

**DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA METILEN BIRU  
MENGUNAKAN KOMPOSIT  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$**

**SKRIPSI**

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



**YOHANNA ASINA LASMA ROHANA NAIBAHO  
08031281722064**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA METILEN BIRU  
MENGUNAKAN KOMPOSIT  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**YOHANNA ASINA LASMA ROHANA NAIBAHO**

**08031281722064**

Indralaya, 12 Juli 2021

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



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

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Hermansyah, Ph. D**  
**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ ” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 5 Juli 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 12 Juli 2021

**Ketua :**

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

NIP. 196808271994022001



**Anggota :**

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

NIP. 197204082000032001



**2. Prof. Dr. Muharni, M. Si**

NIP. 196903041994122001



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


NIP. 197409282000121001



Mengetahui



Dekan FMIPA  
**Hermansyah, Ph. D**  
NIP. 197111191997021001



Ketua Jurusan Kimia  
**Dr. Hasanudin, M. Si**  
NIP. 197205151997021003

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Yohanna Asina Lasma Rohana Naibaho

NIM : 08031281722064

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 dipublikasi maupun 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 benar

Indralaya, Juli 2021

Penulis,



Yohanna Asina Lasma R. N

NIM. 08031281722064

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

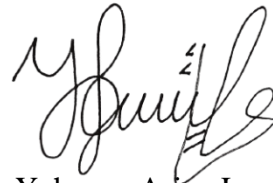
Nama Mahasiswa : Yohanna Asina Lasma Rohana Naibaho  
NIM : 08031281722064  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan,

Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (non-exclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ ”. 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.

Indralaya, Juli 2021

Penulis,



Yohanna Asina Lasma R. N.

NIM. 08031281722064

## SUMMARY

### PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE DYES USING $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ COMPOSITE

Yohanna Asina Lasma Rohana Naibaho: Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si and Fahma Riyanti, M. Si.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University  
xxi + 84 pages, 24 pictures, 3 tables and 19 attachments.

Research on the photocatalytic degradation of methylene blue dye using  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  composites has been carried out. The synthesis of the  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  composites was carried out with a core-shell-shell structure with  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  as a magnetic core which was then coated with  $\text{SiO}_2$ , then coated with  $\text{TiO}_2$  as a photocatalyst material. Characterization of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  composites was carried out using XRD, SEM-EDS, DRS UV-Vis, VSM, pHpzc. The XRD characterization results of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  showed a sharp peak at  $2\theta$  of 34.38 with a crystal size of 33.11 nm. The results of the SEM-EDS morphology showed that the size of the material was almost spherical and composition elements in the form of Co 23.19%, Fe 37.63%, O 26.18%, Si 12.25% and Ti 0.75%. The results of characterization using VSM showed a saturation magnetization value of 16.59 emu/g. The results of DRS UV-Vis characterization showed a bandgap energy value of 1.66 eV. The pHpzc value of the  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  composite at pH 5.3. The best conditions for degrading methylene blue dye were using a composite of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  at pH 6, a concentration of 12 mg/L and a contact time of 150 minutes. After degradation, the methylene blue was analyzed using TLC, the  $R_f$  value of the methylene blue dye after degradation was 0.79. GC analysis results show that methylene blue has been degraded into smaller compounds.

**Keywords** :  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  Composite, Methylene blue, Photocatalytic, Degradation

**Citation** : 1997-2020

## RINGKASAN

### DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA METILEN BIRU MENGGUNAKAN KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$

Yohanna Asina Lasma Rohana Naibaho: Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Fahma Riyanti, M. Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, xxi + 84 halaman, 24 gambar, 3 tabel dan 19 lampiran.

Penelitian mengenai degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru menggunakan komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  telah dilakukan. Sintesis komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  dilakukan dengan struktur *core-shell-shell* dengan  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  sebagai inti magnetik yang selanjutnya dilapisi oleh  $\text{SiO}_2$ , kemudian dilapisi oleh  $\text{TiO}_2$  sebagai material fotokatalis. Karakterisasi komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  dilakukan dengan menggunakan XRD, SEM-EDS, DRS UV-Vis, VSM. Hasil Karakterisasi XRD dari  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  menunjukkan puncak tajam pada  $2\theta$  sebesar  $34,38^\circ$  dengan ukuran kristal sebesar  $33,11$  nm. Hasil morfologi SEM-EDS menunjukkan ukuran material hampir bulat dengan komposisi unsur yang menyusun berupa Co 23,19%, Fe 37,63%, O 26,18%, Si 12,25% dan Ti 0,75%. Hasil karakterisasi menggunakan VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi sebesar  $16,59$  emu/g. Hasil karakterisasi DRS UV-Vis menunjukkan nilai energi *band gap* sebesar  $1,66$  eV. Kondisi terbaik dalam mendegradasi zat warna metilen biru menggunakan komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  pada pH 6, konsentrasi 12 mg/L dan waktu kontak selama 180 menit. Zat warna metilen biru sesudah degradasi dianalisis menggunakan KLT didapatkan nilai  $R_f$  zat warna metilen biru sesudah didegradasi sebesar 0,79. Hasil analisa GC menunjukkan bahwa metilen biru telah terdegradasi menjadi senyawa yang lebih kecil.

**Kata Kunci** : Komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ , Metilen biru, Fotokatalitik, Degradasi

**Kepustakaan** : 1997-2020

## HALAMAN PERSEMBAHAN

“Therefore do not worry about tomorrow, for tomorrow will worry about itself.

Each day has enough trouble of its own.”

