

**SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/KARBON AKTIF DARI BAMBU@ZnO
UNTUK ADSORPSI DAN DEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED***

SKRIPSI

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



Oleh:

ERIDA NOVRILIA

08031382025081

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT $F_{2}O_{3}$ /KARBON AKTIF DARI BAMBU@ZnO
UNTUK ADSORPSI DAN DEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED**

SKRIPSI

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

Oleh :

ERIDA NOVRILIA

06031362023081

Indralaya, 17 Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



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

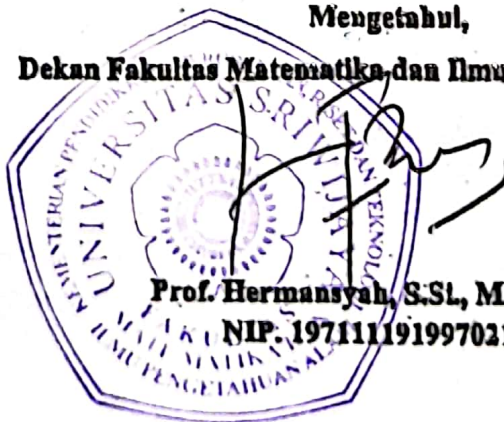
Pembimbing II



**Prof. Dr. Poedji Loekitewati Harianti, M. SI
NIP. 196808271994022001**

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 Erida Novrilia (08031382025081) dengan judul "Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Karbon aktif dari Bambu@ZnO untuk Adsorpsi dan Degradasi Zat Warna Congo Red" telah disidangkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 17 Juli 2024

Ketua :

1. Dra. Julnar, M.Si.
NIP. 196507251993032002

Pembimbing:






1. Fahma Rlyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001

2. Prof. Dr. Poedji Locktewati H, M.Si.
NIP. 196808271994022001

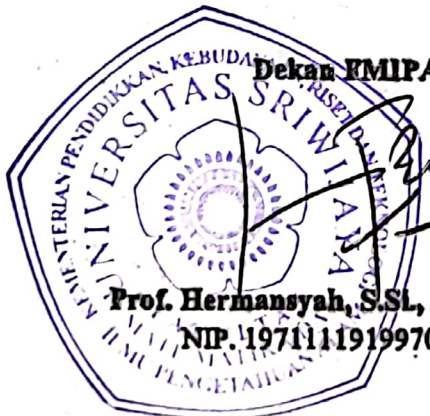
Penguji:

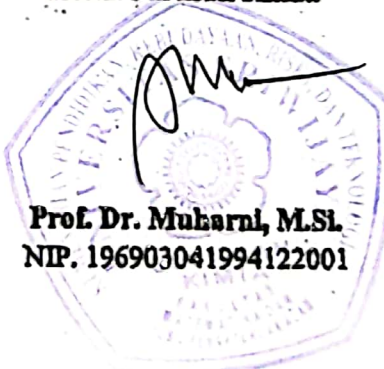
1. Dr. Desneli, M.Si.
NIP. 196912251997022001

2. Dr. Elza, M.Si.
NIP. 196407291991022001

()
()
()
()
()

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 : Erida Novrilia

NIM : 08031382025081

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 starta (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, 17 Juli 2024



Yang menyatakan

Erida Novrilia

NIM.08031382025081

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

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

Nama Mahasiswa : Erida Novrilia
NIM : 08031382025081
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 "Sintesis Komposit Fe₃O₄/Karbon aktif dari Bambu@ZnO Untuk Adsorpsi dan 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, 17 Juli 2024

Yang menyatakan



Erida Novrilia

NIM.08031382025081

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Maka sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Asy-Syarah: 94)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya kami adalah milik Allah dan hanya kepada-Nya lah kami kembali”

(QS. Al-Baqarah: 156)

