

**SINTESIS KOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ADSORPSI  
ZAT WARNA *CONGO RED***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Sains Bidang Studi Kimia pada Fakultas MIPA**



**OLEH:**

**AISYAH SARIFAH**

**08031381924095**

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

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SINTESIS KOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ADSORPSI  
ZAT WARNA *CONGO RED***

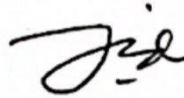
**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Bidang Studi Kimia pada Fakultas MIPA

**OLEH:**  
**AISYAH SARIFAH**  
**08031381924095**

**Indralaya, 15 Juli 2024**

**Pembimbing**



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

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**



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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Aisyah Sarifah (08031381924095) dengan judul "Sintesis Komposit  $Fe_3O_4$ -SDS sebagai Adsorben untuk Adsorpsi Zat Warna *Congo Red*" telah disidangkan di hadapan Dosen Pembimbing dan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 15 Juli 2024

Ketua:

**Dr. Ady Mara, M.Si.**

NIP. 196404301990031003

Sekretaris:

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

NIP. 197402052000032001

Pembimbing:

**Dr. Widia Purwaningrum, M.Si.**

NIP. 197304031999032001

Penguji:

1. **Dra. Fatma, MS.**

NIP. 196207131991022001

2. **Prof. Dr. Hasanudin, M.Si.**

NIP. 197205151997021003

()

()

()

()


()

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 : Aisyah Sarifah  
NIM : 08031381924095  
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 sarjana strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dibuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Indralaya, 15 Juli 2024

Penulis,



Aisyah Sarifah

NIM. 08031381924095

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

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

Nama Mahasiswa : Aisyah Sarifah  
NIM : 08031381924095  
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 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS sebagai Adsorben untuk Adsorpsi 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, 15 Juli 2024

Penulis,



Aisyah Sarifah

NIM. 08031381924095

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Indeed, with hardship [will be] ease.”*

**Quran 94:6**

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Ibu, Ayah, Zura, dan Puput
2. Dosen pembimbing, Ibu Dr. Widia Purwaningrum, M.Si.
3. Diri sendiri
4. Almamater Universitas Sriwijaya

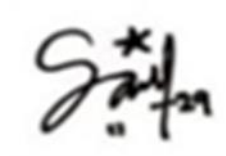
## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah berupa skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS sebagai Adsorben untuk Adsorpsi Zat Warna *Congo Red*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. Widia Purwaningrum, M.Si., yang telah membimbing penulis selama penelitian dan penulisan skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu, Ayah, Zura, dan Puput yang selalu mendoakan dan menyemangati penulis.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si., Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si., Ibu Dra. Fatma, M.S., dan Bapak Prof. Dr. Hasanudin, M.Si. selaku ketua, sekretaris, dan dosen penguji sidang sarjana penulis.
7. Seluruh Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membagikan ilmu selama masa perkuliahan.
8. Analis Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya (Yuk Yanti, Yuk Nur, Yuk Niar, dan Yuk Dessy).
9. Kak Chosiin dan Mbak Novi selaku admin Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
10. Teman-teman Kimia 2019

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Indralaya, 15 Juli 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'S. Satrio', enclosed in a thin black rectangular border.

Penulis



## SUMMARY

### SYNTHESIS OF Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS COMPOSITE AS AN ADSORBENT FOR CONGO RED DYE ADSORPTION

Aisyah Sarifah: Supervised by Dr. Widia Purwaningrum, M.Si

Departement of Chemistry, Faculty of Mathematic and Natural Science, Sriwijaya University.

