

***GREEN SYNTHESIS NANOMAGNETIK NiFe₂O₄ MENGGUNAKAN
EKSTRAK DAUN KELOR (MORINGA OLEIFERA L.) SEBAGAI
CAPPING AGENT UNTUK DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT
WARNA CONGO RED***

SKRIPSI

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



**OLEH:
GATRI LOLIETA
08031281924109**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**GREEN SYNTHESIS NANOMAGNETIK NiFe₂O₄ MENGGUNAKAN
EKSTRAK DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA* L.) SEBAGAI
CAPPING AGENT UNTUK DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT
WARNA CONGO RED**

SKRIPSI

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

Oleh :

GATRI LOLIETA
08031281924109

Indralaya, 31 Maret 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Desnelli, M.Si.
NIP. 196912251997022001

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 Gatri Lolieta (08031281924109) dengan judul “*Green Synthesis* Nanomagnetik NiFe_2O_4 Menggunakan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai *Capping Agent* untuk Degradasi Fotokatalitik Zat Warna *Congo Red*” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Maret 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 31 Maret 2023

Ketua :

1. **Fahma Riyanti, M.Si.**

NIP. 197204082000032001

()

Pembimbing :

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

NIP. 196808271994022001

()

2. **Dr. Desnelli, M.Si.**

NIP. 196912251997022001

()

Penguji :

1. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc.**

NIP. 196102071989031004

()

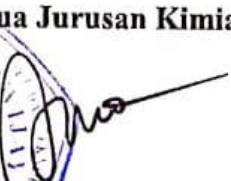
2. **Dr. Addy Rachmat, M.Si.**

NIP. 197409282000121001

()

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 : Gatri Lolieta

NIM : 08031281924109

Fakultas/Jurusan : MIPA/ 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

Penulis,



Gatri Lolieta

NIM.08031281924109

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

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

Nama Mahasiswa : Gatri Lolieta
NIM : 08031281924109
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “*Green Synthesis* Nanomagnetik NiFe_2O_4 Menggunakan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai *Capping Agent* untuk Degradasi Fotokatalitik 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 persyaratan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indrayala,
Yang Menyatakan,



Gatri Lolieta
NIM. 08031281924109

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Ketetapan Allah pasti datang, maka janganlah kamu meminta agar dipercepat (datang)nya. Maha Suci Allah dan Maha Tinggi Dia dari apa yang mereka persekutukan."

-QS. An-Nahl: 1-

“Ya Allah, tidak ada kemudahan kecuali apa yang Engkau jadikan mudah. Sedang yang susah bisa Engkau jadikan mudah, apabila Engkau menghendakinya.”

Skripsi ini sebagai tanda syukur dan terimakasih kepada Allah SWT dan Baginda Rasul Muhammad SAW.

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- Kedua orang tuaku yang tiada hentinya memberikan doa dan dukungan
- Seluruh keluargaku
- Pembimbing dan sahabat-sahabatku yang senantiasa menemani dalam suka maupun duka
- Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Segala puji dan syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Green Synthesis* Nanomagnetik NiFe_2O_4 Menggunakan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai *Capping Agent* untuk 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.

Adapun proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak lain baik berupa moril maupun material sehingga skripsi ini pun dapat terselesaikan.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak (**Indra Kusuma**) dan Mamak (**Sulistiani**) tersayang, terima kasih semua doa dan dukungan yang telah diberikan serta nasihat yang selalu menjadi penyemangat untuk melangkah dalam kehidupan hingga saat ini.
2. Abangku (**Randy Kasendra**), terima kasih banyak atas pengorbanan, bantuan dan doa abang selama ini sehingga adek bisa menyelesaikan kuliah dengan baik dan sampai mendapat gelar S.Si yang pastinya gelar ini adek persembahkan untuk abang. Abangku (**Derry Aprian**) dan Ayuk (**Salma Zahwa**) yang juga telah memberi semangat dan dukungan yang tak ada hentinya serta untuk keponakan tersayangku (**Kayla Dzatasiyah**)
3. Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.** selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu **Prof. Dr. Muharni, M.Si.** selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.** dan **Dr. Desnelli, M.Si.** selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan membantu penulis dalam penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