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(QS. Al-Baqarah: 153)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Mamak, Bapak, Ayuk, Kakak, dan Adik tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan setiap saat.
2. Dosen pembimbing ku Ibu Fahma Riyanti, M.Si dan Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.
3. Keluarga besar, sahabat dan semua orang yang membantu hingga terselesaikannya skripsi ini
4. Almamaterku Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Karbon aktif dari Bambu@ZnO Untuk Adsorpsi dan 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 materiil akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada **Ibu Fahma Riyanti, M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.** yang telah banyak membantu, memberikan bimbingan, bantuan, saran, nasehat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta (Mamak, Bapak, Ayuk Gita, Kak Aji, dan Adek Izar) yang senantiasa mendoakan, memberikan materi, serta motivasi dalam mengerjakan skripsi ini. Terimakasih kepada mamak dan bapak yang selalu mendoakan penulis, sehingga penulis bisa melewati kesulitan-kesulitan yang ada. Terimakasih banyak kepada ayuk gita yang sudah memberikan bantuan materiil dan moril dari awal hingga terselesaikannya tanggung jawab penulis di bangku perkuliahan.
2. Bapak Prof. Hermasyah, 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. Ibu Dr. Desnelli, M.Si. dan Ibu Dr. Eliza, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana. Terima kasih banyak atas waktunya dan masukkan yang telah diberikan kepada penulis.
6. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan hingga lulus.
7. Yuk Yuniar, Yuk Yanti, Yuk Nur, dan Yuk Dessy selaku analis jurusan kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Mba Novi dan Kak Iin selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu sabar serta banyak membantu selama masa perkuliahan hingga lulus.
9. Anisah/Miyeh, Riska, dan Putri selaku teman satu tim terima kasih atas bantuannya selama menyelesaikan tugas akhir penulis, kita bisa menyelesaikan semua nya kan, yeah kita bisa.
10. Untuk Nilda Nursiahma Aisah terimakasih sudah menjadi teman suka duka penulis dari masa-masa kuliah hingga wisuda bareng.
11. Riska dan Fita yang sudah membantu penulis di masa kuliah, memberikan tempat singgah sepulang kuliah. Terimakasih kepada Tere, Ani dan Nilda yang sudah mau mendengarkan keluh kesah penulis di saat-saat hectic pemberkasan.
12. Kak irma selaku kasuh terimakasih atas masukan, nasihat juga motivasinya dan desuh penulis (elsa dan khafid) semangat kuliahnya, terimakasih atas doa dan dukungan kepada penulis.
13. Yosi teman sma sampai sekarang meski jarang komunikasi tetapi selalu memberi dukungan dari jauh.
14. Teman-teman angkatan 2020 dan semua pihak yang telah membantu penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Demi kesempurnaan skripsi ini, sangat diharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Penulis berharap ada hal positif yang dapat diambil dan lebih dikembangkan karya ilmiah skripsi ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih.

Indralaya, 17 Juli 2024

Penulis

SUMMARY

SYNTHESIS OF Fe₃O₄/ACTIVATED CARBON COMPOSITE FROM BAMBOO@ZnO FOR ADSORPTION AND DEGRADATION OF CONGO RED DYES

Erida Novrilia : Supervised by Fahma Riyanti, M. Si and Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si.

Chemistry, Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xvi, 68 Pages, 11 Figures, 3 Tables, 12 Appendices

The rapid development of the textile industry has resulted in an increase in liquid dye waste produced. Congo red dye is widely used in textile production. Congo red has toxic properties so it will cause various diseases if it enters the human body in large quantities. Therefore, it is necessary to process dye liquid waste. In this research, the synthesis of Fe₃O₄/Activated Carbon@ZnO composite was carried out for the adsorption and degradation of Congo red dye, the variables used were pH, concentration and contact time. The composite synthesis results were characterized using VSM, XRD and UV-DRS. The synthesis of Fe₃O₄/Activated Carbon@ZnO composite produces black powder which has magnetic properties with a magnetization saturation value of 58.04 emu/g. The XRD characterization results show the highest peak intensity at an angle of $2\theta = 36.25^\circ$ with a crystal size of 24.57 nm. The UV-VIS DRS characterization results show a band gap value of 1.66 eV. The pH_{pzc} value obtained was 8.4. The best condition for reducing the concentration of Congo red dye with the Fe₃O₄/Activated Carbon@ZnO composite is to obtain a concentration of 20 ppm of Congo Red dye with a pH of 5 and within 100 minutes. Determining the effectiveness of reducing Congo red concentration using a UV-Vis spectrophotometer with a maximum wavelength of 498 nm was 86.16% with UV irradiation and 79.14% without UV irradiation.

Keywords : Congo red, Fe₃O₄/Activated carbon@ZnO, Adsorption and Degradation.

Citations: 73 (1995, 1997, 2005-2023).

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/KARBON AKTIF DARI BAMBUN@ZnO UNTUK ADSORPSI DAN DEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED

Erida Novrilia : Dibimbing oleh Fahma Riyanti, M. Si dan Prof. Dr. Poedji
Loekitowati Hariani, M. Si.