- (Matthew 6:34) –

“Firman-Mu itu pelita bagi kakiku dan terang bagi jalanku”

- (Mazmur 119:105) -

“Tapi ada kalanya kalian telah memulai sesuatu yang tak bisa kalian kendalikan. Dan jika itu terjadi, yang perlu kalian lakukan adalah kembali berjuang. Jika kalian mengulurkan tangan kalian, aku akan disana dan membantu kalian. Jadi, tetaplah melangkah.”

- (Yang Tae Bum, Cheer Up) -

“Tak peduli seberapa sulit hidup, jangan pernah menyesali apapun pada hal-

hal yang membuatmu tersenyum”

- (Jung Da-Jung, 18 Again) -

This bachelor thesis is the sign of my graditude to  
The Almighty God Jesus Christ

Dan ku persembahkan kepada :

- Orang tuaku dan adikku
- Dosen pembimbing dan dosen PA ku
- Orang yang ku kasihi
- Teman-Temanku
- Setiap pribadi yang selalu mendukungku
- Almamaterku

Dan terakhir, kepada diriku yang telah berusaha, bertahan dan berjuang hingga saat ini dan seterusnya. Terima kasih



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas rahmat-Nya penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ ”. Skripsi ini dibuat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, pengalaman, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan kasih karunia-Nya tiada henti kepada penulis.
2. Orangtuaku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan serta kasih sayangmu kepada penulis hingga penulis mampu menyelesaikan perkuliahan ini. Kiranya Tuhan senantiasa memberikan kesehatan, berkat dan sukacita ke Papa dan Mama.
3. Adikku, lisa yang selalu mendoakan, mendukung dan menyemangati dalam proses dan penyelesaian perkuliahan ini serta menjadi pribadi yang siap direpotkan walaupun dalam jarak jauh. Semangat kuliahnya, segera menyusul dengan hasil yang lebih memuaskan, semangat terus dalam menata masa depan, karir dalam dunia renang dan pelayanannya.
4. Keluarga besarku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan dan motivasi.
5. Bapak Hermansyah, Ph. D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Hasanudin, M. Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Ibu Fahma Riyanti, M. Si selaku dosen Pembimbing Akademik.

9. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si dan Fahma Riyanti, M.Si selaku pembimbing tugas akhirku, terima kasih untuk semua ilmu, masukkan, motivasi yang diberikan selama tugas akhir.
10. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si, Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si, dan ibu Widia Purwaningrum, M. Si selaku penguji sidang sarjana, terimakasih atas bimbingan masukannya selama penyusunan skripsi.
11. Seluruh staf dosen jurusan kimia Fakultas MIPA UNSRI yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis.
12. Analis Laboratorium Kimia FMIPA (Yuk Nur, Yuk Niar dan Yuk Yanti) dan Analis Laboratorium Dasar Bersama Universitas Sriwijaya (Mbak Winta) beserta staf (Pak Dirman dkk).
13. Admin jurusan Kimia (Mbak Novi dan Kak Cosiin) yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan administrasi selama kuliah hingga akhir kuliah dan selalu sabar menghadapi penulis.
14. Patner dalam banyak hal baik dunia perkuliahan, pelayanan dan relasi (Juan Nanda Situmorang), terima kasih sudah banyak membantu, menyemangati, menemani, mendoakan, menerima kekurangan dan kelebihanku. Terima kasih sudah menjadi bagian ceritaku sejak dari Kamp PI 2017. Semangat terus untuk gelarnya dan masa depannya. Sesulit apapun prosesnya, jangan lupa andalkan Tuhan dan yakinlah Tuhan pasti menolong melewatinya. Tuhan Yesus memberkati
15. RC 17, Sekamarku (Rani dan Kak rima) dan Ciwi RC yang sudah menjadi saksi proses perjalanan dan penyelesaian masa perkuliahan. Terima kasih untuk setiap kebaikan, masukan dan momen yang ada kiranya Tuhan senantiasa memberkati kalian. Maaf untuk setiap kesalahan yang pernah aku perbuat. See u in the best part of our life.
16. RC Oye (Kak Hesti, Tresa, Evitry) dan bude, terima kasih untuk setiap kebaikan kalian. Tresa (Sahabat 4 tahun di RC) semangat terus untuk gelarnya dan masa depannya, terima kasih sudah belajar menerimaku selama ini dari maba, patner BPH RC dan banyak momen sudah dilewati. Evitry ( mantan tetangga) semangat terus untuk S2 nya di Taiwan jangan lupa ajak aku kesana, terima kasih sudah mau antar aku pagi-pagi ke lab untuk penelitian, nangis

berdua waktu epik baru pindah ke RC, ngingatin mandi dan banyak hal. Kak hesti (orang pertama yang ngasih tau dimana MIPA berada), terima kasih untuk setiap kebaikan kakak, untuk pelayanan yang boleh kakak bagi ke aku, untuk setiap sharing yang boleh kita lakukan dan terus berjuang untuk terus ada di setiap momenku, semangat untuk panggilan hidupnya kak. Bude (Orang tua kedua di perantauan), terima kasih untuk setiap bantuan dan kebaikan yang boleh bagi ke aku, ngerawat aku waktu aku sakit, menyemangati ketika aku pusing penelitian, semoga kebaikan bude dibalas sama Tuhan ya bude. Terima kasih untuk setiap cerita yang ada dan mohon maaf untuk setiap kesalahan yang pernah aku perbuat. Tuhan Yesus memberkati.