6. Bapak **Dr. Bambang Yudono, M.Sc.** dan **Dr. Addy Rachmat, M.Si.** selaku pembahas dan penguji sidang sarjana yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi penulis.
7. Seluruh **Dosen Jurusan Kimia** FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
8. **Mba Novi** dan **Kak Chosiin** selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
9. **Diri sendiri**, yang sudah berjuang dan bertahan sampai dititik ini. Semua pengorbananmu telah terbalaskan dengan selesainya skripsi ini. Semoga kedepannya bisa lebih kuat dan tercapai impianmu serta terus berjuang untuk membanggakan orang tua.
10. Sahabat terbaikku (**Siti Rizki Nurhaliza**) terima kasih telah menjadi pendengar terbaikku dan selalu ada dikala senang dan sedihku.
11. Rekan sepenelitian (**Anggun dan Fitria**) yang telah saling menguatkan dan menyemangati satu sama lain serta terimakasih atas bantuannya selama penelitian.
12. Teman-temanku (**Icud, Nurul, Annash, Yollan, Tasya, Salma, dan Uci**) yang telah menemani dan menghiasi kenangan selama masa perkuliahanku, semoga kedepannya kita bisa sukses dan pertemanan ini bisa terjalin sampai selamanya.
13. Analis KOF (**Jono, Lia, Yollan, Joy dan Sakinah**), terimakasih karena sedang menjadi rekan belajar penulis selama perkuliahan. Semangat dan sukses selalu.
14. Teman-teman **Kimia Angkatan 2019** , terimakasih atas suka dan duka yang telah dilewati bersama, semoga tali silahturahhmi antar kita tidak putus dan semoga kita akan mencapai impian kita masing-masing.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga

penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Indralaya, 31 Maret 2023

Penulis

SUMMARY

GREEN SYNTHESIS NANOMAGNETIC NiFe₂O₄ USING MORINGA OLEIFERA L. LEAF EXTRACT AS A CAPPING AGENT FOR PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CONGO RED DYES

Gatri Lolieta : Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. and Dr. Desnelli, M.Si.

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

xvii + 72 pages, 22 pictures, 3 tables, 19 attachments

Textile industry dye waste requires treatment in order to become safe and harmless waste for the environment. Congo red is one of the commonly used synthetic dyes which is difficult to degrade naturally so that waste treatment is carried out using the photodegradation method with nanomagnetic photocatalyst materials. Nanomagnetic NiFe₂O₄ was synthesized by green synthesis method using Moringa leaf extract as capping agent. Moringa leaf extract used is positive for flavonoids, alkaloids, terpenoids and phenolic acids. The success of this synthesis is seen by the results of characterization using XRD, SEM-EDX, VSM, UV-Vis DRS and FTIR. The crystal size of NiFe₂O₄ is 32.25 nm with a large slab morphology composed of elements such as Ni, Fe, O and C. The saturation magnetization value is 46.80 emu/g and has a band gap energy of 1.34 eV. The FTIR spectrum of NiFe₂O₄ contained C=C, C-O and O-H functional groups indicating the presence of protective agents from moringa leaf extract as well as Ni-O and Fe-O ferrite spinel groups. The pH_{pzc} value of nanomagnetic NiFe₂O₄ is at pH 6.9. The best condition of photocatalytic degradation of congo red dye occurs at pH 3, concentration of 100 mg/L and irradiation time for 90 minutes with the effectiveness of concentration reduction of 99.05% and degradation rate of 0.0421 min⁻¹. The TOC test results obtained the effectiveness of reducing the amount of carbon by 85.09%. The results showed that NiFe₂O₄ with green synthesis method was able to increase the effectiveness in degrading congo red dye.

Keywords : Green synthesis, NiFe₂O₄, photocatalytic degradation, *congo red*

Citation : 64 (2009-2022)

RINGKASAN

GREEN SYNTHESIS NANOMAGNETIK NiFe₂O₄ MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA L.*) SEBAGAI CAPPING AGENT UNTUK DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA *CONGO RED*

Gatri Lolieta : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. dan Dr.
Desnelli, M.Si.

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

xvii + 72 halaman, 22 gambar, 3 tabel, 19 lampiran.

Limbah zat warna industri tekstil memerlukan pengolahan agar menjadi limbah yang aman dan tidak berbahaya bagi lingkungan. *Congo red* merupakan salah satu zat warna sintesis yang umum digunakan yang mana sulit terdegradasi secara alami sehingga dilakukan pengolahan limbah menggunakan metode fotodegradasi dengan material fotokatalis nanomagnetik. Nanomagnetik NiFe₂O₄ disintesis dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun kelor sebagai *capping agent*. Ekstrak daun kelor yang digunakan positif mengandung flavonoid, alkaloid, terpenoid dan asam fenolik. Keberhasilan sintesis ini dilihat dengan hasil karakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDX, VSM, UV-Vis DRS dan FTIR. Ukuran kristal NiFe₂O₄ sebesar 32,25 nm dengan morfologi lempengan besar yang tersusun dari unsur berupa Ni, Fe, O dan C. Nilai magnetisasi saturasi sebesar 46,80 emu/g dan memiliki energi celah pita sebesar 1,34 eV. Spektrum FTIR NiFe₂O₄ terdapat gugus fungsi C=C, C-O dan O-H yang menandakan adanya agen pelindung dari ekstrak daun kelor serta gugus spinel ferit Ni-O dan Fe-O. Nilai pH_{pzc} nanomagnetik NiFe₂O₄ berada pada pH 6,9. Kondisi terbaik degradasi fotokatalitik zat warna *congo red* terjadi pada pH 3, konsentrasi 100 mg/L dan waktu penyinaran selama 90 menit dengan efektivitas penurunan konsentrasi sebesar 99,05% dan laju degradasi sebesar 0,0421 menit⁻¹. Hasil uji TOC didapatkan efektivitas penurunan jumlah karbon sebesar 85,09%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa NiFe₂O₄ dengan metode *green synthesis* mampu meningkatkan efektivitas dalam mendegradasi zat warna *congo red*.

