

**PENGARUH PERBANDINGAN BERAT SDS TERHADAP KINERJA  
KOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS UNTUK ADSORPSI *CONGO RED***

**SKRIPSI**

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



**OLEH:  
MAZNAH FAZURAH  
08031281924042**

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

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH PERBANDINGAN BERAT SDS TERHADAP KINERJA  
KOMPOSIT Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS UNTUK ADSORPSI CONGO RED**

**SKRIPSI**

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

**OLEH:**

**MAZNAH FAZURAH**

**08031281924042**

**Indralaya, 15 Juli 2024**

**Pembimbing**



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

**NIP. 197304031999032001**

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**



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

**NIP. 197411191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Maznah Fazurah (08031281924042) dengan judul "Pengaruh Perbandingan Berat SDS terhadap Kinerja Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS untuk Adsorpsi 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. Suheryanto, M.Si.**

NIP. 196006251989031006

Sekretaris:

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

NIP. 197409282000121001

Pembimbing:

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

NIP. 197304031999032001

Penguji:

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

NIP. 197307261999032001

2. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.**

NIP. 197211092000032001

( *Shuja* )


( *Ar* )


( *Jia* )

( *SA* )

( *Mupah* )

Mengetahui,

**Dean 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 : Maznah Fazurah  
NIM : 08031281924042  
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,



Maznah Fazurah

NIM. 08031281924042

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

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

Nama Mahasiswa : Maznah Fazurah  
NIM : 08031281924042  
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 “Pengaruh Perbandingan Berat SDS terhadap Kinerja Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS untuk Adsorpsi *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,



Maznah Fazurah

NIM. 08031281924042

## HALAMAN PERSEMBAHAN

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

**Quran 94:6**

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Ibu, Ayah, Ifa, 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 “Pengaruh Perbandingan Berat SDS terhadap Kinerja Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS untuk Adsorpsi *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, Ifa, 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. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si., Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si., Ibu Dr. Nova Yuliasari, M.Si., dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, 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 'Sriwijaya' written in a cursive style.

Penulis



## SUMMARY

### THE EFFECT OF SDS WEIGHT COMPARISON ON THE PERFORMANCE OF Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS COMPOSITE FOR CONGO RED ADSORPTION

Maznah Fazurah: Supervised by Dr. Widia Purwaningrum, M.Si

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

xvi+81 pages, 14 pictures, 8 tables, 14 attachments

Dyes are used in various industries to color products. In the textile industry, the dye that is widely used is congo red, which is a carcinogen and toxic to many organisms, so it requires processing. The most common method used to remove congo red dye is the adsorption method. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> can be used as an adsorbent because it has high magnetic properties but is easily oxidized and agglomerated so surface modification is required using sodium dodecyl sulfate (SDS). In this research, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS composite was synthesized with varying weight ratios of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites were synthesized using the coprecipitation method and characterized by XRD, BET, VSM and FTIR. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites were used as adsorbents in the congo red dye adsorption process with variations in contact time, concentration, and temperature. The XRD characterization results of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites show diffraction peaks similar to JCPDS 65-3107 from Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. The BET characterization results show that the surface area of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites is 45.538 m<sup>2</sup>/g and 51.891 m<sup>2</sup>/g. VSM characterization results showed that the magnetization values of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites were 60.14 emu/g and 50.48 emu/g. FTIR characterization results show the presence of Fe-O groups at wave numbers 567.07 cm<sup>-1</sup>, 432.05 cm<sup>-1</sup>, 563.21 cm<sup>-1</sup> and S=O bonds from SDS compounds at wave numbers 1018.41 cm<sup>-1</sup>, 1076.28 cm<sup>-1</sup>, 1219.01 cm<sup>-1</sup>, 1072.42 cm<sup>-1</sup>. The pH<sub>pzc</sub> values of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites are 7.9 and 8.5. The optimum conditions for the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS composite (2:1) in adsorbing congo red dye were at a contact time of 60 minutes, a concentration of congo red solution of 275 mg/L and a temperature of 30°C. The optimum conditions for the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:3) composite in adsorbing congo red dye were at a contact time of 60 minutes, congo red solution concentration of 250 mg/L and temperature of 40°C. Pseudo second order adsorption kinetics is more suitable to explain the adsorption process of congo red dye with R<sup>2</sup> and Q<sub>e</sub> values of 0.9969 and 6.1162 mg/g for the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) composite, and 0.951 and 5.2356 mg/g for Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:3) composite. The adsorption isotherm of congo red dye for the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) composite leads to the Freundlich isotherm model where the K<sub>F</sub> value is 2.2413 mg/g, while for the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:3) composite it leads to the Langmuir isotherm model where the value Q<sub>m</sub> was 26.8097 mg/g. The congo red dye adsorption process using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) and (2:3) composites has ΔH of -15.977 kJ/mol and -4.456 kJ/mol, ΔS of -0.066 J/K.mol and -0.031 J/K.mol, and ΔG are positive so that the adsorption process takes place exothermically and occurs non-spontaneously.

