

**DEGRADASI ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW* MENGGUNAKAN
KOMPOSIT Fe_3O_4 /KITOSAN-GLUTARALDEHID/ NiO DENGAN
METODE FOTOKATALITIK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Bidang Studi Kimia



Oleh :

Aulia Sita Rahmah

08031281924034

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**DEGRADASI ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW* MENGGUNAKAN
KOMPOSIT Fe_3O_4 /KITOSAN-GLUTARALDEHID/NIO DENGAN
METODE FOTOKATALITIK**

SKRIPSI

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

Oleh:

AULIA SITA RAHMAH
08031281924034

Indralaya, 03 Maret 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Prof. Hermansyah, Ph. D
NIP. 197111191997021001

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 Aulia Sita Rahmah (08031281924034) dengan judul “Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow* Menggunakan Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Glutaraldehyd/NiO Dengan Metode Fotokatalitik” telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 31 Maret 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 03 Maret 2023

Ketua :

1. **Dr. Eliza, M.Si.**
NIP. 196407291991022001

()

Sekretaris :

1. **Widia Purwaningrum, M. Si.**
NIP. 197304031999032001

()

Pembimbing :

1. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.**
NIP. 196808271994022001
2. **Prof. Hermansyah, Ph.D.**
NIP. 197111191997021001

()

Penguji :

1. **Dra. Fatma, MS.**
NIP. 196207131991022001
2. **Fahma Riyanti, M.Si.**
NIP. 197204082000032001

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA


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

Ketua Jurusan Kimia


Prof. Dr. Muharni, M.Si.
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Aulia Sita Rahmah

NIM : 08031281924034

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,



Aulia Sita Rahmah
Aulia Sita Rahmah
NIM. 08031281924034

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

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

Nama Mahasiswa : Aulia Sita Rahmah
NIM : 08031281924034
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow* Menggunakan Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Glutaraldehyd/NiO Dengan Metode Fotokatalitik” 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, 03 April 2023
Yang Menyatakan,



Aulia Sita Rahmah
NIM. 08031281924034

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk dicapai. Tidak ada sesuatu yang mustahil untuk diselesaikan. Karena *“Sesungguhnya Allah bebas melaksanakan kehendak-*

Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu menurut takarannya.”

-QS. At-Thalaq: 3-

"Tidak ada yang menyelamatkan kita kecuali diri kita sendiri. Tidak ada yang bisa dan tidak ada yang mampu. Diri kita sendiri yang harus mampu melangkah pada jalan yang kita tuju."

Skripsi ini sebagai tanda syukur saya kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak Muhammad Azhar dan Rachma Kusumastuti selaku Bapak dan Ibu yang paling Aulia sayangi, telah mendoakan dan memberi *support* dalam bentuk apapun dikala senang maupun sedih serta telah menguatkan yati untuk selalu teguh dalam pendiriannya, terimakasih banyak Pak dan Bu.
2. Muhammad Ziyad Akbar selaku adik kandung yang telah memberi semangat moral dan materil kepada kakak cantiknya yang sedang berjuang.
3. Kedua dosen pembimbingku yang luar biasa baiknya yaitu Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D.
4. Teman-teman seperjuangan dan Almamaterku 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 “Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow* Menggunakan Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Glutaraldehyd/NiO Dengan Metode Fotokatalitik”. 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 Hariani, M.Si.**, dan Bapak **Prof. Hermansyah, Ph.D.** 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. Bapak Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

