

**SINTESIS KOMPOSIT NiFe₂O₄/KARBON AKTIF@ZnO UNTUK
ADSORPSI DAN DEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED***

SKRIPSI

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



Oleh :

Anisah Kamilah

08031382025079

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

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT NiFe₂O₄/KARBON AKTIF@ZnO UNTUK
ADSORPSI DAN DEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia

Oleh :

ANISAH KAMILAH

08031382025079

Indralaya, 18 Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Fahma Riyanti, M.Si.
NIP. 197204082000032001



Prof. Dr. Poedji Lockitowati H, 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 Anisah Kamilah (08031382025079) dengan judul “Sintesis Komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO untuk Adsorpsi dan Degradasi Zat Warna Congo Red” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 18 Juli 2024

Ketua :

1. **Dr. Nova Yuliasari, M.Si.**

NIP. 197307261999032001

Sekretaris :

2. **Dr. Ferlinahayati, M.Si.**

NIP. 197402052000032001

Pembimbing:

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

NIP. 197204082000032001

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

NIP. 196808271994022001

Penguji:

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

NIP. 197409282000121001

2. **Dr. Muhammad Said, M.T.**

NIP. 197011152000122004

()

()

()

()

()

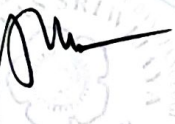
()

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 bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Anisah Kamilah

NIM : 08031382025079

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, 18 Juli 2024

Penulis



Anisah Kamilah

NIM. 0803138205079

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Anisah Kamilah
NIM : 08031382025079
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
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 NiFe₂O₄/Karbon Aktif@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.

Indralaya, 18 Juli 2024

Penulis



Anisah Kamilah

NIM. 0803138205079

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Jadilah baik. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik.”

(QS. Al-Baqarah: 195)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Bawarah: 286)

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT
2. Almh. nenek dan alm. Kakek
3. Kedua orang tua serta adik tercinta
4. Dosen pembimbing (Fahma Riyanti, M. Si dan Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si)
5. Almamater

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan Syukur atas kehadirat-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@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 dan kesulitan sehingga penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya banyak dukungan, bantuan baik material ataupun moril, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada Ibu **Fahma Riyanti, M. Si** dan Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si** yang telah membimbing, membantu, memberikan nasihat dan motivasi sejak awal penelitian hingga skripsi ini selesai. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya.
2. Keluarga saya yang telah memberikan dukungan baik dalam bentuk material maupun moril, doa, serta nasihat hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Prof. Hermansyah, 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 Fahma Riyanti, M. Si selaku dosen pembimbing tugas akhir dan dosen pembimbing akademik, terima kasih bu untuk ilmunya, pengalaman dan pengetahuan ibu, serta banyak canda tawa ibu yang telah membimbing dari semester satu sampai semester akhir. Terima kasih ibu.

7. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah bersedia menerima penulis menjadi salah satu anak bimbingan ibu. Terima kasih telah memberikan ilmu, masukan dan pengalaman kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini. Terima kasih ibu.
8. Bapak Dr. Nirwan Syarif, Dr. Addy Rachmat, M. Si dan Dr. Muhammad Said, M. T selaku dosen pembahas dan penguji siding sarjana. Terima kasih banyak atas masukan dan ilmunya. Semoga bapak Nirwan, bapak Addy dan bapak Said selalu diberikan Kesehatan dan kebahagiaan.
9. Kak Chosiin dan Mba Novi selaku admin jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang selalu baik dan ramah dalam membantu penulis selama perkuliahan hingga lulus.
10. Msy. Yunita Sari selaku sahabat penulis yang selalu menemani dan membantu penulis saat berada di kelas C. Terima kasih banyak atas segala jasa, nasehat, pelajaran yang membuat kehidupan perkuliahan penulis menjadi lebih berwarna.
11. Kepada teman-temanku (Feni, Dila, Maisyah, Elsa, Jijah, Yayang, Fita, Eva, Silvia) terima kasih telah bersedia menjadi tempat berbagi cerita dan membuat bangku perkuliahan lebih menyenangkan.
12. Tim tugas akhir penghuni lab (Erida, Riska, Putri, Nilda, Ipeh, Moli dan Sandi) terima kasih telah memberikan dukungan, pelajaran, cerita suka maupun duka, canda serta tawa yang membuat penelitian yang dijalani menjadi lebih berkesan. Terima kasih telah menjadi rumah selama semester akhir, semoga hubungan kita tetap terjalin dengan baik. *See you on top guys.*
13. Kepada sahabatku (Siska dan Dea) terima kasih atas dukungan, doa, apresiasi yang begitu besar diberikan kepada penulis.
14. Kepada Dmitriev Abraham Hariyanto yang kerap dipanggil Abe, bayi tiktok yang sangat lucu nan menggemaskan dengan segala tingkah *random*-nya, yang selalu menjadi penghibur penulis Ketika merasakan keterpurukan dalam mengerjakan tugas akhir ini. Terima kasih Abe telah hadir menjadi pelipur lara, semoga bahagia dan sehat selalu.
15. Anisah Kamilah, ya! diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima

kasih karena terus berusaha dan tidak menyerah, serta senantiasa menikmati setiap prosesnya sekecil apapun. Terima kasih telah bertahan sejauh ini.