17. Gets Crew, KK COY (Kak Okta, Friska, Anggi, Yasmin), KK ( Fani dan May) dan Bang Brian, terima kasih banyak untuk setiap dukungan, bantuan, doa, motivasi dan kebersamaan yang telah kita lewati. Maaf atas segala kesalahan yang pernah penulis perbuat. Semangat terus untuk setiap kegiatan perkuliahan, pelayanan dan panggilan hidupnya. Tuhan Yesus memberkati.
18. Tim iri dengki (Farah, Arcella, Vio, Erna dan Putu), terima kasih untuk setiap kebersamaan, bantuan, dukungan dan motivasi atas keiri dengkian tim komposit ini. Semangat mengejar masa depannya. Jangan lupa dengan tebakan kita mengenai siapa yang nikah duluan.
19. Sahabat-sahabatku Uwak WTC Squad (Kak Vadia, Herliayana dan Mella), Reni dan Cibeh, terima kasih banyak sudah mau direpotkan selama ini, menolong dan menerimaku dengan tulus serta menjadi bagian dalam merangkai kisah bangku perkuliahanku. Semangat mengejar gelar dan masa depannya guys. Sampai bertemu dengan versi kesuksesan kita masing-masing.
20. Nadya, Nabila, Fella yang sering aku tanyain mengenai mata kuliah bahkan mau mengajari aku setiap aku mau ujian bahkan seminar. Terima kasih untuk ilmu dan kebaikan kalian.
21. Teman – teman angkatan 2017 yang tidak bias penulis sebutkan namanya satu persatu, terimakasih banyak atas segala bantuan dan motivasinya selama ini.

22. Kepada kakak-kakak tingkat Angkatan 2016, 2015, dan 2014, serta adik-adik tingkat Angkatan 2018 dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
23. Semua orang yang telah membantu dan terlibat secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bantuan kalian dibalas dengan kebaikan, berkat dan penyertaannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis meminta maaf, saran dan masukan dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Juli 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<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>SUMMARY</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Metilen Biru .....	4
2.2 Fotokatalitik Degradasi .....	5
2.3 Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	6
2.4 Pengujian Komposit .....	9
2.4.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	9
2.4.2 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	12
2.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	12
2.4.4 <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy Ultra Violet Visible (DRS-UV Vis)</i> .....	14

2.4.5 Kromatografi Lapis Tipis (KLT) .....	15
2.4.6 <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS) ..	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.2.1 Alat .....	18
3.2.2 Bahan .....	18
3.3 Prosedur Kerja .....	19
3.3.1 Sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .....	19
3.3.2 Sintesis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ .....	19
3.3.3 Sintesis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	20
3.3.4 Karakterisasi Material .....	20
3.3.4.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	20
3.3.4.2 <i>Scanning Electron Miscroscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS) .....	21
3.3.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	21
3.3.4.4 <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy Ultra Violet Visible</i> (DRS UV-VIS) .....	21
3.3.4.5 <i>pH of Point Zero Charge</i> (pHpzc) .....	22
3.3.4.6 Kromatografi Lapis Tipis (KLT) .....	22
3.3.4.7 <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS) .....	22
3.3.5 Penentuan Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru .....	23
3.3.5.1 Pembuatan Larutan Stok Standar Metilen Biru 1000 mg/L .....	23
3.3.5.2 Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru .....	23
3.3.6 Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna Metilen Biru .....	24
3.3.6.1 Pengaruh pH Terhadap Fotodegradasi .....	24
3.3.6.2 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna .....	24
3.3.6.3 Pengaruh Waktu Kontak .....	24
3.3.7 Analisis Data .....	25

3.3.7.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	25
3.3.7.2	<i>Scanning Electron Miscroscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	25
3.3.7.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	25
3.3.7.4	<i>Diffuse Reflectance Spectroscopy Ultra Violet Visible (DRS UV-Vis)</i> .....	25
3.3.7.5	Kromatografi Lipis Tipis (KLT).....	26
3.3.7.6	<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)</i> .....	26
3.3.7.7	Penentuan Efisiensi Degradasi.....	26
3.4	Fotoreaktor.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .....	27
4.2	Hasil Sintesis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ .....	27
4.3	Hasil Sintesis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	28
4.4	Hasil Karakterisasi Material.....	29
4.4.1	Hasil Karakterisasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan XRD ...	29
4.4.2	Hasil Karakterisasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan SEM-EDS .....	31
4.4.3	Hasil Karakterisasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan VSM .....	33
4.4.4	Hasil Karakterisasi komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan DRS UV-Vis .....	34
4.5	pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	35
4.6	Penentuan Kondisi Terbaik dalam Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru .....	37
4.6.1	Hasil Pengaruh pH Zat Warna .....	37
4.6.2	Hasil Pengaruh Konsentrasi Zat Warna .....	38
4.6.3	Hasil Pengaruh Waktu Kontak .....	39
4.7	Analisis Terhadap Zat Warna Metilen Biru Sebelum dan Sesudah Mengalami Proses Fotokatalitik Degradasi Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) .....	41
4.8	Analisis Terhadap Zat Warna Metilen Biru Sesudah	

Mengalami Proses Fotokatalitik Degradasi Menggunakan <i>Gas Chromatography (GC)</i> .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	44
5.2 Saran .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	45
<b>LAMPIRAN</b> .....	52
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	84



