

**SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIT MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT KELENGKENG (*Dimocarpus longan*) DAN APLIKASINYA
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *CONGO RED* DALAM SISTEM
MULTIKOMPONEN**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



Oleh:

**Sarah Nurul Fadhilah
21106030064**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1831/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Nanopartikel Magnetit menggunakan Ekstrak Kulit Kelengkeng (*Dimocarpus Longan*) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Congo Red dalam Sistem Multikomponen

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SARAH NURUL FADHILAH
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030064
Telah diujikan pada : Senin, 04 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a567a1b64e



Penguji I
Dr. Imelda Fajriati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a55e5b00808



Penguji II
Khamidinal, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a54b813530e



Yogyakarta, 04 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a726d3478f3

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Sarah Nurul Fadhilah
NIM : 21106030064
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis Nanopartikel Magnetit menggunakan Ekstrak Kulit Kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Congo Red dalam Sistem Multikomponen”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 28 Juli 2025



Sarah Nurul Fadhilah
NIM. 21106030064

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/RO

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Sarah Nurul Fadhilah
NIM : 211060300064
Judul Skripsi : Sintesis Nanopartikel Magnetit menggunakan Ekstrak Kulit Kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna *Congo Red* dalam Sistem Multikomponen

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 28 Juli 2025

Pembimbing

Prof. Dr. Maya Rahmmayanti, M.Si.
NIP: 198106272006042003

HALAMAN MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.” (Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“Bila esok nanti kau sudah lebih baik, jangan lupakan masa-masa sulitmu. Ceritakan kembali pada dunia, caramu merubah peluh jadi senyuman.” (Andmesh Kamaleng)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk almamater tercinta Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dan skripsi yang berjudul “Sintesis Nanopartikel Magnetit menggunakan Ekstrak Kulit Kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna *Congo Red* dalam Sistem Multikomponen”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan dan kesulitan yang penulis hadapi. Namun, berkat adanya bimbingan, dukungan, motivasi, serta doa dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini dapat selesai dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi, M.A., M.Phil., Ph.D. selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, nasihat, dan dukungan kepada penulis selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
5. Segenap PLP Laboratorium Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Sriyanto dan Ibu Haryanti yang selalu melangitkan doa, memberikan semangat, nasihat, serta dukungan kepada penulis baik dari segi finansial maupun psikis. Penulis sangat berterimakasih karena Bapak dan Ibu banyak sekali berjuang, berkorban, dan bekerja keras demi mengantarkan penulis merasakan bangku perkuliahan. Semoga Bapak dan Ibu diberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak.
7. Teman se-kost, Shinta Risky yang telah membantu, memberi semangat, dan kebersamai selama di Jogja.
8. Teman sebimbingan dan penelitian, Binti Handewi terima kasih karena telah menjadi *partner* yang baik selama penelitian dari awal sampai akhir walaupun banyak sekali lika-likunya.
9. Teman-teman Tatirasa (Shinta, Hesti, Salsa), yang telah berjuang bersama dan menjadi tempat berkeluh kesah. Senang bisa berkenalan dan berteman dengan kalian selama masa perkuliahan ini.
10. Segenap teman-teman KRS (Mita, Shinta, Ana, Antin, Rikma, Nilam, Galuh) yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan.

11. Teman-teman Scandium Program Studi Kimia 2021 yang telah berjuang bersama-sama dari awal perkuliahan, terima kasih telah kebersamai selama masa perkuliahan.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya selama penyelesaian penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan. Demikian, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi banyak orang.

Penulis,

Sarah Nurul Fadhillah



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	7
C. Rumusan Masalah.....	8
D. Tujuan Penelitian	8
E. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	10
A. Tinjauan Pustaka.....	10
B. Landasan Teori.....	14
1. Nanopartikel Magnetik	14
2. Zat Warna <i>Congo Red</i>	15
3. Kelengkeng	16
4. Ekstraksi.....	17
5. Kopresipitasi	18
6. Diagram Pourbaix Fe	20
7. Adsorpsi	21
8. Spektrofotometer UV-Visible	24
9. Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	26
10. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	27
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
A. Waktu dan Tempat Penelitian	33
B. Alat dan Bahan Penelitian	33
C. Prosedur Kerja Penelitian	34
D. Teknik Analisis Data	38
BAB IV PEMBAHASAN.....	40
A. Sintesis MNPs-DL menggunakan Ekstrak Kulit Kelengkeng (<i>Dimocarpus longan</i>).....	40
B. Karakterisasi MNPs-DL	44
C. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Kurva Standar Zat Warna <i>Congo Red</i>	51
D. Pengaruh pH <i>Congo Red</i> terhadap Proses Adsorpsi <i>Congo Red</i> pada MNPs-DL	52
E. Kinetika Adsorpsi MNPs-DL terhadap Zat Warna <i>Congo Red</i> pada Sistem Tunggal	58
F. Isoterm Adsorpsi MNPs-DL terhadap Zat Warna <i>Congo Red</i> pada Sistem Tunggal dan Sistem Multikomponen.....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	82
CURRICULUM VITAE	93