16. Serta semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu yang juga banyak memberikan kontribusinya dalam perkuliahan ini.

Indralaya, 18 Juli 2024

Penulis

SUMMARY

SYNTHESIS OF NiFe₂O₄/ACTIVATED CARBON@ZnO COMPOSITE FOR ADSORPTION AND DEGRADATION OF CONGO RED DYE

Anisah Kamilah: Supervised of Fahma Riyanti, M.Si and Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xvii + 66 pages, 4 tables, 12 figures, 13 attachments.

The presence of synthetic dyes in waste water can't be ignored. Dyestuffs are widely used in textile, leather and food industries. *Congo red* dye is one of the dyes that is often used in the textile industry is mutagen which triggers various health hazards. This study aims to synthesize NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO and to characterize it using XRD, VSM and UV-Vis DRS as well as to evaluate the degradation ability of NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO composites against *congo red* dye in various pH, dye concentration, and contact time through adsorption and degradation percent effectivity. There are two methods, so the adsorption and degradation methods are effective method for dyestuff waste treatment. In this research, a NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO composites was synthesized for adsorption and degradation of *congo red* dyes. The synthesized product was characterized using XRD, VSM and UV-VIS DRS. The NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO prepared by precipitation method resulted in a light brown powder that has magnetic properties. XRD characterization of NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO showed diffraction peaks at $2\theta = 36,25^\circ$ with a particle size of 23,77 nm. VSM characterization showed a magnetization value of 23,36 emu/g for the NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO composite. UV-VIS DRS characterization indicated a band gap value of 2,01 eV for the NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO. The best conditions for the degradation of *congo red* dye using the NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO composite occurred at pH 5 with a concentration of 20 mg/L and an irradiation time of 60 minutes, resulting in an effectiveness with UV irradiation of 63,02% and without UV irradiation of 55,11%. NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO composites can be used to degrade *congo red* dyes.

Keywords: NiFe₂O₄/Activated Carbon@ZnO, *Congo Red*, Coprecipitation, Adsorption, Degradation

Citations: 78 (2007-2023)

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT NiFe₂O₄/KARBON AKTIFr@ZnO UNTUK ADSORPSI DAN DEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED*

Anisah Kamilah: Dibimbing oleh Fahma Riyanti, M.Si dan Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xvii + 66 halaman, 4 tabel, 12 gambar, 13 lampiran.

Keberadaan dari zat warna sintetik dalam limbah cair tidak dapat diabaikan. Zat warna banyak digunakan dalam industri tekstil, kulit dan makanan. Zat warna *congo red* termasuk salah satu zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil bersifat mutagen yang memicu berbagai bahaya kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO dan mengkarakterisasi menggunakan XRD, VSM dan UV-Vis DRS serta menentukan kemampuan adsorpsi dan degradasi komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO terhadap zat warna *congo red* dengan variabel pengaruh pH, konsentrasi zat warna, dan waktu kontak melalui nilai persen efektivitas. Metode adsorpsi dan degradasi merupakan metode yang efektif untuk pengolahan limbah zat warna. Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO untuk adsorpsi dan degradasi zat warna *congo red*. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, VSM dan UV-VIS DRS. Sintesis komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO dilakukan dengan metode presipitasi menghasilkan serbuk berwarna coklat muda yang memiliki sifat magnetik. Hasil karakterisasi XRD NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO menunjukkan intensitas tertinggi pada $2\theta = 36,25^\circ$ dengan ukuran partikel sebesar 23,77 nm. Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO sebesar 23,36 emu/g. Hasil karakterisasi UV-VIS DRS menunjukkan nilai *band gap* NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO sebesar 2,01 eV. Kondisi terbaik degradasi zat warna *congo red* menggunakan komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO terjadi pada pH 5 dengan konsentrasi 20 mg/L dan lama penyinaran 60 menit menghasilkan persen efektivitas dengan penyinaran UV sebesar 63,02% dan tanpa penyinaran UV sebesar 55,11%. Komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna *congo red*.

Kata kunci: NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO, *Congo Red*, Kopresipitasi, Adsorpsi, Degradasi

Sitasi: 78 (2007-2023)

DAFTAR ISI

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	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
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.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah yang Mengandung Zat Warna.....	4
2.2 Zat Warna Congo Red	4
2.3 Karbon Aktif Batubara	5
2.5 Nanopartikel ZnO	7
2.6 Adsorpsi.....	7
2.7 Fotodegradasi	8
2.8 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	10
2.9 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	11
2.10 <i>UV-VIS Diffuse Reflectance</i> (UV-DRS)	12
2.11 Spektrofotometer UV-Vis.....	12
2.12 <i>pH Point of Zero Charge</i> (pH_{pzc}).....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14