Kimia, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xi, 68 Halaman, 11 Gambar, 3 Tabel, 12 Lampiran

Berkembang pesatnya industri tekstil mengakibatkan limbah cair zat warna yang dihasilkan juga meningkat. Zat warna *congo red* banyak digunakan pada produksi tekstil. *Congo red* memiliki salah satu sifat yang toksik sehingga akan menimbulkan berbagai penyakit jika masuk kedalam tubuh manusia dalam jumlah yang banyak. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengolahan limbah cair zat warna. Pada penelitian ini dilakukan Sintesis komposit Fe₃O₄/Karbon aktif@ZnO untuk adsorpsi dan degradasi zat warna *congo red*, variabel yang digunakan berupa pH, konsentrasi dan waktu kontak. Hasil sintesis komposit tersebut dikarakterisasi menggunakan VSM, XRD dan UV-DRS. Sintesis komposit Fe₃O₄/Karbon aktif@ZnO menghasilkan serbuk berwarna hitam yang memiliki sifat magnetik dengan nilai saturasi magnetisasi sebesar 58,04 emu/g. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan intensitas puncak tertinggi pada sudut $2\theta = 36,25^\circ$ dengan ukuran kristal sebesar 24,57 nm. Hasil karakterisasi UV-VIS DRS menunjukkan nilai *band gap* sebesar 1,66 eV. Nilai pH_{pzc} yang diperoleh yakni pada 8,4. Kondisi terbaik dalam penurunan konsentrasi zat warna *congo red* dengan komposit Fe₃O₄/Karbon aktif@ZnO diperoleh konsentrasi 20 ppm zat warna *congo red* dengan pH 5 dan dalam waktu 100 menit. Penentuan efektifitas penurunan konsentrasi *congo red* menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum 498 nm sebesar 86,16% dengan penyinaran UV dan 79,14% tanpa penyinaran UV.

Kata Kunci : *Congo red*, Fe₃O₄/Karbon aktif@ZnO, Adsorpsi dan Degradasi.

Sitasi : 73 (1995, 1997, 2005-2023).

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Cair yang Mengandung Zat Warna	4
2.2 Zat Warna Azo.....	4
2.3 Congo Red	5
2.4 Karbon Aktif.....	6
2.5 Bambu	8
2.6 Besi(II,III) oksida (Fe_3O_4)	9
2.7 Seng oksida (ZnO).....	9
2.8 Komposit.....	10
2.9 Adsorpsi	10
2.10 Fotodegradasi.....	11
2.11 X-ray Diffraction (XRD)	12
2.12 Vibrating Sample Magnetometry (VSM)	13

2.13	Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis. DRS)	13
2.14	Spektrofotometri UV-Vis	14
2.15	<i>pH Point of Zero Charge (pHpzc)</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	16
3.3.1	Pengambilan Sampel Bambu.....	16
3.3.2	Sintesis Karbon Aktif Dari Bambu	16
3.3.3	Analisa Kualitas Karbon Aktif (Badan Standardisasi Nasional, 1995).....	16
3.3.3.1	Analisa Kadar Air (SNI 06-3730-1995)	16
3.3.3.2	Analisa Kadar Abu (SNI 06-3730-1995).....	17
3.3.4	Sintesis Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif.....	17
3.3.5	Sintesis Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	17
3.3.6	Karakterisasi Material	18
3.3.6.1	X-ray Diffraction (XRD).....	18
3.3.6.2	Vibrating Sample Magnetometry (VSM).....	18
3.3.6.3	Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS).....	18
3.3.7	Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo red</i>	18
3.3.7.1	Pembuatan Larutan Induk Zat Warna <i>Congo red</i> 1000 ppm	18
3.3.7.2	Pembuatan Larutan Standar <i>Congo red</i>	19
3.3.7.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Congo red</i>	19
3.3.7.4	Penentuan pH _{pzc}	19
3.3.8	Penentuan Kondisi Terbaik Penurunan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo red</i> Menggunakan Komposit Fe ₃ O ₄ /Karbon.....	19
3.3.8.1	Pengaruh Variasi pH.....	19

3.3.8.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi	20
3.3.8.3 Pengaruh Variasi Waktu Kontak	20
3.4 Analisis Data.....	20
3.4.1 X-ray Diffraction (XRD).....	20
3.4.2 Vibrating Sample Magnetometry (VSM).....	20
3.4.3 Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Sintesis Karbon Aktif	22
4.2 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif	23
4.3 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	23
4.4 Hasil Karakterisasi Material	24
4.4.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) Karbon Aktif, Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif dan Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	24
4.4.2 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-DRS) Karbon Aktif, Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif dan Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	26
4.4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) Karbon Aktif,..... Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif dan Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	27
4.5 <i>pH Point Of Zero Charge</i> (PZC) pada Komposit Fe ₃ O ₄ /Karbon .. Aktif@ZnO	28
4.6 Penentuan Kondisi Terbaik Penurunan Konsentrasi Zat Warna ... <i>Congo red</i> Menggunakan Komposit Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO..	29
4.6.1 Variasi pH.....	29
4.6.2 Variasi Konsentrasi	30
4.6.3 Variasi Waktu Kontak	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Kimia <i>Congo red</i>	6
Gambar 2. (a) bambu yang dihaluskan (b) karbon aktif dari bambu	22
Gambar 3. Hasil sintesis Fe ₃ O ₄ /karbon aktif dan diuji dengan magnet eksternal	23
Gambar 4. Hasil sintesis Fe ₃ O ₄ /karbon aktif@ZnO dan diuji dengan magnet ...	24
Gambar 5. Difraktogram dari Karbon aktif, Fe ₃ O ₄ /karbon aktif dan Fe ₃ O ₄ /karbon	24
Gambar 6. Nilai band gap (a) Karbon aktif, (b) Fe ₃ O ₄ /karbon aktif dan.....	27
Gambar 7. Grafik VSM Fe ₃ O ₄ /Karbon aktif dan Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO....	28
Gambar 8. Grafik pH _{Hpzc} Komposit Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	29
Gambar 9. Kurva pengaruh pH terhadap persentase efektivitas penurunan	29
Gambar 10. Kurva pengaruh konsentrasi terhadap persentase efektivitas.....	31
Gambar 11. Kurva pengaruh waktu kontak terhadap persentase efektivitas	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Pengujian Karbon Aktif.....	23
Tabel 2. Sudut 2θ dengan JCPDS dan ukuran partikel	25
Tabel 3. Data VSM Fe_3O_4 /Karbon Aktif dan Fe_3O_4 /Karbon Aktif@ZnO	28