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

## RINGKASAN

### PENGARUH PERBANDINGAN BERAT SDS TERHADAP KINERJA KOMPOSIT Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS UNTUK ADSORPSI *CONGO RED*

Maznah Fazurah: dibimbing oleh Dr. Widia Purwaningrum, M.Si

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

xvi+81 halaman, 14 gambar, 8 tabel, 14 lampiran

Zat warna digunakan pada berbagai industri untuk mewarnai produk. Pada industri tekstil, zat warna yang banyak digunakan adalah zat warna *congo red* yang bersifat karsinogen dan beracun bagi banyak organisme sehingga perlu adanya pengolahan. Metode yang paling umum digunakan untuk menghilangkan zat warna *congo red* adalah metode adsorpsi. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki sifat magnetik yang tinggi namun mudah teroksidasi dan teraglomerasi sehingga diperlukan modifikasi permukaan dengan menggunakan sodium dodesil sulfat (SDS). Maka pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS dengan variasi perbandingan berat Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3). Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan dikarakterisasi dengan XRD, BET, VSM dan FTIR. Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi zat warna *congo red* dengan variasi waktu kontak, konsentrasi dan temperatur. Hasil karakterisasi XRD komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) menunjukkan puncak difraksi yang mirip dengan JCPDS 65-3107 dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Hasil karakterisasi BET menunjukkan luas permukaan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) sebesar 45,538 m<sup>2</sup>/g dan 51,891 m<sup>2</sup>/g. Hasil karakterisasi VSM didapatkan nilai magnetisasi komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) sebesar 60,14 emu/g dan 50,48 emu/g. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus Fe-O pada bilangan gelombang 567,07 cm<sup>-1</sup>, 432,05 cm<sup>-1</sup>, 563,21 cm<sup>-1</sup> dan ikatan S=O dari senyawa SDS pada bilangan gelombang 1018,41 cm<sup>-1</sup>, 1076,28 cm<sup>-1</sup>, 1219,01 cm<sup>-1</sup>, 1072,42 cm<sup>-1</sup>. Nilai pH<sub>pzc</sub> dari komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) sebesar 7,9 dan 8,5. Kondisi optimum komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dalam mengadsorpsi zat warna *congo red* pada waktu kontak 60 menit, konsentrasi larutan *congo red* 275 mg/L dan temperatur 30°C. Kondisi optimum komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:3) dalam mengadsorpsi zat warna *congo red* pada waktu kontak 60 menit, konsentrasi larutan *congo red* 250 mg/L dan temperatur 40°C. Kinetika adsorpsi dari penelitian ini merujuk ke kinetika *pseudo second order* dengan nilai R<sup>2</sup> dan Q<sub>e</sub> sebesar 0,9969 dan 6,1162 mg/g untuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1), dan 0,951 dan 5,2356 mg/g untuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:3). Isoterm adsorpsi zat warna *congo red* untuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) mengarah pada model isoterm Freudlich dimana nilai K<sub>F</sub> sebesar 2,2413 mg/g, sedangkan untuk komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:3) mengarah pada model isoterm Langmuir dimana nilai Q<sub>m</sub> sebesar 26,8097 mg/g. Proses adsorpsi zat warna *congo red* menggunakan komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS (2:1) dan (2:3) memiliki ΔH sebesar -15,977 kJ/mol dan -4,456 kJ/mol, ΔS sebesar -0,066 J/K.mol dan -0,031 J/K.mol, dan ΔG bernilai positif sehingga proses adsorpsi berlangsung secara eksotermik dan terjadi secara tidak spontan.

