

**SINTESIS KOMPOSIT Fe_3O_4 /KITOSAN-GLUTARALDEHID/ TiO_2
SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI
ZAT WARNA *CONGO RED***

SKRIPSI

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



**RIZNA APRINA
08031381924063**

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

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/KITOSAN-GLUTARALDEHID/TiO₂
SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI
ZAT WARNA CONGO RED**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

RIZNA APRINA

08031381924063

Indralaya, 06 Februari 2023

Mengetahui,

Pembimbing I



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

NIP. 196808271994022001

Pembimbing II



Dr. Zainal Fanani, M.Si.

NIP. 196708211995121001

Dekan FMIPA



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

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Rizna Aprina (08031381924063) dengan judul “Sintesis Komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/TiO₂ Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna *Congo Red*” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 03 Februari 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 06 Februari 2023

Ketua :

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

()

Sekretaris :

2. **Dr. Desnelli, M.**
NIP.196912251997022001

()

Pembimbing:

1. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si.**
NIP. 196808271994022001
2. **Dr. Zainal Fanani, M.Si**
NIP. 196708211995121001

()
()

Penguji :

1. **Widia Purwaningrum, M.Si**
NIP. 197304031999032001
2. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001

()
()

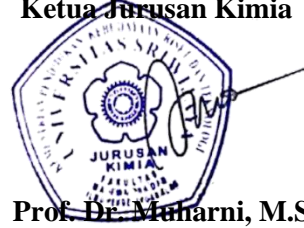
Mengetahui,

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 dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Rizna Aprina
NIM : 08031381924063
Fakultas/Jurusan : MIPA/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, 06 Februari 2023

Yang menyatakan,

A 1000 Rupiah stamp with a signature over it. The stamp is yellow and red, with the number '1000' and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'METERAI TEMPEK'. The signature is in black ink.

Rizna Aprina

NIM. 08031381924063

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

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

Nama Mahasiswa : Rizna Aprina
NIM : 08031381924063
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Sintesis Komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehid/TiO₂ Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna *Congo Red*” dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 06 Februari 2023

Yang menyatakan,



Rizna Aprina

NIM. 08031381924063

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(QS. Al-Mu'min: 44)

“Tidak ada balasan bagi kebaikan kecuali kebaikan pula”

(QS. Ar-Rahman: 60)

“Don't compare your life to others. There's no comparison between the sun and the moon. They shine when it's their time”

(unknown)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

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

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna *Congo Red*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

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

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang sangat luar biasa kepada penulis.
2. Keluarga saya (Ayah, Mami, Kalika dan Kide) yang sudah banyak memberikan doa, materi serta motivasi selama penulis mengerjakan penelitian dan menyusun skripsi ini.
3. Bapak Hermasyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si. selaku pembimbing, terimakasih ibu sudah selalu peduli kepada saya, sudah banyak meluangkan waktu untuk membimbing saya, memberikan arahan dan gambaran serta memberikan

penulis ilmu yang sangat bermanfaat, motivasi dan dukungan. Semoga ibu panjang umur, selalu diberikan kesehatan, dilancarkan segala urusannya Aamiin

7. Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si selaku dosen PA dan pembimbing, terima kasih pak atas ilmu dan dukungannya hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga bapak selalu diberikan kesehatan, panjang umur dan dilancarkan segala urusannya Aamiin
8. Ibu Widia Purwaningrum M.Si dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si selaku dosen pembahas yang sudah banyak memberikan saran dan masukan yang sangat bermanfaat. Semoga kebaikan ibu senantiasa dibalas oleh Allah SWT.
9. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama
10. Yuk Nur, Yuk Niar dan Yuk Yanti selaku analis kimia dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA yang telah membantu selama penelitian, semoga kebaikan kalian senantiasa dibalas oleh Allah SWT.
11. Kak Chosiin dan Mba Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu baik, ramah, sabar dan mau membantu penulis selama perkuliahan hingga lulus. Terimakasih banyak, semoga selalu diberikan kesehatan.
12. Lukman Zainuddin yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi. Telah berkontribusi dengan memberikan arahan, meluangkan waktu, pikiran dan materi serta senantiasa sabar menghadapi saya. Sukses selalu, semoga selalu diberikan kemudahan dan lancar terus rezekinya Aamiin
13. Amalia Khairunnisa dan Aulia Sita Rahmah selaku sahabat, teman, keluarga, perawat dan tim penelitian. Terima kasih sudah banyak membantu dan berjuang bersama selama penelitian, banyak suka dan duka yang kita lewatin dari maba hingga saat ini. Mulai dari tidur di lab, berangkat subuh pulang tengah malem, sakit bareng-bareng dan selesai penelitian juga bareng. Kita perempuan-perempuan hebat! Semoga persahabatan kita tetap terjalin dengan baik. Maaf kalau ada hal-hal yang menyinggung hati. Tetap semangat, sayang banget dengan kalian.
14. “Layo People” Siti Nur Hidayati yang paling cantik, sobat LDR ku. Kita selalu bareng dari seminar kemajuan, semoga seterusnya tetap terjalin tali silaturahmi