xvii+78 pages, 13 pictures, 8 tables, 14 attachments

Congo red dye is commonly used to dye cotton, wool, silk, rayon and nylon fabrics. Congo red dye waste if it enters the environment without proper processing will cause environmental pollution. Congo red dye is toxic and carcinogenic and can damage aquatic ecosystems and threaten the sustainability and safety of living creatures. Congo red dye found in the environment can be treated using the adsorption method. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite can be used as adsorbents. The aim of this research is to synthesize Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite to adsorb congo red dye. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite were used for the adsorption of congo red dye by synthesizing using the coprecipitation method and characterized using XRD, FTIR, VSM and BET. The XRD characterization results of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite show a 2θ angle that is similar to JCPDS 65-3107 of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. The results of FTIR characterization show Fe-O groups that appear at an absorption of 430.13 cm<sup>-1</sup>; 563.21 cm<sup>-1</sup>; 433.98 cm<sup>-1</sup>; 567.07 cm<sup>-1</sup>, S=O groups that appear at absorption 1016.49 cm<sup>-1</sup>; 1076.28 cm<sup>-1</sup>; 1217.08 cm<sup>-1</sup> from SDS compound, S-O groups that appear at an absorption 1043.49 cm<sup>-1</sup>; 1170.79 cm<sup>-1</sup> and the aromatic C-H groups at an absorption of 667.37 cm<sup>-1</sup>; 796.60 cm<sup>-1</sup> from congo red compound. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite have a saturation magnetization of 58.89 emu/g and 55.13 emu/g. The surface area of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> is 67.015 m<sup>2</sup>/g and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite is 45.283 m<sup>2</sup>/g. The pH<sub>pzc</sub> values of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite was 7.1 and 8.4.

The optimum conditions for Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> in adsorbing congo red dye are found at a contact time of 150 minutes, a concentration of congo red solution of 250 mg/L and a temperature of 30°C. The optimum conditions for the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite in adsorbing congo red dye are found at a contact time of 120 minutes, a congo red solution concentration of 200 mg/L and a temperature of 50°C. The adsorption kinetics of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> is pseudo first order kinetics with R<sup>2</sup> value of 0.9783, while the adsorption kinetics of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite is pseudo second order kinetics with R<sup>2</sup> value of 0.9829. The Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> adsorption isotherm is a Freundlich adsorption isotherm with a K<sub>F</sub> value of 5.7475 mg/g, while the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite adsorption isotherm is a Langmuir adsorption isotherm with a Q<sub>m</sub> value of 24.1546 mg/g. The adsorption process occurs exothermically and is not spontaneous in adsorption with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, while the adsorption process occurs endotherm and is not spontaneous in adsorption with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) composite.

**Keywords:** Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS composite, congo red, adsorption.

## RINGKASAN

### SINTESIS KOMPOSIT Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS SEBAGAI ADSORBEN UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *CONGO RED*

Aisyah Sarifah: dibimbing oleh Dr. Widia Purwaningrum, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

xvii+78 halaman, 13 gambar, 8 tabel, 14 lampiran

Zat warna *congo red* biasa digunakan untuk mewarnai kain katun, wol, sutra, rayon dan nilon. Limbah zat warna *congo red* jika masuk ke lingkungan khususnya perairan tanpa pengolahan yang baik maka akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Zat warna *congo red* bersifat racun dan karsinogen serta dapat merusak ekosistem perairan dan mengancam kelestarian serta keselamatan makhluk hidup. Zat warna *congo red* yang terdapat di lingkungan dapat ditanggulangi dengan metode adsorpsi. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) dapat digunakan sebagai adsorben. Tujuan penelitian ini adalah menyintesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) untuk mengadsorpsi zat warna *congo red*. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) telah disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, VSM dan BET. Hasil karakterisasi XRD Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) menunjukkan sudut 2θ yang mirip dengan JCPDS 65-3107 dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan terdapat gugus Fe-O yang muncul pada serapan 430,13 cm<sup>-1</sup>; 563,21 cm<sup>-1</sup>; 433,98 cm<sup>-1</sup>; 567,07 cm<sup>-1</sup>, gugus S=O pada serapan 1016,49 cm<sup>-1</sup>; 1076,28 cm<sup>-1</sup>; 1217,08 cm<sup>-1</sup> dari senyawa SDS, gugus S-O pada serapan 1043,49 cm<sup>-1</sup>; 1170,79 cm<sup>-1</sup> dan gugus C-H aromatik pada serapan 667,37 cm<sup>-1</sup>; 796,60 cm<sup>-1</sup> dari senyawa *congo red*. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) memiliki magnetisasi saturasi sebesar 58,89 emu/g dan 55,13 emu/g. Luas permukaan dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) sebesar 67,015 m<sup>2</sup>/g dan 45,283 m<sup>2</sup>/g. Nilai pH<sub>Hzc</sub> dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sebesar 7,1 dan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) sebesar 8,4.

