

**FOTOKATALITIK DEGRADASI ZAT WARNA *PROCION RED*  
MENGUNAKAN KOMPOSIT Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/KITOSAN-  
GLUTARALDEHID/SnO<sub>2</sub>**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Bidang**

**Studi Kimia**



**Amalia Khairunnisa**

**08031381924075**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**FOTOKATALITIK DEGRADASI ZAT WARNA *PROCION RED***  
**MENGGUNAKAN KOMPOSIT  $Fe_3O_4$ /KITOSAN-**  
**GLUTARALDEHID/ $SnO_2$**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**AMALIA KHAIRUNNISA**  
**08031381924075**

Indralaya, Maret 2023

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Dr. Ferlinahayati, M.Si**  
**NIP.197402052000032001**

**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 Amalia Khairunnisa (08031381924075) dengan judul “Fotokatalitik Degradasi Zat Warna *Procion Red* Menggunakan Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Kitosan-Glutaraldehyd}/\text{SnO}_2$ ” telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 29 Maret 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 31 Maret 2023

Ketua :

1. **Widia Purwaningrum, M.Si**

NIP. 1973040319995121001

(  )

Sekretaris :

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

NIP. 197409282000121001

(  )

Pembimbing :

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

NIP. 196808271994022001

(  )

2. **Dr. Ferlinahayati, M. Si**

NIP. 197402052000032001

(  )

Penguji :

1. **Dra. Fatma, MS**

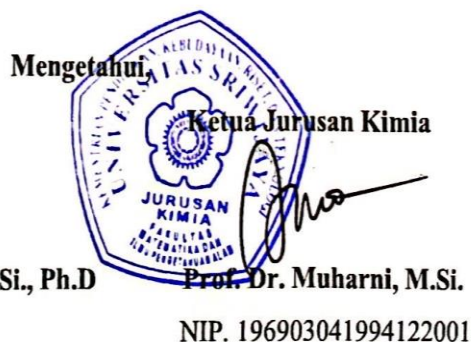
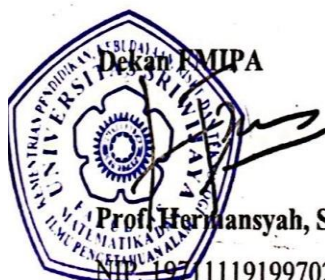
NIP. 196211111991022001

(  )

2. **Fahma Riyanti, M. Si**

NIP. 19720408200032001

(  )



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Amalia Khairunnisa

NIM : 08031381924075

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, 03 April 2023

Yang menyatakan,



Amalia Khairunnisa  
NIM. 08031381924075

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

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

Nama Mahasiswa : Amalia Khairunnisa  
NIM : 08031381924075  
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "Fotokatalitik Degradasi Zat Warna *Procion Red* Menggunakan Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Kitosan-Glutaraldehyd}/\text{SnO}_2$ " dengan hak bebas royalty non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 31 Maret 2023  
Yang Menyatakan,



Amalia Khairunnisa  
NIM. 08031381924075

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

**“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”**

**(QS. Al-Mu'min: 44)**

**“Tidak ada balasan bagi kebaikan kecuali kebaikan pula”**

**(QS. Ar-Rahman: 60)**

**“Hasbunallah Wanikmal Wakil Nikmal Maula Wanikman Nasir  
artinya Cukuplah bagi kami Allah SWT, sebaik-baiknya pelindung dan sebaik-  
baiknya penolong kami”**

**Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:**

- Allah SWT**
- Nabi Muhammad SAW**

**Skripsi ini saya persembahkan kepada:**

- 1. Ibu, Ayah, Adik tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberikan motivasi**
- 2. Dosen pembimbing (Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si. dan Dr. Ferlinahayati, M.Si)**
- 3. Keluarga besar, sahabat dan semua orang yang membantu hingga terselesaikannya skripsi ini**
- 4. Kampusku (Universitas Sriwijaya)**

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Fotokatalitik Degradasi Zat Warna *Procion Red* Menggunakan Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Kitosan-Glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ ”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan yang dilalui, mulai dari pencarian judul, literatur, penelitian, pengumpulan data, pengolahan data dan penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa serta bantuan dari berbagai pihak lain baik berupa moril maupun materil akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si. dan Dr. Ferlinahayati, M.Si** yang telah banyak membantu, memberikan bimbingan, bantuan, saran, nasehat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang sangat luar biasa kepada penulis.
2. Keluarga saya (Ibu Sudarsini, ayah A.Syakir, adek M.Fahri Adam dan Nada Salsabila) yang sudah banyak memberikan doa, materi, serta motivasi dalam mengerjakan skripsi ini. Terimakasih ayah ibu udah selalu ada buat lia, selalu menjadi garda terdepan lia. Semoga gelar ini bisa membuat ayah ibu bangga aamiin.
3. Bapak Hermasyah, 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. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.