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Metilen Biru.....	4
Gambar 2. Struktur Lapisan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	8
Gambar 3. Hasil Analisa XRD pada Senyawa $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .....	10
Gambar 4. Hasil Analisa XRD pada Senyawa $\text{TiO}_2$ .....	10
Gambar 5. Hasil Analisa XRD pada Senyawa $\text{SiO}_2$ .....	11
Gambar 6. Prinsip Kerja VSM.....	13
Gambar 7. Kurva Histeresis Partikel $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .....	13
Gambar 8. Hasil Analisis DRS UV-Vis terhadap Senyawa $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ .....	14
Gambar 9. Hasil Analisis DRS UV-Vis terhadap $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$ .....	15
Gambar 10. Plat KLT yang Sedang Disinari Sinar UV .....	16
Gambar 11. Skema Fotoreaktor.....	26
Gambar 12. a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ Hasil Sintesis b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ Diuji dengan Magnet Eksternal .....	27
Gambar 13. a) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ Hasil Sintesis b) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ Diuji dengan Magnet Eksternal .....	28
Gambar 14. a) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Hasil Sintesis b) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Diuji dengan Magnet Eksternal .....	28
Gambar 15. Difraktogram a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , b) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan c) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	30
Gambar 16. Morfologi a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , b) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan c) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ dengan perbesaran 30.000x ...	31
Gambar 17. Kurva histeresis a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , b) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan c) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	33
Gambar 18. Spektrum a) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan b) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	35
Gambar 19. Grafik pH <sub>pzc</sub> Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	36
Gambar 20. Kurva Pengaruh pH Zat Warna Metilen Biru .....	37
Gambar 21. Kurva Pengaruh Variasi Konsentrasi .....	39
Gambar 22. Kurva Pengaruh Variasi Waktu Kontak .....	40
Gambar 23. Plat KLT yang Telah Ditotol Metilen Biru a) Sesudah Degradasi dan b) Sebelum Degradasi .....	42

Gambar 24. Kromatogram GC a) Metilen Biru Sebelum Degradasi	
b) Metilen Biru Sesudah Degradasi .....	43

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai $2\theta$ Suatu Senyawa dari Hasil Analisa dengan XRD .....	11
Tabel 2. Data Sudut $2\theta$ pada Difraktogram XRD, Intensitas Puncak dan Ukuran Partikel dari $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	31
Tabel 3. Data EDS dari Unsur-Unsur Penyusun $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	53
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ Menggunakan XRD .....	55
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ Menggunakan XRD .....	57
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan XRD .....	59
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ Menggunakan SEM-EDS .....	61
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ Menggunakan SEM-EDS .....	63
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan SEM-EDS .....	65
Lampiran 8. Hasil Karakterisasi $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ dan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan VSM.....	67
Lampiran 9. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$ Menggunakan DRS UV-Vis .....	69
Lampiran 10. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Menggunakan DRS UV-Vis .....	70
Lampiran 11. pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ .....	71
Lampiran 12. Penentuan Panjang Gelombang Metilen Biru .....	72
Lampiran 13. Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru .....	73
Lampiran 14. Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Terhadap Pengaruh pH .....	74
Lampiran 15. Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Terhadap Pengaruh Konsentrasi .....	76
Lampiran 16. Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ Terhadap Pengaruh Waktu Kontak .....	77
Lampiran 17. Analisis Terhadap Zat Warna Metilen Biru Sebelum dan	

Sesudah Mengalami Fotokatalitik Degradasi Menggunakan KLT .....	78
Lampiran 18. Analisis Terhadap Zat Warna Metilen Biru Sesudah Mengalami Fotokatalitik Degradasi Menggunakan <i>Gas Chromatography</i> (GC) .....	79
Lampiran 19. Gambar Penelitian .....	81

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tekstil yang sedang berkembang di berbagai negara menjadi penyebab dari meningkatnya jumlah penggunaan zat warna. Menurut Hut *et al* (2010) bahwa pada tahun 2010 ada sekitar 700.000 jenis pewarna yang berhasil diproduksi dan sekitar 60% dari zat pewarna yang dihasilkan akan digunakan untuk keperluan industri tekstil. Salah satu zat warna tekstil yang sering digunakan yaitu metilen biru. Zat warna ini mudah diperoleh dan harganya yang terjangkau. Metilen biru tergolong ke dalam zat warna yang stabil sehingga sukar untuk diuraikan. Limbah metilen biru dengan konsentrasi yang tinggi dibuang secara sembarangan dan tanpa diolah dengan baik dapat mencemari ekosistem, menyebabkan kematian bagi makhluk hidup perairan, dan berbahaya bagi manusia dan satwa lainnya apabila tertelan maupun terhirup (Rizqi dan Purnomo, 2014).

Menurut Aliah dan Karlina (2015), metode yang telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini seperti koagulasi, penggunaan membran dan teknik adsorpsi. Teknik tersebut sering digunakan dalam menurunkan konsentrasi dari pewarna tetapi pada kenyataannya metode tersebut memiliki kelemahan seperti kurang efektif ketika diaplikasikan pada zat tertentu, menghambat penyaringan, membutuhkan biaya yang cukup besar. Salah satu metode yang dapat dikembangkan untuk mengatasi kelemahan tersebut yaitu fotokatalitik. Fotokatalis dengan bahan semikonduktor dan sinar UV merupakan hal terpenting yang diperlukan dalam proses fotodegradasi (Aliah dan Karlina, 2015). Metode degradasi fotokatalitik memiliki kelebihan seperti mudah diterapkan dan biayanya relatif murah. Fotodegradasi merupakan metode yang dilakukan dengan menggunakan energi foton untuk memicu senyawa zat organik menjadi senyawa yang aman bagi lingkungan (Wardhani *et al*, 2016).

Material fotokatalis semikonduktor yang dipakai dalam metode fotodegradasi seperti  $\text{TiO}_2$ , CdS dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Diantara jenis-jenis semikonduktor tersebut, yang paling banyak digunakan adalah  $\text{TiO}_2$ . Menurut Ardiyanti dkk

(2019), TiO<sub>2</sub> dinilai cocok digunakan sebagai material semikonduktor karena stabilitas yang baik, *non toxic*, tergolong murah (Ardiyanti dkk, 2019). TiO<sub>2</sub> memiliki kelemahan dalam menyerap sinar karena hanya dapat menyerap cahaya pada *range* daerah sinar UV.

