

**SINTESIS KOMPOSIT $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan APLIKASI TERHADAP
DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA *CONGO RED***

SKRIPSI

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



Oleh:

MELVIANA VIOLETA KIMUR

08031281722029

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

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan APLIKASI TERHADAP
DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA *CONGO RED***

SKRIPSI

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

Oleh :

MELVIANA VIOLLETA KIMUR

08031281722029

Indralaya, 12 Juli 2021

Pembimbing I



Prof. Dr. Poedjie L H, M.Si

NIP. 196808271994022001

Pembimbing II



Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

NIP. 197211092000032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Sintesis Komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan Aplikasi Terhadap Degradasi Fotokatalitik Zat Warna *Congo Red*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 7 Juli 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 12 Juli 2021

Ketua :

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

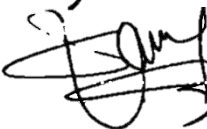
()

Anggota :

2. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001
3. **Dr. Addy Rachmat, M. Si**
NIP. 1974092820000121001
4. **Dra Julinar, M.Si**
NIP. 196507251993032002

()

()

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Hermansyah, S. Si., M. Si., Ph. D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Hasanudin, M. Si
NIP. 197205151997021003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Melviana Violeta Kimur

NIM : 08031281722029

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, 12 Juli 2021

Penulis,



Melviana Violeta Kimur

NIM. 08031281722029

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Melviana Violleta Kimur
NIM : 08031281722029
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: “Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis Terhadap Kandungan Produk Asap Cair Hasil Pirolisis Ampas Tebu dan Serbuk Gergaji Kayu Puspa”. 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,



Melviana Violleta Kimur

NIM. 08031281722029

SUMMARY

SYNTHESIS OF NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ COMPOSITE AND APPLICATION TO PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CONGO RED DYES

Melviana Violleta Kimur : Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si., and Dr. Nurlisa Hidayati, S.Si., M.Si.

Chemistry Dapartement, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, xix +71 pages, 26 pictures, 3 tables, 15 attachments

Synthesis of NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ composites for the photocatalytic degradation of congo red dyes had been done. The application of NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ synthesis was used to degrade Congo Red dyes by UV light. The result of Characterization using XRD, NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ composite showed a sharp peak intensity at $2\theta = 35.74^\circ$ and had a crystal size of 55.93 nm. The SEM-EDS result showed that the surface of composite is porous and has irregular shapes with the composition element of Ni (3.28%), Fe (5.97%), Si (3.66%), O (44.65%), and Ti (1.77%). The result of VSM obtained the magnetization saturation value of composite NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ was 18.21 emu/g. The UV-DRS result showed band gap value of composite NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ was 1.7 eV. NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ have a pH_{pzc} value at 8. The TLC result showed the occurrence of the photocatalytic degradation process of the congo red with a value of R_f = 0.64. The best condition of the NiFe₂O₄ / SiO₂ / TiO₂ composites to degrade congo red at various concentrations was at a concentration of 25 mg / L with a degradation effectiveness of 66%. The best condition at the time of irradiation is at 5 hours with a degradation effectiveness of 51%. The variation of pH congo red produces best conditions at pH 5 with a degradation effectiveness of 63%

Keywords : NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ composite, congo red, photocatalytic degradation

Citation : 1989-2020

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ DAN APLIKASI TERHADAP DEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED

Melviana Violleta Kimur : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati
Hariani, M.Si., and Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya, xix + 71 halaman, 26 gambar, 3 tabel, 15 lampiran.

Sintesis komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ untuk degradasi fotokatalitik zat warna *congo red* telah dilakukan. Aplikasi dari sintesis NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ digunakan untuk mendegradasi zat warna congo red dengan bantuan sinar UV. Hasil karakterisasi menggunakan XRD, komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ menunjukkan intensitas puncak tajam pada $2\theta = 35,74^\circ$ dan ukuran kristal sebesar 55,93 nm. Hasil analisa SEM-EDS menunjukkan permukaan komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ memiliki bulatan yang tidak beraturan dengan komposisi Ni (3,28%), Fe (5,97%), Si (3,66%), O (44,65%), dan Ti (1,77%). Hasil dari analisa VSM didapatkan nilai magnetisasi saturasi dari komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ sebesar 18,21 emu/g. Hasil analisa UV-VIS DRS menunjukkan nilai celah pita dari komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ sebesar 1,7 eV. NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ memiliki nilai pH_{pzc} sebesar 8. Kondisi terbaik dari komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂ untuk mendegradasi congo red pada variasi konsentrasi adalah pada konsentrasi 25 mg/L dengan efektivitas degradasi sebesar 66%. Kondisi terbaik pada waktu penyinaran berada pada 5 jam dengan efektivitas degradasi sebesar 51%. Variasi pH congo red menghasilkan kondisi terbaik pada pH 5 dengan efektivitas degradasi sebesar 63%.

