

**FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED* MENGGUNAKAN  
NANOMAGNETIK  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  DAN PENGARUH PENAMBAHAN  $\text{H}_2\text{O}_2$**

**SKRIPSI**

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



**RAHAYU SRI UTARI**

**08031381520034**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED* MENGGUNAKAN  
NANOMAGNETIK  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  DAN PENGARUH PENAMBAHAN  $\text{H}_2\text{O}_2$**

**SKRIPSI**

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



**RAHAYU SRI UTARI**

**08031381520034**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED MENGGUNAKAN  
NANOMAGNETIK  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  DAN PENGARUH PENAMBAHAN  $\text{H}_2\text{O}_2$**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**RAHAYU SRI UTARI**

**08031381520034**

Indralaya, 07 Oktober 2019

**Pembimbing I**



**Fahma Riyanti, M.Si.**

**NIP. 197204082000032001**

**Pembimbing II**



**Nova Yuliasari, M.Si.**

**NIP. 197307261999032001**

**Mengetahui,  
Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Dr. Iskhak Iskandar, M.Sc**  
**NIP. 197210041997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan Pengaruh Penambahan  $\text{H}_2\text{O}_2$ ” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dalam sidang sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 04 Oktober 2019 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 07 Oktober 2019

### Ketua :

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

NIP. 197204082000032001

(  )

### Anggota:

2. **Nova Yuliasari, M.Si .**

NIP. 197307261999032001

(  )

3. **Dr. Bambang Yudono, M.Si .**

NIP. 196102071989031004

(  )

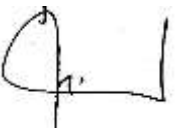
4. **Hermansyah, Ph.D.**

NIP. 197111191997021001

(  )

5. **Dr. Desnelli, M.Si.**

NIP. 196912251997022001

(  )

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**  
  
**Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

**Ketua Jurusan Kimia**  
  
**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
NIP. 196704191993031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Rahayu Sri Utari

NIM : 08031381520034

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, 07 Oktober 2019

Penulis,



Rahayu Sri Utari

NIM. 08031381520034

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

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


Nama Mahasiswa : Rahayu Sri Utari  
NIM : 08031381520034  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusivelyroyalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Nanomagnetik  $Fe_3O_4$  dan Pengaruh Penambahan  $H_2O_2$ ”. 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, 07 Oktober 2019

Yang menyatakan,



Rahayu Sri Utari

NIM. 08031381520034

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.  
Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”*  
(Q.S. Al-Insirah:5-6)

*“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah.  
Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan  
orang-orang yang kufur (terhadap karunia Allah).”*  
(q.s. Yusuf:87)

*“Pada saat kamu sukses, kamu mendapatkan sesuatu. Pada saat  
kamu gagal, kamu belajar sesuatu. Kamu membutuhkan  
keduanya.”*  
(Dr. Bilal Philips)

*“Berpikir positif dalam setiap keadaan yang kamu hadapi saat ini  
dan tetaplah bersyukur atas apa yang telah kamu dapatkan hari  
ini.”*  
(Anonim)

*Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:*

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

*Dan kupersembahkan kepada :*

1. *Papa dan Mama tersayang yang senantiasa mendoakan,  
memotivasi dan memberiku semangat*
2. *Kakak dan adikku yang ku sayangi dan cintai*
3. *Pembimbingku dan Sahabatku yang selalu menemani dan  
menyemangati*
4. *Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT. Tuhan yang menciptakan dan memelihara alam semesta. Hanya kepada-Nya kita berserah dan memohon pertolongan sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan Pengaruh Penambahan  $\text{H}_2\text{O}_2$ ”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya sebagai Lembaga Pendidik yang telah mendidik penulis hingga mencapai gelar Sarjana Sains. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dari hati yang paling dalam kepada:

1. Ayahanda **Tarsila** tersayang dan Ibunda **Hayati** tercinta, orang paling hebat di dunia yang selalu memberikan dukungan, nasehat serta pengalaman hidup. Terima kasih untuk setiap kesabaran, kasih sayang, cinta, doa dan pengorbananan yang kalian berikan. Sehat dan bahagia selalu.
2. Ayunda **Retno Indah Apriliyani, S.P.** dan Adinda **Rezky Amanda Ningsih (S.Pi)**, terima kasih telah menjadi penyemangat, penghibur dan pendengar setia keluh kesahku. Semoga Allah permudah langkah kita untuk membuat Mama dan Papa bangga atas kesuksesan yang kita dapatkan.
3. Bapak **Prof. Iskhaq Iskandar, M.Sc.** selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
4. Bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T.** selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu **Fahma Riyanti, M.Si.** selaku pembimbing pertama dan ibu **Nova Yuliasari, M.Si.** selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan, pengalaman, motivasi, saran, kesabaran dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini serta banyak meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.