6. Ibu Dra. Fatma, M.Si. dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
7. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan hingga lulus.
8. Kak Chosiin dan Mba Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu sabar serta banyak membantu selama masa perkuliahan hingga lulus.
9. Rizna Aprina dan Aulia Sita Rahmah selaku sahabat. Terimakasih banyak sudah membantu saya selama ini di perantauan. Terimakasih sudah berjuang Bersama selama perkuliahan dari maba, kerja praktik hingga tugas akhir. Terimakasih sudah selalu menjemput di kostan tanpa mengenal waktu hehe subuh malam sore tengah malam.
10. Meyshin Herawati, mey terimakasih banyak ya udah jadi sahabat liak udah membantu liak, semoga segala urusannya dilancariin mey aamiin.
11. Verawati Febriani L.T, veraaa terimakasih udah mau jadi sahabat liak mendengarkan keluh kesah lia selama ini, vee sehat terus ya semoga lancar perkuliahannya dan impiannya tercapai, aamiin.
12. Kartika Sophia. Karr makash ya udah ngebanu selama ini, makasih udah meminjamkan laptop disaat akhir perkulihan dikarenakan laptop ku keyboard nya rusak hehe, kar semoga berjodoh ya sma zul. Semangat untuk semhas dan seminarnya.
13. Layo dek layo. Siti Nur Hidayati yang paling cantik, Terimakasih sudah berkenan menjadi sahabat, yuk sehat terus dan semoga segera dilamar hehe eh segera kerja dulu. Ditunggu kabar baiknya yuk. Ertha Wulandari, makasih ta untuk selalu ada disaat genting you adalah sobat paling santuy yang aku punya. Sehat selalu tak, nanti ajak aku keliling pagar alam ya. Semangat ta menyusun skripsinya semoga dilancarkan terus ya ta aamiin. Venanda si sobat ungu ku. Terimakasih sudah selalu hafal dan perhatian dengan hal-hal kecil yang suka bikin aku terharu. Amso Siregar, terimakasih sudah banyak memberikan canda tawa dan hiburan. Semoga bisa terus ikut orang kemana-mana ya so, semoga sehat selalu. Jono dan Anas, terimakasih sudah mau nemenin selama penelitian di lab. Mau nungguin sampe tengah malem dan kadang ikut juga nginep di lab. Semangat penelitiannya ya! Semoga bisa



lulus diwaktu yang diinginkan Aamiin. Makasih juga untuk anas sobat dari maba ku yg selalu w repotkan. Anas jono sehat terus ya dan untuk Erwin terimakasih udah mau bantuin dan membersamai sejak semester 3, semoga skirpsinya di lancariin win. Dan tak lupa juga untuk akbar sobat maba ku, Makasih ya bar untuk bantuannya selama ini, semoga segera lulus bar aamiin.

14. Kak Siti Chodijah, Kak Veronica, Kak Siti Azizah terimakasih sudah mau direpotkan dengan pertanyaan tentang penelitian ini. Semoga kakak-kakak sukses selalu, sehat dan bahagia Aamiin
15. Ibung helma makasih bung udah selalu ada untuk lia, sudah sering menuruti keinginan lia. Sehat terus bung. Terimakasih juga kepada keluarga besar saya (Ibung, Mamak, Bibi, Mba) dan para sepupu Nung, Bila, Mb ela.
16. Teman-teman seperjuangan Kimia 2019 terimakasih untuk kebersamaan, keceriaan dan kegilaan kalian selama perkuliahan ini. Semangat dan sukses untuk kita semua.

## SUMMARY

### PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF PROCION RED DYES USING Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/CHITOSAN-GLUTARALDEHYDE/SnO<sub>2</sub> COMPOSITE

**Amalia Khairunnisa: Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani,  
M.Si and Dr. Ferlinahayati, M.Si**

**Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya  
University**

**x + 65 pages, 2 tables, 15 figures, 13 attachments.**

The development of the textile industry in Indonesia provides many conveniences and benefits, but the textile industry also has a negative impact on humans. Procion red is a dye widely used in the textile industry. Procion red dye waste that is released into the environment can be toxic to living things. Therefore, it is necessary to treat dye waste using an effective photocatalytic method so that it can produce waste that is not harmful to the environment.

In this research, photocatalytic degradation of procion red dyes using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/chitosan-glutaraldehyde/SnO<sub>2</sub> composite. Variables of photocatalytic degradation of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/chitosan-glutaraldehyde/SnO<sub>2</sub> composite on procion red dye include the effect of pH solution, concentration and duration irradiation. The composites were characterized using XRD, SEM-EDS, VSM and UV-VIS DRS. The results of the characterization using the XRD showed the highest intensity at  $2\theta = 26.63^\circ$  with a particle size of 16.83 nm. The characterization using the SEM-EDS a homogeneous morphology with constituent elements consisting of C (14.32%), N (0.14%), O (42.63%), Fe (37.21%) and Sn (3.85%). The VSM characterization showed a saturation magnetization value of 56.74 emu/g and a band gap value of composite from the UV-VIS DRS characterization of 1.82 eV. The pH<sub>pzc</sub> value of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/chitosan-glutaraldehyde/SnO<sub>2</sub> was obtained at pH 7.12.

The optimum conditions for the reduced concentration of procion red dye by the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/chitosan-glutaraldehyde/SnO<sub>2</sub> composite were at pH 3 with a concentration of 60 mg/L and UV irradiation for 40 minutes resulting in an effective concentration reduction of 99.14%. TOC analysis showed that the procion red dye before degradation contained 11.184 ppm of carbon and after degradation the carbon contained only 6.795 ppm .