Keywords : Komposit NiFe₂O₄/SiO₂/TiO₂, congo red, degradasi, fotokatalitik

Citation : 1989-2020

HALAMAN PERSEMBAHAN

- ❖ *Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik (Ali bin Abi Thalib).*
- ❖ *Jadilah seperti mutiara, walau didalam lumpur sekalipun. Ia tetap mutiara yang bernilai harganya.*
- ❖ *Jangan pernah merasa putus asa dalam setiap kegagalan, tapi belajarlh dari kegagalan tersebut agar menjadi pribadi lebih baik.*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ✓ Allah SWT
- ✓ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

- ✓ Mama, Papa dan Adikku yang selama ini telah mendukung, memotivasi dan mendoakan ku.
- ✓ Seluruh keluarga besarku
- ✓ Pembimbing dan sahabat-sahabatku
- ✓ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, kita memujinya, memohon ampunan dan meminta pertolongan kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Sintesis Komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan Aplikasi Terhadap Degradasi Fotokatalitik Zat Warna *Congo Red*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si** dan Ibu **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
2. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
4. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Ibu Prof. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si selaku pembimbing tugas akhir.
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si dan Ibu Dra. Julinar, M.Si selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
7. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah

8. Mamaku tercinta Yuni Fitri dan Papaku tercinta Joni Kimur, terimakasih telah mendukungku selama ini, memotivasiku tiap kali aku merasa gagal, mendoakanku tanpa henti dan dengan hati yang tulus. Tanpa papa dan mama mungkin aku tidak akan bisa sampai ke titik ini, terimakasih atas perhatian dan semuanya.
9. Adikku yang tersayang Levina Evania Kimur, terimakasih telah menyemangatiku dan mendoakanku. Semangat yang begitu tinggi dan kegigihan mu dalam menggapai cita-cita seringkali menjadi motivasiku dalam penelitian ini.
10. Keluarga Besarku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan dan semangat.
11. Sahabatku, Rizki Dwi Fahmi yang selalu menjadi tempat keluh kesahku selama perkuliahan. Terimakasih telah menemani dari MABA hingga tahap perkuliahan selesai, terimakasih selalu ada disaat datangnya kesulitan, memberikan nasehat ketika mengalami patah hati dan menjadikan masa kuliahku berwarna. Semoga dilain kesempatan kita bisa bertemu lagi.
12. EX-Sam'an Squad (Aknes, Jihan, Resti) yang menemani masa-masa awal kuliah hingga sekarang. Kita telah melewati banyak kisah-kisah yang indah ketika dikenang. Terimakasih telah sabar menghadapi sikap ku yang menyebalkan. Semoga nantinya kita dapat bertemu lagi.
13. Bongke (Ayu, Erna, Putu) yang selalu menyiapkan kursi bagian depan ketika kuliah, terimakasih telah memberikan keseruan selama kuliah. Semoga kita dapat bertemu di lain kesempatan
14. Putri Tamara Hidayati yang mengizinkanku tinggal di kost mu selama masa puasa di tahun 2018, terimakasih telah menjadi teman yang baik dan tidak perhitungan apapun selama perkuliahan. Semoga kita dapat bertemu lagi dilain waktu, Tam.
15. Tim Iri Dengki (Arcell, Erna, Farah, Putu dan Yohanna) yang mengajarkan keambisan dan iri dengki dalam dunia laboratorium analis, tapi berkat kalian semua urusan perkompositan dapat terselesaikan dengan cepat. Tetap semangat dan sukses selalu.