Kondisi optimum Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dalam mengadsorpsi zat warna *congo red* terdapat pada waktu kontak 150 menit, konsentrasi larutan *congo red* 250 mg/L dan temperatur 30°C. Kondisi optimum dari komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) dalam mengadsorpsi zat warna *congo red* terdapat pada waktu kontak 120 menit, konsentrasi larutan *congo red* 200 mg/L dan temperatur 50°C. Kinetika adsorpsi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> adalah kinetika *pseudo first order* dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9783, sedangkan kinetika adsorpsi komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) adalah kinetika *pseudo second order* dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9829. Isoterm adsorpsi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> adalah isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai K<sub>F</sub> sebesar 5,7475 mg/g, sedangkan isoterm adsorpsi komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) adalah isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai Q<sub>m</sub> sebesar 24,1546 mg/g. Termodinamika adsorpsi penelitian ini untuk Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> bersifat eksotermik dan terjadi secara tidak spontan, sedangkan untuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (1:1) bersifat endotermik dan terjadi secara tidak spontan.

**Kata Kunci:** Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS, *congo red*, adsorpsi.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	4
2.2 Besi Oksida (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) .....	4
2.3 Sodium Dodesil Sulfat (SDS) .....	6
2.4 Adsorpsi.....	6
2.5 Kinetika Adsorpsi.....	7

2.6	Isoterm Adsorpsi .....	8
2.7	Termodinamika Adsorpsi .....	8
2.8	pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) .....	9
2.9	Spektrofotometri UV-Vis .....	9
2.10	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	10
2.11	<i>Brunaur Emmet Teller</i> (BET) .....	10
2.12	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	11
2.13	<i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FT-IR) .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>13</b>
3.1	Waktu dan Tempat .....	13
3.2	Alat dan Bahan .....	13
3.2.1	Alat .....	13
3.2.2	Bahan .....	13
3.3	Prosedur Penelitian .....	13
3.3.1	Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Dewi & Ridwan, 2012) .....	13
3.3.2	Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) (Agnestisia, 2017) .....	14
3.4	Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) (Asnan <i>et al.</i> , 2019) .....	14
3.5	Penentuan pHpzc (pH <i>point zero charge</i> ) (Dewi & Ridwan, 2012) .....	14
3.6	Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Standar <i>Congo Red</i> (Herlina <i>et al.</i> , 2017) .....	15
3.6.1	Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum <i>Congo Red</i> (Herlina <i>et al.</i> , 2017) .....	15
3.6.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi (Herlina <i>et al.</i> , 2017) .....	15
3.7	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	15
3.7.1	Penentuan Waktu Kontak Optimum (Widiastuti dkk., 2019) .....	15
3.7.2	Penentuan Konsentrasi Optimum (Widiastuti dkk., 2019) .....	16

3.7.3	Penentuan Temperatur Optimum (Widiastuti dkk., 2019) .....	16
3.8	Analisis Data .....	16
3.8.1	Analisis Karakterisasi Hasil Sintesis (Asnan <i>et al.</i> , 2019) .....	16
3.8.2	Penentuan Kinetika Adsorpsi (Ayash <i>et al.</i> , 2019) .....	17
3.8.3	Penentuan Isoterm Adsorpsi (Anggriani dkk., 2021) .....	17
3.8.4	Penentuan Termodinamika Adsorpsi (Neolaka <i>et al.</i> , 2019) ..	18
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>19</b>
4.1	Hasil Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	19
4.2	Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	20
4.2.1	Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) dengan Menggunakan XRD .....	20
4.2.2	Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) dengan Menggunakan BET .....	21
4.2.3	Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) dengan Menggunakan VSM .....	21
4.2.4	Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi <i>Congo Red</i> dengan Menggunakan FTIR .....	22
4.3	Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) .....	25
4.4	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	25
4.4.1	Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	25
4.4.2	Penentuan Konsentrasi Optimum .....	26
4.4.3	Penentuan Temperatur Optimum .....	27
4.5	Penentuan Kinetika Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	29
4.6	Penentuan Isoterm Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	29
4.7	Penentuan Termodinamika Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	30
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>31</b>
5.1	Kesimpulan .....	31