6. Ibu **Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si.** selaku dosen yang juga sempat membimbing dan meluangkan waktunya untuk berdiskusi untuk memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
7. Bapak **Dr. Bambang Yudono, M.Sc.**, Bapak **Hermansyah, Ph.D.**, dan Ibu **Dr. Desneli, M.Si.** selaku dosen penguji sidang sarjana dan memberikan saran yang baik dalam penulisan skripsi serta memberikan ilmu yang bermanfaat.
8. Ibu **Dr. Eliza, M.Si.** sebagai dosen Pembimbing Akademik yang membimbing dari awal perkuliahan.
9. *Girlsquad Reborn* (Suci Firma Dewi, Handayani Citra Pratiwi, Riani Safitri, Puput Melati, Lisa Aprimasari, Lisa Ratna Pratiwi TJ, Theresya Elisabeth) terima kasih telah menjadi sahabat terbaik yang selalu memberi kebahagiaan, motivasi dan saran yang baik. Semoga kita dapat bertemu kembali dalam kesuksesan dengan cerita masing-masing.
10. **Dwipayana Andriyan Adiguna, S.P.** yang telah menjadi support system dan pendengar setia keluh kesahku. Terima kasih untuk kesabaran, motivasi, saran dan juga doa yang telah diberikan. Semoga seterusnya kita dapat berjuang bersama dalam kesuksesan.
11. Teruntuk keluarga besar **Basyaruddin** dan keluarga besar **Warkid**, terima kasih atas cinta, doa dan dukungan yang kalian berikan.
12. Penghuni Lab Analisa (Qisti, Resti, Jupek, Yuli, Bella alias Fikri, Bang Iqbal, Rizky, Pemi, Cica, Rima, Sarah, Devi, Herma, Dini, Gustya) terima kasih untuk canda dan tawa selama di lab. Terima kasih selalu membantu dalam kesulitan serta memberikan semangat yang luar biasa.
13. **Kimia'15** terima kasih untuk canda, tawa dan perjuangan selama 4 tahun ini. Sukses selalu dan semangat untuk semua yang masih berjuang. See you on TOP guys....
14. Seluruh kakak dan adik KIMIA Angkatan 2013, 2014, 2016, 2017 dan 2018 yang telah menjadi bagian dari kenangan yang berharga.
15. Tetangga kosan Albert (Novita, Fopy, Ofiq, Abi, Mifta, Wita, Mutia) terima kasih untuk kebaikan dan motivasi yang kalian berikan. Sukses dan bahagia selalu.

16. Teman Semasa Putih Abu-Abuku (Dea, Rima, Triayu, Anne dan Yuni) yang memberi dukungan dari kejauhan. Terima kasih atas motivasi dan saran yang kalian berikan.
17. Staff dosen dan analis FMIPA Kimia (Yuk Yanti, Yuk Nur dan Yuk Niar) yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta arahan saat penelitian.
18. Admin jurusan kimia Mbak Novi, Kak Roni dan Kak Iin yang baik hati dan selalu membantu dalam administrasi selama perkuliahan.
19. Terima kasih untuk semua teman-teman yang selalu memberikan motivasinya.

Penulis menyadari masih terapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 07 Oktober 2019

Penulis,



Rahayu Sri Utari

NIM. 08031381520034

## SUMMARY

### PHOTODEGRADATION OF CONGO RED DYES USING Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NANOMAGNETIC AND THE EFFECT OF ADDING H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Rahayu Sri Utari : Supervised by Fahma Riyanti, M.Si. and Nova Yuliasari, M.Si.

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

xvii + 60 Pages, 3 Tables, 16 Pictures, 13 Attachments

Research on photodegradation of congo red dyes using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanomagnetic and the effect of adding H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanomagnetic was synthesized by the coprecipitation method. Nanomagnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> synthesis result was characterized using XRD, FTIR, SEM-EDS and VSM. XRD diffractogram showed a widening peak at  $2\theta = 35.86^\circ$  which indicates Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> is amorphous state. FTIR spectrum showed functional groups O-H, C-H, C=O, C-O, Fe-OH and Fe-O. The result of SEM-EDS analysis showed the porous surface of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and slightly larger particles size with constituent elements C (9.69%), O (32.83%) dan Fe (57.48%). VSM analysis obtained a hysterical curve with saturation magnetization of 63.22 emu/g. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanomagnetics have a  $pH_{pzc}$  value at 6.73. The best condition for the effectiveness of decreasing the concentration of congo red dyes occurred at a concentration of 35 mg/L, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> volume of 0,1 mL and contact time of 15 minutes. Kinetics of photodegradation rate obtained  $R^2 = 0.9619$  with the rate photodegradation on UV irradiation of  $0.697 \text{ s}^{-1}$  and  $R^2 = 0.9039$  with the rate photodegradation without UV irradiation is  $0.259 \text{ s}^{-1}$ .