dengan baik. Terimakasih sudah berkenan minep di siloam hehehe. Ditunggu kabar baiknya yuk. Ertha Wulandari, sahabat ku dari maba. Jaman masih nakal ya tak, selalu bisa backup dan care. Sobat paling santuy yang aku punya. Sehat selalu tak, ajak aku keliling pagar alam lagi ya. Sayang ertha. Venanda si paling ungu, semangat meraih gelarnya. Terimakasih sudah selalu hafal dan perhatian dengan hal-hal kecil yang suka bikin aku terharu. Semoga bisa lulus sesuai target yang diinginkan Aamiin. Amso Siregar si paling ikut dan sobat PA ku, semangat RSM nya so. Bisa pasti bisa, terimakasih sudah banyak memberikan canda tawa dan hiburan. Semoga bisa terus ikut orang kemana-mana ya so, semoga sehat selalu, bisa lulus sesuai target yang diinginkan Aamiin. Jono dan Anas, terimakasih sudah mau nemenin selama penelitian di lab. Mau nungguin sampe tengah malem dan kadang ikut juga nginep di lab. Semangat penelitiannya ya! Semoga bisa lulus diwaktu yang diinginkan Aamiin

15. Ragil selaku sahabat penulis. Kita memang jarang komunikasi, tapi terimakasih atas dukungannya dari jauh. Makasih sudah mau berteman tulus dan ikhlas membantu, mendengarkan keluh kesah dan kesedihan terutama saat penulis melakukan penelitian. Semoga selalu bahagia dan sehat Aamiin
16. Ade, Abel, Cicik, Hani dan Salma selaku sahabat penulis. Ucapan beribu terimakasih karena sudah mau dijadikan tempat keluh kesah serta selalu memberikan dukungan. Semoga tali persahabatan kita bisa terus terjalin dengan baik, bisa selalu kumpul-kumpul. Semoga diberikan kelancaran disegala urusannya dan sehat selalu guys Aamiin
17. Kak Siti Chodijah selaku kakak pembimbing ter sayang dari awal penelitian hingga selesai penulisan skripsi. Kak, makasih banyak atas keikhlasan hatinya untuk berbagi ilmu dan waktu yang kakak berikan. Semoga kakak diberikan kesehatan, panjang umur dan makin cantik Aamiin
18. Kak Veronica, Kak Siti Azizah, Kak Nurhidayah, Kak Anisa terimakasih sudah mau direpotkan dengan pertanyaan tentang penelitian ini. Semoga kakak-kakak sukses selalu, sehat dan bahagia Aamiin
19. Teman – teman seperjuangan Kimia 2019 terimakasih untuk kebersamaan, keceriaan dan kegilaan kalian selama perkuliahan ini. Semangat dan sukses untuk kita semua. Aamiin.

SUMMARY

SYNTHESIS OF COMPOSITE Fe₃O₄/CHITOSAN- GLUTARALDEHIDE/TiO₂ AS PHOTOCATALYST FOR DYES DEGRADATION CONGO RED

Rizna Aprina: Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si and Dr. Zainal Fanani, M.Si

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xvii + 42 pages, 3 tables, 16 figures, 14 attachments.

The textile industry in Indonesia produces a lot of waste which has a negative impact on the surrounding environment. The wastewater from the textile industry contains dyes. Congo Red is a dye widely used in the textile industry which has toxic, carcinogenic, and mutagen properties that can cause environmental damage. Therefore it is necessary to treat dye waste using an effective photocatalytic method because it can decompose organic compounds to produce clear waste that is not harmful to the environment.

In this research, the Fe₃O₄/chitosan-glutaraldehyde/TiO₂ composite was synthesized for the photocatalytic degradation of Congo red dyes. The composite consists of Fe₃O₄ because it is magnetite and modified with TiO₂ as a catalyst. The addition of chitosan-glutaraldehyde as a barrier between Fe₃O₄ and TiO₂ prevents dissolution effects which can reduce the effectiveness of degradation. Variables of photocatalytic degradation of the Fe₃O₄/chitosan-glutaraldehyde/TiO₂ composite on Congo red dye include the effect of pH solution, concentration, and duration of Vis irradiation.

The composites were characterized using XRD, SEM-EDS, VSM, and UV-VIS DRS. The XRD characterization showed the highest intensity at $2\theta = 25.3^\circ$ with a particle size of 33.49 nm. The characterization using the SEM-EDS showed an aggregate morphology with constituent elements consisting of C (11.50%), N (0.53%), O (37.44%), Na (0.42%), Fe (42.74%), and Ti (5.75%). The VSM characterization showed a saturation magnetization value of 55.26 emu/g and a band gap value of composite from the UV-VIS DRS characterization of 1.83 eV. The pH_{zpc} value of Fe₃O₄/chitosan-glutaraldehyde/TiO₂ composite was obtained at pH 6.2.

The optimum conditions for the reduced concentration of Congo Red dye by the Fe₃O₄/chitosan-glutaraldehyde/TiO₂ composite were at pH 3 with a concentration of 30 mg/L and Vis irradiation for 40 minutes resulting in an effective concentration reduction of 97.56%. TOC analysis showed that the Congo Red dye before degradation contained 31.34 ppm of carbon, and after degradation, the carbon contained only 0.20 ppm indicating that the carbon content in Congo Red had been degraded by 99.36%.

Keywords : composite Fe₃O₄/chitosan-glutaraldehyde/TiO₂, degradation, photocatalytic, Congo Red

Citation : 74 (1994-2022)

RINGKASAN
SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/KITOSAN-GLUTARALDEHID/TiO₂
SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA
CONGO RED

Rizna Aprina: Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si dan Dr. Zainal Fanani, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xvii + 42 halaman, 4 tabel, 16 gambar, 14 lampiran.