Kelemahan tersebut menyebabkan TiO<sub>2</sub> menjadi sulit menyerap cahaya pada daerah sinar tampak maka perlu dilakukan pergeseran ke daerah sinar tampak. TiO<sub>2</sub> dapat ditingkatkan efisiensi kerjanya dengan membentuk TiO<sub>2</sub> berukuran nano. TiO<sub>2</sub> yang memiliki ukuran nano akan menurunkan ukuran energi celah pita sehingga memudahkan terjadinya eksitasi elektron pada permukaan TiO<sub>2</sub>. Pergeseran penyerapan ke daerah sinar tampak juga dilakukan dengan mendoping TiO<sub>2</sub> (Amato *et al*, 2018). Proses pemisahan dan reparasi terhadap TiO<sub>2</sub> dari zat warna yang diserap itu sulit untuk dilakukan. Pembentukan komposit berupa fotokatalis magnetik dengan struktur *core shell* yang tersusun atas titania sebagai foto aktif titania dan bahan magnetik dapat menjadi solusi untuk diaplikasikan dalam proses fotodegradasi zat warna karena proses pemisahannya dapat dilakukan dengan menggunakan magnet eksternal. Menurut Hamad *et al* (2015), CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dinilai memiliki sifat kemagnetan yang baik, tingkat kestabilan kimia yang tinggi, anisotropi magnetnya besar. Penggabungan antara fotokatalis dengan magnetik juga menambah daya tahan katalis serta fotokatalis yang telah dipakai dapat digunakan kembali. Penggabungan fotokatalis secara langsung ke permukaan material magnetik dapat menyebabkan terjadinya reaksi fotodisolusi sehingga untuk mengatasi hal tersebut maka perlu melapisi lapisan magnetik yang akan dilapisi oleh fotokatalis. Lapisan silika dinilai dapat berperan sebagai perantara atau pelapis antara CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan TiO<sub>2</sub> serta dapat mencegah terjadinya oksida besi yang seharusnya bukan berperan sebagai pusat pembentukan *hole* maka fotokatalis magnet berupa komposit dibuat dengan CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sebagai inti yang dilapisi dengan SiO<sub>2</sub> untuk mengisolasi bahan magnetik dan TiO<sub>2</sub> sebagai kulit terluar yang berperan sebagai fotokatalis (Hamad *et al*, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mensintesis komposit CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> yang digunakan untuk degradasi fotokatalis terhadap zat warna metilen biru. Komposit CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, SED-EDS, VSM, DRS dan pH<sub>pzc</sub>, variabel degradasi fotokatalis meliputi pH

larutan, konsentrasi metilen biru, waktu kontak sedangkan hasil degradasi metilen biru dianalisis dengan kromatografi lapis tipis dan kromatografi gas.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini masalah yang dipelajari sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh keberhasilan sintesis komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  terhadap sifat material?
2. Bagaimana kemampuan degradasi komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  terhadap zat warna metilen biru dengan variabel pH larutan, konsentrasi, waktu kontak?
3. Bagaimana pengaruh variabel proses terhadap degradasi metilen biru?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  dan mengkarakterisasi komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  yang dihasilkan.
2. Menguji kemampuan degradasi komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  terhadap zat warna metil biru dengan variable pH larutan, konsentrasi, waktu kontak.
3. Menentukan pengaruh variabel proses terhadap kemampuan degradasi komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$  terhadap metilen biru menggunakan kromatografi lapis tipis dan kromatografi gas.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif mengenai komposit yang dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna metilen biru pada limbah cair yang mengandung zat warna tersebut.



## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Aliah, H., dan Karlina, Y. (2015). Semikonduktor TiO<sub>2</sub> sebagai Material Fotokatalis Berulang. *Jurnal ISTEK*, 9(1), 185–203.
- Amato, C. A. D., *et al.* (2018). Band Gap Implications on Nano-TiO<sub>2</sub> Surface Modification with Ascorbic Acid for Visible Light-Active Polypropylene Coated Photocatalyst. *Nanomaterials*, 8(599), 1-14.
- Ambarwati, N., Rakhmawati, R., dan Wahyuni, D. S. C. (2015). Uji Toksisitas Fraksi Daun Ambre (*Geranium radula*) Terhadap *Artemia salina* dan Profil Kandungan Kimia Fraksi Teraktif. *Biofarmasi*, 13(1), 15-24.
- Andari, N. D., dan Wardhani, S. (2014). Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem Prog*, 7(1), 9–14.
- Ardiyanti, H., Puspitarum, D. L., Maryana, O. F. T., Kesuma., dan Puja, W. A. (2019). Sintesis Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> Berbasis Limbah Ampas Tebu di Wilayah Bandar Lampung dengan Kombinasi Metode Kopersipitasi dan Sol Gel untuk Aplikasi Fotokatalis. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 203–211.
- Astuti, N., Suaniti, N., dan Mustika, I. (2018). Validasi Metode dalam Penentuan Kadar Etanol pada Arak dengan Menggunakan Kromatografi Gas Detektor Ionisasi Nyala. *Jurnal Kimia*, 11(2), 128-133.
- Bele, A. A., and Khale., A. (2011). An Overview on Thin Layer Chromatography. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(2), 256–267.
- Bujdák, J., and Komadel, P. (1997). Interaction of Methylene Blue with Reduced Charge Montmorillonite. *Journal of Physical Chemistry B*, 101(44), 9065–9068.
- Damayanti, C. A., Wardhani, S., dan Purwonugroho, D. (2014). Pengaruh Konsentrasi TiO<sub>2</sub> dalam Zeolit Terhadap Degradasi Methylene Blue secara Fotokatalitik. *Kimia Student Journal*, 1(1), 8–14.
- Darmapatni, K. A. G., Basori, A., dan Suaniti, N. M. (2016). Pengembangan Metode GC-MS untuk Penetapan Kadar Acetaminophen pada Spesimen Rambut Manusia. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(3), 257–262.
- Dewi, A. Y. K., Priatmoko, S., dan Wahyun, S. (2012). Elektroda Solar Cell Berbasis Komposit TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> sebagai Energi Alternatif Terbarukan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(2), 98–103.