Keyword : Photodegradation, nanomagnetics, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, *congo red*, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Citation : 89 (1985-2018)

## RINGKASAN

### FOTODEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED* MENGGUNAKAN NANOMAGNETIK Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> DAN PENGARUH PENAMBAHAN H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Rahayu Sri Utari : Dibimbing oleh Fahma Riyanti, M.Si. dan Nova Yuliasari, M.Si.

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

xvii + 60 Halaman, 3 Tabel, 16 Gambar, 13 Lampiran

Telah dilakukan penelitian tentang fotodegradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan pengaruh penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Nanomagnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> disintesis dengan metode kopresipitasi. Nanomagnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, SEM-EDS dan VSM. Hasil difraktogram XRD menunjukkan puncak melebar pada  $2\theta = 35,86^\circ$  yang mengindikasikan nanomagnetik dalam keadaan amorf. Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H, C=O, C-O, Fe-OH dan Fe-O. Hasil analisa SEM-EDS menunjukkan permukaan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang berpori dan ukuran partikelnya sedikit lebih besar dengan elemen penyusun C (9,69%), O (32,83%) dan Fe (57,48%). Analisa VSM diperoleh kurva histerisis dengan magnetisasi saturasi sebesar 63,22 emu/g. Nanomagnetik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> memiliki pH<sub>pzc</sub> pada 6,73. Kondisi terbaik efektivitas penurunan konsentrasi zat warna *congo red* terjadi pada konsentrasi sebesar 35 mg/L, volume H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebesar 0,1 mL dan waktu kontak pada 15 menit. Kinetika laju fotodegradasi diperoleh nilai  $R^2 = 0,9619$  dengan laju fotodegradasi penyinaran UV sebesar  $0,697 \text{ s}^{-1}$  dan  $R^2 = 0,9039$  dengan laju fotodegradasi tanpa penyinaran sebesar  $0,259 \text{ s}^{-1}$ .

Kata kunci : Fotodegradasi, nanomagnetik, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, *congo red*, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Sitasi : 89 (1985-2018)

Indralaya, 07 Oktober 2019

Pembimbing I



Fahma Riyanti, M.Si.

NIP. 197204082000032001

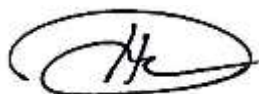
Pembimbing II



Nova Yuliasari, M.Si.

NIP. 197307261999032001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T.

NIP.196704191993031001

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>RINGKASAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Limbah Industri Tekstil.....	5
2.2 Zat Warna Azo .....	5
2.1.1 Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	6
2.3 Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) .....	7
2.4 Metode Kopresipitasi .....	9
2.5 Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	9
2.6 Fotodegradasi .....	10
2.7 Spektrofotometri UV-Vis.....	12
2.8 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	13
2.9 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	15

2.10	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	16
2.11	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	17
2.12	Kinetika Laju Fotodegradasi .....	19
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	20
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.2.1	Alat.....	20
3.2.2	Bahan .....	20
3.3	Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1	Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	20
3.3.2	Karakterisasi.....	21
3.3.2.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	21
3.3.2.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	21
3.3.2.3	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	21
3.3.2.4	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	22
3.3.3	Penentuan <i>pH Point Zero Charge</i> .....	22
3.3.4	Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	22
3.3.4.1	Pembuatan Larutan Standar <i>Congo Red</i> .....	22
3.3.4.2	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	22
3.3.5	Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	23
3.3.5.1	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna.....	23
3.3.5.2	Pengaruh Penambahan Volume H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	23
3.3.5.3	Pengaruh Waktu Kontak .....	23
3.3.6	Analisis Data .....	24
3.3.6.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	24
3.3.6.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	24