Industri tekstil di Indonesia banyak menghasilkan limbah yang mengakibatkan timbulnya dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan merupakan limbah cair yang mengandung zat warna. *Congo Red* merupakan salah satu zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil yang memiliki sifat toksik, karsinogen dan mutagen yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengolahan limbah zat warna menggunakan metode fotokatalitik yang efektif karena dapat menguraikan senyawa organik sehingga dihasilkan limbah yang jernih tidak berbahaya bagi lingkungan.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/TiO₂ yang digunakan untuk degradasi fotokatalitik zat warna *Congo Red*. Komposit disusun dari Fe₃O₄ karena bersifat magnetit yang dimodifikasi dengan TiO₂ sebagai katalis. Penambahan kitosan-glutaraldehyd sebagai penghalang antara Fe₃O₄ dan TiO₂ agar tidak terjadinya efek disolusi yang dapat menurunkan efektivitas degradasi. Variabel degradasi fotokatalitik komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/TiO₂ terhadap zat warna *Congo Red* meliputi pengaruh pH, konsentrasi dan lama penyinaran menggunakan Vis.

Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-VIS DRS. Hasil karakterisasi menggunakan alat XRD menunjukkan intensitas tertinggi pada $2\theta = 25,3^\circ$ dengan ukuran partikel sebesar 33,49 nm. Hasil karakterisasi menggunakan alat SEM-EDS menunjukkan morfologi yang agregat dengan unsur penyusun yang terdiri dari C (11,50%), N (0,53%), O (37,44%), Na (0,42%), Fe (42,74%) dan Ti (5,75%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi sebesar 55,26 emu/g dan nilai *band gap* hasil karakterisasi alat UV-VIS DRS sebesar 1,83 eV. Nilai pH_{pzc} yang dihasilkan Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/TiO₂ diperoleh pada pH 6,2.

Kondisi optimum penurunan konsentrasi zat warna *Congo Red* oleh komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/TiO₂ berada pada pH 3 dengan konsentrasi 30 mg/L dan lama penyinaran Vis selama 40 menit menghasilkan efektivitas penurunan konsentrasi sebesar 97,56%. Analisis TOC menunjukkan bahwa zat warna *Congo Red* sebelum degradasi mengandung karbon sebesar 31,34 ppm dan setelah degradasi karbon yang terkandung hanya 0,20 ppm yang menunjukkan bahwa kandungan karbon pada *Congo Red* telah terdegradasi sebesar 99,36%

Kata kunci : komposit Fe₃O₄/kitosan-glutaraldehyd/TiO₂, degradasi, fotokatalitik,
Congo Red

Kutipan : 74 (1994-2022)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	viii
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
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>Congo Red</i>	6
2.3 Komposit TiO_2/Fe_3O_4	7
2.4 Kitosan-glutaraldehyd.....	8
2.5 Fotokatalitik	9
2.6 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	9
2.7 <i>UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)</i>	11
2.8 <i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray</i>	12
2.9 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	13
2.10 Spektrofotometer UV-Vis.....	13
2.11 <i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Bahan	15
3.3 Prosedur Penelitian	15
3.3.1 Sintesis Fe ₃ O ₄	15
3.3.2 Sintesis Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd	16
3.3.3 Sintesis Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/TiO ₂	16
3.3.4 Karakterisasi Material	17
3.3.4.1 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	17
3.3.4.2 <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	17
3.3.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	17
3.3.4.4 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i>	17
3.3.4.5 Penentuan pH _{pzc} (Point Zero Charge)	18
3.3.5 Penentuan Konsentrasi Zat Warna	18
3.3.5.1 Pembuatan Larutan Induk <i>Congo Red</i> 1000 ppm	18
3.3.5.2 Pembuatan Larutan Standar <i>Congo Red</i>	18
3.3.5.3 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Congo Red</i>	18
3.3.5.4 Pembuatan Kurva Standar <i>Congo Red</i>	18
3.3.6 Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> oleh Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/TiO ₂	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	19
3.4 Analisis Data	20
3.4.1 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	20
3.4.2 <i>Scanning Electron Microscope – Energy</i>	