5. Bapak Dra. Fatma, MS. dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
6. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan hingga lulus.
7. Kak Chosiin dan Mba Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu sabar serta banyak membantu selama masa perkuliahan hingga lulus.
8. Rizna Aprina, gue harus membuat 1 *line* khusus persembahan untuk manusia ini. Walaupun gue suka cuek lur, but *thank to god* gue dipertemukan dengan manusia ini di sepanjang masa-masa kuliah gue. Dari awal maba yak lur yah, gue gatau deh kalo gue gak temanan deket sama dia perkuliahan gue di kimia kek gimana. Sangat amat berperan besar di hidup gue, entah itu di akademik dan non akademik. Thanks loer.
9. Amalia Khairunnisa, gue juga harus membuat 1 line khusus untuk manusia ini. Bersama-sama dengan Rizna kami menerjang Kerja Praktek dan Tugas Akhir bersama-sama. Hati doi lembut banget mudah-mudahan tidak ada kata-kata yang pernah menyakiti hati lo ya yak. Maaf ya guys kalo gue hanya menjadi beban, mudah-mudahan dengan kehadiran gue *atleast* kalian terhibur.
10. Layo dek layo, tidak pernah terpikirkan gue bisa bertemu manusia-manusia seperti mereka yang bakal menemani pertengahan hingga tahun-tahun terakhir kuliah gue (semoga pertemanan kita bisa langgeng sampai seterusnya setelah kuliah walaupun terpisah-pisah kota). Amalia, Amso, Anas, Ertha, Jono, Kartika, Meyshin, Rizna, Yati dan Venanda. Terimakasih banyak atas pertemanan yang sehat dan saling *support* satu sama lain, gue selalu berdoa yang terbaik untuk kalian guys. Serunya berkali-kali lipat disaat Layo tidak ada hiburan tapi gue selalu punya mereka..
11. Effan Dwisyahputra, duh definisi *brother* gue di *Layo City*. *Thanks a lot* ya bro atas semua kebaikan-kebaikan lo yang bukan cuma ke gue doang tapi ke banyak orang. Walaupun *you* kadang suka bikin gue geleng-geleng kepala atas tingkah, aksi, serta cerita-cerita *you* tapi tetep gabisa bikin gue sebel dan hanya bisa tertawa kecil saja (hihi). Tetap semangat ya mengerjakan perskripsian ini, bisa wisuda secepatnya dan diberikan karir yang bagus. Doa

12. yang terbaik buat lo, *remember that i always got your back bro like you always do*. Kurang-kurangnya ah kesana kemari, *hope u gonna find 'the one' very very soon*.
13. Unsri Mengajar, yallah ini parah sih. Masuk ke dalam hal yang patut disyukuri masuk UM, hari-hari kuliah gue jadi tidak kesepian karena kalau penat tinggal ke sekret UM dan haha-hihi Kembali. *Love you guys* maaf tidak bisa sebut nama satu persatu.
14. Muhammad Hadziq Huda, walaupun hanya sebentar tapi sangat berkesan. Sekarang definisi *no grudge at all* yah (kalo gue). Selamat juga atas gelar Sarjananya (kemaren gak berani ngucapin) semoga semua cita-cita yang pernah lo ceritain ke gue tercapai yah. *See you on top!*
15. Aufa Nikola, huahahaha Aufa you apa kabar? Orang ini pernah menjadi orang yang paling berjasa di hidup gue dari awal kuliah sampe pertengahan. *Hope we gonna find each other but in a better condition* yah. Semoga *you* juga cepet-cepet jadi sarjana dan semua mimpi-mimpi yang pernah lo ceritain ke gue tercapai *very very soon*. Semoga masing-masing dari kita bahagia dan sehat selalu. Salam juga buat tante Eva.
16. KTB (Keluarga Tanpa Berencana). Kiara, Monda, Farhan, Prayuda, Dimas, Arin, Cavina dan Aufa. Jiailahhhhh, sohib dari jaman SMA sampe sekarang yang guenya kadang suka ngilang sibuk dengan dunia perkuliahan dan kalian yang di Jakarta. Jangan khawatir guys gue akan segera *comeback to Jekardah* ya. Kita main *again everyday*.
17. Anak-anak grup WA (Welcome To Semester Sekian2 wkwk) Lidia, Olga, Afif, Ami, Via, Rizna, Yati dan Elik. Terkhusus Lidia yang bener-bener ngemong anak-anak grup ini hiks!. Terimakasih yah, tanpa kalian gatau gimana kehidupan per-online-an duniawi ini huhuhu.
18. Teman-teman seperjuangan Kimia 2019 terimakasih untuk kebersamaan, keceriaan dan kegilaan kalian selama perkuliahan ini. Semangat dan sukses untuk kita semua. #PacakDakPacakKitoMacakMacak!
19. Kakak tingkat angkatan 2016 – 2018. Terimakasih telah memberikan saran, pesan serta pengalamannya semasa di jurusan Kimia.
20. Adik tingkat angkatan 2020 – 2022.

21. Seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian maupun penulisan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih dukungan dan semangatnya.

SUMMARY

DEGRADATION OF REMAZOL YELLOW DYE WITH Fe_3O_4 /CHITOSAN-GLUTARALDEHYDE/NiO COMPOSITE USING PHOTOCATALYTIC METHOD

Aulia Sita Rahmah: Supervised of Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si and Prof. Hermansyah, Ph.D

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, University of Sriwijaya
x + 37 pages, 3 tables, 14 figures, 13 attachments.

The textile industry in carrying out its production process produces a fairly high amount of wast. The amount of waste produced must be balanced with the proper and correct treatment of liquid waste. Liquid waste generated by the textile industry can be in the form of dyes, for example Remazol Yellow dye. One of the alternatives for processing textile waste is to use the photocatalytic principle.