3.3.6.3	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy</i> .....	24
3.3.6.4	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	24
3.3.6.5	Efektivitas Degradasi .....	24
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
4.1	Hasil Sintesis Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	25
4.2	Karakterisasi Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	25
4.2.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	25
4.2.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	26
4.2.3	<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	27
4.2.4	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	28
4.3	pH Point Zero Charge (pH <sub>pzc</sub> ) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	29
4.4	Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	30
4.4.1	Kondisi Terbaik Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna Terhadap Pengaruh Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	30
4.4.2	Kondisi Terbaik Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna Terhadap Pengaruh Penambahan Volume H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	31
4.4.3	Kondisi Terbaik Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna Terhadap Pengaruh Waktu Kontak .....	33
4.4.4	Kinetika Laju Fotodegradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> ...	34
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	35
5.1	Kesimpulan .....	35
5.2	Saran .....	35
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36
	<b>LAMPIRAN</b> .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur <i>Congo Red</i> .....	6
Gambar 2.	Struktur Kristal $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	7
Gambar 3.	Mekanisme degradasi <i>congo red</i> .....	11
Gambar 4.	Pola XRD Nanomagnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	14
Gambar 5.	Spektrum FTIR Nanomagnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	16
Gambar 6.	Hasil EDS $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	17
Gambar 7.	Kurva VSM $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	18
Gambar 8.	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ Hasil Sintesis.....	25
Gambar 9.	Sudut $2\theta$ untuk Intensitas $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	26
Gambar 10.	Spektra IR $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	27
Gambar 11.	Morfologi Nanomagnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4$ Perbesaran 5.000x dan 20.000x .....	28
Gambar 12.	Kurva VSM $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	29
Gambar 13.	Kurva $\text{pH}_{\text{pzc}}$ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	30
Gambar 14.	Kurva Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Terhadap Pengaruh Variasi Konsentrasi .....	31
Gambar 15.	Kurva Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna Terhadap Pengaruh Penambahan Volume $\text{H}_2\text{O}_2$ .....	32
Gambar 16.	Kurva Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna Terhadap Pengaruh Waktu Kontak .....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Sifat Fisik dan Magnetik Besi .....	8
Tabel 2.	Interpretasi Gugus Fungsi Spektra IR Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	27
Tabel 3.	Hasil karakterisasi EDS nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	41
Lampiran 2.	Hasil Karakterisasi XRD Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	42
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi FTIR Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	44
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi SEM-EDS Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	45
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi VSM Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	47
Lampiran 6.	Penentuan <i>pH Point Zero Charge</i> (pH <sub>pzc</sub> ) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	48
Lampiran 7.	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	49
Lampiran 8.	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	50
Lampiran 9.	Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Terhadap Pengaruh Konsentrasi .....	51
Lampiran 10.	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Terhadap Pengaruh Penambahan Volume H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	53
Lampiran 11.	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Terhadap Pengaruh Kontak Waktu.....	55
Lampiran 12.	Penentuan Kinetika Laju Fotodegradasi Penyerapan ZatWarna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Terhadap Pengaruh Waktu Kontak .....	57
Lampiran 13.	Gambar Penelitian .....	60

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sektor industri tekstil di Indonesia berkembang sangat pesat sehingga berdampak positif bagi kehidupan manusia. Namun, selain memberikan dampak positif juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan karena menghasilkan limbah yang mengandung zat warna dalam jumlah besar yang umumnya sukar terurai, resisten dan beracun (Widihati dkk, 2011). Sebagian besar zat warna yang digunakan dalam proses pewarnaan dalam industri tekstil akan terbang ke lingkungan sebagai limbah. Zat warna dari limbah cair yang dihasilkan merupakan senyawa organik yang memiliki struktur aromatik yang sulit terdegradasi secara alamiah dan tidak ramah lingkungan. Salah satu zat warna tekstil yang banyak digunakan adalah *congo red* (Saraswati dkk, 2015). Zat warna *congo red* merupakan senyawa kompleks aromatik yang bersifat toksik, sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan (Herlina dkk, 2017). Efek yang ditimbulkan oleh zat warna terhadap lingkungan perlu dilakukan berbagai upaya untuk meminimalisir limbah zat warna tersebut sebelum dibuang ke perairan. Berbagai metode seperti filtrasi kimia, koagulasi, elektrokoagulasi dan adsorpsi telah diterapkan untuk upaya menghilangkan limbah zat warna tekstil. Namun, metode-metode tersebut kurang efektif untuk mengatasi limbah zat warna tekstil, sehingga akan menimbulkan masalah yang baru bagi lingkungan (Modirshahla *et al.*, 2011).