<i>Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS)	20
3.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	20
3.4.4 <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Karakterisasi Material Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd, dan Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/TiO ₂	22
4.1.1 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnometer</i> (VSM)	22
4.1.2 Hasil Karakterisasi menggunakan <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	24
4.1.3 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	26
4.1.4 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-VIS DRS)	28
4.1.5 Nilai pH <i>Point of Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-glutaraldehyd/TiO ₂	29
4.2 Penentuan Kondisi Optimum Penurunan Efektivitas Zat Warna <i>Congo Red</i>	30
4.2.1 Pengaruh pH	30
4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	31
4.2.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	32
4.3 Penentuan Kinetika Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	33
4.4 Analisis Data	35
4.4.1 Hasil Karakterisasi <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	35
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur <i>Congo Red</i>	6
Gambar 2. Pola difraksi Fe_3O_4 dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$	10
Gambar 3. Nilai band gap TiO_2 dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$	11
Gambar 4. Hasil SEM nanopartikel Fe_3O_4	12
Gambar 5. Kurva hysteresis dari Fe_3O_4 , $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$	22
Gambar 6. Fe_3O_4 diuji dengan magnet eksternal	22
Gambar 7. $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}$ diuji dengan magnet eksternal	23
Gambar 8. $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$ diuji dengan magnet eksternal...	23
Gambar 9. Difraktogram (a) Fe_3O_4 , (b). $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}$ dan (c). $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$	24
Gambar 10. Morfologi (a). Fe_3O_4 (b). $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}$ (c). Fe_3O_4 / $\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$ dengan perbesaran 3.000x.....	26
Gambar 11. Nilai band gap (a) Fe_3O_4 (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}$ (c). $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$	28
Gambar 12. Kurva pH _{pzc} $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$	29
Gambar 13. Kurva persentase penurunan efektivitas pengaruh pH zat warna <i>Congo Red</i>	30
Gambar 14. Kurva presentase degradasi pengaruh konsentrasi zat warna <i>Congo Red</i>	31
Gambar 15. Kurva presentase degradasi pengaruh waktu kontak zat warna <i>Congo Red</i>	31
Gambar 16. Kurva Kinetika Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i>	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pola XRD dari puncak difraksi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$	9
Tabel 2. Sudut 2θ dengan JCPDS dan ukuran partikel	25
Tabel 3. Elemen penyusun Fe_3O_4 , $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan-glutaraldehyd}/\text{TiO}_2$	27
Tabel 4. Hasil Karakterisasi TOC <i>Congo Red</i> sebelum dan sesudah degradasi .	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	44
Lampiran 2. Reaksi Pembentukan Fe_3O_4	45
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD Fe_3O_4 , Fe_3O_4 kitosan- glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2	46
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS Fe_3O_4 , Fe_3O_4 / kitosan-glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2	51
Lampiran 5. Karakterisasi Menggunakan VSM Fe_3O_4 , Fe_3O_4 /kitosan- glutaraldehyd dan Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2	54
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-VIS DRS	55
Lampiran 7. Penentuan pH _{pzc} komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 ..	56
Lampiran 8. Penentuan Panjang Gelombang <i>Congo Red</i>	57
Lampiran 9. Penentuan Kurva Kalibrasi <i>Congo Red</i>	58
Lampiran 10. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi <i>Congo Red</i> Dengan Variasi pH Menggunakan Komposit Fe_3O_4 /kitosan- glutaraldehyd/ TiO_2	59
Lampiran 11. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi <i>Congo Red</i> Dengan Variasi Konsentrasi Menggunakan Komposit Fe_3O_4 / kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2	60
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi <i>Congo Red</i> Dengan Variasi Waktu Kontak Menggunakan Komposit Fe_3O_4 / kitosan- glutaraldehyd/ TiO_2	61
Lampiran 13. Perhitungan Parameter Kinetik Fotokatalitik <i>Congo Red</i>	62
Lampiran 14. Hasil Karakterisasi <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil di tanah air saat ini mengalami pertumbuhan yang nyata dengan memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Namun dengan pesatnya perkembangan tekstil di Indonesia banyak menghasilkan limbah yang mengakibatkan timbulnya dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan salah satunya merupakan limbah cair (Widihati dkk, 2011). Adanya bahan pewarna yang bersifat karsinogenik dan mutagenik yang berasal dari berbagai jenis senyawa kimia yang terkandung dalam air limbah mengakibatkan rendahnya kualitas air limbah (Couto, 2009).

Zat warna golongan azo seperti *Congo Red* termasuk ke dalam sebuah zat pewarna yang kerap dipergunakan dalam industri tekstil. Jika tidak adanya penanganan air limbah tersebut maka limbah yang mengandung zat warna *Congo Red* akan menyebabkan tercemarnya lingkungan. Zat warna *Congo Red* memiliki sifat toksik, karsinogen dan mutagen yang bisa menyebabkan kerusakan ekosistem perairan dan mengancam kelestarian serta keselamatan makhluk hidup. Oleh sebab itu, pengolahan limbah zat warna sangat perlu dilakukan (Januariawan dkk, 2019).

Filtrasi kimia, koagulasi, elektrokoagulasi dan adsorpsi merupakan beberapa metode yang bisa dipergunakan untuk menghilangkan sisa dari zat pewarna tekstil. Kurang efektifnya berbagai metode yang telah disebutkan sebelumnya dalam menyelesaikan permasalahan efek negatif dari limbah zat pewarna justru mengakibatkan timbulnya dampak negatif yang terbaru bagi lingkungannya (Modirshahla *et al.*, 2011). Fotokatalis bekerja dengan menghasilkan energi kimia dari energi cahaya dan pada proses yang dilaksanakan akan menghasilkan radikal hidroksil dimana hal tersebut mengakibatkan timbulnya reaksi reduksi oksidasi dengan senyawa organik dan pada akhirnya akan dihasilkan air yang jernih sebab telah terpisah dari limbah cairnya yang mengandung zat warna tersebut (Miyake *et al.*, 2015). Salah satu metode yang dikembangkan ialah metode fotokatalitik sebagai alternatif yang efektif dalam pengolahan limbah yang mengandung zat warna seperti *Congo Red*. Fotokatalitik lebih efisien dipergunakan

dibandingkan metode yang lain karena limbah yang dihasilkan tidak berbahaya, tidak membutuhkan banyak bahan kimia serta energi. Selain itu metode ini tergolong optimal dipergunakan dalam proses pengolahan limbah yang mengandung senyawa organik ataupun non organik sebab memiliki keahlian untuk menjadi oksidator serta reduktor (Parent and Blake, 1996).