Kata Kunci : *Green synthesis*, NiFe₂O₄, degradasi fotokatalitik, *congo red*

Sitasi : 64 (2009-2022)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tekstil	5
2.2 <i>Congo Red</i>	5
2.3 <i>Nickel Ferrite</i> (NiFe_2O_4).....	6
2.4 Metode <i>Green Synthesis</i>	7
2.5 Degradasi Fotokatalitik	8
2.6 Spektrofotometer UV-VIS.....	9
2.7 Karakterisasi Material	10
2.7.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	10
2.7.2 <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive</i> <i>Xray</i> (SEM-EDX).....	11
2.7.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	12

2.7.4	<i>UV-VIS Diffuse Reflectance Spectrum (DRS)</i>	13
2.7.5	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	14
2.8	<i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		16
3.1	Waktu dan Tempat.....	16
3.2	Alat dan Bahan	16
3.3	Prosedur Penelitian	17
3.3.1	Ekstraksi Daun Kelor (<i>Moringa oleifera L.</i>).....	17
3.3.2	Analisa Kualitatif Kandungan Daun Kelor (<i>Moringa oleifera L.</i>)	17
3.3.2.1	Uji Flavonoid	17
3.3.2.2	Uji Terpenoid.....	17
3.3.2.3	Uji Alkaloid.....	17
3.3.2.4	Uji Asam Fenolik	18
3.3.3	Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ Hasil Sintesis	18
3.3.4	Karakterisasi Material	18
3.3.4.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	18
3.3.4.2	<i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)</i>	19
3.3.4.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	19
3.3.4.4	<i>UV-VIS Diffuse Reflectance Spectrum (DRS)</i>	19
3.3.4.5	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	19
3.3.5	Penentuan pH <i>Point Zero Charge (pHpzc)</i>	19
3.3.6	Penentuan Konsentrasi <i>Congo Red</i>	20
3.3.6.1	Pembuatan Larutan Stok Standar <i>Congo Red</i>	20
3.3.6.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Congo Red</i>	20
3.3.7	Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	20
3.3.7.1	Pengaruh pH Zat Warna	20
3.3.7.2	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna.....	21

3.3.7.3	Pengaruh Waktu Penyinaran	21
3.3.7.4	Pengaruh Penambahan Katalis Tanpa Penyinaran	21
3.3.7.5	Pengukuran <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	22
3.4	Analisis Data	22
3.5	Laju Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	Analisa Kandungan Ekstrak Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.).....	24
4.2	Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ Hasil Sintesis	25
4.3	Karakterisasi Material	26
4.3.1	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	26
4.3.2	<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Xray</i> (SEM-EDX)	27
4.3.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	29
4.3.4	<i>UV-VIS Diffuse Reflectance Spectrum</i> (DRS).....	30
4.3.5	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	31
4.4	Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc)	32
4.5	Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	33
4.5.1	Pengaruh pH Zat Warna	33
4.5.2	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna.....	35
4.5.3	Pengaruh Waktu Penyinaran	36
4.5.4	Pengaruh Penambahan Katalis Tanpa Penyinaran	37
4.5.5	Penentuan Laju Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	38
4.6	Penentuan <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur <i>congo red</i>	6
Gambar 2. Mekanisme degradasi fotokatalitik <i>congo red</i>	9
Gambar 3. Pola difraksi nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	11
Gambar 4. Hasil Analisa SEM-EDX nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	12
Gambar 5. Kurva Histeris nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	13
Gambar 6. Kurva energi gap nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	14
Gambar 7. Hasil spektrum FTIR NiFe ₂ O ₄ tanpa penambahan ekstrak	15
Gambar 8. Spektrum FTIR nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	15
Gambar 9. Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ hasil sintesis.....	25
Gambar 10. Mekanisme <i>capping agent</i> nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	26
Gambar 11. Difraktogram nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	27
Gambar 12. Morfologi nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ menggunakan <i>mapping</i> dispersi logam.....	28
Gambar 13. Morfologi nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ tanpa <i>mapping</i>	28
Gambar 14. Kurva histeris nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	30
Gambar 15. Grafik energi celah pita nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	31
Gambar 16. Spektrum FTIR nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	32
Gambar 17. Hasil Penentuan pH _{pzc}	33
Gambar 18. Kurva variasi pH <i>congo red</i> pada nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	34
Gambar 19. Kurva variasi konsentrasi <i>congo red</i> pada nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	35
Gambar 20. Kurva variasi waktu penyinaran <i>congo red</i> pada nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	36
Gambar 21. Kurva perbandingan 3 kondisi	37
Gambar 22. Kurva laju degradasi kondisi penyinaran dan penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil analisa kandungan ekstrak daun kelor	24
Tabel 2. Data unsur-unsur penyusun nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	29
Tabel 3. Hasil pengujian <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) terhadap zat warna <i>congo red</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir prosedur penelitian	48
Lampiran 2. Reaksi pembentukan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	50
Lampiran 3. Data digital difraksi XRD nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	51
Lampiran 4. Hasil karakterisasi nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ menggunakan SEM-EDX.....	53
Lampiran 5. Hasil karakterisasi nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ menggunakan UV-Vis DRS	54
Lampiran 6. Hasil karakterisasi nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ menggunakan FTIR ..	56
Lampiran 7. Data pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc).....	57
Lampiran 8. Penentuan panjang gelombang maksimum <i>congo red</i>	58
Lampiran 9. Kurva kalibrasi larutan standar <i>congo red</i>	59
Lampiran 10. Kondisi fotodegradasi zat warna <i>congo red</i> terhadap pengaruh pH dengan penyinaran dan penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	60
Lampiran 11. Kondisi fotodegradasi zat warna <i>congo red</i> terhadap pengaruh pH dengan penyinaran tanpa penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	61
Lampiran 12. Kondisi fotodegradasi zat warna <i>congo red</i> terhadap pengaruh konsentrasi dengan penyinaran dan penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	62
Lampiran 13. Kondisi fotodegradasi zat warna <i>congo red</i> terhadap pengaruh konsentrasi dengan penyinaran tanpa penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	63
Lampiran 14. Kondisi fotodegradasi zat warna <i>congo red</i> terhadap pengaruh waktu penyinaran dan penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	64
Lampiran 15. Kondisi fotodegradasi zat warna <i>congo red</i> terhadap pengaruh waktu penyinaran tanpa penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	65
Lampiran 16. Kondisi degradasi zat warna <i>congo red</i> dengan penambahan nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ tanpa penyinaran.....	66