5.2	Saran.....	31
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>36</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Kimia dari <i>Congo Red</i> (Frid <i>et al.</i> , 2007).....	4
Gambar 2. Struktur Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Ganapathe <i>et al.</i> , 2020).....	5
Gambar 3. Struktur Sodium Dodesil Sulfat (Rismawati dkk., 2012) .....	6
Gambar 4. Magnetisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Dewi & Ridwan, 2012) .....	11
Gambar 5. a) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> b) Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1).....	19
Gambar 6. Pola Difraksi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	20
Gambar 7. Kurva Karakterisasi VSM dari Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1)	22
Gambar 8. Spektrum FTIR Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	23
Gambar 9. Spektrum FTIR Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	23
Gambar 10. Kurva pH <sub>pzc</sub> Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	25
Gambar 11. Kurva Variasi Waktu Kontak Adsorpsi <i>Congo Red</i> dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	26
Gambar 12. Kurva Variasi Konsentrasi Adsorpsi <i>Congo Red</i> dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	27
Gambar 13. Kurva Variasi Temperatur Adsorpsi <i>Congo Red</i> dengan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	28

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis Adsorpsi.....	7
Tabel 2. Difraktogram Sudut $2\theta$ $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) Dibandingkan dengan Data JCPDS .....	20
Tabel 3. Hasil Perhitungan Ukuran Kristal $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) ..	20
Tabel 4. Hasil Karakterisasi $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) Menggunakan BET .....	21
Tabel 5. Hasil Karakterisasi $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan FTIR .....	24
Tabel 6. Data Parameter Kinetika Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	29
Tabel 7. Data Parameter Isoterm Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	29
Tabel 8. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	30



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Perbandingan Massa Pembentukan Adsorben dan % Rendemen.....	37
Lampiran 2. Diagram Alir Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1).....	39
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) Menggunakan XRD.....	41
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) Menggunakan BET.....	49
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan FTIR .....	51
Lampiran 6. pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) pada Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1).....	53
Lampiran 7. Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	54
Lampiran 8. Pengaruh Variasi Waktu Kontak pada Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) terhadap Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	55
Lampiran 9. Data Kinetika Adsorpsi pada Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1)	58
Lampiran 10. Pengaruh Variasi Konsentrasi pada Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) terhadap Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	62
Lampiran 11. Data Isoterm Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1).....	65
Lampiran 12. Pengaruh Variasi Temperatur pada Proses Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	70
Lampiran 13. Data Termodinamika Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1).....	73
Lampiran 14. Gambar Penelitian Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (1:1) .....	76

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri berdampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan pembuangan limbah dari kegiatan industri dapat mencemari lingkungan terutama di lingkungan perairan, karena dapat menurunkan kualitas air (Murraya dkk., 2018). Limbah dari berbagai industri seperti industri logam, elektroplating, penyamakan, tekstil dan industri cat mengandung banyak jenis bahan kimia berbahaya (Maylani dkk., 2016). Zat warna digunakan dalam jumlah besar di banyak industri termasuk tekstil, kulit, kosmetik, kertas, percetakan, plastik, farmasi, makanan, dan lain-lain. Pembuangan air limbah yang mengandung zat warna ke lingkungan perairan mempunyai masalah pencemaran yang serius, karena zat warna dapat merusak kehidupan akuatik dan estetika lingkungan. Selain itu, pembuangan limbah zat warna ke aliran air mengancam pasokan dan kualitas air karena sifatnya yang tidak dapat terurai, beracun, terakumulasi, dan membesar di seluruh rantai makanan (Shariati *et al.*, 2011).

Pada industri tekstil, zat warna yang banyak digunakan salah satunya adalah zat warna congo red. Limbah zat warna congo red jika tidak diolah dengan baik dan masuk ke lingkungan khususnya perairan maka akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Zat warna congo red bersifat racun dan karsinogenik (Januariawan dkk., 2019). Salah satu teknologi untuk menghilangkan zat warna adalah metode adsorpsi (Zhou *et al.*, 2018). Metode adsorpsi adalah metode yang mudah diterapkan untuk mengurangi pencemaran limbah zat warna *congo red* (Iftyna dkk., 2019). Beberapa peneliti telah menggunakan banyak adsorben untuk mengadsorpsi zat warna *congo red* seperti komposit  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> dengan modifikasi kuersetin (Iftyna dkk., 2019), adsorben kulit kayu pinus (Litefti *et al.*, 2019), adsorben kulit udang (Zhou *et al.*, 2018), dan komposit selulosa magnetik/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/karbon aktif (Zhu *et al.*, 2011).