3.2	Alat dan Bahan	14
3.2.1	Alat	14
3.2.1	Bahan.....	14
3.3	Prosedur Penelitian	14
3.3.1	Preparasi Karbon Aktif dari Batubara.....	14
3.3.2	Pengujian Kualitas Karbon Aktif Batubara.....	15
3.3.3	Sintesis Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif	15
3.3.4	Sintesis NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	16
3.4	Karakterisasi Material.....	16
3.4.1	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16
3.4.2	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	16
3.4.3	<i>UV-VIS Diffuse Reflectance</i> (DRS).....	17
3.4.4	Penentuan pH <i>Point of Zero Charge</i>	17
3.5.	Penentuan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo red</i>	17
3.5.1	Pembuatan Larutan Standar Congo red 1000 ppm	17
3.5.2	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Congo red</i>	17
3.6	Penentuan Kondisi Terbaik Penyerapan Zat Warna <i>Congo Red</i>	17
3.6.1	Pengaruh pH.....	17
3.6.2	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna.....	18
3.6.3	Pengaruh Waktu Kontak	18
3.7	Analisis Data	18
3.7.1	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	18
3.7.2	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	19
3.7.3	<i>UV-VIS Diffuse Reflectance</i> (DRS).....	19
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1	Hasil Sintesis Karbon Aktif.....	20
4.2	Hasil Sintesis Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif	21
4.3	Hasil Sintesis Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO	21
4.4	Hasil Karakterisasi Material	22
4.4.1	Karakterisasi Karbon Aktif, NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif, NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO menggunakan XRD.....	22
4.4.2	Karakterisasi Karbon Aktif, NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif, NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO menggunakan VSM.....	24
4.4.3	Karakterisasi Karbon Aktif, NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif, NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO dengan UV-VIS DRS....	26

4.4.4 <i>pH Point of Zero Charge</i> (pHpzc) pada Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO.....	27
4.5 Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> ...	28
4.5.1 Pengaruh pH Larutan	28
4.5.2 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna.....	29
4.5.3 Pengaruh Waktu Penyinaran	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur <i>Congo Red</i>	5
Gambar 2. Skema mekanisme zat warna <i>congo red</i> oleh fotokatalis ZnO	8
Gambar 3. Reaksi fotokatalis <i>congo red</i>	9
Gambar 4. Hasil VSM NiFe ₂ O ₄ dan NiFe ₂ O ₄ -karbon aktif.....	11
Gambar 5. Karbon aktif.....	20
Gambar 6. Komposit NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif.....	21
Gambar 7. Komposit NiFe ₂ O ₄ /karbon@ZnO	22
Gambar 8. Difraktogram (a) Karbon aktif, (b) NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif, dan.....	23
Gambar 9. Grafik VSM NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif dan NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif@ZnO	25
Gambar 10. Hasil Analisis UV-Vis DRS karbon aktif	26
Gambar 11. Hasil Analisis UV-Vis DRS NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif.....	26
Gambar 12. Hasil Analisis UV-Vis DRS NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif@ZnO.....	26
Gambar 13. Grafik pH _{pzc} komposit NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif@ZnO	27
Gambar 14. Kurva Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> pada Pengaruh Variasi pH	28
Gambar 15. Kurva Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> pada Pengaruh Variasi Konsentrasi	29
Gambar 16. Kurva Efektivitas Penurunan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo Red</i> pada Variasi Waktu Kontak.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data JCPDS Nanokomposit NiFe ₂ O ₄ -karbon aktif-ZnO	10
Tabel 2. Hasil Analisis Karbon Aktif.....	20
Tabel 3. Data XRD Karbon aktif, NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif, dan NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif@ZnO	24
Tabel 4. Data VSM NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif dan NiFe ₂ O ₄ /karbon aktif@ZnO	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Penelitian	42
Lampiran 2.	Reaksi Pembentukan	45
Lampiran 3.	Syarat Mutu Karbon Aktif Menurut SNI No. 06-3730-1995....	46
Lampiran 4.	Pengujian Kualitas Karbon Aktif.....	47
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi Karbon Aktif Menggunakan XRD	48
Lampiran 6.	Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM.....	54
Lampiran 7.	Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-VIS DRS	55
Lampiran 8.	Data dan Grafik pH Point Of Zero Charge (pHpzc) Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif/ZnO	58
Lampiran 9.	Panjang Gelombang maksimum <i>Congo Red</i>	59
Lampiran 10.	Kurva Kalibrasi <i>Congo Red</i>	60
Lampiran 11.	Kondisi Terbaik Penurunan pH Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO.....	61
Lampiran 12.	Kondisi Terbaik Penurunan Konsentrasi Zat Warna <i>Congo</i> <i>Red</i> Menggunakan Komposit NiFe ₂ O ₄ /Karbon Aktif@ZnO....	63
Lampiran 13.	Kondisi Terbaik Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Komposit NiFe ₂ O ₄ Terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	65

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan dari zat warna sintetik dalam limbah tidak dapat diabaikan. Zat warna banyak digunakan di seluruh dunia dalam industri tekstil, kulit, makanan, dan pertanian untuk mewarnai produknya (Omran *et al.*, 2016). Zat warna dapat dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan struktur kimia dan kelarutan airnya. Zat warna kationik seperti metil biru dan hijau perunggu, zat warna anionik termasuk *congo red* dan *methyl orange* dan zat warna non-ionik seperti dispersi *orange* (Neolaka *et al.*, 2023). Zat warna *congo red* mempunyai enam cincin aromatik sehingga lebih sulit untuk didegradasi. Zat warna merupakan salah satu bahan baku utama dalam industri tekstil, sekitar 10-15% zat warna yang telah digunakan tidak dapat dipakai dan harus dibuang. Zat warna memicu berbagai bahaya kesehatan yang disebabkan oleh sifat mutageniknya seperti iritasi kulit dan masalah pernapasan pada manusia (Priyan *et al.*, 2022).