Lampiran 17. Perhitungan kinetika degradasi zat warna <i>congo red</i>	67
Lampiran 18. Hasil Pengujian <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	70
Lampiran 19. Gambar penelitian.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia melaporkan bahwa setelah Indonesia pulih dari pandemi utilitas industri tekstil naik 70%. Ekspor industri tekstil pada produk pakaian jadi dan benang juga terjadi kenaikan sebesar 6,4% sampai triwulan 1 tahun 2022 dibanding periode yang sama tahun sebelumnya (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2022). Peningkatan ini juga beriringan dengan penggunaan zat warna sintetis dalam skala besar. Pemakaian zat warna sintesis diperuntukan dengan berbagai alasan mulai dari biaya produksi yang murah, sifatnya tahan lama, mudah diperoleh serta efisien dalam penggunaannya. Dengan adanya pemakaian zat warna sintetis akan memicu permasalahan berupa peningkatan limbah yang mengandung zat warna yang sifatnya sulit untuk diuraikan (terdegradasi) (Ruzicka dkk, 2014). Industri tekstil menghasilkan limbah zat warna yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan berupa pencemaran pada air dalam bentuk limbah cair. Dalam proses pewarnaan kurang lebih sekitar 15-20% dari zat warna yang digunakan menjadi air limbah sehingga ketika limbah tersebut dibuang ke perairan tanpa adanya pengolahan maka akan ada limbah yang terakumulasi dan mencemari lingkungan (Kant, 2012). Hal ini menyebabkan diperlukan pengolahan limbah yang sesuai sampai menjadi limbah dalam keadaan yang aman untuk dibuang ke lingkungan (Bhernama, 2015).

Congo red termasuk zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil. Zat warna ini memiliki sifat mutagenik dan karsinogenik yang disebabkan karena adanya gugus aromatik (Jha and Chakraborty, 2020). Senyawa organik yang terdapat pada *congo red* sulit terdegradasi secara alami serta bersifat tidak ramah lingkungan. Limbah air yang mengandung zat warna *congo red* yang dibuang ke perairan berbahaya bagi spesies makhluk hidup karena sifat beracunnya yang tinggi. Dengan adanya efek negatif tersebut limbah yang mengandung zat warna *congo red* tersebut harus masuk ke tahap pengolahan terlebih dahulu (Saraswati dkk, 2015). Metode pengolahan limbah seperti adsorpsi zat warna dengan karbon aktif telah banyak dilakukan oleh beberapa pihak. Namun, metode ini dinilai kurang efektif karena masih adanya limbah organik yang terakumulasi pada hasil

pengolahan limbah (Naimah dkk, 2014). Metode fotodegradasi dengan fotokatalis menjadi metode alternatif dalam mengolah limbah yang mengandung zat warna. Metode ini akan menguraikan zat warna menjadi komponen yang jauh lebih aman dan sederhana serta dihasilkannya limbah yang tidak membahayakan lingkungan ataupun menimbulkan masalah baru sehingga efektif digunakan dalam pengolahan limbah zat warna (Bhernama, 2015).

