam berat, dan zat warna (Nunez *et al.*, 2019). Zat warna adalah senyawa organik dengan struktur kompleks dalam penggunaan tekstil, kertas, kulit, plastik, karet, makanan, farmasi dan bidang industri lainnya. Zat warna digunakan lebih dari 700.000 ton dalam produksi industri tekstil dan lebih dari 20% sisa-sisa zat warna dibuang setiap tahunnya. Pewarna yang paling banyak digunakan ialah *congo red*. *Congo red* merupakan zat warna anion termasuk golongan pewarna diazo bersifat toksik yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia (Herlina dkk, 2017). Zat warna *congo red* apabila dibuang langsung tanpa melalui proses pengolahan limbah dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan perairan (Wang *et al.*, 2018).

Beberapa metode pengolahan untuk mengurangi permasalahan limbah zat warna di lingkungan perairan adalah ozonasi, koagulasi-flokulasi, biodegradasi, klorinasi, oksidasi kimia, pertukaran ion, dan *reverse osmosis* (Putra *et al.*, 2019). Metode tersebut kurang efektif untuk mengurangi permasalahan limbah zat warna dimana zat warna masih ada sehingga jumlah volume limbah meningkat selama proses produksi berlangsung, dan membutuhkan biaya sangat besar (Gopi *et al.*, 2012). Alternatif lain pengurangan limbah pewarna sintetik menggunakan fotokatalis melalui reaksi fotodegradasi yaitu menguraikan zat warna menjadi bagian kecil, biaya murah, penggunaan zat kimia ramah bagi lingkungan (Xue *et al.*, 2013). Proses fotodegradasi pewarna *congo red* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi zat warna, waktu radiasi fotodegradasi dan penggunaan kembali fotokatalis (Abdollahi *et al.*, 2011).

Senyawa ferit mempunyai rumus  $MFe_2O_4$ , dimana M merupakan ion logam divalen seperti Mn, Fe, Cu, Ni, Mg, Co yang dapat digunakan dalam proses degradasi (Kooti and Sedeh, 2013).  $MgFe_2O_4$  merupakan salah satu senyawa ferit digunakan sebagai fotokatalis yang sangat efektif dalam proses degradasi karena termasuk bahan magnetik lunak semikonduktor tipe-n, sebagai katalis heterogen, memiliki afinitas ion logam cukup besar, memiliki resistivitas listrik, permeabilitas

tinggi, nilai koersivitas rendah serta memiliki celah pita yang cukup kecil. Selain itu  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  memiliki potensi besar untuk diaplikasikan sebagai adsorpsi, sensor, penghantaran obat, terapi kanker, dan teknologi magnetik lainnya (Setiadi *et al.*, 2018).

Metode sintesis magnetik telah dikembangkan seperti elektrospinning, sol-gel, kopresipitasi, metode hidrotermal, dekomposisi termal dan metode solvotermal (Nguyen *et al.*, 2019). Metode kopresipitasi dipakai sangat relevan karena prosedurnya mudah dilakukan, memerlukan temperatur reaksi rendah serta ukuran partikel mudah dikontrol yang sangat cenderung beraglomerasi (Suharyadi *et al.*, 2018).