Zat warna yang terkandung dalam limbah dapat dihilangkan dengan menggunakan berbagai metode seperti koagulasi, adsorpsi, koagulasi-flokulasi, ultrasonik-kimia dan degradasi. Metode adsorpsi termasuk metode yang cocok untuk menghilangkan zat warna dari air limbah dikarenakan spesies berwarna akan ditranmisikan dari fase cair ke fase padat. Proses adsorpsi mempunyai kelebihan seperti sederhana, efisiensi, reversibilitas, biaya rendah dan pengoperasian yang cepat dari metode lain (Foroutan *et al.*, 2019). Adsorpsi dengan karbon aktif biasanya digunakan untuk menghilangkan polutan organik dari perairan dan air limbah (Lu *et al.*, 2011).

Karbon aktif adalah senyawa amorf yang dibuat dari bahan-bahan yang mengandung karbon (Prabarini dan Okayadnya, 2014). Karbon aktif dapat dibuat dari bahan baku berbeda seperti batubara, kulit kacang dan biomassa (Zhong *et al.*, 2016). Batubara memiliki kandungan karbon sebesar 81,72% (Lestari dkk, 2020). Kadar karbon yang tinggi dalam bahan baku menjadikannya bahan baku yang baik untuk produksi karbon aktif (Zhong *et al.*, 2016). Karbon aktif yang berasal dari batubara mempunyai keunggulan seperti konduktivitas tinggi dan memiliki luas permukaan yang besar (Zhao *et al.*, 2014). Penelitian tentang karbon aktif yang

berasal dari batubara sebagai adsorben telah dilakukan sebelumnya oleh Septiana dkk (2022), yaitu menggunakan bahan baku batubara dan aktivator KOH memperlihatkan kecenderungan yang sama, di mana kadar air untuk suhu aktivasi 600°C sebesar 7,74% dan diperoleh daya serap iodin sebesar 621,96 mg/g.

Selain metode adsorpsi, metode lain yang bisa dipakai dalam penanggulangan limbah yang mengandung zat warna adalah fotodegradasi dengan menggunakan sinar radiasi ultraviolet/visible (Suprihatin, 2014). Penelitian yang dilakukan Supriyanto dkk (2021), yakni fotodegradasi zat warna *congo red* menggunakan katalis ZnO/Zeolit Y didapatkan persentase degradasi sebesar 49,22% selama 120 menit. Semikonduktor ZnO banyak dipakai untuk degradasi (Bano *et al.*, 2021). ZnO mempunyai efisiensi fotokatalis yang lebih tinggi daripada TiO₂ dikarenakan proses penyerapan sinar UV yang kuat dari spektrum matahari (Hidayanto dkk, 2013). Nanopartikel ZnO cenderung untuk mengalami aglomerasi, yang bisa mempengaruhi distribusi partikel dan sifatnya (Javed *et al.*, 2016).

Nanopartikel NiFe₂O₄ termasuk material spinel ferrit yang banyak menarik perhatian dikarenakan dapat diaplikasikan pada berbagai bidang yakni bidang antibiotik dan fotokatalitik. NiFe₂O₄ sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna dengan keunggulan berupa celah pita yang sempit dan bersifat magnetik. NiFe₂O₄ memiliki kinerja tinggi untuk fotodegradasi zat warna yang dapat dipisahkan dengan mudah menggunakan magnet eksternal (Zhu *et al.*, 2016). Peningkatan kinerja fotokatalis menggunakan semikonduktor ZnO dapat ditambahkan dengan material NiFe₂O₄. Nanopartikel NiFe₂O₄ memberikan pergeseran daerah penyerapan fotokatalis yang meningkat menjadi daerah sinar tampak serta memberikan sifat magnet pada fotokatalis (Shihab dkk, 2022).