16. Kak Fadhil Martha yang selalu mengajari kami dari seminar proposal hingga siding sarjana, terimakasih atas ilmunya.
17. Kak Ira yang selalu jadi tempat kami bertanya seputar penelitian, terimakasih atas ilmunya kak.
18. Alpenliebe Group (Sarah dan Sinta) terimakasih telah menjadi sahabat dari jaman SMA hingga sekarang. Sukses selalu dan bahagia selalu,
19. Eilenna Julinda Lyana, terimakasih telah mendukung dan mendengarkan cerita-ceritaku. Terimakasih telah berteman denganku dari SMP hingga sekarang. Sukses selalu, Len.
20. Wong Cantekzz Squad (Neneng, Lisa, Salsa, Rasmita, Sinta, Sarah, dan Nadia) yang selalu menghibur dengan cerita-cerita *random*.
21. Rekan Beswan Djarum 35 Palembang (Aquina, Andi, Alma, Aji, Juli dan Naila) yang selalu jadi partner ambil tunjangan, partner hedon dan selalu saling memotivasi satu sama lain. Sukses selalu dan semoga bertemu di lain kesempatan.
22. Teman-Teman Beswan 35 Se-Indonesia yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih telah menjadi motivasi ku untuk menjadi lebih baik lagi, terimakasih telah membuatku keluar dari zona nyaman ketika melihat segudang prestasi dari masing-masing beswan. Semoga kita bertemu dilain waktu.
23. Bengkulu Squad (Kak Tirta, Kak Ilham, Kak Chika, Kak Intan dan Kak Normah) yang memberikan arsip dan buku di awal perkuliahan, terimakasih atas perhatian selama ini.
24. Chem17stry UNSRI yang telah menjadi teman seperjuangan selama ini.
25. 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.
26. Kepada Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
27. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung ataupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

28. Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. Thank you vio.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASILIAN ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
SUMMARY	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tekstil	5
2.2 Zat Warna Azo	5
2.3 Zat Warna <i>Congo red</i>	6
2.4 Nikel Ferit (NiFe_2O_4)	7
2.5 Silika	8
2.6 Titanium Dioksida (TiO_2)	9
2.7 Nanopartikel core shell $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	10
2.8 Degradasi Fotokatalitik	12
2.10 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	16

2.11	<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	17
2.12	<i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-VIS DRS)</i>	18
2.13	<i>pH Point of Zero Charge (pHpzc)</i>	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Waktu dan Tempat	21
3.2	Alat dan Bahan	21
3.2.1	Alat	21
3.2.1	Bahan	21
3.3	Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1	Sintesis Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄	22
3.3.2	Sintesis NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂	22
3.3.3	Sintesis Komposit NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂	22
3.4	Karakterisasi Material	23
3.4.1	X-Ray Diffraction (XRD)	23
3.4.2	<i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	23
3.4.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	24
3.4.4	<i>UV-VIS Diffuse Reflectance spectroscopy (DRS)</i>	24
3.4.5	<i>pH Point Zero Charge (pHpzc)</i>	24
3.5	Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	25
3.5.1	Pembuatan Larutan Stok Standar <i>Congo Red</i>	25
3.5.2	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	25
3.6	Penentuan Kondisi Terbaik Dedradasi Fotokatalisis Zat Warna <i>Congo Red</i>	25
3.6.1	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	25
3.6.2	Pengaruh pH.....	25
3.6.3	Pengaruh Waktu Penyinaran.....	25
3.7	Analisis Data	26
3.7.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	26
3.7.2	<i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	27
3.7.3	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	27

3.7.4 UV-VIS Diffuse Reflectance spectroscopy (DRS).....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Komposit NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂	28
4.4 Karakterisasi Material	29
4.4.1 X-ray Diffraction (XRD)	29
4.4.2 Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS).....	31
4.4.3 Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	33
4.4.4 UV-VIS Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-VIS DRS).....	34
4.4.5 pH Point Zero Charge (pH _{pzc}).....	36
4.5 Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalisis Zat Warna Congo Red	37
4.5.1 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	37
4.5.2 Pengaruh pH.....	39
4.4.4 Pengaruh Waktu Penyinaran	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur <i>Congo red</i>	6
Gambar 2. Morfologi permukaan serbuk Nikel Ferit	7
Gambar 3. Struktur <i>anastase</i> dan Struktur <i>rutile</i> dari TiO_2	8
Gambar 4. Proses sintesis komposit dan mekanisme kinerja komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	9
Gambar 5. Sintesis $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	9
Gambar 6. Pola XRD serbuk nanomagnetik NiFe_2O_4	13
Gambar 7. Pola XRD Fe_3O_4 dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	13
Gambar 8. Prinsip kerja VSM	15
Gambar 9. Kurva VSM dari NiFe_2O_4	15
Gambar 10. Kurva VSM dari NiFe_2O_4	15
Gambar 11. pH _{pzc} komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan karbon aktif	17
Gambar 12. Serbuk NiFe_2O_4 bersifat magnet	28
Gambar 13. Serbuk $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ bersifat magnet	29
Gambar 14. Serbuk $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ bersifat magnet	29
Gambar 15. Spektrum XRD	30
Gambar 16. Morfologi SEM pada perbesaran 3000x	32
Gambar 17. Kurva VSM	34
Gambar 18. Spektrum UV-VIS DRS.....	35
Gambar 19. Kurva pH _{pzc} $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	36
Gambar 20. Kurva efektivitas penurunan konsentrasi zat warna terhadap pengaruh konsentrasi	37
Gambar 21. Perbandingan zat warna congo red pada variasi konsentrasi	38
Gambar 22. Kurva efektivitas penurunan konsentrasi zat warna terhadap pengaruh pH.....	39
Gambar 23. Perubahan warna <i>congo red</i> pada variasi pH	39
Gambar 24. Perubahan warna <i>congo red</i> setelah terdegradasi pada	