**Keywords** : Composite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/chitosan-glutaraldehyde/SnO<sub>2</sub>, degradation,  
photocatalytic, procion red.

## RINGKASAN

### FOTOKATALITIK DEGRADASI ZAT WARNA *PROCION RED* MENGUNAKAN KOMPOSIT Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/KITOSAN- GLUTARALDEHID/SnO<sub>2</sub>

Amalia Khairunnisa: Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Dr. Ferlinahayati, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya  
x + 65 halaman, 2 tabel, 15 gambar, 13 lampiran.

Perkembangan industri tekstil di Indonesia memberikan banyak kemudahan dan manfaat, tetapi tidak sedikit juga dari industri tekstil memberikan dampak negatif bagi manusia. *Procion red* merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Limbah zat warna *procion red* yang lepas ke lingkungan dapat bersifat toksik bagi makhluk hidup. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah zat warna menggunakan metode fotokatalitik yang efektif karena dapat menghasilkan limbah yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Pada penelitian ini dilakukan fotokatalitik degradasi zat warna *procion red* menggunakan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/kitosan-glutaraldehyd/SnO<sub>2</sub>. Variabel degradasi fotokatalitik komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/kitosan-glutaraldehyd/SnO<sub>2</sub> terhadap zat warna *procion red* meliputi pengaruh pH, konsentrasi dan lama penyinaran. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-VIS DRS. Hasil karakterisasi menggunakan alat XRD menunjukkan intensitas tertinggi pada  $2\theta = 26,63^\circ$  dengan ukuran partikel sebesar 16,83 nm. Hasil karakterisasi menggunakan alat SEM-EDS menunjukkan morfologi yang homogen dengan unsur penyusun yang terdiri dari C (14,32%), N (0,14%), O (42,63%), Fe (37,21%) dan Sn (3,85%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi sebesar 56,74 emu/g dan nilai *band gap* hasil karakterisasi alat UV-VIS DRS sebesar 1,82 eV. Nilai pH<sub>pzc</sub> yang dihasilkan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/kitosan-glutaraldehyd/SnO<sub>2</sub> diperoleh pada pH 7,12.

Kondisi optimum penurunan konsentrasi zat warna *procion red* oleh komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/kitosan-glutaraldehyd/SnO<sub>2</sub> berada pada pH 3 dengan konsentrasi 60 mg/L dan lama penyinaran UV selama 40 menit menghasilkan efektivitas penurunan konsentrasi sebesar 99,14%. Analisis TOC menunjukkan bahwa zat warna *procion red* sebelum degradasi mengandung karbon sebesar 11,184 ppm dan setelah degradasi karbon yang terkandung hanya 6,795 ppm.

Kata kunci : Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/kitosan-glutaraldehyd/SnO<sub>2</sub>, degradasi, fotokatalitik, *procion red*.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
SUMMARY .....	x
RINGKASAN .....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	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 .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah Industri Tekstil.....	5
2.2 <i>Procion Red</i> .....	5
2.3 Timah Dioksida (SnO <sub>2</sub> ).....	6
2.4 Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ).....	7
2.5 Kitosan-Glutaraldehid.....	8
2.6 Fotodegradasi.....	9
2.7 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	9
2.8 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	11
2.9 <i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i> .....	12
2.10 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i> .....	12
2.11 Total Organik Karbon (TOC) .....	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.2.1 Alat .....	13
3.2.2 Bahan.....	13
3.3 Prosedur Penelitian .....	14
3.3.1 Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	14
3.3.2 Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd .....	14
3.3.3 Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> .....	14
3.4 Karakterisasi Material .....	15
3.4.1 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	15
3.4.2 <i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) .....	15
3.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	15
3.4.4 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-VIS DRS)...	15
3.4.5 Penentuan pHpzc ( <i>Point Zero Charge</i> ).....	16
3.5 Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	16
3.5.1 Pembuatan Larutan Baku <i>Procion Red</i> .....	16
3.5.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{maks}$ ) dan Kurva Kalibrasi .....	16
3.6 Penentuan Kondisi Optimum Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	16
3.6.1 Penentuan pH Optimum.....	17
3.6.2 Penentuan Konsentrasi Optimum.....	17
3.6.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	17
3.7 Analisis Data .....	17
3.7.1 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	17
3.7.2 <i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) .....	18
3.7.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	18
3.7.4 Total Organik Karbon (TOC).....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	19
4.1 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Hasil Sintesis .....	19
4.2 Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd Hasil Sintesis .....	19
4.3 Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> .....	20

4.4	Karakterisasi Material .....	21
4.4.1	Hasil Karakterisasi menggunakan <i>X-ray</i> <i>Diffraction (XRD)</i> .....	21
4.4.2	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron</i> <i>Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS) .....	22
4.4.3	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sample</i> <i>Magnometer (VSM)</i> .....	25
4.4.4	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Ultraviolet-Visible</i> <i>Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i> .....	26
4.5	Nilai pH Point of Zero Charge (pHpzc) .....	27
4.6	Kondisi Optimum Degradasi Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	28
4.6.1	pH Optimum Degradasi Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	28
4.6.2	Penentuan Konsentrasi Optimum Degradasi Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	30
4.6.3	Penentuan Waktu Optimum Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	31
4.7	Hasil Karakterisasi <i>Total Organik Carbon (TOC)</i> .....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		33
5.1	Kesimpulan .....	33
5.2	Saran .....	33
DAFTAR PUSTAKA .....		34
LAMPIRAN .....		40