In this research, the synthesis of the Fe_3O_4 /chitosan-glutaraldehyde/NiO composite was carried out for the degradation of Remazol Yellow dye. Synthesis results were characterized using XRD, SEM-EDS, VSM and UV-VIS DRS methods. The synthesis of the Fe_3O_4 /chitosan-glutaraldehyde/NiO composite by the coprecipitation method produced a brown powder with magnetic properties. The results of the Fe_3O_4 /chitosan-glutaraldehyde/NiO XRD characterization showed peaks at angles of 35.57° , 37.31° , 43.37° , 62.94° and 75.55° with the highest peak intensity at an angle of 43.37° with a particle size of 16.08nm. The SEM-EDS characterization results show a homogeneous morphological structure and have constituent elements consisting of C (9.58%), O (41.09%), Fe (42.36%) and NiO (5.22%). The results of the VSM characterization showed that the saturation magnetization value of the Fe_3O_4 /chitosan-glutaraldehyde/NiO composite was 62.52 emu/g. The results of the DRS UV-VIS characterization showed a band gap of 1.88 eV.

The optimum conditions for the degradation of Remazol Yellow dyes used the Fe_3O_4 /chitosan-glutaraldehyde/NiO composite at pH 3 with a concentration of 20 mg/L and a Vis irradiation duration of 75 minutes resulted in a degradation effectiveness of 98.4%. The TOC results showed that Remazol Yellow dye contained 7.88 ppm of carbon before degradation and 4.44 ppm after degradation which indicated that the carbon content in Remazol Yellow had been degraded by 43.69%.

Key Words : Fe_3O_4 /chitosan-glutaraldehyde/NiO composite, degradation, photocatalyst, Remazol Yellow

RINGKASAN

DEGRADASI ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW* MENGGUNAKAN KOMPOSIT Fe_3O_4 /KITOSAN-GLUTARALDEHID/NiO DENGAN MENGGUNAKAN METODE FOTOKATALITIK

Aulia Sita Rahmah: Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Prof. Hermansyah, Ph.D

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
x + 37 halaman, 3 tabel, 14 gambar, 13 lampiran.

Industri tekstil dalam melakukan proses produksi menghasilkan jumlah limbah yang cukup tinggi. Banyaknya limbah yang dihasilkan harus dimbangi dengan pengolahan limbah cair dengan baik dan benar. Limbah berbentuk cair yang dihasilkan oleh Industri tekstil dapat berupa zat warna, contohnya zat warna *Remazol Yellow*. Salah satu alternatif pengolahan limbah tekstil adalah dengan menggunakan prinsip fotokatalitik.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO untuk degradasi zat warna *Remazol Yellow*. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan metode XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-VIS DRS. Sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO dengan metode kopresipitasi menghasilkan serbuk berwarna cokelat yang memiliki sifat magnetik. Hasil karakterisasi XRD Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO menunjukkan intensitas tertinggi puncak pada $2\theta = 43.37^\circ$ dengan ukuran partikel sebesar 16,08 nm. Hasil karakterisasi SEM-EDS menunjukkan struktur morfologi yang homogen dan memiliki unsur penyusun terdiri dari C (9,58%), O (41,09%), Fe (42,36%) dan Ni (5,22%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO sebesar 62,52 emu/g. Hasil karakterisasi UV-VIS DRS menunjukkan *band gap* Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO sebesar 1,88 Ev.

Kondisi optimum degradasi zat warna *Remazol Yellow* menggunakan komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO pada kondisi pH 3 dengan konsentrasi 20 mg/L dan lama penyinaran dengan sinar Vis selama 75 menit menghasilkan efektivitas degradasi sebesar 98,4 %. Hasil TOC menunjukkan bahwa zat warna *Remazol Yellow* sebelum degradasi mengandung karbon sebesar 7,88 ppm dan setelah degradasi sebesar 4,44 ppm yang menunjukkan bahwa kandungan karbon pada *Remazol Yellow* telah terdegradasi sebesar 43,69%.