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	42
Lampiran 2. Reaksi Pembentukan Nanomagnetik dan Nanopartikel	45
Lampiran 3. Syarat mutu karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995	47
Lampiran 4. Pengujian kualitas karbon aktif	48
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Komposit Menggunakan XRD	49
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Komposit Menggunakan UV-VIS DRS	56
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi Komposit Menggunakan VSM	59
Lampiran 8. Penentuan pH _{pzc} komposit Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	60
Lampiran 9. Penentuan Panjang Gelombang Congo red	61
Lampiran 10. Penentuan Kurva Kalibrasi Congo red	62
Lampiran 11. Penentuan Kondisi Terbaik Penurunan Konsentrasi Zat	63
Lampiran 12. Gambar Penelitian	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendapatan perekonomian masyarakat di Indonesia banyak diperoleh dari industri tekstil maupun produk tekstilnya. Industri tekstil yang berkembang pesat, menyebabkan peningkatan pada produksi limbah cair zat warna. Limbah cair yang tersebar di lingkungan menimbulkan masalah baru, karena sekitar 10-15% zat warna yang sudah digunakan tidak dapat digunakan atau tidak dapat didaur ulang kembali sehingga akan terbuang sia-sia ke lingkungan (Hisbiyah & Komala, 2019). Produk tekstil membutuhkan berbagai macam zat warna sebagai bahan baku (Sukarta & Lusiani, 2016). Zat warna tekstil merupakan bahan kimia yang memiliki cincin aromatis dan cincin heteroatom, seperti azo, diazo, benzidin, dan antraquinon (Herawati *et al.*, 2018).

Congo red masih banyak ditemui dalam produksi tekstil, zat warna tersebut termasuk ke dalam golongan azo (Widianto *et al.*, 2007). Limbah cair yang disebabkan oleh zat warna tekstil harus dihilangkan ataupun dikurangi, tidak hanya karena warna yang ditimbulkan melainkan karena terdapat sifat zat warna yang beracun, mutagen dan karsinogen (Widianto *et al.*, 2007). Zat warna mempunyai sifat toksisitas, mutagenisitas, dan karsinogenisitas pada hewan-hewan di dalam air dan manusia dikarenakan zat warna tersebut sangat stabil dan hampir tidak dapat terurai di dalam air. Zat warna jika sudah memasuki tubuh akan menimbulkan beberapa macam penyakit (Neolaka *et al.*, 2023). *Congo red* yang masuk kedalam tubuh manusia dalam jumlah yang banyak akan menimbulkan gangguan- gangguan fungsi di hati, ginjal dan juga syaraf (Saraswati *et al.*, 2015).

Beberapa metode yang sudah digunakan untuk membasmi pencemaran yang disebabkan oleh zat warna dari produksi tekstil, yakni berupa flokulasi, koagulasi dan adsorpsi (Sukarta & Lusiani, 2016). Metode penyerapan atau adsorpsi merupakan satu metode dari banyaknya metode yang ada untuk pengolahan limbah yang terbilang mudah, banyak digunakan pada pengolahan limbah organik. Adsorben yang digunakan yakni berupa karbon aktif karena memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap zat warna karena luas permukaannya (Hisbiyah &

Komala, 2019) dan juga memiliki pori-pori yang besar (Haji *et al.*, 2013). Metode adsorpsi tersebut di kombinasikan dengan metode degradasi.