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur zat warna <i>procion red</i> .....	6
Gambar 2. Struktur <i>Core-Shell</i> $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SnO}_2$ .....	8
Gambar 3. Difraksi sinar-X pada jarak atom $d$ dan sinar datang $\theta$ .....	10
Gambar 4. Prinsip kerja VSM.....	11
Gambar 5. $\text{Fe}_3\text{O}_4$ hasil sintesis diuji dengan menggunakan magnet eksternal	19
Gambar 6. $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd hasil sintesis diuji dengan magnet eksternal .....	20
Gambar 7. Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ diuji dengan menggunakan magnet eksternal .....	20
Gambar 8. Difraktogram (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd dan (c) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .....	21
Gambar 9. Morfologi permukaan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .....	23
Gambar 10. Morfologi dengan perbesaran 3.000x (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd (c) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .....	23
Gambar 11. Kurva histeresis dari $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .....	25
Gambar 12. Nilai band gap (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd, (c) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .....	26
Gambar 13. Hasil kurva pH <sub>zpc</sub> komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ ...	28
Gambar 14. Kurva Variasi pH Larutan Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	29
Gambar 15. Kurva Variasi Konsentrasi Larutan Zat Warna <i>Procion Red</i> .....	30
Gambar 16. Kurva Variasi Waktu Kontak Larutan Zat Warna <i>Procion Red</i> ..	31



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Standar JCPDS dari $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan $\text{SnO}_2$ .....	22
Tabel 2. Komposisi elemen hasil karakterisasi EDS $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd, $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .....	24
Tabel 3. Hasil karakterisasi TOC <i>procion red</i> sebelum dan sesudah degradasi..	32

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	41
Lampiran 2. Pembentukan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	42
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi XRD Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> kitosan- glutaraldehyd dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> .....	43
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> .....	47
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> .....	51
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-VIS DRS Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> .....	52
Lampiran 7. Data Analisis pH Point Zero Charge (PZC) .....	54
Lampiran 8. Penentuan Panjang Gelombang <i>Procion Red</i> .....	55
Lampiran 9. Penentuan Kurva Kalibrasi <i>Procion Red</i> .....	56
Lampiran 10. Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi <i>Procion Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> Terhadap Pengaruh pH .....	57
Lampiran 11. Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi <i>Procion Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> Terhadap Pengaruh Konsentrasi .....	60
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi <i>Procion Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /kitosan-glutaraldehyd/SnO <sub>2</sub> Terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	63
Lampiran 13. Hasil Karakterisasi <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	65

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil di Indonesia memberikan banyak kemudahan dan manfaat, tetapi tidak sedikit juga dari industri tekstil memberikan dampak negatif bagi manusia. Salah satunya adalah pencemaran lingkungan perairan oleh senyawa organik berwarna ataupun ion-ion logam berat yang berasal dari limbah industri (Dhamayanti dkk, 2005). Efluen yang berasal dari kegiatan tekstil dan zat warna dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang serius, keberadaannya di lingkungan dianggap beracun dan bahkan karsinogenik bagi kesehatan manusia (Tan et al, 2012).

*Procion red* tergolong sebagai salah satu zat warna yang dipergunakan dalam industri tekstil. Zat warna *procion red* tergolong sebagai zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan pada industri tekstil dan kertas (Musafira dkk, 2019). Zat warna *procion red* ialah suatu zat pewarna sintesis yang proses penguraiannya tergolong sulit (Hariani dkk, 2018). Limbah zat warna *procion red* yang lepas ke lingkungan dapat bersifat toksik bagi makhluk hidup (Kusumahningsih dkk, 2018). Maka dari itu, diperlukannya pengolahan yang baik guna meminimalisir limbah cair dari zat pewarna yang telah disebutkan sebelumnya.

Ditemukan berbagai metoda seperti fotodegradasi, pengolahan biologis, degradasi fotokatalitik, koagulasi, oksidasi kimia dan adsorpsi telah dikembangkan untuk menghilangkan dan mengatasi masalah pencemaran air limbah yang mengandung zat warna (Tan et al, 2012). Metode fotokatalitik adalah salah satu metode untuk menghilangkan zat warna. Keunggulan dari proses fotokatalitik apabila dilakukan perbandingan dengan cara konvensional lainnya ialah terletak pada limbah yang dihasilkan dimana limbah tersebut tidak membahayakan dan juga menggunakan sedikit biaya dalam proses penggunaan bahan kimia serta energinya (Naimah dkk, 2014). Metode fotokatalitik dalam prosesnya menggunakan energi yang asalnya yakni dari cahaya baik itu lampu UV ataupun sinaran matahari. Energi tersebut dipergunakan untuk melakukan