variasi pH	40
Gambar 25. Kurva efektivitas penurunan konsentrasi zat warna terhadap pengaruh waktu penyinaran	40
Gambar 26. Perbandingan zat warna congo red pada variasi waktu penyinaran	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pola XRD dari puncak difraksi $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	14
Tabel 2. Puncak difraksi dari NiFe_2O_4 , $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$, dan $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	30
Tabel 3. Data EDS unsur-unsur penyusun NiFe_2O_4 , $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dan $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alur Prosedur Penelitian	48
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi XRD	50
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi NiFe ₂ O ₄ Menggunakan SEM-EDS	54
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ Menggunakan SEM-EDS	55
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂ Menggunakan SEM-EDS	56
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi VSM	57
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi UV-VIS DRS NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂	58
Lampiran 8 . Hasil Karakterisasi UV-VIS DRS NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂	59
Lampiran 9. Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pH _{pzc})	60
Lampiran 10. Penentuan Panjang Gelombang <i>Congo Red</i>	61
Lampiran 11. Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo red</i>	62
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalitik Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂ Terhadap Pengaruh Konsentrasi	63
Lampiran 13. Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalitik Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂ Terhadap Pengaruh pH	64
Lampiran 14. Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalitik Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Nanomagnetik NiFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /TiO ₂ Terhadap Pengaruh Waktu Penyinaran	65
Lampiran 15. Gambar Penelitian	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat menyebabkan kenaikan terhadap kebutuhan sandang. Hal ini berdampak pula pada peningkatan jumlah industri tekstil dan pemakaian zat warna yang digunakan pada proses pewarnaan tekstil tersebut. Dalam proses pewarnaan tekstil dapat digunakan zat sintetis dan alami. Industri tekstil sering memakai perwarna kimiawi karena warna yang dihasilkan lebih terang dan bertahan lama (Jannah dkk, 2017).

Berdasarkan literatur diketahui bahwa total konsumsi zat warna yang digunakan industri tekstil seluruh dunia berjumlah lebih dari 10.000 ton/tahun dan limbah yang dihasilkan dari zat warna tersebut berjumlah sekitar 100 ton/tahun. Limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan jika tanpa dilakukan pengolahan (Ahmad and Kumar, 2010). Zat warna sintetik adalah Zat warna sintetik adalah senyawa organik yang umumnya mempunyai gugus aromatik sehingga tidak mudah untuk didegradasi melalui proses alamiah (Saraswati dkk, 2015). *Congo red* merupakan salah satu jenis zat warna yang sering digunakan karena harganya yang lebih murah dan mudah untuk diperoleh (Sidabutar dkk, 2019). Limbah cair dari *congo red* memiliki ciri khusus yang berupa kekeruhan yang pekat dan warna yang mencolok, alkalin, serta sulit terdegradasi secara biologi karena termasuk ke dalam senyawa azo (Naimah dkk, 2014).

Untuk meminimalisir zat warna di lingkungan maka dilakukan berbagai upaya sebelum dibuang ke perairan. Banyak metode digunakan untuk pengolahan limbah zat warna ini seperti elektrokoagulasi, filtrasi kimia, serta adsorpsi. Namun, metode-metode tersebut dinilai kurang efektif karena menggunakan biaya operasional yang besar dan diperlukan waktu yang lama. Metode alternatif yang sekarang sedang dikembangkan oleh peneliti untuk mendegradasi limbah adalah metode degradasi fotokatalitik. Degradasi fotokatalitik dilakukan menggunakan bahan fotokatalisis dan juga radiasi dari sinar ultraviolet yang energinya sesuai dan cukup besar. Metode fotokatalitik degradasi diketahui dapat