- Dewi, S. H., dan Ridwan (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136–140.
- Dini, E. W. P., dan Wardhani, S. (2014). Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Chemistry Progress*, 7(1), 29-33.
- Elfasyari, T. Y., Putri, M. A., dan Andayani, R. (2020). Analisis Rhodamin B pada Lipstik Impor yang Beredar di Kota Batam secara Kromatografi Lapis Tipis dan Spektrofotometri UV-Vis, *Jurnal Farmasi*, 17(01), 54–61.
- Fiorillo, F. *et al.* (2014). International Comparison of Measurements of Hard Magnets with the Vibrating Sample Magnetometer. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, 44(3), 245–252.
- Firmansyah, Mirzan, M., dan Prismawiryanti (2015). Aplikasi Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -Zeolit untuk Menurunkan Intensitas Zat Warna Tartrazin secara Fotokatalitik. *Journal of Natural Science*, 4(1), 10–16.
- Ghofur, M. A., Wardhani, S., dan Tjahjanto, R. T. (2014). Pengaruh pH Awal dan Konsentrasi Awal Larutan Metilen Biru pada Degradasi Larutan Metilen Biru menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -Bentonit. *Kimia Student Journal*, 2(2), 548–554.
- Greene, D., Garcia, R. S., Govan, J., and Gun'ko, Y. K. (2014). Synthesis Characterization and Photocatalytic Studies of Cobalt Ferrite-Silica-Titania Nanocomposites. *Nanomaterials*, 4(2), 331-343.
- Habila, M. A., Alothman, Z. A., El-Toni, A. M., Labis, J. P., and Soylak, M. (2016). Synthesis and Application of  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2@ \text{TiO}_2$  for Photocatalytic Decomposition of Organic Matrix Simultaneously with Magnetic Solid Phase Extraction of Heavy Metals Prior to ICP-MS Analysis. *Talanta*, 154(1), 1–28.
- Hamad, H., Abd El-Latif, M., Kashyout, A. E. H., Sadik, W., and Fetcha, M. (2015). Synthesis and Characterization of Core-Shell-Shell Magnetic ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ ) Nanocomposites and  $\text{TiO}_2$  Nanoparticles for the Evaluation of Photocatalytic Activity under UV and Visible Irradiation. *New Journal of Chemistry*, 39(4), 3116–3128.
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono HP, D. S., Apriliani, E., dan Wibowo, E. A. P. (2017). Pemanfaatan Silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. *Jurnal Sains terapan*, 3(2), 37–41.
- Hastuti, E. (2011). Analisa Difraksi Sinar X  $\text{TiO}_2$  dalam Penyiapan Bahan Sel Surya Tersensitisasi Pewarna. *Jurnal Neutrino*, 4(1), 93–100.
- Houas, A., Lachheb, H., Ksibi, M., Elaloui, E., Guillard, C., and Herrmann, J. M. (2001). Photocatalytic Degradation Pathway of Methylene Blue in Water.

*Applied Catalysis B: Environmental*, 31(2), 145–157.