Nanopartikel spinel ferit terbentuk dari gabungan antara kation trivalen (Fe^{3+}) dan kation logam divalen seperti kation logam transisi (Mn, Co, Ni, Zn, dan lainnya) (Pham *et al*, 2020). Spinel ferit atau yang biasa disebut nanomagnetik memiliki kegunaan sebagai fotokatalis (Rahmayeni dkk, 2019). Nanomagnetik NiFe_2O_4 termasuk bahan magnet lunak dengan sifat feromagnetik, konduktivitas listrik rendah, dalam aspek elektrokimia memiliki stabilitas tinggi serta aktivitas katalitik tinggi (Karunakaran *et al*, 2018). Sintesis nanomagnetik NiFe_2O_4 telah banyak dilakukan dengan beberapa metode antara lain kopresipitasi (Muflihatun dkk, 2015) dan sol-gel (Kulkarni *et al*, 2020). Akan tetapi, beberapa metode yang telah dilakukan terdapat permasalahan seperti dihasilkannya nanomagnetik yang kurang stabil sehingga biasanya digunakan bahan kimia tambahan sebagai agen penstabilnya (Kulkarni *et al.*, 2020).

Metode sintesis menggunakan ekstrak tumbuhan menjadi alternatif dalam produksi nanomagnetik. Metode ini bersifat ramah lingkungan karena termasuk usaha untuk mengurangi pemakaian bahan anorganik dan limbah berbahaya yang dihasilkan. Metode sintesis ini disebut *Green Synthesis*. *Green Synthesis* memanfaatkan metabolit sekunder yang ada didalam ekstrak tumbuhan berupa senyawa sebagai *capping agent* (agen pelindung) pada nanomagnetik yang dihasilkan (Tjiang *et al*, 2019). Berbagai ekstrak tumbuhan dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel nikel diantaranya sintesis nanopartikel nikel dengan ekstrak tumbuhan ruku-ruku (*Ocimum sanctum*) (Pandian *et al.*, 2015), ekstrak tumbuhan kayu bulan (*Pisona alba*) (Jeba and Amaladhas, 2018) dan ekstrak dari kulit buah anggur (*Citrus paradise*) (Kiran *et al.*, 2022). Salah satu ekstrak tumbuhan yang bisa digunakan untuk mensintesis material magnetik NiFe_2O_4 adalah daun kelor (*Moringa oleifera* L.). Tumbuhan ini mengandung senyawa fotokimia seperti flavonoid dan asam fenolik yang akan berperan sebagai agen pelindung ketika

proses sintesis (Matinise *et al.*, 2018). Beberapa penelitian yang telah menggunakan ekstrak daun kelor dalam *green synthesis* nanomagnetik perak untuk degradasi zat warna metilen biru (Azmi, 2020) dan seng oksida (ZnO) untuk degradasi zat warna *Titan yellow* (Letsholathebe *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian sintesis nanomagnetik NiFe₂O₄ dengan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai *capping agent* dan diaplikasikan dalam proses degradasi fotokatalitik zat warna *congo red*. Material magnetik yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan peralatan seperti *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope-Energi Dispersive X-Ray Spectrometry* (SEM-EDX), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance* (UV-Vis DRS), *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Beberapa variabel seperti pengaruh pH, konsentrasi zat warna dan waktu penyinaran digunakan untuk melihat kondisi terbaik dalam degradasi serta dilakukan penentuan laju degradasinya. Pengukuran efektivitas nanomagnetik NiFe₂O₄ dalam membantu proses degradasi fotokatalitik *congo red* menggunakan TOC (*Total Organic Carbon*).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakter nanomagnetik NiFe₂O₄ yang disintesis menggunakan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.)?
2. Bagaimana pengaruh variabel pH, konsentrasi, waktu penyinaran dan laju degradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik NiFe₂O₄?
3. Bagaimana aktivitas fotokatalitik nanomagnetik NiFe₂O₄ dalam mendegradasi zat warna *congo red* dengan analisis menggunakan TOC (*Total Organic Carbon*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis nanomagnetik NiFe₂O₄ menggunakan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) dan mengkarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDX, VSM, UV-Vis DRS dan FTIR.
2. Menentukan pengaruh variabel pH, konsentrasi, waktu penyinaran dan laju degradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik

NiFe₂O₄.