memecah senyawa organik yang berbahaya bagi lingkungan menjadi suatu senyawa yang berupa CO_2 dan H_2O yang aman sehingga dinilai efektif. Pada proses degradasi fotokatalitik maka sinar ultraviolet akan memberikan energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan pasangan elektron dan lubang elektron (*electron hole*). Pasangan elektron ini akan berdifusi ke permukaan partikel oksida yang akan mengoksidasi senyawa organik. Umumnya fotokatalitik degradasi dilakukan dengan katalis yang bersifat semikonduktor (Titdoy dkk, 2016). Bahan semikonduktor dikenal sebagai memiliki sifat di antara konduktor dan isolator serta memiliki nilai konduktivitas listrik (σ) dan juga memiliki celah pita (*band gap*) yang tidak terlalu jauh antara pita konduksi dan pita valensinya (Fadliandi dan Budiyanto, 2017).

Pengolahan limbah cair yang mengandung zat warna menggunakan metode fotodegradasi dapat menguraikan zat warna organik menggunakan sinar (foton), kemudian reaksinya dipercepat dengan menggunakan katalis (Wismayanti dkk, 2015). TiO_2 termasuk jenis material semikonduktor sering dipakai sebagai fotokatalis. TiO_2 memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan fotokatalis semikonduktor yang lain. Sifatnya adalah memiliki stabilitas kimia yang tinggi, tidak beracun serta biayanya yang murah (Fitriyani dkk, 2017).

Selain memiliki sisi keunggulan TiO_2 juga memiliki kelemahan yaitu karena berbentuk serbuk halus maka TiO_2 sulit untuk dipisahkan setelah proses fotodegradasi berlangsung. TiO_2 tidak dapat bergerak pada permukaan berpasir, kaca dan zeolit. Sehingga, TiO_2 perlu dikombinasikan dengan senyawa yang bersifat ferit sehingga serbuk TiO_2 dapat ditarik oleh magnet eksternal dengan mudah. NiFe_2O_4 dipilih sebagai core yang cocok untuk mendampingi TiO_2 karena NiFe_2O_4 memiliki sifat sifat superparamagnetik sehingga penggunaan material ini di dalam bidang magnetik sangat baik (Yuan *et al*, 2012).

Pada pembuatan komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{TiO}_2$ diperlukan *shell* yang menghubungkan antara NiFe_2O_4 dengan TiO_2 karena ikatan langsung antara NiFe_2O_4 dan TiO_2 dapat menyebabkan efek fotodisolusi (Hamad *et al*, 2015). Efek fotodisolusi terjadi karena interaksi elektron antara NiFe_2O_4 dan TiO_2 , dimana elektron pada TiO_2 seharusnya berpindah dari elektron valensi ke pita konduksi akan tetapi elektron Ti pada pita valensi pindah ke pita konduksi dari Fe

maka terjadi fenomena efek fotodisolusi. Penelitian ini juga menggunakan silika (SiO_2) sebagai pelapis (*coat*) karena sifatnya yang sangat stabil pada dispersi cairan, mudah dimodifikasi permukaan serta interaksi antar partikelnya mudah dikontrol (Sulanjari dkk, 2014), sehingga diharapkan TiO_2 dapat terdispersi rata sebagai shell (Katz, 2019). SiO_2 juga merupakan bahan yang dapat mengurangi efek fotodisolusi karena sifatnya yang stabil (Wardiyati dkk, 2016).