**Kata Kunci:** Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-SDS, kopresipitasi, *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>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</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).....	5
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) .....	11
2.12	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	12
2.13	<i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FT-IR) .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>14</b>
3.1	Waktu dan Tempat .....	14
3.2	Alat dan Bahan.....	14
3.2.1	Alat .....	14
3.2.2	Bahan.....	14
3.3	Prosedur Penelitian .....	14
3.3.1	Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1).....	14
3.3.2	Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	15
3.4	Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	15
3.5	Penentuan pH <sub>pzc</sub> (pH <i>point zero charge</i> ).....	16
3.6	Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Standar <i>Congo Red</i> .....	16
3.6.1	Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum <i>Congo Red</i> .....	16
3.6.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	16
3.7	Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	16
3.7.1	Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	16
3.7.2	Penentuan Konsentrasi Optimum.....	17
3.7.3	Penentuan Temperatur Optimum.....	17
3.8	Analisis Data.....	17

3.8.1 Analisis Karakterisasi Hasil Sintesis.....	17
3.8.2 Penentuan Kinetika Adsorpsi .....	18
3.8.3 Penentuan Isoterm Adsorpsi .....	18
3.8.4 Penentuan Termodinamika Adsorpsi .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>20</b>
4.1 Hasil Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3)....	20
4.2 Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) Menggunakan XRD .....	20
4.3 Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) Menggunakan BET .....	22
4.4 Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) Menggunakan VSM.....	22
4.5 Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan FTIR.....	23
4.6 Penentuan pH <sub>pzc</sub> (pH <i>point zero charge</i> ).....	26
4.7 Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	26
4.8 Penentuan Kinetika Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	28
4.9 Penentuan Konsentrasi Optimum .....	28
4.10 Penentuan Isoterm Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	29
4.11 Penentuan Temperatur Optimum .....	30
4.12 Penentuan Termodinamika Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	31
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>39</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Zat Warna <i>Congo Red</i> (Fardood <i>et al.</i> , 2019).....	4
Gambar 2. Struktur Kristal Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> : (a) <i>Ball and Stick Model</i> dan (b) Geometri Tetahedral dan Oktahedral untuk Struktur Invers Spinel (Indrayana, 2019).....	5
Gambar 3. Struktur Sodium Dodesil Sulfat (Yallappa <i>et al.</i> , 2019).....	6
Gambar 4. Karakterisasi XRD dari Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Yusmaniar <i>et al.</i> , 2017).....	10
Gambar 5. Karakterisasi VSM Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (Mostafapour <i>et al.</i> , 2023) .....	12
Gambar 6. a) Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) b) Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	20
Gambar 7. Pola Difraksi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	21
Gambar 8. Kurva Karakterisasi VSM Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	23
Gambar 9. Spektrum FTIR Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	24
Gambar 10. Spektrum FTIR Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	24
Gambar 11. Kurva pH <sub>pzc</sub> Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	26
Gambar 12. Kurva Variasi Waktu Kontak Adsorpsi Zat warna <i>Congo Red</i> dengan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	27
Gambar 13. Kurva Variasi Konsentrasi Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> dengan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	29
Gambar 14. Kurva Variasi Temperatur Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> dengan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	31