3. Menentukan aktivitas fotokatalitik nanomagnetik NiFe₂O₄ dalam mendegradasi zat warna *congo red* dari hasil uji TOC (*Total Organic Carbon*).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian dilakukan untuk memberikan informasi mengenai sintesis nanomagnetik NiFe₂O₄ dengan metode *green synthesis* yang menggunakan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai *capping agent*. Hasil dari sintesis tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengurangi persoalan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh senyawa-senyawa berbahaya yang sifatnya susah terdegradasi secara alami dengan bantuan degradasi fotokatalitik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, S., Sediawan, W. B., Prasetyo, I. dan Ariyanto, T. 2017. Degradasi Limbah Zat Warna Dengan Katalis Karbon Aktif Tersebut Oksida Besi. *Prosiding SNST Ke-8 Tahun 2017 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*. 1(1) : 24–29.
- Aminullah, M. W., Setiawan, H., Huda, A., Samaulah, H., Haryati, S., dan Bustan, M. D. 2019. Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor dalam Menurunkan Energi Band Gap Terhadap Konversi Gelombang Mikro. *Jurnal EECCIS*. 13(2): 65–70.
- Azmi, A. 2020. Green Hidrotermal Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Degradasi Zat Warna Metilen Biru. *Skripsi*. Sumatera Barat : Universitas Andalas.
- Bedlovicova, Z., and Salayova, A. 2018. *Bacterial Pathogenesis and Antibacterial Control*. Turkey : Halic University.
- Bere, M. L., Sibarani, J., dan Manurung, M. 2019. Sintesis Nanopartikel Perak (NpAg) Menggunakan Ekstrak Air Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* Linn.) dan Aplikasinya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 7(2): 155–164.
- Bhernama, B. G., Safni., dan Syukri. 2015. Degradasi Zat Warna Metanil Yellow dengan Penyinaran Matahari dan Penambahan Katalis $\text{TiO}_2\text{-SnO}_2$. *Lantanida Journal*. 3(2): 116.
- Budiman, S., Suryasaputra, D., dan Ristianti, D. 2014. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil dengan Fotokatalis TiO_2 , Al_2O_3 dan H_2O_2 . *Prosiding Seminar Nasional IPTEK ; 30 April 2014*. Jawa Barat : Universitas Jenderal Achmad Yani. hlm 284-286.
- Bunaciu, A. A., Udristioiu, E. G., and Aboul-enein, H. Y. 2015. X-Ray Diffraction : Instrumentation and Applications Critical Reviews in Analytical Chemistry X-Ray Diffraction : Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 4(1): 289.
- Choudary, O.P. and Priyanka. 2017. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 6(5): 1878-1879.
- 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.
- Didik, L.A. 2020. Penentuan Ukuran Butir Kristal $\text{CuCr}_{0,98}\text{Ni}_{0,02}\text{O}_2$ Dengan Menggunakan X-Ray Difraksi (XRD) Dan Scanning Electron Microscope (SEM). *Indonesian Physical Review*. 3(1): 9-10.
- Handayani, T. W., Yusuf, Y., dan Tandji, J. 2020. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dengan

- Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Riset Kimia*. 6(3): 231-232.
- Hariani, P. L., Said, M., Rachmat, A., Riyanti, F., Pratiwi, H. C., and Rizki, W. T. 2021. Preparation of NiFe₂O₄ Nanoparticles by Solution Combustion Method as Photocatalyst of Congo Red. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 16(3). 481–490.
- Hidayah, E. N., dan Cahyonugroho, O. H. 2021. *Bahan Organik Alami dalam Air : Dampak dan Karakterisasi*. Surabaya. CV. Jakad Media Publishing : CV. Jakad Media Publishing.
- Hirthna., Sendhilmathan, S., Rajan, P. I., and Adinaveen, T. 2018. Synthesis and Characterization of NiFe₂O₄ Nanoparticles for the Enhancement of Direct Sunlight Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Synthesis. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*. 1(3): 5.
- Irawan, A. 2019. Kalibrasi Spektrofotometer sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*. 1(2): 2.
- Iraqi, S., Kashyap, S. S., & Rashid, H. 2020. NiFe₂O₄ Nanoparticles : An Efficient and Reusable Catalyst for The Selective Oxidation of Benzyl Alcohol to Benzaldehyde Under Mild Conditions. *Nanoscale Advances*. 2(1) : 5790.
- Jha, A. K. and Chakraborty, S. 2020. Photocatalytic Degradation of Congo Red Under UV Irradiation by Zero Valent Iron Nanoparticles (nZVI) Synthesized Using *Shorea robusta* (Sal) Leaf Extract. *Water Science & Technology*. 82(11) : 2942.
- Jamaluddin., Septian, T, S., Maria., dan Emi, P, U. 2018. Prediksi *Total Organic Carbon* (TOC) Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal Geoelebes*. 2(1): 1-5.
- Jeba, D. P., and Amaladhas, T. P. 2018. Green Synthesis and Photocatalytic Activity of Nickel Oxide Nanostructures In The Degradation of Organic Dyes. *International Journal of Research in Advent Technology* . 6(11): 3022.
- Jumardin., Maddu, A., Santoso, K. dan Isnaeni. 2022. Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (*Carbon Dots*) dengan Metode UV-VIS DRS (*Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy*). *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 9(1): 2.
- Kant, R. 2012. Textile Dyeing Industry An Environmental Hazard. *Natural Science*. 4(1) : 23.
- Karim, F. A., Tungadi, R., dan Thomas, N. A. 2022. Biosintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Etanol 96% Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Uji Aktivitasnya sebagai Antioksidan. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education (e-Journal)*. 2(1) : 32–41.
- Karunakaran, G., Jagathambal, M., Van Minh, N., Kolesnikov, E., and Kuznetsov, D. 2018. Green Synthesis of NiFe₂O₄ Spinel-Structured Nanoparticles Using *Hydrangea paniculata* Flower Extract with Excellent Magnetic Property.