- Houshiar, M., Zebhi, F., Razi, Z. J., Alidoust, A., and Askari, Z. (2014). Synthesis of Cobalt Ferrite ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) Nanoparticles Using Combustion, Coprecipitation and Precipitation Methods: A Comparison Study of Size, Structural, and Magnetic Properties. *Journal Magnetism and Magnetic Materials*, 371(1), 43-48.
- Hu, J., Song, Z., Chen, L., Yang, H., Li, J., dan Richards, R. (2010). Adsorption Properties of  $\text{MgO}(111)$  Nanoplates for the Dye Pollutants from Wastewater Juncheng. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 55(9), 3742–3748.
- Irawati, H., Aprilita, N. H., dan Sugiharto, E. (2018). Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Berkala MIPA*, 25(1), 17-31.
- Istiqomah, I., Putri, A., Patmawati, T., Rohmawati, L., dan Setyarsih, W. (2019). Ekstraksi Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) Anatase Menggunakan Metode Leaching dari Pasir Mineral Tulungagung. *Akta Kimia Indonesia*, 4(2), 145–151.
- Jain, N., Dwivedi, M. K., and Waskle, A. (2016). Adsorption of Methylene Blue Dye from Industrial Effluents Using Coal Fly Ash. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 3(4), 9–16.
- Jia, P., Tan, H., Liu, K., and Gao, W. (2017). Adsorption Behavior of Methylene Blue by Bone Char. *International Journal of Modern Physics B*, 31(16–19), 1–5.
- Jumaeri, Astuti, W., dan Lestari, W. T. P. (2017). Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batu Bara secara Alkali Hidrotermal. *Reaktor*, 11(1), 38–44.
- Kale, M. B., Felix, S., and Velmurugan, V. magnetically Separable, Visible Light Improved, Photocatalytic Activity of  $\text{TiO}_2/\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$  Nanocomposite. *International Journal of ChemTech Research*, 6(3), 2063-2065.
- Karim, S., Pardoyo., dan Subagiyo, A. (2016). Sintesis dan Karakterisasi  $\text{TiO}_2$  Terdoping Nitrogen (N-Doped  $\text{TiO}_2$ ) dengan Metode Sol–Gel. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(2), 63–67.
- Khumaeni, E. H., Ubanayo, K., dan Karomah, Y. M. (2020). Identifikasi Zat Pewarna Makanan Rhodamin B pada Jajanan Mie Lidi di Sekolah Kecamatan Ajibarang Kabupeten Banyumas 2020. *Jurnal Ilmiah JOPHUS*, 2(01), 59–67.
- Kirupakar, B. R., B A Vishwanath, 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 and Drug Analysis*, 4(5), 227–233.
- Kuntari, K., Bila, N., dan Yuwono, M. (2017). Kajian Pengaruh Waktu dan pH Optimum dalam Adsorpsi Methyl Violet dan Methylene Blue Menggunakan Abu Daun Bambu. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, 1(2), 14–19.
- Lestari, J., dan Fahyuan, H. D. (2018). Pengaruh Doping Al terhadap TiO<sub>2</sub> sebagai Pendegradasi Limbah Tekstil Methylene Blue. *Jurnal Fisika*, 3(2), 15–20.
- Lestari, Y. D., Wardhani, S., dan Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-N/Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia Student Journal*, 1(1), 592–598.
- Lintongan, J., Mongi, J., Ginting, A. R., dan Tumbel, S. (2019). Identifikasi Rodamin B pada Kue Kuk yang Beredar di Pasar Traditional Kota Bitung. *Biofarmasetikal Tropis*, 2(2), 80–84.
- Mardiyati, M. (2018). Komposit Polimer sebagai Material Tahan Balistik. *Jurnal Inovasi Pertahanan dan Keamanan*, 1(1), 20–28.
- Mayasari, R. D., Nuryadi, R., Suharyadi, E., dan Abraha, K. (2017). Kajian Pengaruh Lapisan Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) terhadap Pergeseran Sudut Surface Plasmon Resonance (SPR) Menggunakan Konfigurasi Kretschmann-Perak Termodifikasi di Bawah Pengaruh Medan Magnet Luar. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(1), 19–23.
- Nasution, N., dan Fitri, A. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, 2(2), 18–25.
- Pamungkas, K., dan Murrukmihadi, M. (2015). Isolasi dan Penetapan Kadar Alkaloid Ekstrak Etanolik Bunga Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) Secara Spektrodensitometri. *Traditional Medicine Journal*, 20(2), 112–118.
- Parhizkar, J., Habibi, M. H., and Mosavian, S. Y. (2019). Synthesis and Characterization of Nano CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Prepared by Sol-Gel Auto-Combustion with Ultrasonic Irradiation and Evaluation of Photocatalytic Removal and Degradation Kinetic of Reactive Red 195. *Silicon*, 11(2), 1119–1129.
- Peng, G., Fan, Z., Wang, X., Sui, X., and Chen, C. (2015). Photodegradation of Microcystin-LR Catalyzed by Metal Phthalocyanines Immobilized on TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> under Visible-Light Irradiation. *Water Science and Technology*, 72(10), 1824–1831.

- Pratama, R., Hardeli., dan Yerimadesi. (2012). Penentuan Kondisi Optimum Proses Degradasi Zat Warna *Methylene Blue* pada Reaktor Fotokatalitik TiO<sub>2</sub>-PEG. *Periodic*, 1(2), 52-58.
- Rahmawati, R., Suharyana., dan Purnama, B. (2015). Studi Pendahuluan Sintesis Nano-partikel Cobalt-ferit Hasil Ko-presipitasi. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 11(2), 68–70.
- Raghavender, A. T. Synthesis and Characterization of Cobalt Ferrite Nanoparticles. *Star Journal*, 2(4), 1-4.
- Rajput, A. B., Hazra, S., and Ghosh, N. N. (2013). Synthesis and Characterisation of Pure Single-Phase CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanopowder Via a Simple Aqueous Solution-Based EDTA-Precursor Route. *Journal of Experimental Nanoscience*, 8(4), 629–639.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E., dan Sibarani, J. (2019). Fotokatalis Bentonit-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia*, 7(1), 46–54.
- Rizqi, H. D., dan Purnomo, A. S. (2014). Biodegradasi Pewarna Metilen Biru oleh *Daedalea dickinsii*. *Jurnal Seni dan Sains*, 2(1), 1–6.
- Rodríguez-Rodríguez, A. A., Martínez-Montemayor, S., Leyva-Porras, C. C., Longoria-Rodríguez, F. E., Martínez-Guerra, E., and Sánchez-Domínguez, M. (2017). CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-TiO<sub>2</sub> Hybrid Nanomaterials: Synthesis Approaches Based on the Oil-in-Water Microemulsion Reaction Method. *Journal of Nanomaterials*, 2017(2367856), 1–15.
- Rostamzadehmansoor, S., Sadjadi, M. S., and K. Zare. (2013). An investigation on Synthesis and Magnetic Properties of Nanoparticles of Cobalt Ferrite Coated with SiO<sub>2</sub>. *International Journal of Nano Dimension*, 4(1), 51–56.
- Samosir, A. S., Bialangi, N., dan Iyabu, H. (2018). Analisis Kandungan Rhodamin B pada Saos Tomat yang Beredar di Pasar Sentral Kota Gorontalo dengan Menggunakan Metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT). *Jurnal Entropi*, 13(1), 45-49.
- Saragi, T., Syakir, N., Nainggolan, T. H., dan Alboin, C. (2015). Studi Awal Preparasi Film Tipis Bahan Magnet CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan Metode Sol Gel dan Karakterisasinya. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 5(1), 50–56.
- Serafińczuk, J., Moszak, K., Pawlaczyk, Ł., Olszewski, W., Pucicki, D., Kudrawiec, R., and Hommel, D. (2020). Determination of Dislocation Density in GaN/Sapphire Layers Using XRD Measurements Carried Out from The Edge of The Sample. *Journal of Alloys and Compounds*, 825(153838), 1–6.