Fotokatalis umumnya mempergunakan bahan bersifat semikonduktor yang memiliki band gap yang berbeda untuk pengolahan limbah. *Band gap* termasuk ke dalam sebuah energi yang terdapat diantara pita konduksi dengan pita valensinya dan memberikan hasil berupa pembawa arus. Derajat energi yang terisikan oleh elektron mempunyai tingkatan energi yang rendah dan dikenal dengan sebutan pita valensi dan untuk pita konduksi termasuk ke dalam derajat energi yang tidak terisikan oleh elektronnya ataupun sebutan lainnya yakni *holes* (Scaife, 2005).

TiO₂ termasuk dalam bahan yang bersifat semikonduktor sehingga kerap dipergunakan sebagai fotokatalis pada proses fotokatalitik bagi limbah yang diolah. TiO₂ memiliki energi gap lebih besar (3,2 eV) sehingga cocok dipergunakan untuk fotokatalis, tidak beracun, kelimpahan dialam yang banyak, tidak membutuhkan biaya yang besar, hambatan yang rendah dengan ion pada air, membutuhkan keadaan reaksi yang tidak berat, stabilitas pH yang besar dan mudah untuk mendekomposisi polutan (Andari dan Wardhani 2014). TiO₂ menjadi kurang efisien karena sulit untuk diambil kembali sebagai fotokatalis, oleh sebab itu harus dimodifikasi dengan menggabungkan TiO₂ dengan Fe₃O₄ (Winatapura dan Yusuf, 2014). Fe₃O₄ banyak dipergunakan sebagai adsorben logam berat karena memiliki sifat kemagnetan yang tinggi (Mahmuda dkk, 2014), ramah lingkungan (Jin *et al.*, 2017) sifat toksisitas yang rendah (Lanos *et al.*, 2014). TiO₂ tidak bisa langsung diinteraksikan dengan Fe₃O₄ karena akan bereaksi dan membentuk efek dissolution (Wardiyati dkk, 2016) maka perlu penambahan kitosan-glutaraldehyd untuk melindungi Fe₃O₄ agar tidak bereaksi dan melindungi efektivitas kerja TiO₂ sebagai katalis.

Kitosan atau dengan nama lain β -1,4-2-amino-2-dioksi-D-glukosa merupakan turunan dari kitin (Rabea *et al.*, 2003). Kitosan bertindak sebagai *cheating agent* dalam pengolahan air limbah yang bisa menyerap logam berat beracun dan bisa mengikat zat warna tekstil dalam air limbah (Hasri, 2010). Kitosan

dicampur dengan glutaraldehyd bisa dipergunakan sebagai absorben yang mampu menyerap air hingga 90% dari kandungannya (Rohindra *et al.*, 2004), aman untuk dipergunakan karena mudah terurai oleh mikroba melalui pembusukan (Agustina dkk, 2015). Yulita (2016) telah melakukan penelitian dengan menggabungkan Fe_3O_4 /kitosan/ TiO_2 untuk meningkatkan efektivitas dalam mendegradasi zat warna. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan struktur *core-shell* mampu mendegradasi limbah pewarna *Methylene blue* dengan baik.

Penelitian yang dilakukan ini mensintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd dengan TiO_2 , sehingga membentuk *core-shell* dimana Fe_3O_4 sebagai *core* dengan *shell* ialah kitosan-glutaraldehyd, TiO_2 terdistribusi pada *shell*. Komposit yang diperoleh dikarakterisasi mempergunakan metode XRD guna identifikasi dan penentuan struktur. UV-DRS untuk menentukan nilai celah energi. Morfologi dan komposisi nanopartikel dianalisa mempergunakan SEM-EDX. Sifat magnetik fotokatalis dianalisis dengan mempergunakan VSM. *Total Organic Carbon* (TOC) untuk menganalisis hasil degradasi zat warna. Variabel fotokatalitik yang diukur meliputi pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan pada kajian ini ialah:

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 ?
2. Bagaimana kemampuan fotokatalitik komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 terhadap zat warna *Congo Red* dengan variabel pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak?
3. Bagaimana kadar organik karbon yang terkandung pada zat warna *Congo Red* sebelum dan setelah degradasi yang dianalisis mempergunakan *Total Organic Carbon* (TOC)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berkenaan dengan tujuan dari kajian ini ialah:

1. Mensintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 serta melakukan karakterisasi dengan mempergunakan XRD, UV-DRS, SEM/EDX dan VSM

2. Menetapkan kemampuan fotokatalitik komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 terhadap zat warna *Congo Red* dengan variabel pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak
3. Menganalisis kadar organik karbon yang terkandung pada zat warna *Congo Red* sebelum dan setelah degradasi yang dianalisis menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC)