- Journal of the Minerals, Metals & Material Society*. 70(7): 1337–1343.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2022. *Pulih dari Pandemi Utilitas Industri TPT Naik Jadi 70 Persen*. kemenperin.go.id (diakses pada tanggal 28 Februari 2023).
- Kiran, S., Rafique, M. A., Ashraf, A., Farooq, T., Iqbal, S., Afzal, G., Ajmal, S., and Naz, S. 2021. Green Synthesis of Nickel Nanoparticles using Fruit Peels of *Citrus Paradise* for Remediation of Congo Red. *Journal of The Mexican Chemical Society*. 65(4): 507-511.
- Kirupakar, B.R., Vishwanath, B.A., Sree, M.P. and 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., dan Suharyadi, E. 2021. Struktur Kristal dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Mn-Ferrite yang Disintesis dari Bahan Alam Pasir Besi. *Jurnal Fisika Unand*. 10(4): 417.
- Kulkarni, G. D., Patade, S. R., Parlikar, R. R., Gopale, Chilwar, R. R., Saraf, T. S., dan Jadhav, K. M. 2020. Green Synthesis of NiFe₂O₄ Nanoparticles Using Different Fuels and Their Structural Characterization. *Journal of Physics: Conference Series*. 1644(1): 1-2.
- Kurang, R. Y., Koly, F. V. L., dan Kafolapada, D. I. 2020. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etil Asetat Daun Kelor (*Moringa oleifera* L). *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*. 3(1): 16.
- Lestari, A.S. dan Sartika, D. 2018. Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 11(1): 7.
- Letsholathebe, D., Thema, F. T., Mphale, K., Maabong, K., and Maria Magdalane, C. 2019. Green Synthesis of ZnO Doped *Moringa oleifera* Leaf Extract Using Titon Yellow Dye For Photocatalytic Applications. *Materials Today: Proceedings*. 36(1): 475–479.
- Marviyani, F. 2016. Sintesis Komposit Kitosan-Alumina untuk Penyerapan Zat Warna Metil Violet 2B. *Artikel Ilmiah Jurusan Kimia*. Universitas Sriwijaya: Indralaya.
- Matinise, N., Kaviyarasu, K., Mongwaketsi, N., Khamlich, S., Kotsedi, L., Mayedwa, N., and Maaza, M. 2018. Green Synthesis of Novel Zinc Iron Oxide (ZnFe₂O₄) Nanocomposite Via *Moringa oleifera* Natural Extract For Electrochemical Applications. *Applied Surface Science*. 446(1): 66–73.
- Muflihatun., Shofiah, S. dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe₂O₄) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(56): 20–25.
- Naimah, S., Ardhanie, S. A., Jati, B. N., Aidha, N. N., dan Arianita, A. C. 2014. Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode

- Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO_2 -Zeolit. *Jurnal Kimia Kemasan*. 36(1): 225–236.
- Nandita, P. 2021. Pengaruh Jenis Eluen dan Temperatur Pada Sintesis Fe_3O_4 dengan Metode Solution Combustion. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya : Sumatera Selatan.
- Naseri, A., Goodarzi, M. and Ghanbari, D. 2017. Green Synthesis and Characterization of Magnetic and Effective Photocatalyst NiFe_2O_4 - NiO Nanocomposite. *Journal Material Science:Material in Eletronics*. 28(23) : 8-10.
- Neldawati., Ratnawulan., dan Gusnedi. 2013. Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physics*. 2(10) : 78.
- Nurmayansih, A., Hariani, P. L., and Said, M. 2021. Synthesis NiFe_2O_4 Nanoparticles by Co-precipitation Method for Degradation of Congo Red Dye. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 6(3): 115–121.
- Oktaviani, Z.P. dan Haris, A. 2016. Sintesis ZnO-SiO_2 dan Aplikasinya pada Fotokatalisis Degradasi Limbah Organik Fenol dan Penurunan Kadar Cd(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 19(2): 45-49.
- Pandian, C. J., Palanivel, R., and Dhanasekaran, S. 2015. Green Synthesis of Nickel Nanoparticles Using *Ocinum sanctum* and their Application in Dye and Pollutant Adsorption. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 23(8): 1307-1315.
- Perdana, N. D., Wardhani, S., dan Khumar, M. M. 2014. Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) terhadap Degradasi Methylene Blue dengan Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit . *Kimia Student Journal*. 2(2): 580.
- Pham, T. N., Huy, T. Q., and Le, A. T. 2020. Spinel Ferrite (AFe_2O_4)-based Heterostructured Designs For Lithium-Ion Battery, Environmental Monitoring, and Biomedical Applications. *RSC Advances*. 10(52): 31622.
- Putri, S. A., Amanah, I. N., Susilawati, J., dan Fabiani, V. A. 2021. Degradasi Zat Warna Rhodamin-B Menggunakan Green Fotokatalis Seng Ferit (ZnFe_2O_4)-Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratoxylum glaucum*). *Fullerene Journal Of Chem*. 6(2): 135–142.
- Raganata, T. C., Aritonang, H., dan Suryanto, E. 2019. Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chem Prog*. 12(2): 54–58.
- Rahmawita, S., dan Ulianas, A. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Magnetic Nanopartikel NiFe_2O_4 Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus Polyrhizus*). *Periodic*. 10(1), 1–6.
- Rahmayeni, Putri, J., Stiadi, Y., Zilfa, and Zulhadjri. 2019. Green Synthesis Of