Sebagai alternatif, telah dikembangkan suatu metode fotodegradasi yang merupakan suatu proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar UV (Widihati dkk, 2011). Metode fotodegradasi merupakan metode yang efektif karena dapat menguraikan senyawa zat organik berbahaya menjadi senyawa yang tidak berbahaya, seperti H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>. Metode fotodegradasi dilakukan dengan menggunakan fotokatalis yang umumnya berupa bahan semikonduktor. Adanya fotokatalis pada metode fotodegradasi mampu menguraikan limbah zat warna lebih cepat jika dibandingkan dengan penguraian secara alami. Pada oksidasi fotokatalisis, cahaya UV memberikan energi yang dapat digunakan untuk

menghasilkan pasangan elektron dan lubang (*hole*). Pasangan elektron-*hole* akan berdifusi ke permukaan partikel oksida yang akan mengoksidasi polutan organik (Titdoy dkk, 2016). Material yang sering digunakan sebagai fotokatalisis berupa semikonduktor yang memiliki nilai konduktivitas listrik ( $\sigma$ ) dan memiliki celah pita (*band gap*) yang tidak terlalu besar antara pita valensi dan pita konduksi. Proses fotodegradasi dengan menggunakan semikonduktor diharapkan dapat mendegradasi zat warna yang dapat mencemari lingkungan (Yahdiana, 2011). Suatu semikonduktor logam oksida memiliki kemampuan dalam proses generasi elektron-*hole* pada permukaannya yang akan bereaksi dengan ion hidroksil dan oksida pada senyawa organik dan mengubahnya menjadi  $O_2$  dan  $H_2$  (Sucahya dkk, 2016). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Widihati dkk (2011) tentang fotodegradasi metilen biru dengan sinar UV dan fotokatalis, mempelajari kondisi optimum dari fotodegradasi zat warna metilen biru seperti variasi berat fotokatalis, pH, dan waktu fotodegradasi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan radiasi sinar UV dan bertambahnya berat katalis maka semakin banyak zat warna yang terdegradasi.

Pada penelitian ini digunakan nanomagnetik  $Fe_3O_4$  karena merupakan semikonduktor yang memberikan efek terbaik antara kinerja fotodegradasi dan stabilitas dalam media air. Sifat magnetiknya dapat menghasilkan pemisahan yang efisien dan penggunaan kembali katalis untuk beberapa kali sehingga lebih ekonomis (Bharathi *et al.*, 2009). Penelitian yang telah dilakukan oleh Ghandoor *et al* (2012) menunjukkan bahwa  $Fe_3O_4$  dapat diklasifikasikan sebagai semikonduktor dengan celah pita antara 0-3 eV.  $Fe_3O_4$  memiliki sifat kemagnetan yang paling kuat dibandingkan oksida-oksida besi yang lain (Mairoza dan Astuti, 2016). Fotokatalis magnetik menggunakan  $Fe_3O_4$  telah banyak diminati dalam penelitian karena murah, non-toksik dan kekuatan magnetnya sangat aktif (Lydia *et al.*, 2012).  $Fe_3O_4$  merupakan bahan magnet yang bersifat supermagnetik karena mempunyai momen magnet spontan, sehingga dapat terdispersi dengan baik dalam air dan mempermudah proses pengambilan kembali katalisator yang telah digunakan dengan bantuan magnet eksternal dari luar (Wardiyati dkk, 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi degradasi fotokatalitik seperti pengaruh penambahan dosis  $Fe_3O_4$ , volume  $H_2O_2$ , pH, konsentrasi zat warna, suhu, sumber

cahaya dan penambahan jenis garam yang dapat mempengaruhi efisiensi reaksi fotodegradasi (Reza *et al.*, 2016). Reaksi fotodegradasi dengan adanya pengaruh oksidator  $H_2O_2$  bertujuan untuk meningkatkan jumlah radikal hidroksil (Nugroho dan Imelda, 2017). Radikal hidroksil merupakan pengoksidasi kuat dan memiliki potensial redoks sebesar 2,8 volt (Arutanti dkk, 2009). Penelitian yang telah dilakukan oleh Suhernandi dkk (2014) menunjukkan bahwa semakin banyak  $H_2O_2$  yang digunakan maka elektron dari pita valensi ke pita konduksi akan meningkat, sehingga terjadi pemisahan muatan elektron dan *hole*. Semakin banyak jumlah  $\bullet OH$  yang dihasilkan akan menyebabkan semakin banyak senyawa pada zat warna yang terdegradasi.