pengaktifan terhadap katalis pada bagian permukaannya yang terbuat dari bahan semikonduktor dan memperoleh hasil berupa radikal hidroksil ( $\text{OH}\cdot$ ). Diperoleh pemahaman bahwasanya radikal hidroksil mempunyai aktivitas reaksi yang tinggi dimana pada akhirnya menyebabkan terjadinya peningkatan pada jumlah radikal hidroksil sehingga zat pewarna yang mengalami degradasi juga semakin banyak jumlahnya. Bahan semikonduktor yang sering dipergunakan misalnya  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{SnO}_2$  serta yang lainnya (Riskiani dkk, 2019). Penggunaan bahan semikonduktor sebagai katalis dalam proses fotokatalisis memiliki beberapa keuntungan diantaranya ialah dapat mineralisasi secara keseluruhan terhadap polutan organiknya, pembiayaan yang dipergunakan cenderung sedikit, proses yang terjadi cenderung singkat, tidak mengandung racun, penggunaannya jangka panjang serta semikonduktor memiliki kemampuan mendegradasi sejumlah polutan (Hayati et al, 2019).

Timah dioksida ( $\text{SnO}_2$ ) ialah semikonduktor tipe-n yang banyak dikenal dan mempunyai celah yang lebar dan berbentuk pita dengan ukuran 3,6 - 3,8 eV (Naje et al, 2013).  $\text{SnO}_2$  diketahui menjadi fotokatalis yang bisa membantu mempercepat reaksi oksidasi yang diinduksikan oleh pencahayaan (Etifebriani dkk, 2016). Belakangan ini, banyak penelitian telah didedikasikan pada aplikasi  $\text{SnO}_2$  dalam fotokatalisis di bawah iradiasi cahaya tampak karena aktivitas fotokonduktif dan fotokimianya yang sangat baik. Selanjutnya,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  banyak digunakan untuk menghilangkan polutan dari limbah pewarna, karena sifat magnetik, kapasitas adsorpsi tinggi, biaya rendah, dan kemudahan produksi (Ammar et al, 2018). Pada penelitian Rizki (2020)  $\text{SnO}_2$  mampu mendegradasi zat warna *congo red* sebesar 49,85% pada waktu optimum 90 menit dengan peniyinaran UV.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wardiyati dkk (2016)  $\text{SnO}_2$  tidak dapat langsung diinteraksikan dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  karena akan bereaksi dan membentuk efek *dissolution*. Hal tersebut terjadi sebab adanya interkasi elektronik diantara kedua senyawanya tersebut yang menyebabkan seluruh proses  $\text{SnO}_2$  menjadi lemah, dimana hal ini bisa diselesaikan melalui pemberian sebuah lapisan yang menghalangi kedua senyawa terkait. Salah satu penghalang yang bisa dipergunakan secara baik ialah kitosan-glutaraldehyd. Dimana, kitosan-

glutaraldehyd dapat melindungi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  agar tidak bereaksi langsung dengan  $\text{SnO}_2$  sehingga membentuk *core-shell*, dimana  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai *core* dengan *shell* adalah kitosan-glutaraldehyd,  $\text{SnO}_2$  terdistribusi pada *shell*.

Kitosan telah banyak dimanfaatkan sebagai adsorben dan *cheating agent* yang dapat menyerap logam berat ataupun limbah organik dalam air limbah (Permanasari dkk, 2010). Kitosan mempunyai kekurangan karena mudah larut dalam suasana asam sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan stabilitasnya dalam larutan asam melalui reaksi silang (Nurhaeni, 2018). Salah satu senyawa yang dipergunakan untuk reaksi silang adalah glutaraldehyd. Penambahan glutaraldehyda menyebabkan ikatan silang sehingga akan menyebabkan meningkatnya struktur jadi lebih kuat serta rapat sebab glutaraldehydnya mempunyai gugusan karbonil yang bisa terikat dengan gugusan amina dalam kitosan tersebut (Purwatiningsing, 2007).

Berdasarkan pada uraian tersebut, maka telah dilakukan penelitian sintesis komposit dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ . Komposit yang dihasilkan dari proses sintesis dikarakterisasikan bisa dilaksanakan melalui penggunaan *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), *X-Ray Diffraction* (XRD), Spektrofotometer UV-Vis, *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), Total Organik Karbon (TOC) serta *Ultraviolet - Diffuse Reflectance* (UV-DRS). Variabel fotokatalitik yang diukur diantaranya pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dipelajari dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ ?
2. Bagaimana pengaruh pH, konsentrasi zat warna dan waktu kontak pada proses degradasi zat warna *procion red* menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/  $\text{SnO}_2$ ?
3. Bagaimana hasil degradasi zat warna *procion red* yang dianalisis menggunakan metode Total Organik Karbon (TOC)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mensintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$  dan melakukan karakterisasi dengan XRD, SEM-EDS, VSM, dan UV-DRS.
2. Menentukan pengaruh pH larutan, konsentrasi zat warna dan waktu kontak pada proses degradasi zat warna *procion red* menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$ .
3. Menganalisis hasil degradasi zat warna *procion red* menggunakan Total Organik Karbon (TOC)