- NiFe₂O₄ Spinel Ferrites Magnetic In The Presence Of *Hibiscus Rosa-sinesis* Leaves Extract: Morphology, Structure and Activity. *Rasayan Journal of Chemistry*. 12(4): 1942–1949.
- Rehman, R., Abbas, S. A., Murtaza, S., dan Mahmud, T. 2012. Comparative Removal of Congo Red Dye from Water by Adsorption on *Grewia asiatica* Leaves, *Raphanus sativus* Peels and Activated Charcoal. *Journal of The Chemical Society of Pakistan*. 34(1): 112.
- Safitri, I., Wibowo, Y.G., Rosarina, D. and Sudibyo. 2021. Synthesis and Characterization of Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles from Iron Sand in Batanghari Beach. *Material Science and Engineering*. 1011 : 2.
- Sahumena, M. H., Ruslin., Asriyanti., dan Djuwarno, N. 2020. Identifikasi Jamu yang Beredar di Kota Kendari Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Journal Syifa Science and Clinical Research*. 2(2): 66.
- Sanjiwani, N. M. S., Paramitha, D. A. I., Wibawa, A. A. C., Ariawan, I. M. D., Megawati, F., Dewi, N. W. T., Mariati, N. P. A. M., dan Sudiarsa, I. W. 2020. Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya dan Analisis dengan Fourier Transform Infrared. *Widyadari*. 21(1): 251.
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. P., dan Suarya, P. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil *Congo Red* dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*. 9(2): 175-182.
- Setianingsih, T., Sutarno., dan Masrurroh. 2018. *Prinsip Dasar dan Aplikasi Metode Difraksi Sinar-X*. Malang. Universitas Brawijaya: UB Press.
- Singh, J., Dutta, T., Kim, K., Rawat, M., and Samddar, P. 2018. Green Synthesis of Metals and Their Oxide Nanoparticles: Applications For Environmental Remediation. *Journal of Nanobiotechnology*. 16(84): 2.
- Simamora, P., dan Krisna, K. 2015. Sintetis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe₃O₄-Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*. IV(7): 77-78.
- Sripriya, R. C., Ezhil, A., Madhavan, J., Victor, A. R., Sripriya, R. C., Ezhil, A., Madhavan, J., Raj, A., and Synthesis, V. 2017. Synthesis and Characterization Studies of ZnFe₂O₄ Nanoparticles. *Mechanics, Materials Science & Engineering*. 4(1): 2.
- Sukarta, I. N., Ayuni., N. S. P., Sastrawidana, I. D. K., Sudiana, I. K., dan Eka, P. S. 2019. Degradasi Zat Warna Rhemazol Blue secara Fotokatalitik Menggunakan Komposit TiO₂-Batu Apung sebagai Fotokatalis. *Wahana Matematika dan Sains : Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*. 13(2) : 10.
- Suvarna, S. K., Layton, C., and Bancroft, J. D. 2013. *Bancroft Theory and Practice of Histological Techniques*. China. Elsevier Limited.
- Suyata dan Mardiyah, K. 2012. Degradasi Zat Warna Kongo Merah Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan Menggunakan Metode

- Elektrodekolorisasi. *Jurnal Molekul*. 7(1): 53-60.
- Tjiang, D., Aritonang, H. F., dan Koleangan, H. S. J. 2020. Sintesis Nanopartikel Ag/CoFe₂O₄ Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (*Anredera Cordifolia (Ten) Steenis*) dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chemistry Progress*. 12(2): 59–66.
- Utami, A. R., dan Wulandari, C. 2020. Verifikasi Metode Pengujian Total Organic Carbon (TOC) dalam Air Limbah Kegiatan Minyak dan Gas dengan Menggunakan TOC (Analyzer). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Universitas Surabaya : Surabaya.
- Utomo, W., Sumarni, W., dan Priatmoko, S. 2018. Pengaruh Konsentrasi SO₄²⁻ dan pH terhadap Degradasi Congo Red Menggunakan Fotokatalis N-TiO₂. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1): 74-75.
- Warono, D. dan Syamsudin. 2013. Unjuk Kerja Spektrofotometer untuk Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *Konversi*. 2(2) : 59-60.