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dilakukan sintesis nanomagnetik  $Fe_3O_4$  dengan menggunakan metode kopresipitasi. Proses sintesisnya menggunakan suhu yang rendah agar ukuran partikel dapat diatur dan waktu yang dibutuhkan relatif singkat (Bukit dkk, 2015). Hasil sintesis tersebut di amati fasa nya menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), identifikasi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengamati morfologi dan elemen dari  $Fe_3O_4$  dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) untuk menentukan besarnya sifat kemagnetan  $Fe_3O_4$ . Selanjutnya, nanomagnetik  $Fe_3O_4$  hasil sintesis akan digunakan dalam proses fotodegradasi yang akan dikombinasikan dengan pengaruh konsentrasi zat warna *congo red*, penambahan volume  $H_2O_2$  dan waktu kontak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil karakterisasi nanomagnetik  $Fe_3O_4$  yang disintesis menggunakan metode kopresipitasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi zat warna, penambahan volume  $H_2O_2$  dan waktu kontak pada proses fotodegradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik  $Fe_3O_4$ ?
3. Bagaimana efektivitas penurunan konsentrasi zat warna *congo red* dengan fotodegradasi menggunakan nanomagnetik  $Fe_3O_4$ ?

4. Bagaimana kinetika laju orde satu terhadap fotodegradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menggunakan metode kopresipitasi dan mengkarakterisasi dengan menggunakan XRD, FTIR, SEM-EDS dan VSM.
2. Menentukan kemampuan pengaruh konsentrasi zat warna, penambahan volume  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan waktu kontak pada fotodegradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
3. Menentukan efektivitas penurunan konsentrasi zat warna *congo red* dalam proses fotodegradasi dengan nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
4. Menentukan kinetika laju fotodegradasi orde satu dalam proses degradasi zat warna *congo red* menggunakan nanomagnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberi pengetahuan dan penguasaan terhadap proses sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sehingga diharapkan dapat memberikan peluang yang lebih besar untuk pengaplikasiannya pada proses fotodegradasi. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan untuk mengatasi limbah zat warna tekstil, sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Ahmad, B., dan Jantan, M. 2016. Pengaruh Konsentrasi TiO<sub>2</sub> dan Konsentrasi Limbah pada Proses Pengolahan Limbah Pewarna Sintetik Procion Red dengan Metode UV/Fenton/TiO<sub>2</sub>. *Jurnal Teknik Kimia*. 22(1): 65-72.
- Arutanti, O., Mikrajuddin, A., Khairurrija., dan Hernawan, M. 2009. Penjernihan Air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>). *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 53-55.
- Atmono, T. M., Rita, P., dan Angie, M. R. K. 2015. Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan dan Persentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2015-Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN Yogyakarta*. ISSN 0216-3128.
- Bhernama, B. G. Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis dan Penyinaran Matahari dengan Penambahan Katalis TiO<sub>2</sub>-anatase dan SnO<sub>2</sub>. *Journal of Islamic Science and Thecnology*. 1(1): 49-62.
- Bharati, S., Nataraj, D., Mangalaraj, D., Masuda, Y., Senthil, K., and Yong, K. 2010. Highly Mesoporous  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanostructures: Preparation: Characterization and Improved Photocatalytic Performance Toward Rhodamine B (RhB). *Journal of Physics D: Applied Physics*. 43: 1-9.
- Bukit, N., Erna, F., Pintor, S., dan Tresia, S. 2015. Analisis Difraksi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Metode Kopresipitasi dengan Polietilen Glikol 6000. *Prosiding Seminar Nasional Fisikam(E-Journal) SNF2015*. 4: 163-166.
- Christian, H., Edy, S., Tomy, A., F., Tjandra, S., dan Sri, H. S. 2007. *Kemampuan Pengolahan Warna Limbah Tekstil oleh Berbagai Jenis Fungi dalam Suatu Bioreaktor*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: ISSN 1410-5667.
- Christina, M., Mu'misatun, S., Rany, S., dan Djoko, M. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 Kev/10 Ma. *JFN*. 1(1). 31-44.
- Ciurczak, E. W. 1994. *Infrared Sample Preparation Techniques*. Master of the Elements. USA: Philips Electronic Instruments Inc.
- Devi, L. G., S. Girish, K., and K. Mohan, R. Poto fenton like process Fe<sup>3+</sup>/(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>/UV for the Degradation of Di Azo Dye Congo Red using Low Iron Concentration. *Central European Journal of Chemistry*. 7(3): 468-477.
- Dewi, S. H., dan Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(2): 137-138.