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan nanomaterial telah mendapat banyak perhatian karena biaya sintesisnya murah, luas permukaannya besar, dan ukurannya kecil. Penggunaan magnetit memiliki keuntungan lain karena magnetit dapat dipisahkan secara magnetik dari air setelah proses adsorpsi (Dewi & Ridwan, 2012). Magnetit dapat digunakan di berbagai bidang. Salah satu partikel magnetik berukuran nanometer adalah

oksida besi seperti  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetit) (Prasetyowati dkk., 2021). Para peneliti telah menggunakan banyak metode untuk menghasilkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  salah satunya metode kopresipitasi (Maylani dkk., 2016).  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai adsorben telah banyak digunakan seperti pada adsorpsi *methylene blue* dengan kapasitas adsorpsi yang didapat sebesar 43,86 mg/g (Agnestisia, 2017) dan adsorpsi ion logam kadmium dengan kapasitas adsorpsi yang didapat sebesar 16,0302 mg/g (Maylani dkk., 2016). Kinerja adsorben dalam menyerap suatu adsorbat dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain interaksi ion, ikatan hidrogen, gaya Van der Waals dan adanya pori-pori yang dimiliki suatu adsorben (Panda *et al.*, 2021).

Salah satu masalah serius saat menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah kecenderungannya untuk mengendap dan aglomerasi. Hal ini dapat mengurangi tingkat efektivitas  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan mengurangi efisiensi adsorpsi (Tamjidi & Esmaeili, 2019). Modifikasi permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  merupakan solusi untuk mencegah aglomerasi (Shariati *et al.*, 2011). Dalam penelitiannya, Ermadiana dkk (2017) telah menggunakan surfaktan sodium dodesil sulfat (SDS) yang digunakan untuk mencegah aglomerasi dan membantu dalam pembentukan struktur pori (Ermadiana dkk., 2017). Hutabarat (2023) telah melakukan penelitian tentang adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS dengan perbandingan berat 2:1 dan 1:1. Hasil optimum yang didapatkan menggunakan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS 1:1 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 62,97 mg/g (Hutabarat, 2023).

Berdasarkan latar belakang diatas, untuk melihat kemampuan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS terhadap adsorpsi zat warna anionik maka pada penelitian ini dilakukan sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang dimodifikasi dengan surfaktan SDS sehingga membentuk komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai pembanding yang akan diaplikasikan untuk mengadsorpsi zat warna *congo red* dengan variasi waktu kontak, konsentrasi dan temperatur. Kemudian komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  akan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) dan *Brunaur-Emmet-Teller* (BET).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) hasil sintesis?
2. Bagaimana kinerja  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) terhadap penyerapan zat warna *congo red*?

3. Bagaimana kinetika, isoterm, dan termodinamika proses adsorpsi *congo red* menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) serta mengkarakterisasi menggunakan XRD, BET, VSM dan FTIR untuk menentukan karakteristiknya.
2. Menentukan kinerja  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) terhadap penyerapan zat warna *congo red*.
3. Menentukan kinetika, isoterm, dan termodinamika proses adsorpsi *congo red* menggunakan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1).