Dalam proses degradasi diperlukan katalis semikonduktor. Beberapa contoh bahan katalis semikonduktor yang sering digunakan dalam fotokatalisis yakni titanium oksida, seng oksida, dan kadmium sulfida. Kini seng oksida, menjadi perhatian khusus untuk menggantikan titanium oksida karena keunggulan tertentu, seperti memiliki celah pita langsung yang memungkinkan energi aktivasi diperoleh dari sinar tampak seperti sinar matahari (Winatapura *et al.*, 2014). Untuk meningkatkan kinerja karbon aktif dalam memisahkan adsorben dengan adsorbat, karbon aktif tersebut akan dikompositkan dengan Fe_3O_4 . Fe_3O_4 merupakan magnet yang kuat sehingga memudahkan magnetik untuk merespon medan magnet yang berada di luar dan proses pemisahan antara adsorben dan adsorbat lebih mudah.

Bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif pada penelitian ini berupa tanaman bambu (Huda *et al.*, 2020). Bambu digunakan sebagai karbon aktif karena luas permukaan yang dimilikinya sebesar $300 \text{ m}^2/\text{gram}$, lebih besar daripada arang kayu yakni $30 \text{ m}^2/\text{gram}$ (Widayatno *et al.*, 2017). Penambahan Fe_3O_4 pada ZnO dapat menurunkan nilai band gap, sehingga dapat diaplikasikan pada cahaya visibel (Suryani *et al.*, 2021). Pada penelitian (Cheng *et al.*, 2008) komposit ZnO/ Fe_3O_4 /Karbon aktif dari gulma crofton untuk proses adsorpsi dan fotokatalitik penurunan konsentrasi metilen biru diperoleh persentase penyisihan MB sebesar 1,71%, 3,14% dan 14,92%, untuk Fe_3O_4 , ZnO dan ZnO/ Fe_3O_4 /karbon aktif.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini disintesis komposit Fe_3O_4 /Karbon aktif@ZnO. Karbon aktif yang bersifat sebagai adsorben dalam proses adsorpsi, Fe_3O_4 berfungsi sebagai magnet untuk mempermudah proses pemisahan, dan ZnO digunakan untuk proses degradasi. Komposit tersebut digunakan untuk penurunan konsentrasi zat warna *congo red* dan dalam proses adsorpsi dan degradasi zat warna *congo red* ditentukan efektifitas berdasarkan pengaruh pH, konsentrasi zat warna *congo red* dan waktu kontak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dipelajari pada penelitian ini berupa:

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit Fe_3O_4 /Karbon aktif@ZnO berdasarkan hasil karakterisasi VSM, XRD dan UV-DRS ?

2. Bagaimana kemampuan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Karbon aktif@ZnO}$ dalam adsorpsi dan degradasi zat warna *congo red*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Karbon aktif@ZnO}$ menggunakan VSM, XRD dan UV-DRS.
2. Menganalisis kemampuan adsorpsi dan degradasi zat warna *congo red* menggunakan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Karbon aktif@ZnO}$ dengan variabel pH, konsentrasi, dan waktu kontak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian untuk memberikan pemahaman serta penguasaan mengenai proses sintesis komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Karbon aktif@ZnO}$, meningkatkan efisiensi adsorpsi dan degradasi zat warna *Congo red* dengan menggunakan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Karbon aktif@ZnO}$, zat warna tersebut dapat didegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana atau bahkan terurai sepenuhnya, sehingga mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abharya, A., & Gholizadeh, A. (2021). Synthesis of a Fe₃O₄-rGO-ZnO-Catalyzed Photo-Fenton System With Enhanced Photocatalytic Performance. *Ceramics International*, 47(9), 12010–12019.
- Ahmad, A. A., & Hameed, B. H. (2010). Effect Of Preparation Conditions Of Activated Carbon From Bamboo Waste For Real Textile Wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1–3), 487–493.
- Ahriani, Zelviani, S., Hernawati., & Fitriyanti. (2021). Analisis Nilai Absorbansi Untuk Menentukan Kadar Flavonoid Daun Jarak Merah (*Jatropha Gossypifolia L.*) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, 8(2), 56-64.
- Ali, N., Said, A., Ali, F., Raziq, F., Ali, Z., Bilal, M., Reinert, L., Begum, T., & Iqbal, H. M. N. (2020). Photocatalytic Degradation of Congo Red Dye from Aqueous Environment Using Cobalt Ferrite Nanostructures: Development, Characterization, and Photocatalytic Performance. *Water, Air, and Soil Pollution*, 231(2).
- Amri, S., & Utomo, M. P. (2017). Preparasi dan Karakterisasi Komposit ZnO-Zeolit Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Jurnal Kimia Dasar*, 6(2), 29–36.
- Andari, N. D., & Wardhani, S. (2018). Fotokatalis TiO₂-Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Chemistry Progress*, 7(1), 9–14.
- Anirudhan, T. S., & Sreekumari, S. S. (2011). Adsorptive removal of heavy metal ions from industrial effluents using activated carbon derived from waste coconut buttons. *Journal of Environmental Sciences*, 23(12), 1989–1998.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995). *SNI 06-3730-1995 Tentang Arang Aktif Teknis*.
- Banowati, L., Prasetyo, W. A., & Gunara, D. M. (2017). Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° Dan 90° Pada Struktur Komposit Serat Mendong Dengan Menggunakan Epoksi Bakelite Epr 174. *Infomatek*, 19(2), 57.
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 289–299.
- Cheng, S., Chen, Q., Xia, H., Zhang, L., Peng, J., Lin, G., Liao, X., Jiang, X., & Zhang Q. (2018). Microwave One-Pot Production Of ZnO/Fe₃O₄/Activated Carbon Composite For Organic Dye Removal And The Pyrolysis Exhaust Recycle. *Journal of Cleaner Production*.