- Ghandoor, H. E., Zidan, H. M., Mostafa, M. H. K., and Ismail, M. I. M. 2012. Synthesis and Some Physical Properties of Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Nanoparticles. *International Journal of Electrochemical Science*. 7: 5734-5745.
- Ghazanfari M. R., Mehrdad, K., Seyyedeh, F. S., and Mahmoud, R. J. 2016. Perspective of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanoparticles Role in Biomedical Applications. *Biochemistry Research International*. 2016: 1-32.
- Hariani, P. L., Muhammad, F., Ridwan, Masri and Dedi, S. 2013. Synthesis and Properties of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanoparticles by Co-precipitation Method to Removal Procion Dye. *International Journal of Environmental Science and Development*. 3(3): 336-340.
- 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.
- Junaidi. 2017. Spektrofotometer UV-Vis untuk Estimasi Ukuran Nanopartikel Perak. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 5(1): 97-102.
- Kumar, A., and Gajanan, P. 2017. A Review on the Factors Affecting the Photocatalytic Degradation of Hazardous Materials. *Materials Science & Engineering International Journal*. 1(3): 1-10.
- Leksono, V. A. 2012. Pengolahan Zat Warna ekstil Rhodamine B Menggunakan Bentonit Terpillar Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Lydia, I. S., J. Princy, M., V. Violet, D., and N. Radhika. 2012. Photodegradation of Methylred using Ag-doped  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanoparticles. *International Journal of Chemical and Environment Engineering*. 3(4): 210-216.
- Mahmoodi, N. M. 2013. Manganese Ferrite Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Photocatalytic dye Degradation. *Desalination and Water Treatment*. 1-7.
- Mairoza, A., dan Astuti. 2016. Sintesis Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand*. 5(3): 283-286.
- Maity, D., and Agrawal, D. C. 2007. Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles Under Oxidizing Environment and Their Stabilization in Aqueous and Non-aqueous Media. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 308(2007): 46-55.
- Maylani, A. S., Sulistyarningsih, T. dan Kusumastuti, E. 2016. Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 5(2): 130-135.
- Modhirshahla, N. Aydin, H., Mohammad, A. B., and Rajab, R. 2011. Effect of Operational Parameters on Decolorization of Acid Yellow 23 from Wastewater by UV Irradiation using  $\text{ZnO}$  and  $\text{ZnO/SnO}_2$  Photocatalysts. *Journal Desalination*. 271: 187-192.

- Nasution, N. dan Fitri, A. 2018. Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitas. *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*. 2(2): 18-25.
- Nor, W. F. K. W., Siti, K. C. S., Alyza, A. A. R. A., Mohd, S. M. Y. and Mustaffa, S. 2018. Synthesis and Physicochemical Properties of Magnetite Nanoparticles (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) as Potential Solid Support for Homogeneous Catalysts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 22(5): 768-774.
- Nugroho, R. T. dan Imelda, F. 2017. Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Alizarine Red-S Menggunakan Oksidator Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>. *Analytical and Environmental Chemistry*. 2(2): 26-37.
- Nursa, I., Dwi, P., dan Arif, B. 2016. Pengaruh Polietilen Glikol (PEG) Terhadap Ukuran Partikel Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) yang Disintesis dengan Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*. 5(3): 209-213.
- Nuzully, S., Takeshi, K., Sathosi, I., dan Edi, S. 2013. Pengaruh Konsentrasi Polyethylene Glycol (PEG) pada Sifat Kemagnetan Nanopartikel Magnetik PEG-Coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. *Jurnal Fisika Indonesia*. 17(51): 35-40.
- Oda, A. M., Hameed, H., Abbas, J. L., Hussein, A. E., Ali, A. J., Abbas, M. M., and Inas, J. M. 2015. Study Self-Cleaning of Congo Red From Cotton Fabric Loaded by ZnO-Ag. *International Journal of Chemistry*. 7(2): 39-48.
- Perdana, N. D., Sri, W., dan Muhammad, M. K. 2014. Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Terhadap Degradasi Methylene Blue dengan menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Kimia Student Journal*. 2(2): 576-582.
- Permana, B., Saragi, T., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., dan Risdiana. 2017. Sintesis Nanopartikel Magnetik dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. 7(2): 17-20.
- Prameswari, T. 2013. Sintesis Membran Kitosan-Silika Abu Sekam Padi Untuk Dekolorisasi Zat Warna Congo Red. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ramadhani, A., Diana, V. W., dan Rahmayeni. 2015. Sintesis Nanokomposit ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan Aplikasinya untuk Degradasi Zat Warna dengan Bantuan Cahaya Matahari. *Jurnal Kimia Unand*. 4(1): 71-76.
- Rampengan, A. M. 2017. Analisis Gugus Fungsi pada Polimer Polyethylene Glycol (PEG) Coated-Nanopartikel Oksida Besi Hitam (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dan biomolekul. *Fullerene Journal of Chem*. 2(2): 96-98.
- Reza, M. K., Asw, K., and Fahmida, G. 2016. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Magnetite+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+UV Process. *International Journal of Environmental Science and Development*. 7(5): 325-329.