Berdasarkan pemaparan tersebut maka pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$. Karakterisasi material menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), *Scanning Electron Microscope* (SEM) $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$, *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), dan pH Point Zero Charge (pH_{pzc}). Variabel fotokatalitik yang diukur diantaranya pengaruh pH, pengaruh konsentrasi dan pengaruh waktu penyinaran. Komposit yang dihasilkan digunakan pada proses fotodegradasi zat warna *Congo red*. Keberhasilan proses fotokatalitik *Congo red* ini dapat dilihat dengan metode pengamatan kualitatif.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana keberhasilan sintesis dan karakterisasi $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$?
2. Bagaimana kemampuan $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dalam mendegradasi zat warna *Congo red* dengan variable pH larutan, konsentrasi dan waktu penyinaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ serta mengkarakterisasi komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$.
2. Mengkaji kemampuan degradasi fotokatalisis dari $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dalam mendegradasi *Congo red* dengan variabel pengaruh konsentrasi congo red, waktu penyinaran dan pengaruh pH pada kondisi terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui tahapan dari sintesis $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ dan dapat mengaplikasikannya terhadap limbah tekstil dengan skala yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, T., Prasetya, N. B. A., & Widodo, D. S. (2013). Sintesis Komposit TiO₂-Karbon Aktif untuk Fotokatalisis Larutan Zat Warna Direct Blue 19 dan Ion Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 16(3), 102-107.
- Ahmad, R., & Kumar, R. (2010). Adsorptive Removal of Congo Red Dye From Aqueous Solution Using Bael Shell Carbon. *Applied Surface Science*, 257(5), 1628-1633.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., & Toruan, P. L. (2018). Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO). *Risalah Fisika*, 2(2), 53-57.
- Andari, N. D., Wardhani, S. (2014). Fotokatalis TiO₂-Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem Prog*, 79(1), 9-14.
- Astuti, N. P. W., Suaniti, N. M. dan Mustika, I. G. (2018). Validasi Metode dalam Penentuan Kadar Etanol Pada Arak Menggunakan Kromatografi Gas Detektor Ionisasi Nyala. *Jurnal Kimia*, 12(2), 128-133.
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., & Kartika, A. M. R. (2015). Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan dan Persentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, Jakarta: Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN Yogyakarta.
- Bhernama, B. G., Safni, S., & Syukri, S. (2015). Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis TiO₂-anatase dan SnO₂. *Elkawnie*, 1(1), 49-62.
- Carp, O., Huisman, C.L. and Reller, A. (2004) Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide. *Progress in Solid State Chemistry*, 1(1), 32, 33-177.
- Chaundhuri, B., Chakrabarti, S., Bhattacharjee, S., & Dutta, B. K. (2009). Photoreduction of Hexavalent Chromium in Aqueous Solution in The Presence of Zinc Oxide as Semiconductor Catalyst. *Chemical Engineering Journal*, 1(3), 86-93.
- Cotton dan Wilkinson. (1989). *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Dewi, R. S., & Lestari, S. (2010). Dekolorisasi Limbah Batik Tulis Menggunakan Jamur Indigenous Hasil Isolasi Pada Konsentrasi Limbah yang Berbeda. *Molekul*, 5(2), 75-82.

- Dewi, S. H., dan Ridwan. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 137-138.
- Dianggoni, I., Saputra, E., & Pinem, J. A. (2017). Pengolahan Zat Warna Tekstil (Rhodamine B) dengan Teknologi AOP (Advance Oxidation Processes) menggunakan Katalis Carbon Sphere dan Oksidan Peroxymonosulfate. *JOMFTEKNIK*, 4(2), 1-7.
- Fadlioni, F., & Budiyanto, B. (2017). Transistor Efek Medan Berbasis Semikonduktor Organik Pentacene untuk Sensor Kelembaban. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 6(2), 204-209.
- Fatimah, I., & Wijaya, K. (2005). Sintesis TiO_2 /zeolit Sebagai Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4). 257-267.
- Fitriyani, Y. O., Septiani, U., Wellia, D. V., Putri, R. A., & Safni, S. (2017). Degradasi Zat Warna Direct Red-23 Secara Fotolisis dengan Katalis CN-codoped TiO_2 . *Jurnal Kimia Valensi*. 3(2), 153-159.
- Fu, C., Liu, X., Wang, Y., Li, L., & Zhang, Z. (2019). Preparation and Characterization of $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2@ \text{TiO}_2\text{-Co/rGO}$ Magnetic Visible Light Photocatalyst for Water Treatment. *RSC advances*, 9(35), 20256-20265.
- Habila, M. A., ALOthman, Z. A., El-Toni, A. M., Labis, J. P., & 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*, 1(1), 154, 539-547.
- Hamad, H., El-latif, M. A., Kashyout, A. E. H., Sadik, W & Feteha, M. (2015). Synthesis and Characterization of Core-Shell-Shell Magnetic ($\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$) Nanocomposites and TiO_2 Nanoparticles for The Evaluation of Photocatalytic Activity Under UV and Visible Irradiation. *New Journal of Chemistry*, 4(1), 100-110..
- Herlina, R., Masri, M & Sudding. (2017). Adsorpsi Dedak Padi Terhadap Congo Red di Kabupaten Wajo. *Jurnal Chemica*, 18(1), 16-25.
- Jannah, F., Rezagama, A., & Arianto, F. (2017). Pengolahan Zat Warna Turunan Azo dengan Metode Fenton ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$) dan Ozonasi (O_3). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1-11.
- Karim, S., Pardoyo, P., & Subagio, A. (2016). Sintesis dan Karakterisasi TiO_2 Terdoping Nitrogen (N-Doped TiO_2) dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(2), 63-67.