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini dilakukan sintesis komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO dan digunakan untuk adsorpsi dan degradasi zat warna *congo red*. Karakterisasi komposit menggunakan XRD, VSM, dan UV-DRS. Variabel degradasi yang diukur pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak zat warna *congo red*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO?
2. Bagaimana efektivitas adsorpsi dan degradasi NiFe₂O₄/Karbon Aktif@ZnO terhadap zat warna *congo red* pada variasi nilai pH, konsentrasi zat warna dan waktu kontak?
3. Bagaimana hasil karakterisasi komposit NiFe₂O₄/karbon aktif@ZnO?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis NiFe₂O₄/karbon aktif@ZnO dengan menggunakan metode kopresipitasi.
2. Menentukan efektivitas adsorpsi dan degradasi komposit NiFe₂O₄/karbon aktif@ZnO terhadap zat warna *congo red* dengan variabel pengaruh pH, konsentrasi zat warna, dan waktu kontak.
3. Mengkarakterisasi komposit NiFe₂O₄/karbon aktif@ZnO menggunakan XRD, VSM, dan UV-Vis DRS.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan agar dapat mengetahui sifat-sifat komposit NiFe₂O₄/karbon aktif@ZnO dari batubara dan memberikan preferensi untuk mendegradasi zat warna *congo red* pada limbah cair hasil industri tekstil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abo, M. A. M., Saleh, Y. E., & Hazaa, H. A. (2017). Decolorization of Congo Red Dye by Bacterial Isolates. *Journal of Ecology of Health & Environment An International Journal*, 5(2), 41–48. <http://dx.doi.org/10.12785/jehe/050201>
- Adnan, F., Hidayat, R. K., & Meicahayanti, I. (2021). Pengaruh pH, UV dan TiO₂ untuk Mendegradasi Variasi Asam Humat Berbasis Fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 9–16. <https://doi.org/10.30872/jtlunmul.v5i2.7002>
- Alslaibi, T. M., Abustan, I., Ahmad, M. A., & Foul, A. A. (2013). A Review : Production of Activated Carbon from Agricultural by Products Via Conventional and Microwave Heating. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88(7), 1183–1190. <https://doi.org/10.1002/jctb.04028>
- Alswat, A. A., Ashmali, A. M., Alqasmi, T. M., Alhassani, H. R., & Alshorifi, F. T. (2023). Role of Nanohybrid NiO–Fe₃O₄ in Enhancing the Adsorptive Performance of Activated Carbon Synthesized from Yemeni-Khat Leave in Removal of Pb (II) and Hg (II) from Aquatic Systems. *Heliyon*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14301>
- Ashari, H., Junus, S., & Sanata, A. (2021). Pengaruh Waktu Pembakaran terhadap Kristalinitas Nano Zinc Oxide dengan Metode DC Thermal Plasma. *Jurnal Stator*, 4(1), 7–9.
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., & Kartika, A. M. R. (2015). Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Sains Dan Teknologi Nuklir BATAN*, 47(40), 57–66.
- Bahiraie, H., Azarakhsh, S., & Ghasemi, S. (2023). Ternary CoFe₂O₄/g-C₃N₄/ZnO Heterostructure as An Efficient and Magnetically Separable Visible-Light Photocatalyst: Characterization, Dye Purification, and Mechanism. *Ceramics International*, 49(12), 21050–21059. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.03.240>
- Bano, K., Kaushal, S., & Singh, P. P. (2021). A Review on Photocatalytic Degradation of Hazardous Pesticides using Heterojunctions. *Polyhedron*, 209(April), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2021.115465>
- Bhojane, P., Sharma, A., Pusty, M., Kumar, Y., Sen, S., & Shirage, P. (2017). Synthesis of Ammonia-Assisted Porous Nickel Ferrite (NiFe₂O₄) Nanostructures As An Electrode Material for Supercapacitors. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(2), 1387–1392. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.12666>
- 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. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.949616>
- Chankhanittha, T., Watcharakitti, J., & Nanan, S. (2019). PVP-Assisted Synthesis of Rod-like ZnO Photocatalyst for Photodegradation of Reactive red (RR141)

- and Congo Red (CR) Azo Dyes. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(19), 17804–17819. <https://doi.org/10.1007/s10854-019-02132-z>
- Chawla, S., Uppal, H., Yadav, M., Bahadur, N., & Singh, N. (2017). Zinc Peroxide Nanomaterial As An Adsorbent for Removal of Congo Red Dye from Waste Water. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 135, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.09.017>
- Christian, H., Suwito, E., Ferdian, T. A., Setiadi, T., & Suhardi, S. H. (2007). Kemampuan Pengolahan Warna Limbah Tekstil oleh Berbagai Jenis Fungi dalam Suatu Bioreaktor. *Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Kimia, November*, 1–6.
- Dehkordi, S. S. R., Delavar, Q., Ebrahim, H. A., & Partash, S. S. (2022). CO₂ Adsorption by Coal-Based Activated Carbon Modified with Sodium Hydroxide. *Materials Today Communications*, 33, 104776. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm>.
- Dewi, S. H., & Ridwan. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136–140.
- Estikawati, I., & Lindawati, N. Y. (2019). Jurnal Farmasi Sains dan Praktis Penetapan Kadar Flavonoid Total Buah Oyong (*Luffa Acutangula* (L.) Roxb.) dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 5(2), 96–105. <http://journal.ummg.ac.id/index.php/pharmacy>
- Fatimah, S., Ragadhita, R., Husaeni, D. F., & Nandiyanto, A. B. D. (2021). How to Calculate Crystallite Size from X-Ray Diffraction (XRD) using Scherrer Method. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 2(1), 65–76. <https://doi.org/10.17509/ajse.v2i1.37647>
- Febryanti, & Yulhendra, D. (2018). Analisis Penentuan Kualitas Batubara Berdasarkan Uji Proksimat di PT. Pelabuhan Universal Sumatera Kabupaten Provinsi Jambi. *Jurnal Bima Tambang*, 7(3), 143–150.
- Fiqriawan, M. R., Anas, M., & Erniwati. (2023). Efek Variasi Konsentrasi H₃PO₄ terhadap Kualitas Karbon Aktif Cangkang Kemiri Berdasarkan Analisis Proksimat. *Journal of Applied Physics*, 1(2), 42–47. <https://journal.uho.ac.id/index.php/einsteins>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101509>
- Fröhlich, A. C., Foletto, E. L., & Dotto, G. L. (2019). Preparation and Characterization of NiFe₂O₄/Activated Carbon Composite As Potential Magnetic Adsorbent for Removal of Ibuprofen and Ketoprofen Pharmaceuticals from Aqueous Solutions. *Journal of Cleaner Production*, 229, 828–837. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.037>