Kata kunci : Komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO, degradasi, fotokatalitik, *Remazol Yellow*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PESETUJUAN.....	iii
PERNYATAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN.....	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tekstil	5
2.2 Zat Warna <i>Remazol Yellow</i>	5
2.3 Proses Fotodegradasi	7
2.4 Besi (II, III) oksida (Fe_3O_4).....	8
2.5 Komposit Nanomagnetik Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO.....	8
2.6 Pengujian Komposit Nanomagnetik	11
2.6.1 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	11
2.6.2 <i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i>	11
2.6.3 <i>Ultraviolet Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i> ..	12
2.6.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	14
2.6.5 <i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16

3.1	Waktu dan Tempat	16
3.2	Alat dan Bahan	16
3.2.1	Alat	16
3.2.2	Bahan	16
3.3	Prosedur Penelitian	17
3.3.1	Sintesis Nanopartikel Fe ₃ O ₄	17
3.3.2	Sintesis Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd	17
3.3.3	Sintesis Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	17
3.3.4	Karakterisasi Material	18
3.3.4.1	<i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	18
3.3.4.2	<i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i>	18
3.3.4.3	<i>Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i>	18
3.3.4.4	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	19
3.3.4.5	Penentuan pH _{pzc} (<i>Point Zero Charge</i>)	19
3.3.5	Penentuan Konsentrasi Zat Warna	19
3.3.5.1	Pembuatan Larutan Induk <i>Remazol Yellow</i> 1000 ppm	19
3.3.5.2	Pembuatan Larutan Standar <i>Remazol Yellow</i>	19
3.3.5.3	Penentuan Panjang Gelombang Optimum <i>Remazol Yellow</i>	20
3.3.5.4	Pembuatan Kurva Standar <i>Remazol Yellow</i>	20
3.3.6	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna <i>Remazol Yellow</i> oleh Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO .	19
3.3.6.1	Pengaruh Variasi pH	19
3.3.6.2	Pengaruh Variasi Konsentrasi	19
3.3.6.3	Pengaruh Variasi Waktu Kontak	20
	Analisis Data	20
3.4.1	<i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	21
3.4.2	<i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	21

3.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	21
3.4.4 <i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Fe ₃ O ₄ Hasil Sintesis.....	24
4.2 Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd Hasil Sintesis	24
4.3 Komposit Fe ₃ O ₄ /Kitosan-Glutaraldehyd/NiO Hasil Sintesis	25
4.4 Karakterisasi Material Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd, dan Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO.....	25
4.4.1 Hasil Karakterisasi menggunakan <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	25
4.4.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	27
4.4.3 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnometer (VSM)</i>	29
4.4.4 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i>	31
4.5 pH Point Zero Charge (pHPZC) pada Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	32
4.6 Penentuan Kondisi Optimum Fotodegradasi Zat Warna <i>Remazol Yellow</i>	33
4.6.1 Pengaruh pH optimum.....	33
4.6.2 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna.....	34
4.6.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	35
4.7 Hasil Analisis <i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	36
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Kimia <i>Remazol Yellow</i>	7
Gambar 2. Struktur <i>Core-Shell</i> Fe ₃ O ₄ /NiO	11
Gambar 3. Difraksi Sinar X pada Bidang Atom.....	12
Gambar 4. Fe ₃ O ₄ diuji dengan magnet eksternal.....	23
Gambar 5. Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd diuji dengan magnet ekstenal	24
Gambar 6. Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO diuji dengan magnet eksternal ...	24
Gambar 7. Difraktogram (a) Fe ₃ O ₄ , (b) Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd dan (c) Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	25
Gambar 8. Pemetaan morfologi permukaan Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	25
Gambar 9. Morfologi permukaan dengan perbesaran 30.000x (a) Fe ₃ O ₄ , (b) Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd dan (c) Fe ₃ O ₄ /kitosan-Glutaraldehyd/NiO	26
Gambar 10. Kurva histeresis dari Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd dan Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	29
Gambar 11. Nilai band gap (a) Fe ₃ O ₄ , (b) Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd dan Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	30
Gambar 12. Grafik pH _{pzc} komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/NiO	32
Gambar 13. Kurva presentasi degradasi pengaruh pH zat warna <i>Remazol Yellow</i>	33
Gambar 13. Kurva presentasi degradasi pengaruh variasi konsentrasi zat warna <i>Remazol Yellow</i>	33
Gambar 14. Kurva presentasi degradasi pengaruh waktu kontak zat warna <i>Remazol Yellow</i>	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Elemen penyusun Fe_3O_4 , Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO	28
Tabel 2. Nilai magnetisasi saturasi dan medan magnet pada Fe_3O_4 , Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO	30
Tabel 3. Hasil analisis TOC <i>Remazol Yellow</i> sebelum dan sesudah degradasi...	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram alir prosedur penelitian.....	43
Lampiran 2. Reaksi pembentukan Fe_3O_4	46
Lampiran 3. Hasil karakterisasi Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO menggunakan XRD	47
Lampiran 4. Hasil karakterisasi Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO menggunakan SEM-EDS.....	52
Lampiran 5. Hasil karakterisasi menggunakan VSM	55
Lampiran 6. Hasil karakterisasi menggunakan UV-VIS DRS	56
Lampiran 7. Penentuan pH _{pzc} komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO...	59
Lampiran 8. Penentuan panjang gelombang <i>Remazol Yellow</i>	60
Lampiran 9. Penentuan kurva kalibrasi <i>Remazol Yellow</i>	61
Lampiran 10. Penentuan kondisi terbaik fotodegradasi <i>Remazol Yellow</i> menggunakan Komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO terhadap pengaruh pH	62
Lampiran 11. Penentuan kondisi terbaik fotodegradasi <i>Remazol Yellow</i> dengan variasi konsentrasi menggunakan komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO.....	64
Lampiran 12. Penentuan kondisi terbaik fotodegradasi <i>Remazol Yellow</i> dengan variasi waktu kontak menggunakan komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/NiO	66
Lampiran 13. Hasil analisis <i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu industri dalam melakukan proses produksi pasti menghasilkan jumlah limbah yang tergolong banyak pada bangsa ini. Hal tersebut tentu saja harus diwaspadai dimana pada akhirnya tidak mengakibatkan lingkungannya jadi tercemar dan aman untuk dibuangkan ke muka air. Limbah yang bentuknya cair dan dihasilkan oleh industri tekstil serta pakaian bisa berbentuk zat pewarna (Haryono *et al.*, 2018). Zat warna ini tergolong sebagai campuran dari zat organik yang tidak jenuh dimana diantaranya yakni fenol dan juga seluruh turunannya, hidrokarbon aromatik dan juga berbagai senyawa hidrokarbon lainnya yang memiliki kandungan satu ataupun banyak gugus azo ($-N=N-$). Zat warna mempunyai sifat *non-biodegradable* yang disebabkan oleh keberadaan gugus azo, dimana sulit untuk terurai dan bisa menyebabkan sumber polusi bagi lingkungan (Sausan *et al.*, 2021). Banyaknya limbah cair yang dihasilkan oleh berbagai macam industri di Indonesia harus dimbangi dengan pengolahan yang baik dan benar (Naimah *et al.*, 2014).