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis Adsorpsi .....	7
Tabel 2. Difraktogram Sudut $2\theta$ Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) Dibandingkan dengan Data JCPDS .....	21
Tabel 3. Hasil Perhitungan Ukuran Kristal Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3).....	21
Tabel 4. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) Menggunakan BET .....	22
Tabel 5. Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan FTIR .....	25
Tabel 6. Data Parameter Kinetika Adsorpsi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) terhadap <i>Congo Red</i> .....	28
Tabel 7. Data Parameter Isoterm Adsorpsi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) terhadap <i>Congo Red</i> .....	29
Tabel 8. Data Parameter Termodinamika Adsorpsi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) terhadap <i>Congo Red</i> .....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Perbandingan Massa Pembentukan Adsorben dan % Rendemen.....	40
Lampiran 2. Diagram Alir Sintesis Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	42
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) Menggunakan XRD .....	44
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) Menggunakan BET .....	52
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) sebelum Adsorpsi dan sesudah Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan FTIR .....	54
Lampiran 6. pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) pada Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3).....	56
Lampiran 7. Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna <i>Congo Red</i> .....	57
Lampiran 8. Pengaruh Variasi Waktu Kontak pada Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) terhadap Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	58
Lampiran 9. Data Kinetika Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	61
Lampiran 10. Pengaruh Variasi Konsentrasi pada Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) terhadap Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	65
Lampiran 11. Data Isoterm Adsorpsi Zat warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	68
Lampiran 12. Pengaruh Variasi Temperatur pada Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) terhadap Adsorpsi <i>Congo Red</i> .....	73
Lampiran 13. Data Termodinamika Adsorpsi <i>Congo Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	76
Lampiran 14. Gambar Penelitian Adsorpsi Zat Warna <i>Congo Red</i> Menggunakan Komposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:1) dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -SDS (2:3) .....	79



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ekonomi dan pesatnya pertumbuhan industri berkontribusi pada produksi air limbah yang mengandung polutan organik dan anorganik, yang bila dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan masalah serius bagi kesehatan manusia, sumber daya air, dan organisme hidup lainnya (Fang *et al.*, 2017). Zat warna digunakan pada berbagai industri mewarnai produk. Pada industri tekstil, zat warna yang banyak digunakan salah satunya yaitu zat warna *congo red* dimana merupakan pewarna diazo anionik dengan kerangka dasar benzidin. *Congo red* bersifat karsinogen dan beracun bagi banyak organisme. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan limbah zat warna *congo red* (Shaker *et al.*, 2013).

Metode yang paling umum digunakan untuk menghilangkan zat warna *congo red* merupakan metode adsorpsi (Sari dkk., 2013). Metode adsorpsi adalah metode yang efisien, efektif, dan mudah diterapkan untuk mengurangi pencemaran limbah zat warna *congo red* (Iftyna dkk., 2019). Berbagai adsorben telah diuji dan digunakan untuk menghilangkan zat warna *congo red* pada air yang tercemar seperti dedak padi (Herlina dkk., 2017), kitosan yang dimodifikasi dengan monmorillonit (Sari dkk., 2013), zeolit-X yang disintesis dari abu dasar (Widiastuti dkk., 2019), komposit selulosa magnetik/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/karbon aktif (Zhu *et al.*, 2011), dan komposit  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> dengan modifikasi kuersetin (Iftyna dkk., 2019). Kinerja adsorben dalam menyerap suatu adsorbat dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor yaitu interaksi ionik adsorben dan adsorbat, gaya Van der Waals, ikatan hidrogen dan adanya pori-pori yang dimiliki suatu adsorben (Panda *et al.*, 2021).