Penelitian nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  untuk diaplikasikan pada fotodegradasi zat warna *congo red*. Sintesis menggunakan nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan nilai sudut  $\theta$ , jenis fasa, kristalinitas. *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-VIS DRS) menentukan nilai celah pita energi. *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) berfungsi mengamati morfologi dan elemen penyusun material. Nilai magnetisasi saturasi ditentukan dengan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), gugus fungsi menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *pH Point Zero Charge* (pHpz). Penelitian ini dilakukan beberapa variabel diantaranya pengaruh konsentrasi zat warna, pengaruh variasi kontak, pengaruh penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis dan hasil fotodegradasi zat warna *congo red* diuji secara kuantitatif menggunakan *TOC analyzer*.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil karakterisasi nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  disintesis dengan metode kopresipitasi?
2. Bagaimana perubahan konsentrasi zat warna, waktu kontak dan penggunaan kembali fotokatalis yang mempengaruhi efektivitas penurunan zat warna *congo red* pada  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ?
3. Bagaimana perubahan jumlah kandungan karbon zat warna hasil degradasi yang dianalisis dengan menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  disintesis dengan metode kopresipitasi dan dikarakterisasi dengan XRD, UV-VIS DRS, SEM-EDX, VSM dan FTIR.
2. Menguji kemampuan degradasi nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  terhadap zat warna *congo red* dengan pengaruh konsentrasi, waktu kontak dan penggunaan kembali (*reuse*).
3. Menganalisis kandungan karbon zat warna *congo red* sebelum dan sesudah degradasi menggunakan TOC.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Keuntungan penelitian ini untuk mempelajari potensi nanomagnetik  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  sebagai fotokatalis, yang diharapkan memiliki peluang besar untuk aplikasi dalam fotodegradasi. Hasil ditemukan pada penelitian bermanfaat untuk mengolah limbah zat warna tekstil tanpa menimbulkan pencemaran 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.
- Aliah, H., dan Yuni, K. 2015. Semikonduktor TiO<sub>2</sub> sebagai material fotokatalis berulang. *Prosiding SNM*. IX(1): 186-203.
- Aliyan, N., Mirkazemi, S.M., Masoudpanah, S. M. and Akhari, S. 2017. The Effect of Post-Calcination on cation distributions and magnetic properties of the coprecipitated MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles. *Applied Physics A Material Science and Processing*. 2(1): 446-503.
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., dan Kartika, A. M. R. 2015. Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah*. 57–66.
- 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.
- Christou, C., Agapiou, A., and Kokkinofa, R. 2018. Use of FTIR Spectroscopy and Chemometrics for the Classification of Carobs Origin. *Journal of Advanced Research*. 10: 1–8.
- Choudhary, O. P., Kalita, P. C., Doley, P. J., and Kalita, A. 2017. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(5): 1877-1882.
- 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 Azo Dye, by the Photo-Assisted Fenton Process Using Zero-Valent Metallic Iron as a Catalyst. *Desalination And Water Treatment*. 4(1–3): 294–305.
- Diantariani, N., Widihati, I., dan Ratih Megasari, I. 2014. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar Ultraviolet dan Katalis ZnO. *Jurnal Kimia*. 10(1): 133-140.
- Didik, L. A. 2020. Indonesian Physical Review Penentuan Ukuran Butir Kristal CuCr<sub>0,98</sub>Ni<sub>0,02</sub>O<sub>2</sub> dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan Scanning Electron Microscope (SEM). *Indonesian Physical Review*. 3(1): 6–14.

- Dong, H., Zeng, G., Tang, L., Fan, C., Zhang, C., He, X., and He, Y. 2015. An Overview on Limitations of  $\text{TiO}_2$ -Based Particles for Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants and the Corresponding Countermeasures. *Water Research*. 79: 128–146.
- Gopi, V., Upgade, A., and Soundararajan, N. 2012. Bioremediation Potential of Individual and Consortium Non-Adapted Fungal Strains on Azo Dye Containing Textile Effluent. *Pelagia Research Library*. 3(1): 303–311.
- Harumi, M., Shaleh, F., Sudiono, S., dan Triyono, T. 2020. Studi Kinetika Adsorpsi Ion Au (III) menggunakan Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L.*). *Praxis*. 2(2). 148.
- Hayati, R., dan Astuti. 2015. Sintesis Nanopartikel Silika dari Pasir Pantai Purus Padang Sumatera Barat dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*. 4(3): 282–287.
- Herlina, R., Melati, M., dan Sudding. 2017. Studi Adsorpsi Dedak Padi terhadap Zat Warna Congo Red di Kabupaten Wajo. *Jurnal Chemic*. 8(1): 16-25.
- 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.
- Junaidi. 2017. Spektrofotometer UV-VIS untuk Estimasi Ukuran Nanopartikel Perak. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 5(1): 97-102.
- Jung, K. W., Lee, S., and Lee, Y. J. 2017. Synthesis of Novel Magnesium Ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ )/Biochar Magnetic Composites and Its Adsorption Behavior for Phosphate In Aqueous Solutions. *Bioresource Technology*. 245(8). 751–759.
- Kaur, N., and Kaur, M. 2014. Comparative Studies on Impact of Synthesis Methods on Structural and Magnetic Properties of Magnesium Ferrite Nanoparticles. *Processing And Application of Ceramics*. 8(3): 137–143.
- Kiswanto, H., Yuniarto, A. H. P., Nurul, I. I., Edi, S. 2021. Struktur Kristal dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Mn-Ferrite yang disintesis dari Bahan Alam Pasir Besi. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. 10(4): 413-420.
- Koferstein, R., Walther, T., Hesse, D., and Ebbinghaus, S. G. 2013. Preparation and Characterization of Nanosized Magnesium Ferrite Powders by A Starch-Gel Process and Corresponding Ceramics. *Journal of Materials Science*. 48(19): 6509–6518.
- Kooti, M. and Sedeh, A.N. 2013. Synthesis and Characterization of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  Magnetic Nanoparticles by Combustion Method. *Journal of Materials Science and Technology*. 29: 34-38.
- Leksono, V. A. 2012. Pengolahan Zat Warna Tekstil Rhodamine B menggunakan