Beberapa metode sudah dilaksanakan dalam penanggulangan masalah limbah zat warna baik secara fisika maupun kimia, seperti adsorpsi, filtrasi dan elektrolisis (Sausan *et al.*, 2021). Salah satu alternatif pengolahan limbah tekstil adalah dengan mempergunakan prinsip fotokatalitik. Teknologi fotokatalitik merupakan metode pengolahan limbah zat warna yang cepat, tidak menghasilkan lumpur, reproduksibilitas yang tinggi dan dengan biaya yang relatif rendah (Sugiyana & Datodarmojo, 2015). Fotokatalitik termasuk ke dalam gabungan dari proses fotokimia dengan katalis. Dalam proses fotokatalitik ini, mulanya akan terbentuk pasangan elektron yang bermuatan positif pada partikel semikonduktornya. Pasangan elektron tersebut akan menjalankan reaksi oksidasi dan memperoleh hasil berupa radikal hidroksil (OH) yang bisa melakukan degradasi terhadap polutan organik yang membahayakan (Naimah *et al.*, 2014).

Dengan menambahkan bahan magnetik pada katalisnya tersebut, maka hal ini bisa menyebabkan meningkatnya efektivitas dari katalisnya yang diakibatkan oleh bahan magnetik yang tersedia pada bahan katalis tersebut dimana pada

akhirnya bisa memberikan kemudahan dalam proses pengambilan kembali bahan katalisnya yang tersebar pada larutan warna dan terdapat daya serapan bahan magnetik terhadap pewarnanya. Bahan magnetik yang baik ialah jenis superparamagnetik, dimana bahan ini mempunyai sifat magnet jika diberi medan magnet dan bahan ini juga akan lenyap sifat magnetiknya jika medan magnetiknya dihilangkan (Wardiyati *et al.*, 2016). Contoh bahan nanopartikel magnetik yang mempunyai sifat superparamagnetik ialah Fe_3O_4 , CoFe_2O_4 serta NiFe_2O_4 . Pemilihan penggunaan Fe_3O_4 dilaksanakan karena Fe_3O_4 tidak memiliki momen magnetik yang spontan, dimana pada akhirnya akan terdispersikan dengan baik pada air serta gampang dihimpun kembali dengan dibantu oleh medan magnetik dari luar (Mufarriha *et al.*, 2016). Namun nanopartikel Fe_3O_4 tidak stabil terhadap asam dan basa. Selain itu, nanopartikel Fe_3O_4 mudah mengendap dimana pada akhirnya tidak efisien (Alegret *et al.*, 2017).