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Kimia Zat Warna <i>Congo Red</i>	15
Gambar 2.2.	Buah Kelengkeng.....	16
Gambar 2.3.	Diagram Pourbaix Fe.....	20
Gambar 4.1.	Mekanisme reaksi sintesis nanopartikel magnetit	42
Gambar 4.2.	Skema sintesis MNPs-DL	43
Gambar 4.3.	MNPs-DL yang tertarik oleh medan magnet eksternal	44
Gambar 4.4.	Spektra FTIR adsorben MNPs-DL, Fe ₃ O ₄ murni, dan ekstrak kulit kelengkeng	45
Gambar 4.5.	Difraktogram XRD MNPs-DL	47
Gambar 4.6.	Spektra FTIR MNPs-DL sebelum dan sesudah adsorpsi.....	50
Gambar 4.7.	Kurva standar zat warna <i>congo red</i>	52
Gambar 4.8.	Grafik pengaruh variasi pH terhadap % teradsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh MNPs-DL	53
Gambar 4.9.	(a) Ikatan elektrostatik, (b) Penolakan ikatan elektrostatik, (c) Ikatan hidrogen, (d) Ikatan π - π	57
Gambar 4.10.	Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap konsentrasi <i>congo red</i> yang teradsorpsi oleh MNPs-DL	58
Gambar 4.11.	(a) Kinetika adsorpsi model PFO Lagergen (b) Model PSO Ho .	60
Gambar 4.12.	Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap % teradsorpsi <i>congo red</i> oleh MNPs-DL dalam sistem tunggal	62
Gambar 4.13.	Grafik isoterm adsorpsi pada sistem tunggal (a) Model isoterm Langmuir, (b) Model isoterm Freundlich.....	64
Gambar 4.14.	Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap % teradsorpsi <i>congo red</i> oleh MNPs-DL dalam sistem multikomponen.....	67
Gambar 4.15.	Grafik isoterm adsorpsi dalam sistem multikomponen (a) Model isoterm Langmuir, (b) Model isoterm Freundlich.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perbandingan ukuran kristal nanopartikel magnetit dengan berbagai ekstrak tanaman.....	48
Tabel 4.2. Perbandingan hasil pH optimum adsorpsi berbagai jenis zat warna dan adsorben yang berbeda.....	55
Tabel 4.3. Perhitungan dan perbandingan parameter adsorpsi model PFO Lagergen dan PSO Ho.....	61
Tabel 4.4. Perhitungan dan perbandingan parameter isoterm adsorpsi <i>congo red</i> dalam sistem tunggal menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich.....	65
Tabel 4.5. Perhitungan parameter isoterm adsorpsi <i>congo red</i> dalam sistem multikomponen menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	69



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan ukuran kristal MNPs-DL menggunakan persamaan Debye-Scherrer.....	82
Lampiran 2. Penentuan kurva standar zat warna <i>congo red</i>	82
Lampiran 3. Pengaruh pH <i>congo red</i> terhadap proses adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh MNPs-DL	84
Lampiran 4. Data perhitungan kinetika adsorpsi zat warna <i>congo red</i> oleh MNPs-DL.....	84
Lampiran 5. Data isoterm adsorpsi MNPs-DL terhadap zat warna <i>congo red</i> pada sistem tunggal.....	86
Lampiran 6. Data isoterm adsorpsi MNPs-DL terhadap zat warna <i>congo red</i> pada sistem multikomponen.....	89
Lampiran 7. Dokumentasi penelitian	92



ABSTRAK
SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIT MENGGUNAKAN EKSTRAK
KULIT KELENGKENG (*Dimocarpus longan*) DAN APLIKASINYA
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA CONGO RED DALAM SISTEM
MULTIKOMPONEN

Oleh:
Sarah Nurul Fadhillah
21106030064

Pembimbing:
Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si.

Penelitian ini dilakukan untuk mensintesis nanopartikel magnetit menggunakan ekstrak kulit kelengkeng (MNPs-DL) dan penerapannya sebagai adsorben zat warna *congo red* dalam sistem multikomponen. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkarakterisasi gugus fungsi dan kristalinitas dari MNPs-DL, menganalisis pengaruh pH terhadap adsorpsi zat warna *congo red*, serta mempelajari kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi MNPs-DL terhadap zat warna *congo red*. Sintesis MNPs-DL dilakukan menggunakan metode kopresipitasi terbalik dengan pelarut air pada suhu 60°C. MNPs-DL hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR dan XRD. Spektra FTIR menunjukkan bahwa terdapat ikatan inti Fe-O pada bilangan gelombang 594,08 cm⁻¹. Difraktogram XRD menunjukkan terdapat enam puncak difraksi (2θ) pada sudut 30,26°; 35,44°; 42,98°; 53,32°; 56,66°; dan 62,64°. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel magnetit pada penelitian ini berhasil disintesis dan tidak bercampur dengan oksida besi lainnya. Ukuran kristal MNPs-DL dihitung menggunakan persamaan Debye-Scherrer dan diperoleh hasil sebesar 2,03 nm. Kondisi optimum adsorpsi *congo red* oleh MNPs-DL terjadi pada pH 4 dan waktu 30 menit. Adsorpsi *congo red* oleh MNPs-DL mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu (PSO) Ho dan model isoterm adsorpsi Freundlich. Selama proses adsorpsi, MNPs-DL dan *congo red* diduga berinteraksi melalui mekanisme ikatan elektrostatik, ikatan hidrogen, dan ikatan π-π.