1.4 Manfaat Penelitian

Kebermanfaatan yang nantinya diperoleh dari pelaksanaan kajian ini ialah memberikan pemahaman serta penguasaan materi berkenaan dengan proses sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-glutaraldehyd/ TiO_2 dimana pada akhirnya diharapkan bisa memberi kesempatan yang lebih luas lagi terkait dengan pengaplikasiannya dalam proses fotokatalitik. Hasil yang diperoleh dari kajian ini bisa dipergunakan untuk menyelesaikan permasalahan limbah zat pewarna tekstil sehingga tidak menyebabkan timbulnya berbagai hal yang membahayakan suatu lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2009. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1): 1-9.
- Afrozi, A dan Sudaryanto. 2016. *Penambahan N Pada TiO₂ dan Pengaruhnya Pada Energi Band Gap TiO₂ Sebagai Bahan Pengolahan Limbah*. Prosiding Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir ISBN 976-602-6432-00-9
- Agustina., Swantara,I.M.D dan Suartha, I.N. 2015. Isolasi kitin, karakterisasi, dan sintesis kitosan dari kulit udang. *Jurnal Kimia*, 9(2): 271-278.
- Alegret, N. , Criado, A. , and Prato, M. 2017. Recent Advances of Graphene-based Hybrids with Nanoparticles for Biomedical Applications. *Current Medicinal Chemistry*, 24(5) : 529 – 536
- Andari, N.D. dan Wardani, S. 2014. Fotokatalis TiO₂-zeolit untuk degradasi metilen biru. *Chem Prog* 7 (1) : 9 – 14
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., dan Kartika, A. M. R. 2015. Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer Untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah*, 57- 66
- Banisharif, A., Elahi, S.H., Firooz, A.A., Khodadadi, A. A., & Mortazavi, Y. 2013. TiO₂/Fe₃O₄ Nanocomposite Photocatalysts for Enhanced Photo-Decolorization of *Congo Red* Dye, *Int. J. Nanosci. Nanotechnol.*, 9, 193-202.
- Boxi, D.S and Paria, S. 2014. Effect of Silver Doping on TiO₂ CdS, and ZnS Nanoparticles for the Photocatalytic Degradation of Metronidazole Under Visible Light. *Journal Society of Chemistry*, 4 :37752-37760
- Budiatin, A. S. 2014. *Pengaruh Glutaraldehid sebagai Cross-link Agent gentamisin dengan Gelatin terhadap peningkatan efektivitas Bovine Hydroxyapatite-Gelatin sebagai Sistem Penghantaran Obat dan Pengisi Tulang*. Surabaya : Universitas Airlangga
- Chang, J., Zhang, Q., Liu, Y., Shi, Y., and Qin, Z. 2018. Preparation of Fe₃O₄/TiO₂ magnetic photocatalyst for photocatalytic degradation of phenol. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Christina M., Mu'nisatun S, Rany Saptajai, dan Djoko Marjanto. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10 mA. *JFN. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN*,11 (1) : 31–44.

- Cotton, F., & Wilkinson, G. 1999. *Advanced Inorganic Chemistry (6th ed.)*. New York: Jhon Wiley and Sons.
- Couto, S.R. 2009. Dye Removal by Immobilised Fungi. *Journal of Biotechnology Advances*, 27 : 227-235.
- Dewi, S.H dan Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*,13(2) : 136-140
- Djarwanti, Cholid, S., Yuniati, A. 2008. Degradasi Fotokatalitik Polutan Organik dalam Air Limbah Menggunakan TiO_2 Nanopartikel Sistem Lapisan Tipis-Alir. *Jurnal Lingkungan*, 3(9) : 109-117.
- Dompeipen, E. J., Kaimudin, M., Dewa Balai Riset dan Standarisasi Industri Ambon, R. P., Cengkeh, J., & Merah Ambon, B. (2016). Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Kulit Udang. *Majalah BIAM*, 12(1), 32– 38.
- Dutta, P. K., Dutta. J., and Tripathi, V.S. 2004. Chitin and Chitosan: Chemistry, Properties and Application. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 63: 20-31
- Elingham *et al.*. 2017. *Guano di Gua Bau-Bau Kalimantan Timur Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)*. *Pillar of Physics*, 1, 97-104.
- Hariani, P, L., Muhammad, F., Ridwan., Marsi., dan Dedi, S. 2018. Synthetis and Properties of Fe_3HAL_4 Nanoparticles by Coprecipitation Method for Removing Procion Dyes. *International Journal of Environmental and Development Sciences*, 4(3): 366-340.
- Hariani, P. L., Muhammad, F., & Dedi S. 2013. Synthesis and Properties of Fe_3O_4 Nanoparticles by Co-Precipitation Method to Removal Procion Dye. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(3), 336–340.
- Hasri. 2010. Prospek Kitosan dan Kitosan Termodifikasi Sebagai Biopolimer Alami yang Menjanjikan. *Jurnal Chemical*,11(1) : 1-10.
- Husain, S., Surjaya, Haryanti, N. H. Manik, T. N., Sudarningsih., Radiansono., Hutasoit, S. M., dan Riyanto, A. 2019. Potensi Nanokomposit Fe_3O_4 dari Bijih Besi sebagai Pendeteksi Kadar Glukosa. *Positron*, 9(2) : 44-52
- Husain, S., Suryajaya., Ninis, H, H., Tetti, N,M., Surdaningsing., Radiansono., Sepfina, M.. H dan Agus, R. 2019. Potensi Nanokomposit Fe_3O_4 dari Bijih Besi sebagai pendeteksi Kadar Glukosa. *Jurnal Positron*, 9(2) : 44-45
- Irawan, A. 2019. Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran Dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesia Journal Of Laboratory*, 1(2): 1-2