Kitosan terdiri atas gugus amina yang bebas ($-\text{NH}_2$) serta hidroksil ($-\text{OH}$) yang bisa terikat dengan gugus reaktif dalam zat pewarnanya. Meskipun demikian, kitosan ini tentu saja mempunyai kelemahan sebab gampang terlarut ketika dalam keadaan yang asam, dimana harus dilaksanakannya pemodifikasian agar stabilitasnya pada larutan asam bisa meningkat. (Nurhaeni *et al.*, 2018). Agar terhindar dari degradasi kitosan pada keadaan asam, maka dipergunakan sebuah agen penaut silang dalam gel kitosannya, misalnya dengan mempergunakan glutaraldehid, asetaldehid, formaldehid, serta asetat anhidrat (Bahrudin *et al.*, 2020).

Beberapa semikonduktor logam-oksida pada proses fotokatalisis terdiri dari NiO, TiO_2 , ZnO dan WO_3 . Semikonduktor logam-oksida tersebut diaktifkan oleh paparan sinar UV yang sesuai dengan energi celah pita untuk mengkatalisis reaksi redoks pada permukaannya (Haider *et al.*, 2019). NiO, sebagai semikonduktor memiliki celah pita antara 3,2 dan 4 eV, dimana menjadikannya sebagai bahan yang sesuai untuk menghilangkan kontaminan organik seperti pewarna industri yang terkena radiasi ultraviolet (UV). Luas permukaan yang besar, biaya rendah, ketersediaan dan stabilitas merupakan kelebihan dari nanopartikel NiO (Marand *et al.*, 2021).

Didasarkan pada latar belakangnya itu, maka kajian ini terfokuskan pada proses sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehid/NiO. Penggabungan NiO dan

kitosan-glutaraldehyd dimana NiO berada di lapisan atas sedangkan kitosan-glutaraldehyd berada di lapisan tengah dan Fe₃O₄ berada di lapisan paling bawah atau inti (Bahrudin *et al*, 2020).

Dalam kajian ini, komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/NiO yang disintesis digunakan untuk melakukan degradasi terhadap zat pewarna *Remazol Yellow*. Material komposit yang sudah disintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dan *Ultraviolet - Diffuse Reflectance* (UV-DRS) (Winatapura *et al.*, 2014). Selanjutnya dilaksanakan uji aktivitas fotokatalis terhadap degradasi zat warna *Remazol Yellow* dengan pengaruh pH, konsentrasi *Remazol Yellow* dan waktu kontak.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan dalam kajian ini ialah:

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/NiO?
2. Bagaimana kemampuan degradasi komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/NiO terhadap zat warna *Remazol Yellow* dengan variasi waktu kontak penyinaran sinar UV, pH, dan konsentrasi *Remazol Yellow*?
3. Bagaimana hasil degradasi zat warna *Remazol Yellow* yang dianalisis menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC)?

1.3. Tujuan Penelitian

Kajian ini dilaksanakan untuk:

1. Mensintesis komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/NiO dan mengkarakterisasi komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/NiO menggunakan, XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-DRS.
2. Menetapkan kemampuan degradasi komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/NiO terhadap zat warna *Remazol Yellow* dengan variasi waktu kontak penyinaran sinar UV, pH, dan konsentrasi *Remazol Yellow*.