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah untuk melakukan peningkatan terhadap pemahaman serta penguasaan atas proses sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /kitosan-glutaraldehyd/ $\text{SnO}_2$  dimana pada akhirnya diharapkan bisa memberi kesempatan yang lebih meluas terhadap pengimplementasiannya dalam proses fotokatalik. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini bisa dipergunakan dalam menyelesaikan permasalahan limbah zat pewarna sintetis sehingga tidak menyebabkan timbulnya bahaya bagi lingkungan sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2009. Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2(1): 1-9.
- Agustina, S., Swantara, I. M. D dan Suartha, I. N. 2015. Isolasi Kitin Karakterisasi dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*. 9(2): 271-278.
- Ajabshir, S. Z., and Niasari, M. S. 2019. Preparation of Magnetically Retrievable  $\text{CoFe}_2\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{Dy}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$  Nanocomposites as Novel Photocatalyst for Highly Efficient Degradation of Organic Contaminants. *Journal Composites B Part*, 1-9.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A dan Toruan, P. L. 2018. Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO). *Risalah Fisika*, 2(2): 53-57.
- Alorabi, A. Q., Hassan, M. S and Azizi, M. 2020.  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-CuO}$ -Activated Carbon Composite As an Efficient Adsorbent For Bromophenol Blue Dye Removal From Aqueous Solution. *Arabian Journal of Chemistry*, 13: 8080-8091.
- Ammar, S. H., Kareem, Y. S and Ali, A. D. 2018. Photocatalytic Oxidative Desulfurization of Liquid Petroleum Fuels Using Magnetic  $\text{CuO-Fe}_3\text{O}_4$  Nanocomposites. Iraq: Al-Nahrain University.
- 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 - Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, 57-66.
- Ayeshamariam, A., Vidhya, V. S., Sivaranjani, S., Bououdina, R and Jayachandran, M. 2013. Synthesis and Characterizations of  $\text{SnO}_2$  Nanoparticles. *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, 8(3): 1-9.
- Bhagwat, A. d., Sawant, S. S., Ankamwar, B. G and Mahajan, C. M. 2015. Synthesis of Nanostructured Tin Oxide ( $\text{SnO}_2$ ) Powders and Thin Films Prepared by Sol-Gel Method. *Journal of Nano- and Electronic Physics*.7(4): 1-4.
- Calvete, T., Lima, E. D., Cardoso, N.F., Dias, S.L.P and Pavan, F.A. 2009. Application of Carbon Adsorbents Prepared From the Brazilian Pine-Fruit-Shell for the Removal of Procion Red MX 3B from Aqueous Solution Kinetic, Equilibrium, and Thermodynamic Studies. *Chemical Engineering Journal*. 155(2009): 627-636.



- 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.
- Daniyati, R., Zharvan, V., Ichsan, N., Pramono, Y.H dan Yudoyono, G. 2005. Penentuan Energi Celah Pita Optik Film TiO<sub>2</sub> Menggunakan Metode Tauc Plot. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi*. 1-7.
- Dhamayanti, Y., Wijaya, K dan Tahir, I. Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Montmorillonit dan Sinar Ultraviolet. *Prosiding Seminar Nasional*. 22-29.
- Dompeipen, E. J., Kaimudin, M., Dewa Balai Riset dan Standarisasi Industri Ambon., Cengkeh, J dan Merah, A. B. 2016. Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Kulit Udang. *Majalah Biam*. 12(1): 32-38.
- Dony, N., Azis, H., dan Syukri. 2013. Studi Fotodegradasi Biru Metilen Di Bawah Sinar Matahari oleh ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dibuat dengan Metoda Solid State Reaction. *Prosiding Semirata FMIPA Unila*. 297-303.
- Esplugas, S., Giménez, J., Contreras, S., Pascual, E., and Rodríguez, M. 2002. Comparison of Different Advanced Oxidation Processes for Phenol Degradation. *Water Research*. 36 (4): 1034–1035.
- Etifebriani., Prodjosantoso, A. K dan Kusumawardani, C. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Kobalt Oksida Teremban Timah Dioksida (CoOx@SnO<sub>2</sub>) Sebagai Fotokatalis. *Jurnal Elemen Kimia*. 5(4): 59-64.
- Fadhilah, A.H., Ngatijo dan Gusti, D. R. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit Terlapis Dimerkaptosilik. *Chempublish Journal*, 4 (2): 81-88.
- Fatma., Hariani, P. L., Riyanti, F and Sepriani, W. 2018. Desorption and Re-Adsorption of Procion Red MX-5B Dye on Alumina-Activated Carbon Composite. *Indonesia Journal Chem*. 18 (2): 222-228.
- Fatimah, Is dan Wijaya, K. 2005. Sintesis TiO<sub>2</sub>/Zeolit sebagai Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *TEKNOIN*, 10(4): 257-267.
- Firdaus, M.K., Hasan, Z., Gumilar, I dan Subhan,U. 2018. Efektivitas Berbagai Media Tanam untuk Mengurangi Karbon Organik Total Pada Sistem Akuaponik dengan Tanaman Selada. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9(1): 35-48.
- Grzybowska, B., Ruszel, M., Samson, K., Grabowski, R and Spiridis, N. 2009. Au /Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Au/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts: Physicochemical Properties and Oxidation of CO and Propane. *Polish Journal of Chemistry*. 2136(2): 2129–2136.
- Hariani, P. L., Faizal, F., Ridwan., Marsi and Setiabudidaya, D. 2013. Characterization of Activated Carbon From Oil Palm Shell Prepared by