- Januariawan, I. W., Suyasa, I. W. B., dan Gunawan, I. W.G. 2019. Biodegradasi Congo red Menggunakan Biofilm Yang Ditumbuhkan Dengan Inokulum Suspensi Aktif Pada Permukaan Batu Vulkanik. *Jurnal of Applied Science*, 7(1) : 36-45.
- Jin, Z. Dong, Y., Dong, N., Yang, Z., Wang, Q., Lei, Z and Su, B. 2017. One-step synthesis of magnetic nanocomposite Fe₃O₄/C based on the waste chicken feathers by a green solvothermal method. *Mathetials Letter*
- Kautsar, A., Ramadhana, K., Wardhani, S., & Purwonugroho, D. 2013. Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan TiO₂-Zeolit Dengan Penambahan Ion Persulfat. *Jurnal Kimia*, 1(2), 168–174.
- Lanos, R., Pacurariu, C., and Mihoc, G. 2014. Magnetite/carbon nanocomposite prepared by an innovative combustion synthesis technique- Excellent Adsorbent materials. *Ceramics International*, 40 (8) : 13649-13657
- Linsebigler, A.L., Guangquan, L., Yates, J.T. 1995. Photocatalysis on TiO₂ surface: principles, mechanism and selected result. *Chem Rev*, 95 : 735-758
- Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat, A dan Sunaryono. 2018. Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel. *Journal of Physical Science and Engineering*, 3(1) : 8-15
- Luntungan, C. L., Aritonang, H. F., dan Kamu, V. S. 2019. Sintesis Nanopartikel Kobalt Ferrit (CoFe₂O₄) Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri. *Chem.Prog*, 12(1), 33-38.
- Ma, P., Luo, Q., Chen, J. 2012. Intraperitoneal injection of magnetic Fe₃O₄-nanoparticle induces hepatic and renal tissue injury via oxidative stress in mice. *International journal of nanomedicine*, 2(7) : 4809
- Maazinejad, Behnam. 2015. Enhanced removal of toxic Congo red dye using multi walled carbon nanotubes: Kinetic, equilibrium studies and its comparison with other adsorbents. *Journal of Molecular Liquids*, 212 : 266-271
- Mahmuda, D., Sakinah, N., dan Suharyadi, E. 2014. Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Mangan (Mn) dan Nikel (Ni) dalam Artifical Limbah Cair dengan Menggunakan Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄). *Journal of Applied Physics*, 4(2) : 126-133
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2010. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri*. Jakarta
- Mima, S., Miya, M., Iwamoto, R. and Yoshikawa, S. 1983. *Jurnal Appl Polym Sci*, 28(6) : 1909 – 1917.

- Misrha, V., Warshi, M and Rajesh, P. 2019. Investigation of temperature-dependent optical properties of TiO₂ using diffuse reflectance spectroscopy. *SN Applied Sciences*, 1(2) :10
- Miyake, M., Takayuki, M., Shunsuke, N., and Yoshikazu. K. 2015. Water Treatment Efficacy of Various Metal Oxide Semiconductors for Photocatalytic Ozonation Under UV and Visible Light Irradiation. *Chemical Engineering Journal*, 264 : 221–229.
- Modhirshahla, N. Aydin, H., Mohammad, A. B., and Rajab, R. 2011. Effect of Operational Parameters on Decolorization of Acid Yellow 23 from Wastewater by UV Irradiation using ZnO and ZnO/SnO₂ Photocatalysts. *Journal Desalination*. 271: 187-192
- Mulyatno, B. S., Dewanto, O., & Rizky, S. 2018. Determining Layer Oil Shale as New Alternative Energy Sources Using Core Analysis and Well Log Method. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (ISSN: 2227524X), 941 –949.
- Muslimah, Fitri & Mustikasari, Kamilia & Yunus, Rahmat. 2019. Pengaruh Aerasi Terhadap Degradasi *Congo Red* Secara Fotokimia dengan TiO₂ dan H₂O₂. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 13(1) : 29-38
- Neldawati, R., dan Gusnedi. 2013. Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physics*, 2 : 76-83
- Nugroho, R. T. dan Imelda, F. 2017. Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Alizarine Red-S Menggunakan Oksidator Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dan Fotokatalis TiO₂. *Analytical and Environmental Chemistry*, 2(2): 26-37.
- Oktaviani, E., Nasri, M.Z dan Deswardani, F. 2020. *Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ (Magnetite) Dari Pasir Besi Sungai Batanghari Jambi Yang Dienkapsulasi Dengan Polyethylene Glycol (Peg-4000)*. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako*, 8 (3) : 97-103
- Parent, Y., D. Blake. 1996. Solar Photocatalytic Process for the Purification of Water: State of Development and Barriers to Commercialization. *Solar Energy*, 56: 429-437
- Peters, K.E. and Cassa, M.R. 1994. Applied Source-Rock Geochemistry. In: Magoon, L.B. and Dow, W.G., Eds., *The Petroleum System*. *Journal of Petroleum Geologists*, 93-120
- Pietrzyk, Paulina & Thu Phuong, Nguyen & J. Olusegun, Sunday & Nguyen, Hong & hong nam, Nguyen & Thanh, Thi & Giersig, Michael & Krysiński, Paweł & Osial, Magdalena. 2022. Titan Yellow and *Congo Red* Removal with Superparamagnetic Iron-Oxide-Based Nanoparticles Doped with Zinc. *Magnetochemistry*. *Journal Magnetochemistry*, 8 : 1-24.