- Gupta, J., Hassan, P. A., & Barick, K. C. (2021). Core-shell $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{ZnO}$ Nanoparticles for Magnetic Hyperthermia and Bio-Imaging Applications. *AIP Advances*, *11*(2), 1–6. <https://doi.org/10.1063/9.0000135>
- Hakim, A. R., & Haris, A. (2016). Sintesis Fotokatalis ZnO-Al dan Aplikasinya pada Degradasi Fenol dan Reduksi Cd(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, *19*(1), 7. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.1.7-10>
- Hidayanto, E., Sutanto, H., & Sofjan Firdausi dan Zaenal Arifin, K. (2013). Pembuatan Lapisan Fotokatalis Zinc Oxide (ZnO) dengan Teknik Spray Coating dan Aplikasinya Pada Pengering Jagung. *Berkala Fisika*, *16*(4), 119–124.
- Hirthna, Sendhilnathan, S., Rajan, P. I., & Adinaveen, T. (2018). Synthesis and Characterization of NiFe_2O_4 Nanoparticles for the Enhancement of Direct Sunlight Photocatalytic Degradation of Methyl Orange. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, *31*(10), 3315–3322. <https://doi.org/10.1007/s10948-018-4601-3>
- Indriani, Y., Iswadi, & Fuadi, N. (2018). Pemanfaatan Limbah Cangkang Keong Sawah (*Bellamya javanica*) untuk Sintesis Hidroksiapatit dengan Modifikasi Pori Menggunakan Pati Ubi Jalar. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, *5*(2), 164–176.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, *1*(2), 1–9. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>
- Jacob, B. P., Kumar, A., Pant, R. P., Singh, S., & Mohammed, E. M. (2011). Influence of Preparation Method on Structural and Magnetic Properties of Nickel Ferrite Nanoparticles. *Bulletin of Materials Science*, *34*(7), 1345–1350. <https://doi.org/10.1007/s12034-011-0326-7>
- Javed, R., Usman, M., Tabassum, S., & Zia, M. (2016). Effect of Capping Agents: Structural, Optical and Biological Properties of ZnO Nanoparticles. *Applied Surface Science*, *386*, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.06.042>
- Julizen, R., & Sanjaya, H. (2023). Perbandingan Pengaruh Lampu UV dan Sinar Matahari pada Degradasi Zat Warna Congo Red Menggunakan Metode Fotolisis dengan Bantuan Katalis ZnO. *Chemistry Journal of Univeristas Negeri Padang*, *12*(3), 27–30.
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) dengan Metode Uv-Vis Drs (Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, *9*(1), 1–15. <https://doi.org/10.24252/jft.v9i1.28815>
- Kardena, E., & Yusharani, M. S. (2022). Pemanfaatan Mikroalga Amobil Sebagai Adsorben Pada Penyisihan Zat Warna Reactive Blue 4 (Rb4) Dan Reactive Red 120 (Rr120) Dalam Limbah Cair Tekstil. *Arena Tekstil*, *37*(2), 75–84.
- Kesavamoorthi, R., Vigneshwaran, A. N., Sanyal, V., & Ramachandra Raja, C. (2016). Synthesis and Characterization of Nickel Ferrite Nanoparticles by Sol-

- Gel Auto Combustion Method. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9(1), 160–162.
- Kresnadipayana, D., & Lestari, D. (2017). Penentuan Kadar Boraks pada Kurma (*Phoenix dactylifera*) dengan metode Spektrofotometri UV-vis. *Jurnal Wiyata*, 4(1), 23–30.
- Lestari, S., Arfiati, D., Masrevaniah, A., & Sholichin, M. (2020). Treatment of Water River with Activated Carbon from Coal and Palm Shells as Adsorbent. *J-Pal*, 11(1), 2087–3522. <https://doi.org/10.21776/ub.jpall.2020.010.01.02>
- Livani, M. J., & Ghorbani, M. (2018). Fabrication of NiFe₂O₄ Magnetic Nanoparticles Loaded on Activated Carbon as Novel Nano-adsorbent for Direct Red 31 and Direct Blue 78 Adsorption. *Environmental Technology*, 39(23), 2977–2993. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1370024>
- Lu, P. J., Lin, H. C., Yu, W. Te, & Chern, J. M. (2011). Chemical Regeneration of Activated Carbon Used for Dye Adsorption. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42, 305–311. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2010.06.001>
- Mahmudah, D., Sakinah, N., & Suharyadi, E. (2017). Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Mangan (Mn) dan Nikel (Ni) dalam Artificial Limbah Cair dengan Menggunakan Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 4(02), 126. <https://doi.org/10.13057/ijap.v4i02.4974>
- Masruroh, Manggara, A., Papolaka, T., & T, R. T. (2013). Penentuan Ukuran Kristal (Crystallite Size) Lapisan Tipis PZT Melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer. 24–29.
- Melysa, Abrar, & Syarif, G. (2016). Green Synthesis dan Karakterisasi Fotokatalitik Nanopartikel ZnO. *Proceeding of Engineering*, 4(1), 1–23.
- Mohar, R. S., Soewoto, H. P., & Garinas, W. (2021). Tinjauan Penggunaan Material Fotokatalis untuk Peningkatan Reaksi Degradasi Sianida. *Jurnal Rekayasa Pertambangan*, 1(1), 34–40.
- Neldawati, Ratnawulan, & Gusnedi. (2013). Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar of Physics*, 2, 76–83.
- Neolaka, Y. A. B., Riwu, A. A. P., Aigbe, U. O., Ukhurebor, K. E., Onyancha, R. B., Darmokoesoemo, H., & Kusuma, H. S. (2023). Potential of Activated Carbon from Various Sources As a Low-Cost Adsorbent to Remove Heavy Metals and Synthetic Dyes. *Results in Chemistry*, 5, 100711. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2022.100711>
- Novananda, A., Rahmawati, I., Astuty, D. H., & Suprianti, L. (2020). Karbon Aktif dari Batubara Lignite Menggunakan Hidrogen Fluorida. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(1), 8–14. <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/download/2297/1672>
- Nurfitria, N., Febriyantiningrum, K., Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Pangastuti, D. D., Maulida, H., & Ariyanti, F. N. (2019). Pengaruh Konsentrasi Aktivator