- Riyani, K., Setyaningtyas, T. dan Dwiasi, D. W. 2014. Fotoreduksi  $\text{Co}_2$  Hasil Degradasi Limbah Cair Organik Menggunakan Fotokatalisis  $\text{TiO}_2\text{-Zn}$ . *Molekul*. 9(2): 110-120.
- Saragih, T., Permana, B., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., Dan Risdiana. 2018. Karakteristik Optik dan Kristal Nanopartikel Magnetit. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*. 02(01): 53-56.
- Saraswati, I. G. A. A., Ni, P. D., dan Putu, S. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis  $\text{ZnO}$ -Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*. 9(2): 175-182.
- Setiabudi, A., Rifan, H., dan Ahmad, M. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.
- Setyaningtyas, T., Kapti, R., Dian, W. D. dan Ening, B. R. 2018. Degradasi Fenol pada Limbah Cair Batik Menggunakan Reagen Fenton dengan Sinar UV. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. 4 (1): 26-33.
- Sholihah, L. K. 2010. *Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang Berasal dari Pasir Besi dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Bahan Komersial (Aldrich)*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sofiana, N. D. 2011. Pembuatan Membran Fotokatalitik dari Selulosa Diasetat Serat Daun Nanas (*Ananas comocus*) dan  $\text{TiO}_2$  untuk Mendegradasi Congo Red. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Sucahya, T. N., Novie, P., dan Asep, B. D. N. 2016. Review: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(1): 1-15.
- Suherjadi, A., Sri, W., dan Damar, P. 2014. Studi Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) Terhadap Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -Bentonit. *Kimia Student Journal*. 2(2): 569-575.
- Suhertati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA: Bandar Lampung.
- Suryadi. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Biomaterial Hidrosiapatit dengan Proses Pengendapan Basa*. Tesis. Depok: Universitas Indonesia.
- Suyata dan Mardiyah, K. 2012. Degradasi Zat Warna Kongo Merah Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan Menggunakan Metode Elektrokolorisasi. *Jurnal Molekul*. 7(1): 53-60.
- Tapalad, C., Arthit, N., Sutasee, N., and Mallika, B. 2008. Degradation of Congo Red Dye by Ozonation. *Chiang Mai J. Sci.* 35(1) : 63-68.
- Teja, A. S., and Pei-Yoong, K. 2009. Synthesis, Properties and Applications of Magnetic Iron Oxides Nanoparticles. *Scienc Direct*. 22(2009): 22-45.

- Titdoy, S., Audy, D. W., dan Vanda, S. K. 2016. Kinetika Fotodegradasi Remazol Yellow Menggunakan Zeolit A Terimpregnasi  $\text{TiO}_2$ . *Jurnal Mipa Unsrat Online*. 5(1): 10-13.
- Triyati, E. 1985. Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanologi. *Oseana*. 10(1): 39-47.
- Tussa'adah, R. dan Astuti. 2015. Sintesis Material Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*. 4(1): 91-96.
- Wardiyati, S., Wisnu, A. A., dan Didin, S. W. 2016. Pengaruh Penambahan  $\text{SiO}_2$  terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  pada Degradasi Methylene Blue. *Jurnal Kimia Kemasan*. 38(1): 31-40.
- Widihati, I. A. G., Ni, P. D., dan Yuliana, F. N. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . *Jurnal Kimia*. 5(1): 31-42.
- Wiranatha, I. G. P., I Gusti, A. M. A., dan Dewa, A. A. P.. 2014. Pengaruh Lama Kontak Hidrogen Peroksida Terhadap Keluhan Subyektif Pengrajin Lontar. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 4(1): 61-69.
- Yahdiana. 2011. Studi Degradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Suspensi  $\text{TiO}_2$ . *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Yanlinastuti dan Syamsul, F. 2016. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri *UV-Vis*. ISSN 1979-2409.
- Yusmaniar, Adi, W. A., Taryani, Y. and Muzaki, R. 2016. Synthesis and Characterization of Composite UPR/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  for Its Use as Electromagnetic Wave Absorber. *Material Science and Engineering*. 196: 1-4.