- Pongkesu, A. 2006. *Metal Semikonduktor & Insulator*. Yogyakarta : Lingua Kata.
- Pramesti, S., Khabibi, K dan Prasetya, N. 2012. Pemanfaatan Kitosan Termodifikasi Asam Askorbat sebagai Adsorben Ion Logam Besi(III) dan Kromium(III). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15 : 70
- Prasetyowati, R., Widiawati, D., Swastika, P. E., dan Warsono, A. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Berbasis Pasir Besi Pantai Glagah Kulon Progo Dengan Metode Kopresipitasi Pada Berbagai Variasi Konsentrasi NH_4OH . *Jurnal Sains Dasar*, 10(2) 57-61
- Puspo, Goet. 2009. *Pemilihan Bahan Tekstil*. Kanisius. Yogyakarta
- Rabea, E. E., Badawy, M .E .T., Stevens, C. V., Smagghe, G., and Steurbout, W., 2003. *Chitosan as Antimicrobial Agent: Application and Mode of Action*, *Biomacromolecules*, 4 : 1457-1465.
- Raval, A., Panchal, N. dan Jotania, R. 2013. Structure Properties and Microstructure of Cobalt ferric Particles Synthesized by A Sol-Gel Auto Combustion Method. *International Journal of Modern Physics*, 22(1) , 319-324
- Reghioua, A., Barkat, D., Jawad, A.H., Abdulhameed, A.d., Rangabhashisyam, S., Khan, M.R., and Alothman, Z. A. 2021. Synthesis of Schiff's base magnetic crosslinked chitosan-glyoxal/ $\text{ZnO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ nanoparticles for enhanced adsorption of organic dye: Modeling and mechanism study. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 20 100379
- Rilda, Y., S. Arief, A. Dharma, dan A. Alif. 2010. Modifikasi dan Karakterisasi Titania (M-TiO_2) Dengan Doping Ion Logam Transisi Feni dan Cuni. *Jurnal Natur Indonesia*, 12(2) : 178 – 185.
- Rohindra, D.R., Ashveen V. Nand., Jagjit R. Khurma. 2004. Swelling Properties of Chitosan Hydrogel. *The South Pacific Journal of Natural Science*, 22(1) 32-35.
- Sartika, D. 2016. Sifat Magnetik Adsorben Nanopartikan Fe_3O_4 terhadap Adsorpsi Logam Berat (Co dan Fe) dalam Larutan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5) : 631-641.
- Saud, K., Sawsan., Nacir, T., Anas, A and Ihab, O. 2017. Novel Method for Synthesis of $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$ Core/Shell Nanoparticles. *Surface and Coating Technology*, 322 : 92-98.
- Sawhney, R., dan Kumar, A. 2011. Congo Red (Azo dye) Decolourization by Local Isolate VT-II Inhabiting Dye Effluent Exposed Soil. *International Journal of Environmental Science*, 1
- Scaife, D. E. 2005. Oxide Semiconductor in Photoelectrochemical Conversion of Solar Energy. *Solar Energy*, 25 : 41-54

- Setiabudi, A., Hardian, R dan Muzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material : Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung : UPI Press
- Simamora, P., & Krisna, K. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe₃O₄-Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-journal)*, 4 : 3-5
- Sofiana, N. D. 2011. Pembuatan Membran Fotokatalitik dari Selulosa Diasetat Serat Daun Nanas (Ananas comocus) dan TiO₂ untuk Mendegradasi Congo Red. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Sugiyana , D dan Soenoko, B. 2017. Identifikasi Mekanisme Fotokatalitik Pada Degradasi Zat Warna Azo Reactive Black 5 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO₂. *Jurnal Arena Tekstil*, 31(2) : 115-124
- Tapalad, T., Neramittagapong, A., Neramittagapong, S and Boonmee, M. 2008. Degradation of Congo Red dye by ozonation., *Chiang Mai Journal of Science*, 35(1), 63–68.
- Tussa'adah, R. dan Astuti. 2015. Sintesis Material Fotokatalis TiO₂ untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*. 4(1): 91-96.
- Villegas, Victor & de Leon Ramirez, Jesus & Hernández-Guevara, Esteban & Sicairos, Sergio & Hurtado, Lilia & Sánchez, Bertha. 2019. Synthesis and characterization of magnetite nanoparticles for photocatalysis of nitrobenzene. *Journal of Saudi Chemical Society*, 24 : 10
- Widihati, I. A. G., Ni, P. D., dan Yuliana, F. N. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al₂O₃. *Jurnal Kimia*, 5(1): 31-42.
- Widyandari, H dan Budiman, M. 2004. *Jurnal Berkala Fisika*, 7(1): 28-34.
- Winatapura, D. S dan Yusuf, S. 2014. Sintesis Komposit Fe₃O₄-SiO₂-TiO₂ dan Aplikasinya untuk mendegradasi Limbah Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(3) : 147-152
- Wiyarsi, A. dan Erfan P. 2008. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat. *Jurnal UNY*, Hal. 1-27.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S dan Purwonugroho, D. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Zno pada Zeolit. *Kimia Student Journal*, 1(2), 243- 247.
- Yaneva, Z. L., dan Georgieva, N. V. 2012. Insight Into Congo Red Adsorption on Agro-Industrial Materials-Spectral, Equilibrium, Kinetic, Thermodynamic, Dynamic and Desorption Studies. A Review. *International Review of Chemical Engineering*, 4(2).