- Katz, E. (2019). Synthesis, properties and Applications of Magnetic Nanoparticles and Nanowires—A Brief Introduction. *Magnetochemistry*, 5(4), 61.
- Khojastehnezhad, A., Farid, M., & Javid, A. (2017). NiFe₂O₄@SiO₂-PPA Nanoparticle: A Green Nanocatalyst for the Synthesis of β -Acetamido Ketones. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 1 (1), 1563-5333.
- Kumar, A dan Gajanan, P. (2017). Synthesis, Characterization, Effect of Temperature on Band Gap Energy of Molybdenum Oxide Nano Rods and Their Antibacterial Activity. *American Journal of Applied and Industrial Chemistry*, 3(3), 38-42.
- Liu, Z. G., Han, D., Zhang, X. P., Gao, F., Peng, W., & Wang, Y. N. (2016). Determination of Neutral Temperature Using Fiber Bragg Grating Senso in Capacitively Coupled Argon Plasmas. *Journal of Applied Physics*, 119(11), 113302.
- Mashadi, M., Yunasfi, Y., & Adi, W. A. (2016). Analisis Struktur Kristal Dan Gugus Fungsi Nife₂o₄ Hasil Sintesis Dengan Metode Sol Gel. *Indonesian Journal of Materials Science*, 17(3), 223-630.
- Muflihatun, S. S., & Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe₂O₄) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 20-25.
- Naimah, S., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Cahyaningtyas, A. A. (2014). Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂-Zeolit. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 36(2), 225-236.
- Nugroho, R. T dan Fajriati, I. (2017). Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Alizarine Red-S Menggunakan Oksidator Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dan Fotokatalis TiO₂. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry Journal*, 2(2), 26-37.
- Ojemaye, M. O., Okoh, O. O., & Okoh, A. I. (2017). Performance of NiFe₂O₄-SiO₂-TiO₂ Magnetic Photocatalyst for The Effective Photocatalytic Reduction of Cr (VI) in Aqueous Solutions. *Journal of Nanomaterials*, 1(1), 1-11.
- Pratama, I., & Lia Destiarti, N. (2018). Penurunan Kadar Timbal (II) Menggunakan Zeolit-X Sintesis dari Batu Padas. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(1), 53-58.
- Puspitarum, D. L., & Kesuma, W. A. P. (2019). Sintesis Komposit Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ Berbasis Limbah Ampas Tebu di Wilayah Bandar Lampung dengan Kombinasi Metode Kopresipitasi dan Sol Gel untuk Aplikasi Fotokatalisis. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 203-211.

- Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Nandiyanto, A. B. D., & Mudzakir, A. (2014). Sintesis titanium diokasida nanopartikel. *Jurnal integrasi proses*, 5(1), 15-29.
- Riyanti, F., Hariani, P. L. dan Purwaningrum, W., Elfita., Santika, S. dan Amelia, I. (2018). The Synthesis of $MnFe_2O_4$ -Activated Carbon Composite for Removal of Methyl Red From Aqueous Solution. *Jurnal Molekul*, 13(2), 123-132.
- Rizalina, H., Cahyono, E., Mursiti, S., Nurcahyo, B., & Supartono, S. (2018). Optimasi Penentuan Kadar Metanol dalam Darah Menggunakan Gas Chromatography. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 254-261.
- Samosir, A. S., Bialangi, N & Iyabu, H. (2018). Analisis Kandungan Rhodamin B pada Saos Tomat yang Beredar di Pasar Sentral Kota Gorontalo Menggunakan Metode Kromatografi Lapis Tipis. *Jurnal Entropi*, 13(1), 45-49.
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. P., & Suarya, P. (2015). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis ZnO-arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*, 9(2), 175-182.
- Sastrawidana, I. D. K. (2011). Studi Perombakan Zat Warna Tekstil Remazol Red Rb Cacara Aerob Menggunakan Bakteri Enterobacter Aerogenes yang Diisolasi dari Lumpur Limbah Tekstil. *Jurnal Kimia*, 5(2), 117-124.
- Setyani, A., & Wibowo, E. A. P. (2017). Fabrikasi Nanotubes Titanium Dioksida (TiO_2) Menggunakan Metode Hidrotermal. *Jurnal Kimia Valensi*, 3(1), 20-26.
- Shanmugavel, T., Raj, S. G., Kumar, G. R., Rajarajan, G., & Saravanan, D. (2015). Cost Effective Preparation and Characterization of Nanocrystalline Nickel Ferrites ($NiFe_2O_4$) in Low Temperature Regime. *Journal of King Saud University-Science*, 27(2), 176-181.
- Sholikha, H., & Fajriati, I. (2019). Pengaruh Penambahan HNO_3 Terhadap Fotodegradasi Zat Warna Congo Red Menggunakan Fotokatalis TiO_2 . *Indonesian Journal of Materials Chemistry*, 2(1), 1-4.
- Sibarani, J., Purba, D. L., Suprihatin, I. E., & Manurung, M. (2016). Fotodegradasi Rhodamin B menggunakan ZnO/UV/Reagen Fenton. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 4(1), 84-94.
- Sidabutar, A. D., Nasution, A. N., Nasution, S. W., Nasution, S. L. R., Kurniawan, H. M., & Girsang, E. (2019). Identifikasi dan Penetapan Kadar Rhodamin B dalam Kerupuk Berwarna Merah yang Beredar di Masyarakat. *Jurnal Farmacia*, 1(1), 24-30.