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi tentang efektivitas  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (1:1) sebagai adsorben zat warna *congo red* untuk mengurangi pencemaran air oleh limbah industri tekstil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agnestisia, R. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) serta Aplikasinya sebagai Adsorben *Methylene Blue*. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 11(2), 61–70. <https://doi.org/10.20527/jstk.v11i2.4039>
- Amalia, V., Nisa, A. R., & Hadisantoso, E. P. (2022). Tinjauan Nanokomposit Hidroksiapatit/ $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai Adsorben Logam Berat pada Air. *Gunung Djati Conference Series*, 7, 8–24.
- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(2), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Anwar, K. (2019). Isotermis dan Termodinamika Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat. In *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
- Asnan, H. H. M., Soh, S. K. C., Nor, W. F. K. W., Anuar, S. T., Osman, U. M., Razali, M. H., Rozaini, M. Z. H., & Shamsuddin, M. (2019). Surfactant-Bound  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Nanoparticles as Catalyst Support: Synthesis and Physicochemical Properties. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 23(5), 781–788. <https://doi.org/10.17576/mjas-2019-2305-03>
- Ayash, M. A.-E.-A. A., Elnasr, T. A. S., & Soliman, M. H. (2019). Removing Iron Ions Contaminants from Groundwater Using Modified Nano-Hydroxyapatite by Nano Manganese Oxide. *Journal of Water Resource and Protection*, 11, 789–809. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.116048>
- Darusman, F., Silvianti, T. A., & Soewondo, B. P. (2020). Pengaruh Konsentrasi Betasiklodekstrin terhadap Kelarutan Ibuprofen dan Penentuan Parameter Termodinamika Pembentukan Kompleks Inklusi Ibuprofen- $\beta$ -Siklodekstrin. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 3(2), 64–73. <https://doi.org/10.29313/jiff.v3i2.5812>
- Dewi, S. H., & Ridwan. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136–140.
- Ermadiana, Y., Budi, E., & Sugihartono, I. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* ( $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaSO}_4$ ) terhadap Morfologi Permukaan pada Pembentukan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN dengan Metode Elektrodeposisi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 6, SNF2017-MPS-1-SNF2017-MPS-4. <https://doi.org/10.21009/03.snf2017.02.mps.01>
- Frid, P., Anisimov, S. V., & Popovic, N. (2007). Congo Red and Protein Aggregation in Neurodegenerative Diseases. *Brain Research Reviews*, 53(1), 135–160. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.08.001>

- Ganapathe, L. S., Mohamed, M. A., Yunus, R. M., & Berhanuddin, D. D. (2020). Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Nanoparticles in Biomedical Application: From Synthesis to Surface Functionalisation. *Magnetochemistry*, 6(68), 1–35. <https://doi.org/10.3390/magnetochemistry6040068>
- Herlina, R., Masri, M., & Sudding. (2017). Studi Adsorpsi Dedak Padi terhadap Zat Warna *Congo Red* di Kabupaten Wajo. *Jurnal Chemica*, 18(1), 16–25.
- Husain, S., Suryajaya, Haryanti, N. H., Manik, T. N., Sudarningsih, Rodiansono, Hutasoit, S. M., & Riyanto, A. (2019). Potensi Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @C dari Bijih Besi Sebagai Pendeteksi Kadar Glukosa. *Positron*, 9(2), 44–52. <https://doi.org/10.26418/positron.v9i2.32771>
- Hutabarat, B. H. Y. (2023). *Sintesis Komposit Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /SDS sebagai Adsorben untuk Mengadsorpsi Metilen Biru.*
- Iftyna, D., Susanti, R., & Aprilianto, E. (2019). Sintesis Adsorben Komposit  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  Modifikasi Kuersetin untuk Mengurangi Limbah Tekstil Kongo Merah. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 4, 5–8.
- Indrayana, I. P. T. (2019). *Review  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari Pasir Besi: Sintesis, Karakterisasi, dan Fungsionalisasi hingga Aplikasinya dalam Bidang Nanoteknologi Maju.* *Jurnal UNIERA*, 8(2), 65–75.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>
- Januariawan, I. W., Suyasa, I. W. B., & Gunawan, I. W. G. (2019). Biodegradasi *Congo Red* Menggunakan Biofilm yang Ditumbuhkan dengan Inokulum Suspensi Aktif pada Permukaan Batu Vulkanik. *Cakra Kimia*, 7(1), 36–45.
- Kusumaningtyas, M. P. (2017). *Analisis Struktur Nano Batu Apung Lombok Menggunakan Metode BET (Brunauer-Emmet Teller).* <https://repository.its.ac.id/3253/7/1112100035-Undergraduate-Theses.pdf>
- Liosis, C., Papadopoulou, A., Karvelas, E., Karakasidis, T. E., & Sarris, I. E. (2021). Heavy Metal Adsorption Using Magnetic Nanoparticles for Water Purification: A Critical Review. *Materials*, 14(7500), 1–45. <https://doi.org/10.3390/ma14247500>
- Litefti, K., Freire, M. S., Stitou, M., & González-Álvarez, J. (2019). Adsorption of An Anionic Dye (*Congo red*) from Aqueous Solutions by Pine Bark. *Scientific Reports*, 9(16530), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53046-z>
- Maylani, A. S., Sulistyaningsih, T., & Kusumastuti, E. (2016). Preparasi Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2), 130–135. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs%0APREPARASI>
- Mohammad, H. M., Saeed, S. I., & Ahmed, L. M. (2022). Broccoli-like Iron Oxide