3. Menganalisis hasil degradasi zat warna *Remazol Yellow* menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC)?

1.4. Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini ditujukan untuk memberikan alternatif komposit yang bisa dijadikan untuk pengolahan limbah cair terkhususkan pada limbah yang di dalamnya terdapat kandungan zat pewarna *Remazol Yellow*.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, B.L. and Hajek, B.F. 1976. *Mineral Occurrence in Soil Environments*. In: J.B. Dixon and S.B. Weed (Editors), *Minerals in Soil Environments (second edition)*. Soil Science Society of America : Madison.
- Andari, N. D. dan Wardhani, S. 2014. Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem. Prog.* 7(1): 9-14.
- Ardiyanti, H., Puspitarum, D. L., Maryana, O. F. T. dan Kesuma, W. A. P. 2019. Sintesis Komposit Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ Berbasis Limbah Ampas Tebu di Wilayah Bandar Lampung dengan Kombinasi Metode Kopresipitasi & Sol Gel untuk Aplikasi Fotokatalis. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Metro.* 7 (2): 205.
- Bahrudin, N. N., Nawi, M. A. and Zainal, Z. 2020. Insight Into the Synergistic Photocatalytic-adsorptive Removal of Methyl Orange Dye Using TiO₂/Chitosan Based Photocatalyst. *International Journal of Biological Macromolecules.* 165 (2020): 1-2.
- Bemis, R. & Nurjanah, S. 2019. Sintesis dan karakterisasi fotokatalis ZnO/karbon aktif dan aplikasinya pada degradasi rhodamin B. *Chempublish Journal.* 4(2): 101-113.
- Bhagat, M. M., Lokhande, D. P., & Mujawar, D. H. 2017. Photocatalytic Degradation Of Carcinogenic Rhodamine 6g Dye By Strontium And Tin Doped Cadmium Sulphide Nanoparticles. *Journalnx,* 3(06): 129-136.
- Cahyana, A., Marzuki, A., & Cari, C. 2014. Analisa Sem (Scanning Electron Microscope) Pada Kaca Tzn yang Dikristalkan Sebagian. In *Mathematics And Sciences Forum 2014*.
- Clarissa, E., Adhitiyawarman, A., & Aritonang, A. B. 2021. Synthesis Of Co (Ii)-Tio2/Kaolinite As A Antibacterial Escherichia Coli Photocsintesis Co (Ii)-Tio2/Kaolin Sebagai Fotokatalis Antibakteri Escherichia Coli Dengan Bantuan Sinar Tampak (Synthesis Of Co (Ii)-Tio2/Kaolinite As A Antibacterial Escherichia Coli Photocatalyst Under Visible Light). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry,* 4(3), 124-131.
- Dewi, S. H. dan Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nano partikel Fe₃O₄ Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia.* 13 (2): 137.
- Dung, K.T.D. Hai, H.T. phuc, H.L. Long, D.B. 2009. Preperation and characterization of Magnetic nanoparticles with chitosan coating. *Journal of Physics.* 187 (2009): 2.
- Gosal, R., Suyasa, B., Wayan, I., & Suastuti, G. D. A. 2018. Biodegradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Dalam Sistem Suspensi Aktif. *Ecotrophic,* 12(1): 34-41.

- Haider, A. J., Al-Anbari, R., Sami, H. M. and Haider, M. J. 2019. Photocatalytic Activity of Nickel Oxide. *Journal of Materials Research and Technology*. 8 (3): 2802-2803.
- Hanifi, R., Dewangga, G., & Widiyanto, E. (2019). Analisis Material Komposit Berbasis Serat Pelepah Kelapa Sawit Dan Matriks Polypropylene Sebagai Bahan Pembuatan Bumper Mobil. *Gorontalo Journal Of Infrastructure And Science Engineering*, 2(2): 15-23.
- Haryono, Faisal, M., Liamita, C. dan Rostika, A. 2018. Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 3 (1): 95.
- Irawan, A. 2019. Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran Dalam Kegiatan Penelitian Dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1-9.
- Jamaluddin, J., Nugraha, S. T., Maria, M., & Umar, E. P. 2018. Prediksi Total Organic Carbon (TOC) Menggunakan Regresi Multilinear Dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal Geoelebes*, 2(1): 1-5.
- Jumardin, J., Maddu, A., & Santoso, K. 2022. Optical Characteristics Of Carbon Nanoparticles (Carbon Dots) Using Uv-Vis Drs (Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy) Method. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 9(1), 1-15.
- Kirk, Orthmer, 1992. *Encyclopedia Of Chemical Technology 4th Edition*. John Willey And Sons, New York.
- Latifah, S., Ridho, R., & Baiti, I. F. 2020. Imobilisasi Fotokatalis Komposit TiO₂-Kitosan Sebagai Pendegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*. 2 (1): 28-29.
- Maghfiroh, L., Ulfan, I., & Juwono, H. 2016. Pengaruh Ph Terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Yellow Fg Oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 5(2).
- Manurung, R., Simanjuntak, S., Sembiring, J., Napitupulu, R. A., & Sihombing, S. 2020. Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang. *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*. 2(1): 28-35.
- Marand, S. A., Almasi, H. and Marand, N. A. 2021. Chitosan-Based Nanocomposite Films Incorporated with NiO Nanoparticles: Physicochemical, Photocatalytic and Antimicrobial Properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 190 (2021): 667-668.