- Bentonit Terpillar Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Lydia, I. S., Princy, M., Violet, D., and Radhika, N. 2012. Photodegradation of Methylred using Ag-doped Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles. *International Journal of Chemical and Environment Engineering*. 3(4): 210-216.
- Manurung, L.P., and Dewanto, O. 2021. Perhitungan dan Korelasi Nilai Total Organic Carbon (TOC) di daerah Cekungan Jawa Timur Utara. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, And Technalogy*. Xx(Xx): 1–7.
- Mairoza, A. dan Astuti. 2016. Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand*. 5(3): 2.
- Muflihatun., Shofiah, S., & Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(56): 20–25.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., dan Darminto, D. 2012. Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*. 2(1): 20.
- 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.
- Nasution, N., dan Fitri, A. 2018. Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*. 2(2). 18–25.
- 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.
- Nunez, J., Yeber, M., Cisternas, N., Thibaut, R., Medina, P., and Carrasco, C. 2019. Application of Electrocoagulation for The Efficient Pollutants Removal to Reuse The Treated Wastewater in the Dyeing Process of the Textile Industry. *Journal of Hazardous Materials*. 371(3): 705–711.
- Nyamukamba, P., Okoh, O., Tichagwa, L., and Greyling, C. 2016. Preparation of Titanium Dioxide Nanoparticles Immobilized on Polyacrylonitrile Nanofibres for the Photodegradation of Methyl Orange. *International Journal of Photoenergy*. 1(1):1-8.
- Putra, R. A., Alamsyah, W., and Indrayana, I. P. T. 2019. Characterization of Microstructural and Optical Properties of MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles for Photocatalyst of Mercury (Hg). *Characterization of Microstructural And Optical Properties Of MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles For Photocatalyst of Mercury (Hg)*. 11(1): 1–5.