- Setyaningsih, N. E., Muttaqin, R., dan Mar, I. (2017). Optimalisasi Waktu Coating pada Bahan Komposit Alam untuk Karakterisasi Morfologi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM)–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX). *Physics Communication*, 1(2), 36–40.
- Setyawati, D. A., dan Haris, A. (2015). Sintesis ZnO-SiO<sub>2</sub> serta Aplikasinya pada Degradasi Limbah Organik Fenol dan Fotoreduksi Pb(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 18(3), 96-100.
- Shaterian, M., Aghaei, A., Koohi, M., Teymouri, M., and Ganjgah, A. M. (2020). Synthesis, Characterization and Electrochemical Sensing Application of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Graphene Magnetic Nanocomposite for Analysis of Atenolol. *Polyhedron*, 182(114479), 1–8.
- Slamet., Ermawati, R., Ratnawati, E., Naimah, S., Rumondang, I., dan Ibdadurrohman, M. (2010). Degradasi Fotokatalisis Limbah Fenol Dengan Komposit TiO<sub>2</sub>-Precipitated Calcium Carbonate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 1–6.
- Sours, R. E., Fink, D. A., and Swift, J. A. (2002). Dyeing Uric Acid Crystals with Methylene Blue. *Journal of the American Chemical Society*, 124(29), 8630–8636.
- Suaib, Aritonang, H. F., and Koleangan, H. S. J. (2019). Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan Metode Kopresipitasi dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis. *Chem Prog*, 12(1), 52–58.
- Sulistiyono, A., Wahyuni, S., dan Kasmui. (2018). Sintesis dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub> (nanorod)-SiO<sub>2</sub> dan Aplikasinya d alam Cat Akrilik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 56–63.
- Tebriani, S. (2019). Analisis Vibrating Sample Magnetometer ( VSM ) Pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus continue Direct Current. *Natural Science Journal*, 5(1), 722–730.
- Teimouri, M., Khorsandi, H., Aghapour, A. A., and Jafari, S. J. (2018). Degradation and Mineralization of Malachite Green Dye in Aqueous Solution by Electro-Fenton Process Using Iron Electrodes. *International Journal of Health and Life Sciences*, 4(1), 1–6.
- Tjiang, D., Aritonang, H. F., dan Koleangan, H. S. J. (2019). Sintesis Nanopartikel Ag/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten) Steenis) dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chem Prog*, 12(2), 59–66.
- Trianasari, Manurung, P., dan Karo-Karo, P. (2017). Analisis dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO<sub>2</sub>) sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (Pumice). *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 5(2), 179–186.

- Udaibah, W., and Priyanto, A. (2017). Synthesis and Structure Characterization of  $\text{SiO}_2$  from Petung Bamboo Leaf Ash (*Dendrocalamus asper* (Schult.f.) Backer ex Heyne). *Journal Of Natural Sciences And Mathematics Research*, 3(1), 215–220.
- Wahyuningsiha, S., Hidayatullaha, H., Pramonoa, E., Rahardjoa, S. B., Ramelanb, A. H., Firdiyonoc, F., dan Sulistiyonoc, E. (2016). Optimasi Pemisahan  $\text{TiO}_2$  dari Ilmenite Bangka dengan Proses Leaching Menggunakan HCl. *ALCHEMY*, 10(1), 54–68.
- Wang, T., Ishida, T., and Gu, R. (2020). A Study of the Influence of Crystal Component on the Reactivity Of Low-Calcium Fly Ash in Alkaline Conditions Based on SEM-EDS. *Construction and Building Materials*, 243(118227), 1–13.
- Wardhani, S., Farid Rahman, M. F., Purwonugroho, D., Triandi Tjahjanto, R., Adi Damayanti, C., and Oktavia Wulandari, I. (2016). Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Using  $\text{TiO}_2$ -Natural Zeolite as a Photocatalyst. *Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 5(1), 19–27.
- Wardiyanti, S., Adi, W. A., dan Winatapura, D. S. (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.
- Wibowo, A. (2016). Analisis Sifat Mekanis Komposit Barium Hexaferrit dengan Penguat Silika. *Jurnal Integrasi*, 7(2), 29–33.
- Widihati, I. A. G., Diantariani, N. P., dan Nikmah, Y. F. (2014). Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . *Jurnal Kimia*, 5(1), 31–42.
- Yusrin, A., Susatyo, E., dan Mahatmanti, F. (2014). Perbandingan Kemampuan Silika Gel dari Abu Sabut Kelapa dan Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Logam  $\text{Cd}^{2+}$ . *Jurnal MIPA*, 37(2), 154–162.
- Zairawati, O., dan Dahlan, D. (2018). Pengaruh Konsentrasi  $\text{SiO}_2$  dalam Komposit  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$  sebagai Lapisan Swabersih pada Katun Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*, 7(3), 240–245.
- Zhao, F., Zou, Y., Lv, X., Liang, H., Jia, H., and Ning, W. (2015). Synthesis of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ -Zeolite Materials and Application to the Adsorption of Gallium and Indium. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 60(5), 1338–1344.