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat digunakan sebagai adsorben dikarenakan mempunyai sifat toksisitas yang rendah, biokompatibel serta ramah lingkungan. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat diaplikasikan secara luas karena memiliki sifat magnetik yang tinggi (Husain dkk., 2019). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> telah banyak digunakan sebagai adsorben seperti pada adsorpsi *methylene blue* dengan kapasitas adsorpsi yang didapat sebesar 43,86 mg/g (Agnestisia, 2017) dan adsorpsi ion logam berat Cr(VI) dengan kapasitas adsorpsi yang didapat sebesar 201,55 mg/g (Zhou *et al.*, 2020). Pada penelitian Sartika dkk. (2019), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> disintesis menggunakan metode

kopresipitasi dimana metode tersebut merupakan metode yang paling ekonomis, efisien dan paling sederhana (Sartika dkk., 2019).

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah oksida besi yang mudah teroksidasi sehingga perlu perlakuan lebih lanjut pada saat sintesis untuk mencegah  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  teroksidasi dan teraglomerasi melalui modifikasi permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan bahan organik (Novita & Astuti, 2023). Sodium dodesil sulfat (SDS) merupakan senyawa organik yang berfungsi untuk mengurangi terjadinya aglomerasi antar partikel serta memperkecil dan mengontrol ukuran partikel yang terbentuk (Ermadiana dkk., 2017). Berdasarkan penelitian Shariati *et al* (2011), banyaknya berat SDS pada komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS berpengaruh terhadap adsorpsi zat warna. Shariati *et al* (2011) telah melakukan penelitian terkait pengaruh berat SDS terhadap adsorpsi zat warna kationik *safranin O* menggunakan adsorben  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS dengan perbandingan berat optimum 4:1 diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 769,23 mg/g (Shariati *et al.*, 2011).

Berdasarkan latar belakang tersebut, untuk menentukan adanya pengaruh perbandingan berat SDS terhadap kinerja komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS untuk adsorpsi *congo red* maka pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS dengan variasi perbandingan berat  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  lebih banyak dari SDS (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  lebih sedikit dari SDS (2:3). Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS diaplikasikan untuk adsorpsi zat warna *congo red* dengan variasi waktu kontak, konsentrasi dan temperatur. Hasil sintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Brunaur-Emmet-Teller* (BET), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dan *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) hasil sintesis?
2. Bagaimana pengaruh perbandingan berat SDS terhadap kinerja komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3) pada penyerapan zat warna *congo red*?
3. Bagaimana kinetika, isoterm, dan termodinamika adsorpsi *congo red* menggunakan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -SDS (2:3)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:3) serta menentukan karakteristiknya.
2. Menentukan pengaruh perbandingan berat SDS terhadap kinerja komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:3) pada penyerapan zat warna *congo red*.
3. Menentukan kinetika, isoterm, dan termodinamika adsorpsi *congo red* menggunakan komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:3).

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi tentang efektivitas  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SDS}$  (2:1) dan (2:3) sebagai adsorben zat warna *congo red* untuk mengurangi pencemaran air oleh limbah zat warna *congo red*.

## 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.
- 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>
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., & Kartika, A. M. R. (2015). Pembuatan *Prototipe Vibrating Sample Magnetometer* untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah - Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir 2015*, 57–66.
- 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>
- 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>
- Fang, Q., Duan, S., Zhang, J., Li, J., & Leung, K. C. F. (2017). Dual Shelled  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /Polydopamine Hollow Microspheres as An Effective Eu(III) Adsorbent. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(6), 2947–2958. <https://doi.org/10.1039/c6ta09968h>
- Fardood, S. T., Moradnia, F., & Ramazani, A. (2019). Green synthesis and characterisation of  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  nanoparticles for photocatalytic degradation of Congo red dye and kinetic study. *Micro and Nano Letters*, 14(9), 986–991. <https://doi.org/10.1049/mnl.2019.0071>
- Herawati, D., Santoso, S. D., & Amalina, I. (2018). Kondisi Optimum Adsorpsi-Fluidisasi Zat Warna Limbah Tekstil Menggunakan Adsorben Jantung Pisang. *Jurnal SainHealth*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.51804/jsh.v2i1.169.1-7>