- Mawarni, T., Fadarina, H. C., Aznury, M., & Taufik, M. 2021. Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe₂O₄ Dan Diaplikasikan Pada. *Kinetika*. 12(3): 44-50.
- Missa, M. M., Pingak, R. K., & Sutaji, H. I. 2018. Penentuan celah energi optik ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill) asal desa oinlasi menggunakan metode tauc plot. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*. 3(1): 86-90.
- Muhajir, M., Mizar, M. A., & Sudjimat, D. A. 2017. Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. *Jurnal Teknik Mesin*. 24(2).
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto, D. 2012. Uji XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20-29.
- Naimah, S., Ardhanie, S., Jati, B. N., Aidha, N. N. dan Arianita, A. 2014. Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂-Zeolit. *Jurnal Kimia Kemasan*. 26 (2014): 226.
- Nelson., Ngatijo., Nurjanah, S., Maghviroh, N. A. dan Bemis, R. 2019. Sintesis dan karakterisasi fotokatalis ZnO/karbon aktif dan aplikasinya pada degradasi rhodamin B. *Chempublish Journal*, 4(2), 101-113.
- Ningsih, S. K. W. dan Bahrizal. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel NiO dengan Menggunakan Proses Sol-Gel dan Sonokimia. *Jurnal Saintek*. 8 (2): 172.
- Nurhaeni, Hardianti, D., Hardi, J., Diharnanini dan Khairunnisa. 2018. *Recovery Remazol Yellow* Menggunakan Gel Kitosan Tertaut Silang Glutaraldehid. *Kovalen*. 4 (3): 255.
- Rahmayanti, M. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe₃O₄): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Metode Sonokimia. *AL-ULUM: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 26-31.
- Rasjid, D., Kasoenarno, G., Astini, L., 1976. *Teknologi Pengelantangan, Pencelupan dan Pencapan*. Institut Teknologi Tekstil, Bandung.
- Reghioua, A., Barkat, D., Jawad, A.H., Abdulhameed, A.d., Rangabhashisyam, S., Khan, M.R., and Alothman, Z. A. 2019. Magnetic Chitosan-Glutaraldehyde/Zinc Oxide/Fe₃O₄ Nanocomposite: Optimization and Adsorptive Mechanism of Remazol Brilliant Blue R Dye Removal. *Journal of Polymers and The Environment*.
- Rohayati, Z., Fajrin, M. M., Rua, J., Yulan, Y., & Riyanto, R. 2017. Pengolahan Limbah Industri Tekstil Berbasis Green Technology Menggunakan Metode Gabungan Elektrodegradasi dan Elektrodokolorisasi dalam Satu Sel Elektrolisis. *Chimica et Natura Acta*, 5(2), 95-100.

- Said, N. I. 2001. Pengolahan air limbah industri kecil tekstil dengan proses biofilter anaerob-aerob tercelup menggunakan media plastik sarang tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(2).
- Sausan, F. W., Puspitasari, A. R. dan Yanuarita, D. 2021. Studi Literatur Pengolahan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi, Filtrasi, dan Elektrolisis. *Tecnoscienza*. 5 (2): 214-215.
- Setyowati, V. A., Dan Widodo, E. W. R. 2017. Pengaruh Pengelasan Tig Pada Stainless Steel 304 Dan 304 Terhadap Sifat Mekanik, Karakterisasi Xrd, Dan Edx Sebagaimaterial Pressure Vessel. *Jurnal Teknik Mesin. Institut Teknologi Padang*. Vol. 7, No. 2.
- Sugiyana, D. dan Notodarmojo, S. 2015. Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo *Acid Red 4* Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO₂. *Arena Tekstil*. 30 (2): 84.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. 2017. Studi scanning electron microscopy (SEM) untuk karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir* (Vol. 9, No. 1, pp. 44-50).
- Suryanarayana, C., Norton, G. M. 1998. *X-Ray Diffraction A Practical Approach*. Plenum Press. New York.
- 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.
- 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.
- Utami, A. R., & Nk, C. W. Verifikasi Metode Pengujian Total Organic Carbon (TOC) Dalam Air Limbah Kegiatan Minyak Dan Gas Dengan Menggunakan Toc Analyzer
- Utari, R. S. 2019. Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Nanomagnetik Fe₃O₄ dan Pengaruh Penambahan H₂O₂. Skripsi. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Wardiyati, S., Adi, W. A. dan Winatapura, D. S. 2016. Pengaruh Penambahan SiO₂ Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik Fe₃O₄/TiO₂ pada Degradasi Methylene Blue. *J. Kimia Kemasan*. 38 (1): 32-33.
- Widyandari, H. & Budiman, M., 2004. *Berkala Fisika*. 7(1), pp. 28-34.
- Winatapura, D. S., Dewi, S. H. dan Ridwan. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Fe₃O₄@ZnO dengan Metoda Presipitasi. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. 17 (1): 71-72.