- Kalium Hidroksida (KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya. *Akta Kimia Indonesia*, 4(1), 75. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v4i1.5071>
- Nurmayansih, A., Hariani, P. L., & Said, M. (2020). Synthesis NiFe₂O₄ Nanoparticles by co-Precipitation Method for Degradation of Congo Red Dye. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 6(3), 115–121. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v6.i3.115>
- Omran, A. R., Baiee, M. A., Juda, S. A., Salman, J. M., & AlKaim, A. F. (2016). Removal of Congo Red Dye from Aqueous Solution using A New Adsorbent Surface Developed from Aquatic Plant (*Phragmites australis*). *International Journal of ChemTech Research*, 9(4), 334–342.
- Permata, D. G., Diantariani, N. P., & Widihati, I. A. G. (2016). Degradasi Fotokatalitik Fenol Menggunakan Fotokatalis ZnO Dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*, 10(2), 263–269. <https://doi.org/10.24843/jchem.2016.v10.i02.p13>
- Pouretedal, H. R., & Keshavarz, M. H. (2011). Study of Congo Red Photodegradation Kinetic Catalyzed by Zn_{1-x}Cu_xS and Zn_{1-x}Ni_xS Nanoparticles. *International Journal of Physical Sciences*, 6(27), 6268–6279. <https://doi.org/10.5897/IJPS09.251>
- Prabarini, N., & Okayadnya, D. (2014). Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 33–41.
- Priyan V, V., Kumar, N., & Narayanasamy, S. (2022). Toxicological Assessment and Adsorptive Removal of Lead (Pb) and Congo Red (CR) from Water by Synthesized Iron Oxide/Activated Carbon (Fe₃O₄/AC) Nanocomposite. *Chemosphere*, 294, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133758>
- Putra, D. M. (2016). Kontribusi Industri Tekstil Dalam Penggunaan Bahan Berbahaya dan Beracun Terhadap Rusaknya Sungai Citarum. *Jurnal Hukum Lingkungan*, 3(1), 133–152.
- Rahma, S. A., Bayu, A., Nandiyanto, D., & Ragadhita, R. (2023). Desain Reaktor untuk Produksi Nanopartikel Nikel Ferit (NiFe₂O₄). *Journal of Engineering Environment Energy and Sciece*, 2(1), 31–40. <http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/joeees31>
- Rahman, E. A., & Thalib, T. (2020). Efektivitas Pemanfaatan Program Bantuan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal (Ipal Komunal) Di Desa Molingkapoto Selatan Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara. *Publik: Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia, Administrasi Dan Pelayanan Publik*, 5(2), 122–128. <https://doi.org/10.37606/publik.v5i2.32>
- Sailah, I., Mulyaningsih, F., Ismayana, A., Puspaningrum, T., Adnan, A. A., & Indrasti, N. S. (2020). Kinerja Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dalam Menurunkan Konsentrasi Fosfat Pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 180–189.