- 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 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@C dari Bijih Besi Sebagai Pendeteksi Kadar Glukosa. *Positron*, 9(2), 44–52. <https://doi.org/10.26418/positron.v9i2.32771>
- Iftyna, D., Susanti, R., & Aprilianto, E. (2019). Sintesis Adsorben Komposit  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> Modifikasi Kuersetin untuk Mengurangi Limbah Tekstil Kongo Merah. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 4, 5–8.
- Indrayana, I. P. T. (2019). Review Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 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), 1–9. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>
- 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>
- Lestari, A. S., & Sartika, D. (2018). Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 11(1), 7–10.
- Li, Z., Gong, C., Huo, P., Deng, C., & Pu, S. (2020). Synthesis of Magnetic Core-Shell Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@PDA@Cu-MOFs Composites for Enrichment of Microcystin-LR by MALDI-TOF MS Analysis. *RSC Advances*, 10(49), 29061–29067. <https://doi.org/10.1039/d0ra04125d>
- 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>
- Liu, T., Sun, K., Zhang, Y., Liu, X., Wang, B., & Xu, C. (2017). Application and Mechanism of Anionic Collector Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) in Phosphate Beneficiation. *Minerals*, 7(29), 1–13. <https://doi.org/10.3390/min7020029>
- Maihendra, Fadli, A., & Zultiniar. (2016). Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb<sup>2+</sup> Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1–5.
- Maleki, S., Falaki, F., & Karimi, M. (2019). Synthesis of SDS Micelles-Coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> Magnetic Nanoparticles as An Excellent Adsorbent for Facile Removal and Concentration of Crystal Violet from Natural Water Samples. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 9(2), 129–139. <https://doi.org/10.1007/s40097-019-0303-z>

- Mariyanto, M., Ramadhan, D. V., Purba, T. R., & Nabilah, F. A. (2022). Analysis of Vibrating Sample Magnetometer (VSM) data of Brantas river sediments using HYSITS. *Journal of Physics: Conference Series*, 2309(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012025>
- 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>
- Mostafapour, F. K., Miri, A., Khatibi, A., Balarak, D., & Kyzas, G. Z. (2023). Survey of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles Modified with Sodium Dodecyl Sulfate for Removal P-Cresol and Pyrocatechol from Aqueous Solutions. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(6), 1–20. <https://doi.org/10.33263/BRIAC136.554>
- Noorhidayah, R., Musthafa, M. B., & Sisno. (2021). *Spektroskopi Fourier Transform Infrared* (FTIR) Asam Humat dari Kompos Kotoran Ayam dengan Biodekomposer Berbeda. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 23(1), 38–43. <https://doi.org/10.29244/jitl.23.1.38-43>
- Novita, D., & Astuti. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Sifat Optik Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@CQD (Carbon Quantum Dots). *Jurnal Fisika Unand*, 12(2), 311–316. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.310-315.2023>
- Nurhayati, I., Vigiani, S., & Majid, D. (2020). Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium dengan Pengenceran, Koagulasi dan Adsorpsi. *Ecotrophic*, 14(1), 74–87.
- 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 Sains Dan Teknologi*, 6(1), 26–31. <https://doi.org/10.31602/ajst.v6i1.3659>
- Rangkuti, R. M., Harsono, H., & Ghufron, M. (2018). Studi Karakterisasi Sintesis Nano Partikel ZnO Menggunakan Metode Kopresipitasi dengan Varian Konsentrasi Dopping Cu. *Setrum*, 7(2), 197–204.
- 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>
- Sari, R. P., Erdawati, & Santoso, I. (2013). Adsorpsi Zat Warna Congo Red