- 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., & Ridwan. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 13(2), 136–140.
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E., & Widihati, I. A. G. (2016). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Methylene Blue dan Congo Red Menggunakan Komposit ZnO-AA dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*, 10(1), 133–140.
- Duarte, F. da S., Melo, A. L. M. dos S., Ferro, A. D. B., Zanta, C. L. de P. e. S., Duarte, J. L. da S., & Oliveira, R. M. P. B. (2022). Magnetic Zinc Oxide/Manganese Ferrite Composite for Photodegradation of the Antibiotic Rifampicin. *Materials*, 15(22), 1–15.
- Emelda, L., Putri, S. M., & Ginting, S. (2013). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr³⁺). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 9(4), 166–172.
- Fanani, N., & Ulfindrayani, I. F. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Bambu Menggunakan Aktivator Asam Pospat (H₃PO₄). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 741–746.
- Farma, R., Putri, A., Taer, E., Awitdrus, A., & Apriwandi, A. (2021). Synthesis Of Highly Porous Activated Carbon Nanofibers Derived From Bamboo Waste Materials For Application In Supercapacitor. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(6), 7681–7691.
- Fatimah, I., & Wijaya, K. (2005). Sintesis Tio₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4), 257–267.
- Fatimah, S., Ragadhita, R., Al Husaeni, D. F., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). How to Calculate Crystallite Size from X-Ray Diffraction (XRD) using Scherrer Method. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 2(1), 65–76.
- Foroutan, R., Mohammadi, R., Razeghi, J., & Ramavandi, B. (2019). Performance Of Algal Activated Carbon / Fe₃O₄ Magnetic Composite For Cationic Dyes Removal From Aqueous Solutions. *Algal Research*, 40(April), 101509.
- Fujishige, M., Yoshida, I., Toya, Y., Banba, Y., Oshida, K. ichi, Tanaka, Y. suke, Dulyaseree, P., Wongwiriyan, W., & Takeuchi, K. (2017). Preparation Of Activated Carbon From Bamboo-Cellulose Fiber And Its Use For EDLC Electrode Material. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(2), 1801–1808.
- Haji, A. G., Pari, G., Nazar, M., & Habibati, H. (2013). Characterization Of Activated Carbon Produced From Urban Organic Waste. *International*

Journal of Science and Engineering, 5(2), 89–94.

- Hamad, M. T. M. H., & Saied, M. S. S. (2021). Kinetic Studies Of Congo Red Dye Adsorption By Immobilized *Aspergillus Niger* On Alginate. *Applied Water Science*, 11(2), 1–12.
- Hameed, B. H., Din, A. T. M., & Ahmad, A. L. (2007). *Adsorption Of Methylene Blue Onto Bamboo-Based Activated Carbon: Kinetics and equilibrium studies*. 141, 819–825.
- Hariani, P. L., Said, M., Rachmat, A., Riyanti, F., Pratiwi, H. C., & Rizki, W. T. (2021). Preparation of NiFe₂O₄ Nanoparticles by Solution Combustion Method as Photocatalyst of Congo red. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 16(3), 481–490.
- Herawati, D., Santoso, S. D., & Amalina, I. (2018). Kondisi Optimum Adsorpsi-Fluidisasi Zat Warna Limbah Tekstil Menggunakan Adsorben Jantung Pisang. *Jurnal SainHealth*, 2(1), 1.
- Hisbiyah, A., & Komala, I. (2019). Komposit Karbon Aktif dari Eceng Gondok dengan TiO₂ untuk Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil Congo Red. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 4(1), 5.
- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) Yang Di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1).
- Hutapea, E. M., Iwantono, Farma, R., Saktioto, & Awitdrus. (2017). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) dengan Aktivasi KOH Berbantuan Gelombang Mikro. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, 14(02), 1–6.
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) Dengan Metode Uv-Vis Drs (Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 9(1), 1–15.
- Karmanto, K., & Sulistya, R. (2014). Elektrokolorisasi Zat Warna Remazol Violet 5r Menggunakan Elektroda Grafit. *Jurnal Kaunia*, 10(1), 11–19.
- Kiliç, M., Apaydin-Varol, E., & Pütün, A. E. (2012). Preparation And Surface Characterization Of Activated Carbons From *Euphorbia Rigida* By Chemical Activation With ZnCl₂, K₂CO₃, NaOH and H₃PO₄. *Applied Surface Science*, 261, 247–254.
- Kirupakar, B. R., Vishwanath, B. A., Padma, S. M., & Deenadayalan. (2016). Vibrating Sample Magnetometer and Its Application In Characterisation Of Magnetic Property Of The Anti Cancer Drug Magnetic Microspheres. *International Journal of Pharmaceutics & Drug Analysis*, 4(5), 227–233.
- Luluk at all. (2017). Penggunaan Radiasi Gelombang Mikro untuk Sintesis Karbon