- Nanoparticles Synthesis in Presence of Surfactants and Using Them in the Removal of Water-Colored Contamination. *Journal of Nanostructures*, 12(4), 1034–1048. <https://doi.org/10.22052/JNS.2022.04.024>
- Murraya, Taufiq-Spj, N., & Supriyantini, E. (2018). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dalam Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo, Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(2), 133–140. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>
- Neolaka, Y. A. B., Lawa, Y., Naat, J. N., Nubatonis, Y. K., & Riwu, A. A. P. (2019). Studi Termodinamika Adsorpsi Pb(II) Menggunakan Adsorben Magnetik GO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang disintesis dari Kayu Kusambi (*Schleichera oleosa*). *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 2(2), 49–51.
- Permana, B., Saragi, T., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., & Risdiana. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnetik dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 7(2), 17–20. <https://doi.org/10.24198/jmei.v7i02.15393>
- Prasetyowati, R., Widiawati, D., Swastika, P. E., Ariswan, & Warsono. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Berbasis Pasir Besi Pantai Glagah Kulon Progo dengan Metode Kopresipitasi pada Berbagai Variasi Konsentrasi NH<sub>4</sub>OH. *Jurnal Sains Dasar*, 10(2), 57–61.
- Rahmayanti, M. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Metode Sonokimia. *Al Ulum: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 26–31. <https://doi.org/10.31602/ajst.v6i1.3659>
- Razak, A. A. A., & Rohani, S. (2018). Sodium Dodecyl Sulfate-Modified Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Molecular Sieves for Removal of Rhodamine B Dyes. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/3849867>
- Rismawati, Armid, & Amiruddin. (2012). Analisis Residu Detergen Anionik Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Progres Kimia Sains*, 2(1), 45–50.
- Shariati, S., Faraji, M., Yamini, Y., & Rajabi, A. A. (2011). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles Modified with Sodium Dodecyl Sulfate for Removal of Safranin O Dye from Aqueous Solutions. *Desalination*, 270(1–3), 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.11.040>
- Tamjidi, S., & Esmaili, H. (2019). Chemically Modified CaO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanocomposite by Sodium Dodecyl Sulfate for Cr(III) Removal from Water. *Chemical Engineering and Technology*, 42(3), 607–616. <https://doi.org/10.1002/ceat.201800488>
- Tebriani, S. (2019). Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus Continue Direct Current. *Natural Science Journal*, 5(1), 722–730.
- Wardiyati, S., Fisli, A., & Ridwan. (2011). Penyerapan Logam Ni dalam Larutan oleh Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Karbon Aktif. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(3), 224–

228.

- Wibowo, E. A. P., Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono HP, D. S., & Rizkita, A. D. (2017). Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) dan Logam Tembaga (Cu) pada Air Embung Menggunakan Adsorben Nanosilika. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(2), 131–134. <https://doi.org/10.35799/jis.17.2.2017.17284>
- Widiastuti, N., Setiawan, T. A., Haris, & Setyaningsih, E. P. (2019). Adsorpsi Metilen Biru dan Kongo Merah pada Zeolit-X Hasil Sintesis dari Abu Dasar. *SPECTA Journal of Technology*, 3(3), 20–35. <https://doi.org/10.35718/specta.v3i3.157>
- Zhou, Y., Ge, L., Fan, N., & Xia, M. (2018). Adsorption of Congo red from Aqueous Solution onto Shrimp Shell Powder. *Adsorption Science and Technology*, 36(5–6), 1310–1330. <https://doi.org/10.1177/0263617418768945>
- Zhu, H. Y., Fu, Y. Q., Jiang, R., Jiang, J. H., Xiao, L., Zeng, G. M., Zhao, S. L., & Wang, Y. (2011). Adsorption Removal of Congo Red onto Magnetic Cellulose/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Activated Carbon Composite: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies. *Chemical Engineering Journal*, 173(2), 494–502. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.08.020>