<https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.180>

- Sari, M. I., Markasiwi, M. G., & Putri, R. W. (2021). Uji Karatektistik Fisik Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus) Menggunakan Aktivator H_3PO_4 . *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 12(2), 4–11. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v12i02.129>
- Septiana, A. R., Teluma, Y. C. R., & Rifani, A. (2022). Sintesis Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Prekursor Batubara. *Indonesian Physical Review*, 5(1), 15–22. <https://doi.org/10.29303/ipr.v5i1.121>
- Septiani, U., Bella, I., & -, S. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Katalis ZnO/Karbon Aktif dengan Metode Solid State dan Uji Aktivitas Katalitiknya Pada Degradasi Rhodamin B. *Jurnal Riset Kimia*, 7(2), 180. <https://doi.org/10.25077/jrk.v7i2.186>
- Shihab, F., Hadisantoso, E., & ... (2022). Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit ZnO/NiFe₂O₄ dari Limbah Baterai Menggunakan Metode Solid State sebagai Fotokatalis Zat Warna Metilen Biru. *Gunung Djati ...*, 15(1), 23–32. <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/822%0Ahttps://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/download/822/599>
- Shobirin, M., & Pranjoto, Utomo, M. (2018). Preparasi Karakterisasi dan Aplikasi Ca_{2-x}ZnxSiO₄ Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Congo Red. *Jurnal Kimia Dasar*, 7(5), 237.
- Sumadiyasa, M., & Manuaba, I. B. S. (2018). Determining Crystallite Size Using Scherrer Formula, Williamson-Hull Plot, and Particle Size with SEM. *Buletin Fisika*, 19(1), 28. <https://doi.org/10.24843/bf.2018.v19.i01.p06>
- Suprihatin, H. (2014). Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo Dan Alternatif Pengolahannya. *Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau*, 130–138.
- Supriyanto, R., Gita, R., Dio, R., Bahri, S., & Kiswandono, A. A. (2021). Fotodegradasi Pewarna Tekstil Congo Red Menggunakan Katalis ZnO/Zeolit Y Secara Spektrofotometri Uv-Vis. *Analytical and Environmental Chemistry*, 6(02), 104–113.
- Uikey, P., & Vishwakarma, K. (2016). Review of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles Applications and Properties. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics*, 21(2), 976–1353.
- Wardiyati, S., Fisli, A., & Ridwan, D. (2011). Penyerapan Logam Ni dalam Larutan Oleh Nanokomposit Fe₃O₄-Karbon Aktif. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 12(3), 1411–1098.
- Wazir, A. H., Haq, I., Manan, A., & Khan, A. (2020). Preparation and Characterization of Activated Carbon from Coal by Chemical Activation with KOH. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/19392699.2020.1727896>
- Widwiasuti, H., Bisri, C., & Rumhayati, B. (2019). Pengaruh Massa Adsorben dan

- Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat menggunakan Kitin Hasil Isolasi dari Cangkang Udang. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 93–98.
- Winata, B. Y., Erliyanti, N. K., Yogaswara, R. R., & Saputro, E. A. (2021). Pra Perancangan Pabrik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Proses Aktifasi Kimia pada Kapasitas 20.000 ton/tahun. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 0–5. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.52338>
- Winataputra, D. S., & Syaeful, Y. (2014). Sintesis Komposit Fe₃O₄-SiO₂-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Mendegradasi Limbah Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(3), 148–155.
- Yulmansyah, R., Moralista, E., & Isniarno, N. F. (2021). Kajian Korosi Struktur Conveyor B Pada Tambang Batubara PT XYZ Di Kabupaten Merangin Provinsi Jambi. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), 54–61. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i1.143>
- Yuniar, Y., Mawarni, T., Hariani, P. L., Faizal, M., & Agustina, T. E. (2022). Degradation of Methylene Blue Dye Using ZnO/NiFe₂O₄ Photocatalyst Under Visible Light. *Proceedings of the 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference*, 9, 90–95. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.220205.016>
- Yustinah, Hartini, & Zuliani. (2015). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Naoh Pada Proses Pembuatan Arang Aktif Terhadap Kualitas Minyak Bekas Setelah Proses Pemurnian. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 1–7.
- Zein, R., Ramadhani, P., Aziz, H., & Suhaili, R. (2022). Biosorben Cangkang Pensi (*Corbicula Moltkiana*) sebagai Penyerap Zat Warna Metanil Yellow Ditinjau dari pH dan Model Kesetimbangan Adsorpsi. *Jurnal Litbang Industri*, 9(1), 73–81.
- Zein, R., Satrio Purnomo, J., Ramadhani, P., Safni, Alif, M. F., & Putri, C. N. (2023). Enhancing Sorption Capacity of Methylene Blue Dye using Solid Waste of Lemongrass Biosorbent by Modification Method. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(2), 104480. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104480>
- Zhang, L., & Jaroniec, M. (2018). Toward Designing Semiconductor-Semiconductor Heterojunctions for Photocatalytic Applications. *Applied Surface Science*, 430, 2–17. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.07.192>
- Zhao, Q., Han, H., Hou, B., Zhuang, H., Jia, S., & Fang, F. (2014). Nitrogen Removal from Coal Gasification Wastewater by Activated Carbon Technologies Combined With Short-Cut Nitrogen Removal Process. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(11), 2231–2239. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.006>
- Zhong, L., Zhang, Y., Ji, Y., Norris, P., & Pan, W. P. (2016). Synthesis of Activated Carbon from Coal Pitch for Mercury Removal in Coal-Fired Power Plants. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 123(1), 851–860. <https://doi.org/10.1007/s10973-015-4966-5>
- Zhu, H. Y., Jiang, R., Fu, Y. Q., Li, R. R., & Yao, J. (2016). Novel Multifunctional

NiFe₂O₄/ZnO Hybrids for Dye Removal by Adsorption, Photocatalysis and Magnet Separation. *Applied Surface Science*, 369, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.02.025>

Zulichatun, S., Jumaeri, & Kusumastuti, E. (2018). Manufacture of Activated Carbon Tofu Pulp and Application as Adsorbent Crystal Violet Color Substance and Congo Red. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 228–235.