- Raganata, T. C., Aritonang, H., dan Suryanto, E. 2019. Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO untuk Mendegradasi Zat Warna Metylen Blue. *Chem Prog.* 12(2): 54-58.
- Rathinavel, S., Deepika, R., Dhananjaya, P. and Manikandan, A. 2020. Synthesis and Characterization of  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  and  $\text{MgFe}_2\text{O}_4/\text{rGO}$  Nanocomposites for the Photocatalytic Degradation of Methylene Blue. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry.* 2(1):1-9.
- Riyanto, A., Desi, L., Edi, S., dan Kamsul, A. 2012. Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnetik pada Nanopartikel magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) sebagai bahan Aktif Biosensor Surface Plasmon Resonance (SPR). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng dan DIY.* ISSN. Purworejo.
- Saba, A. K. 2019. Green Synthesis  $\text{SnO}_2\text{NPS}$  dengan Ekstrak Daun Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L*) untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Bromophenol Blue. *Skripsi.* Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Saraswati, I., Diantariani, N., dan Suarya, P. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis Zn-Arang Aktif Dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia.* 9(2): 175-182.
- Setiadi, E. A., Rahmat, Simbolon, S., Yunus, M., Kurniawan, C., Tetuko, A. P., Zelviani, S., Rahmaniah, and Sebayang, P. 2018. The Effect of Synthesis Temperature on Physical and Magnetic Properties of Manganese Ferrite ( $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ ) Based on Natural Iron Sand. *Journal of Physics: Conference Series.* 979(1): 1-7.
- 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.
- Shen, Y., Wu, Y., Li, X., Zhao, Q., and Hou, Y. 2013. One-Pot Synthesis of  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  Nanospheres by Solvothermal Method. *Materials Letters.* 96: 85–88.
- Singh, G., Kumar, V., & Dwivedi, S. K. 2021. Comparative Investigation of Congo Red And Direct Blue-1 Adsorption on Mycosynthesized Iron Nanoparticle. *Journal of Cluster Science.* 3(1): 1-17.
- Sugiyana, D., dan Soenoko, B. 2017. Identifikasi Mekanisme Fotokatalitik pada Degradasi Zat Warna Azo Reactive Black 5 Menggunakan Katalis Mikropartikel  $\text{TiO}_2$ . *Arena Tekstil.* 31(2): 115-124.
- Suharyadi, E., Hermawan, A., and Puspitarum, D. L. 2018. Crystal Structure and Magnetic Properties of Magnesium Ferrite ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) Nanoparticles Synthesized by Coprecipitation Method. *Journal Of Physics: Conference Series.* 1091(1): 2-8.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., dan Dimiyati, A. 2017. Studi Scanning



- Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 9(1): 44.
- Sutka, A., and Mezinskis, G. 2012. Sol-Gel Auto-Combustion Synthesis of Spinel-Type Ferrite Nanomaterials. *Frontiers Of Materials Science*. 6(2): 128–141.
- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal*. 5(1): 722-730.
- Theyvaraju, D., and Muthukumar, S. 2015. Preparation, Structural, Photoluminescence and Magnetic Studies of Cu Doped ZnO Nanoparticles Co-Doped with Ni by Sol-Gel Method. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*. 74: 93–100.
- Venkatesh, S., Pandey, N. D., and Quoff, A. R. 2014. Decolorization of Synthetic Dye Solution Containing Congo Red by Advanced Oxidation Process (AOP). *International Journal Of Advanced Research In Civil, Structural, Environment And Infrastructure Engineering And Developing*. 2(1): 49–55.
- Wang, X., Jiang, C., Hou, B., Wang, Y., Hao, C., and Wu, J. 2018. Carbon Composite Lignin-Based Adsorbents for the Adsorption of Dyes. *Chemosphere*. 206: 587–596.
- Wardiyati, S., Fisli, A. dan Yusuf, S. 2012. Sintesis Nanokatalis TiO<sub>2</sub> Anatase dalam Larutan Elektrolit dengan Metode Sol Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 15(3): 153-157.
- Widihati, I. A. G., Diantariani, N.P., dan Nikmah, Y. F. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Kimia*. 5(1): 31-42.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S. dan Purwonugroho, D. 2014. Sintesis dan karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Kimia Student Journal*. 1(2): 241-247.
- Xue, C. Q., Zhang, J., Li, X., Chou, W., Zhang, H., Ye, Z., Cui. and Dobson, P.J. 2013. High Photocatalytic Activity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> Functional Particles with Core-Shell Structure. *Journal of Nanomaterials*. 1-8.
- Yaneva, Z. L., and Georgieva, N. V. 2012. Insights Into Congo Red Adsorption On Agro-Industrial Materials. *International Review of Chemical Engineering (I.Re.Ch.E.)*. 4(2): 127–146.
- Zhang, E., Wu, J., Wang, G., Zhang, B., and Xie, Y. 2016. Efficient Fenton Oxidation Of Congo Red Dye by Magnetic MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanorods. *Journal of Nanoscience And Nanotechnology*. 16(5): 4727–4732.