- Sulanjari, dkk. (2014). Kajian Sifat Kemagnetan pada Nanopartikel Cobalt Ferrite(CoFe_2O_4) yang Dicoating dengan Polyethylene Glykol (PEG-4000) dan Silika *Jurnal Fisika Indonesia*, XVIII(54), 103-107.
- Sivakumar, P., Ramesh, R., Ramanand, A., Ponnusamy, S., & Muthamizhchelvan, C. (2012). Synthesis, Studies and Growth Mechanism of Ferromagnetic NiFe_2O_4 Nanosheet. *Applied Surface Science*, 258(17), 6648-6652.
- Tao, J., Pan, H., Wong, L. M., Wong, T. I., Chai, J. W., Pan, J., & Wang, S. J. (2014). Mechanism of Insulator-to-Metal Transition in Heavily Nb Doped Anatase TiO_2 . *Materials Research Express*, 1(1), 15-911.
- Tapalad, T., Neramittagapong, A., Neramittagapong, S., & Boonmee, M. (2008). Degradation of Congo Red Dye by Ozonation. *Chiang Mai J Sci*, 35(1), 63-8.
- Tebriani, S. (2019). Analisis Vibrating Sampel Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus Continue Direct Current. *Natural Sains Journal*, 5(1), 722-730.
- Titdoy, S., Wuntu, A. D., & Kamu, V. S. (2016). Kinetika Fotodegradasi Remazol Yellow Menggunakan Zeolit A Terimpregnasi TiO_2 . *Jurnal MIPA*, 5(1), 10-13.
- Wang, J., Zhu, Y and Chen, Q. (2005). Preparation of Magnetic Composite of $\text{NiFe}_2\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ and The Assembly of The Colloid Particles by Magnetic Fields. *International Journal of Modern Physics Bullets*, 19(12), 2053-2059.
- Wardiyati, S., Adi, W. A., & Winatapura, D. S. (2016). Pengaruh Penambahan SiO_2 Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ pada Degradasi Methylene Blue. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 38(1), 31-40.
- Wijaya, K., Sgiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Kurniaysih, D. (2006). Utilisasi TiO_2 -zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *BIMIPA*, 16(3), 27-36.
- Wijayanto, S. O., & Bayuseno, A. P. (2013). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian: Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(4), 33-39.
- Wismayanti, D. A., Diantariani, N. P., & Santi, S. R. (2015). Pembuatan Komposit ZnO-Arang Aktif Sebagai Fotokatalis Untuk mendegradasi Zat Warna Metilen Biru. *J. Kimia*, 9(1), 109-116.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S dan Purwonugroho, D. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Kimia Student Journal*, 1(2), 243-247.

- Wulandari, L. (2011). *Kromatografi Lapis Tipis*. Jember: Taman kampus.
- Yuan, Q., Li, N., Geng, W., Chi, Y., & Li, X. (2012). Preparation of Magnetically Recoverable $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{meso-TiO}_2$ Nanocomposites with Enhanced Photocatalytic Ability. *Material Research Bulletin*. 1(1), 2396-2402..
- Yunasfi, Y. (2018). Analisis Struktur Kristal dan Sifat Magnet Bahan Absorber $\text{Ni}_{(0.5-x)}\text{Nd}_x\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ Hasil Sintesis Dengan Metode Kopresipitasi. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 12(1), 25-32.