- H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Procion Red Dye Removal. *Applied Mechanics and Materials*, 391 :51-56.
- Hariani, P. L., Said, M., Rachmat, A., Salni, S., Nabilla and Amatullah, A. S. 2022. Synthesis of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/NiO Magnetic and Application for the Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Dye under UV Irradiation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 17(4): 699-711.
- Hariani, P. L., Muhammad, F., Ridwan., Marsi., dan Dedi, S. 2018. Synthetis and Properties of Fe<sub>3</sub>HA<sub>14</sub> Nanoparticles by Coprecipitation Method for Removing Procion Dyes. *International Journal of Environmental and Development Sciences*. 4(3): 366-340.
- Haryono., Faizal, M., Liamita, C dan Rostika, A. 2018. Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi Dengan Metode Elektroflotasi. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 3(1): 94-105.
- Hayati, S., Rutnawulan and Ramli. 2019. Semiconductor-Based Photocatalysts Degradation of Methyl Orange Using CuO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanocomposites. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 15 (1): 01-05.
- Imawati, Y. D., Doyan, A dan Gunawan, E. R. 2017. Sintesis Lapisan Tipis (Thin Film) SnO<sub>2</sub> Dan SnO<sub>2</sub>:Al Menggunakan Teknik Sol-Gel Spin Coating pada Substrat Kaca dan Quartz. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1): 1-9.
- Imron, M., Said, M and Lesbani, A. 2017. Adsorption of Procion Red Using Layer Double Hydroxide Mg/Al. *Science & Technology Indonesia*. 2(2017): 64-67.
- Indrayana, I. P. T. 2019. Review Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Dari Pasir Besi : Sintesis, Karakterisasi, dan Fungsionalisasi Hingga Aplikasinya dalam Bidang Nanoteknologi Maju. *Jurnal UNIERA*, 8(2): 65-75.
- Jamaluddin., Nugraha, S. T dan Umar, E. P. 2018. Prediksi Total Organic Carbon (Toc) Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal UNHAS*, 2(1): 1-5.
- Ji, Y. C., Hua, H. Z., Xing, H. Z., and Zhi, Q. L. 2013. Structure, Optical Properties, and Electrical Transport Processes of SnO<sub>2</sub> Films with Oxygen Deficiencies. China: Tianjin University.
- Kurniasih, M., Riapanitra, A dan Rohadi, A. 2014. Adsorpsi Rhodamin B dengan Adsorben Kitosan Serbuk dan Beads Kitosan. *Sains & Math*, 2(2): 27- 33.
- Kutchko, B. G and Kim, A. G. 2006. Fly ash characterization by SEM–EDS. *Fuel*, 85(2006): 2537-2544.
- Kusumahningsih, T., Handayani, D. S dan Lestari, Y. 2012. Pembuatan Mikrokapsul Kitosan Gel Tersambung Silang Etilen Glikol Diglisidil Eter

- (Psf-Egde-Cts) sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b. *Jurnal Penelitian Kimia*. 8(1): 47-56.
- Mairoza, A dan Astuti, A. 2016. Sintesis Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Universitas Andalas*, 5(3): 283-286.
- Mayouf, A.M and Arifin,A.S.N. 2005. Reductive Dissolution of Magnetite In Ethylene Diamine Disuccinic Acid Solutions. *Desalination* .181 (2005): 233–241.
- Merdekani, S. 2013. Sintesis Partikel Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  dengan Metode Kopresipitasi. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. 472-477.
- Musafira., Nurfitriah., Adam , M., Puspitasari, D.W. 2019. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) sebagai Biosorben Zat Warna Rhodamin B. *Jurnal Riset Kimia*, 5(3): 308-314.
- Mursal, I. L. P. 2017. Karakterisasi XRD dan SEM pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel dalam Drug Delivery System. *Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*. 3(2): 214-221.
- Naimah, S., Ardhanie, S., Jati, B.M., Aidha, N.N dan Cahyaningtyas, A.A. 2014. Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik menggunakan Nanokomposit  $\text{TiO}_2$  – Zeolit. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 36(2): 225-236.
- Naje, A.N ., Norry, A.Z dan Suhail, A.M. 2013. Preparation and Characterization of  $\text{SnO}_2$  Nanoparticles. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(12) : 7068-7072.
- Neto, C. G. T., Giacometti, J., Job, A., Ferreira, F., Fonseca, J and Pereira, M. 2005. Thermal analysis of chitosan based networks. *Carbohydrate Polymers*, 62(2): 97–103.
- Nugroho, R dan Iqbal, M. 2005. Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil Dengan Proses AOPs. *Jurnal Air Indonesia*. 1(2): 163-172.
- Nurhaeni., Hardianti. D., Hardi, J., Diharnani dan Khairunnisa. 2018. Recovery Remazol Yellow Menggunakan Gel Kitosan Tertaut Silang Glutaraldehyd. *KOVALEN*. 4(3): 254-261.
- Nyamukamba, P., Omobol, O., Lilian, T., and Corinne, G. 2016. Preparation of Titanium Dioxide Nanoparticles Immobilized on Polyacrylonitrile Nanofibres for the Photodegradation of Methyl Orange. *International Journal of Photoenergy*, 0 (0): 1-9.
- 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.