- Aktif dari Limbah Biomassa dan Aplikasinya dalam Pengurangan Kadar Congo Red 4BS. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 31–36.
- Mahanim, S. M. A., Asma, I. W., Rafidah, J., Puad, E., & Shaharuddin, H. (2011). Production Of Activated Carbon From Industrial Bamboo Wastes. *Journal of Tropical Forest Science*, 23(4), 417–424.
- Maryanti, B., Sonief, A. A., & Wahyudi, S. (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129.
- Morozzi, P., Ballarin, B., Arcozzi, S., Brattich, E., Lucarelli, F., Nava, S., Gómez-Cascales, P. J., Orza, J. A. G., & Tositti, L. (2021). Ultraviolet–Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV–Vis DRS), a rapid and non-destructive analytical tool for the identification of Saharan dust events in particulate matter filters. *Atmospheric Environment*, 252(January).
- Mulyawan, A. S., Nugraha, J., Berliana Wijayanti, R., Sana, A. W., & Sugiyana, D. (2019). Studi Peningkatan Sifat Tahan Air Kain Kapas Dengan Modifikasi Teknik Coating Menggunakan Suspensi ZnO Dan Asam Stearat. *Arena Tekstil*, 34(1), 35–40.
- Neolaka, Y. A. B., Lawa, Y., Naat, J., Riwu, A. A. P., Mango, A. W., Darmokoesoemo, H., Widyaningrum, B. A., Iqbal, M., & Kusuma, H. S. (2022). Efficiency Of Activated Natural Zeolite-Based Magnetic Composite (ANZ-Fe₃O₄) as a Novel Adsorbent For Removal Of Cr(VI) From Wastewater. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 2896–2909.
- Neolaka, Y. A. B., Riwu, A. A. P., Osagie, U., Eghonghon, K., Birundu, R., Darmokoesoemo, H., & Septya, H. (2023). Potential Of Activated Carbon From Various Sources As A Low-Cost Adsorbent To Remove Heavy Metals And Synthetic Dyes. *Results in Chemistry*, 5(October 2022), 100711.
- Ozturk, D., & Gülcan, M. (2023). Synthesis, Characterization, And In-Situ H₂O₂ Generation Activity Of Activated Carbon/Goethite/Fe₃O₄/ZnO For Heterogeneous Electro-Fenton Degradation Of Organics From Woolen Textile Wastewater. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 122, 251–263.
- Poghossian, A. A. (1997). Determination Of The Phpzc Of Insulators Surface From Capacitance-Voltage Characteristics Of MIS And EIS Structures. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 44(1–3), 551–553.
- Ramadhani, P., Zein, R., Chaidir, Z., & Hevira, L. (2019). Utilization ff Agricultural By-Products And Fishery Solid Waste As Biosorbents For Various Dyes: A Review. *Jurnal Zarah*, 7(2), 46–56.
- Roy, N., Ann, S., Chandrasekaran, N., Kannabiran, K., & Mukherjee, A. (2022). *Studies On The Removal Of Acid Violet 7 Dye From Aqueous Solutions By Green ZnO@Fe₃O₄ Chitosan – Alginate Nanocomposite Synthesized Using Camellia Sinensis Extract*. 303(November 2021).

- Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. (2012). Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH Dan Waktu Kontak. *JKK*, 1(1), 44–48.
- Said, M., Rizki, W. T., Asri, W. R., Desnelli, D., Rachmat, A., & Hariani, P. L. (2022). SnO₂-Fe₃O₄ Nanocomposites for The Photodegradation Of The Congo Red Dye. *Heliyon*, 8(3), 1-8.
- Sahumena, M. H., Ruslin., Asriyanti., & Djuwarno, E. N. (2020). Identifikasi Jamu yang Beredar di Kota Kendari Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*. 2(2), 65-72.
- Sakti, R. B., Subagio, A., & Sutanto, H. (2013). Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO₂/CNT Menggunakan Metode Sol-Gel dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R. *Youngster Physics Journal*, 2(1), 41–48.
- Saputra, I. S., Suhartati, S., Yulizar, Y., & Sudirman. (2020). Green Synthesis Nanopartikel ZnO Menggunakan Media Ekstrak Green Synthesis Nanopartikel ZnO Menggunakan Media Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica* Linn). *March*.
- Saraswati, I., Diantariani, N., & Suarya, P. (2015). Fotodegradasi Metilen Biru Dengan Sinar Ultraviolet Dan Katalis Zno. *Jurnal Kimia*, 9(2), 175–182.
- Sartape, A., Mandhare, A., Salvi, P., Pawar, D., Raut, P., Anuse, M., & Kolekar, S. (2012). Removal Of Bi (III) With Adsorption Technique Using Coconut Shell Activated Carbon. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(4), 768–775.
- Sastrawidana, I. (2011). Studi Perombakan Zat Warna Tekstil Remazol Red Rb Recara Aerob Menggunakan Bakteri Enterobacter Aerogenes Yang Diisolasi Dari Lumpur Limbah Tekstil. *Jurnal Kimia*, 5(2), 117–124.
- Septiani, U., Bella, I., & Syukri. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Katalis ZnO/Karbon Aktif Dengan Metode Solid State Dan Uji Aktifitas Katalitiknya Pada Degradasi Rhodamin B. *J. Ris. Kim*, 7(2), 180–185.
- 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.
- Singh, N., KRC, R., NK, P., & Singh, M. (2011). Chemical Characterization of Lauha Bhasma by X-Ray Diffraction and Vibrating Sample Magnetometry. *International Journal of Ayurvedic Medicine*, 1(3), 143–149.
- Subbaiah Munagapati, V., Wen, H. Y., Gollakota, A. R. K., Wen, J. C., Shu, C. M., Andrew Lin, K. Y., Tian, Z., Wen, J. H., Mallikarjuna Reddy, G., & Zyryanov, G. V. (2022). Magnetic Fe₃O₄ Nanoparticles Loaded Papaya (Carica Papaya L.) Seed Powder As An Effective And Recyclable Adsorbent Material For The Separation Of Anionic Azo Dye (Congo Red) From Liquid Phase: Evaluation Of Adsorption Properties. *Journal of Molecular Liquids*, 345, 118255.

- Sugiyana, D., & Harja, Y. (2014). Dekolorisasi Fotokatalitik Air Limbah Tekstil Mengandung Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Mikropartikel TiO₂ dan ZnO. *Arena Tekstil*, 29(1), 2–9.
- Sukarta, I. N., & Lusiani, N. K. S. (2016). Adsorpsi Zat Warna Azo Jenis Remazol Brilliant Blue Oleh Limbah Daun Ketapang (*Terminalia Catappa* . L .). 311–316.
- Suryani, L., Sanjaya, H., & Yohandri. (2021). Degradasi Zat Warna Methyl Orange dengan Katalis ZnO-Co Menggunakan Metode Fotosonolisis. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 33–37.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kertini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Beratdengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Tapalad, T., Neramittagapong, A., & Neramittagapong, S. (2008). *Degradation of Congo red Dye by Ozonation*. 35(1), 63–68.
- Tumimomor, F., Maddu, A., & Pari, G. (2017). Pemanfaatan Karbon AKtif Dari Bambu Sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(1), 73.
- Wang, L. (2012). Application Of Activated Carbon Derived From “Waste” Bamboo Culms For The Adsorption Of Azo Disperse Dye: Kinetic, Equilibrium And Thermodynamic Studies. *Journal of Environmental Management*, 102, 79–87.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Widianto, Y. A., Indraswati, N., & Ismadji, S. (2007). Pengolahan Limbah Cair Congo Red Dengan Lumpur Aktif: Peranan Biodegradasi Dan Biosorpsi. *National Conference Design and Application of Technology 2007*.
- Widjajanti, E., P, R. T., & Utomo, M. P. (2011). Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 115–122.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Kurniaysih, D. (2006). Utilisasi TiO₂-Zeolit Dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Teknoin*, 11(3), 199–209.
- Winatapura, D., Dewi, S., & Ridwan, R. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Fe₃O₄@ZnO dengan Metoda Presipitasi. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 17(1), 71–77.
- Yani, M., Suroso, B., & Rajali, R. (2019). Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 74–83.
- Zahmatkesh, M., Ramavandi, B., & Bonyadi, Z. (2023). Heliyon Modification of Chlorella vulgaris carbon with Fe₃O₄ nanoparticles for tetracycline elimination

from aqueous media. *Heliyon*, 9(3), e14356.

Zhi, L. L., & Zaini, M. A. A. (2015). Potassium Carbonate-Treated Palm Kernel Shell Adsorbent For Congo Red Removal From Water. *Jurnal Teknologi*, 75(1), 233–239.