- Menggunakan Kitosan-MMT dengan Metode *Fixed-Bed Column*. *JRSKT*, 3(2), 326–333.
- Sartika, D., Malis, E., & Lestari, A. S. (2019). Studi Penyerapan Logam Berat Pb Menggunakan Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . *Journal of Physical Science and Engineering*, 4(1), 18–22. <https://doi.org/10.17977/um024v4i12019p018>
- Selfira, W., & Aini, S. (2021). Penguraian Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Fe}_2\text{O}_3$  dalam Silika Mesopori. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 10(1), 45–49. <https://doi.org/10.24036/p.v10i1.109591>
- Setiadi, E. A., Shabrina, N., Utami, H. R. B., Fahmi, N. F., Kato, T., Iwata, S., & Suharyadi, E. (2013). Sintesis Nanopartikel *Cobalt Ferrite* ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(1), 55–62.
- Shaker, S., Zafarian, S., Chakra, C. H. S., & Rao, K. V. (2013). Preparation And Characterization of Magnetite Nanoparticles by Sol-Gel Method for Water Treatment. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(7), 2969–2973. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.618.24>
- Shariati, S., Faraji, M., Yamini, Y., & Rajabi, A. A. (2011).  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  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>
- Soudani, N., Souissi-Najar, S., & Ouederni, A. (2013). Influence of Nitric Acid Concentration on Characteristics of Olive Stone Based Activated Carbon. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 21(12), 1425–1430. [https://doi.org/10.1016/S1004-9541\(13\)60638-2](https://doi.org/10.1016/S1004-9541(13)60638-2)
- Susanto, Prasdiantika, R., & Bolle, T. C. M. (2016). Pengaruh Pelarut Terhadap Dispersi Partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @Sitrak. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(4), 153–159.
- Suseno, J. E., & Firdausi, K. S. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*, 11(1), 23–28.
- Wen, X., Yan, C., Sun, N., Luo, T., Zhou, S., & Luo, W. (2018). A Biomass Cationic Adsorbent Prepared From Corn Stalk: Low-Cost Material and High Adsorption Capacity. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(4), 1642–1651. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-1072-8>
- Widayatno, T., Yuliatwati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23. [http://103.16.223.15/index.php/majalah\\_sains\\_tekgan/article/view/1673](http://103.16.223.15/index.php/majalah_sains_tekgan/article/view/1673)
- 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>
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia*, 4(2), 175–184. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.6119>
- Yallappa, H., Sannappa, J., Rani, N. S., Shivakumara, L. R., Rama, B. N. S., & Demappa, T. (2019). Electrical Conductivity and Dielectric Constant Studies of HPMC/PEG – SLS Solid Polymer Blend Films before and after Gamma irradiation. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6(2), 478–487.
- Yanlinastuti, & Fatimah, S. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Pusat Teknologi Bahan Nuklir*, 9(17), 22–33.
- Yulianis, Husna, R., Zulva, N. D. I., & Mahidin. (2022). Adsorpsi Ion Logam  $Fe^{3+}$  dalam Air Asam Tambang Menggunakan Nano Zeolite Alam. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 4(1), 29–38.
- Yusmaniar, Adi, W. A., Taryana, Y., & Muzaki, R. (2017). Synthesis and Characterization of Composite UPR/ $Fe_3O_4$  for Its Use as Electromagnetic Wave Absorber. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 196(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/196/1/012033>
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., & AB, S. (2020). Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) dengan Adsorben Tanah Diatomit secara Batch. *Konversi*, 9(12), 17–28.
- Zhou, Z., Liu, X., Zhang, M., Jiao, J., Zhang, H., Du, J., Zhang, B., & Ren, Z. (2020). Preparation of Highly Efficient Ion-Imprinted Polymers with  $Fe_3O_4$  Nanoparticles as Carrier for Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution. *Science of the Total Environment*, 699(Vi), 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134334>
- 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/ $Fe_3O_4$ /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>