- Purwatiningsih S, A. Sjachriza dan Rachmanita. 2007. Sintesis dan Optimalisasi Gel Chitosan-Karboksimetil Selulosa. *Journal Alchemy*, 6 : 57-62
- Rahmayanti, M. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Metode Sonokimia. *Al Ulum Sains dan Teknologi*, 6(1): 26-32.
- Reghioua, A., Barkat, D., Jawad, A.H., Abdulhameed, A. D., Rangabhashisyan, S., Khan, M.R., and Alothman, Z. A. 2021. Magnetic Chitosan-Glutaraldehyde/Zinc Oxide/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanocomposite: Optimization and Adsorptive Mechanism of Remazol Brilliant Blue R Dye Removal. *Journal of Polymers and The Environment*.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E dan Sibarani, J. 2019. Fotokatalisis Bentonit-  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Indonesia E-Journal of Applied Chemistry*, 7(1): 46-54.
- Rizki, W. T., Said, M., Asri, W. R., Desnelli, Rachmat, A and Hariani. 2020.  $\text{SnO}_2$ - $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanocomposites for the Photodegradation of the Congo red Dye. *Heliyon*. 8(4):1-8.
- Simamora, J. R., Barus, D. A., Sembiring, A. D dan Simamora, P. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Pengendap Terhadap Sifat Optik Nanopartikel  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang disintesis Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Sainika*, 16(1): 11-19.
- Sitesya, D dan Sutanto, H. 2013. Sifat Optis Lapisan  $\text{ZnO}:\text{Ag}$  yang dideposisi di atas Substrat Kaca Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Aplikasinya pada Degradasi Zat Warna Methylene Blue. *Youngster Physics Journal*, 1(4): 71-80.
- Slamet., Syakur, R dan Danumulyo, W. 2003. Pengolahan Limbah Logam Berat Chromium (VI) dengan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . *Makara Teknoogi.*, 7(1):27-32.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana dan Dimiyati, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(2): 45-50.
- Taher, T. A. L. 2016. Adsorption of Procion Red on Natural Bentonite : Kinetic Studies. *Sriwijaya Journal of Environment*. 1(1): 1-4.
- Tan, K. A., Morady, N., Teng, T. T and Panneerselvam, P. 2012. Removal of Cationic Dye by Magnetic Nanoparticle ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Impregnated onto Activated Maize COB Powder and Kinetic Study of Dye Waste Adsorption. *Asia-Pacific Chemical, Biological & Environmental Engineering Society*, 1(2012): 83-89.
- Taufik. A., Tju, H and Saleh, R. 2016. Comparison of Catalytic Activities for Sonocatalytic, Photocatalytic and Sonophotocatalytic Degradation of Methylene Blue in the Presence of Magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{ZnO}$  Nanocomposites. *Journal of Physics*, 1-9.

- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal*. 5(1): 724-725.
- Umboh, K.M., Arungpadang, T.A.R dan Davidson, B. 2021. Analisis Komposisi Kimia Plat Rantai Yamaha Mx 135 Menggunakan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS). *Journal Unsrat*. 7(1): 30-35.
- Utami, W dan Suhendi, A. 2009. Analisis Rhodamin B Dalam Jajanan Pasar dengan Metode Kromatografi Lapis Tipis. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, 10 (2): 148 – 155.
- Wardiyati, S., Adi, W. A dan Winataputra, D. S. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Microwave Absorbing Material Berbasis Ni-SiO<sub>2</sub> dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Fisika*. 8(2): 1-6..
- Winataputra, D. S dan Yusuf, S. 2014. Sintesis Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> dan Aplikasinya untuk Mendegradasi Limbah Zat Warna Methylene Blue. *Indonesian Journal of Materials Science*. 15(3): 147-152.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S dan Purwonugroho, D. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Kimia Student Journal*. 1(2): 241-247.
- Yamlean, P. V. Y. 2011. Identifikasi dan Penetapan Kadar Rhodamin B pada Jajanan Kue Berwarna Merah Muda yang Beredar di Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2): 290-295.
- Yang, S., Zong, P., Ren, X., Wang, Q., & Wang, X. 2012. Rapid and highly efficient preconcentration of Eu(III) by Core-Shell Structured Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Humic Acid Magnetic Nanoparticles. *ACS Applied Materials and Interfaces*.
- Zeffry, R., Ratnawulan dan Yohandri. 2015. Pengaruh Temperatur Kalsinasi Terhadap Struktur Tembaga Oksida dari Daerah Pinti Kayu Kec. Koto Parik Gadang Diatesh Kabupaten Solok. *Pillar of Physics*, 5: 65-72.
- Zhang, H., Zhang, J., Sun, R and Zhou, Y. Preparation of magnetic and photocatalytic cenosphere deposited with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/Eu-dopedTiO<sub>2</sub> core/shell nanoparticles. 2015. *Materials Research*, 1-10.
- Zhao, Y.G., Shen, H.Y., Pan, S. D., Hu, M. Q and Xia, Q. H. 2010. Preparation and Characterization of Amino-Functionalized Nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Polymer Adsorbents for Removal of Chromium (VI) Ion. *Journal Mater Sci*, 45, 5291- 53001.