Kata Kunci: nanopartikel magnetit; adsorpsi; *congo red*

ABSTRACT
SYNTHESIS OF MAGNETITE NANOPARTICLES USING LONGAN
PEEL EXTRACT (*Dimocarpus longan*) AND IT APPLICATION AS
ADSORBENT FOR CONGO RED DYES IN MULTICOMPONENT
SYSTEMS

By:

Sarah Nurul Fadhilah

21106030064

Adviser:

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si.

This study was conducted to synthesize magnetite nanoparticles using longan peel extract (MNPs-DL) and to apply them as adsorbents for congo red dye in a multicomponent system. The objectives of this research were to characterize the functional groups and crystallinity of MNPs-DL, analyze the effect of pH on the adsorption of congo red dye, and investigate the adsorption kinetics and isotherms of MNPs-DL for congo red dye. The synthesis of MNPs-DL was carried out using a reverse co-precipitation method in water at 60°C. The synthesized MNPs-DL were characterized using FTIR and XRD instruments. The FTIR spectra revealed the presence of a core Fe–O bond at a wavenumber of 594.08 cm⁻¹. The XRD diffractogram showed six diffraction peaks (2θ) at angles of 30.26°, 35.44°, 42.98°, 53.32°, 56.66°, and 62.64°. These results indicate that the magnetite nanoparticles were successfully synthesized without contamination from other iron oxides. The crystal size of MNPs-DL was calculated using the Debye-Scherrer equation, yielding a value of 2.03 nm. The optimal adsorption conditions for congo red by MNPs-DL were achieved at pH 4 and a contact time of 30 minutes. The adsorption of congo red by MNPs-DL followed the pseudo-second-order (PSO) kinetic model proposed by Ho and the Freundlich adsorption isotherm model. During the adsorption process, MNPs-DL and congo red were presumed to interact through electrostatic attraction, hydrogen bonding, and π–π interactions.

Keywords: *magnetite nanoparticles; adsorption; congo red*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri tekstil di Indonesia semakin mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kebutuhan masyarakat akan sandang. Namun, meningkatnya industri tekstil di Indonesia memberikan dampak buruk bagi lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan tidak diolah dengan baik (Naimah *et al.*, 2014). Sebagian besar limbah cair industri tekstil tersebut mengandung zat warna sintetik yang digunakan ketika proses pewarnaan kain dan benang (Sutrisno *et al.*, 2016). Ketika proses pewarnaan tersebut, biasanya hanya sekitar 45% zat warna yang menempel pada kain, sedangkan sisanya akan terbuang pada proses pencucian (Rahmayanti *et al.*, 2023). Pengolahan limbah zat warna dari industri tekstil sangat penting dilakukan sebelum dibuang ke badan air, karena keberadaan zat warna sintetik dapat mengganggu transmisi cahaya dan menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut dalam air, pH menjadi asam, serta ekosistem air terganggu (Sutrisno *et al.*, 2016). Selain itu, zat warna sintetik juga sulit terdegradasi secara alami dan bersifat karsinogenik sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia (Syakina & Rahmayanti, 2023). Hal ini dikarenakan, di dalam zat warna sintetik mengandung senyawa aromatik yang memiliki satu atau lebih ikatan ($-N=N-$) yang terikat pada cincin aromatik (Anugrah 2019).

Zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil salah satunya adalah *congo red* (Mukhtar *et al.*, 2024). *Congo red* adalah senyawa organik tak jenuh yang mengandung kromofor dan auksokrom. Gugus kromofor merupakan bagian

molekul yang bertanggung jawab atas warna yang dihasilkan. Gugus kromofor yang terkandung dalam *congo red* adalah kromofor azo ($-N=N-$). Adapun gugus auksokrom adalah gugus yang berperan sebagai penguat warna dalam serat. Gugus auksokrom yang terdapat dalam zat warna *congo red* adalah $-NH_2$. Senyawa organik tak jenuh yang terlibat dalam pembentukan zat warna ini termasuk senyawa aromatik seperti hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya, serta senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Herlina *et al.*, 2017; Septiana, 2023). *Congo red* bersifat larut dalam air dan tidak dapat terdegradasi secara alami. Keberadaannya di perairan menyebabkan ketidakstabilan keseimbangan ekosistem perairan karena memiliki toksisitas yang cukup tinggi (Abate *et al.*, 2021).

Beberapa metode untuk menangani pencemaran zat warna pada limbah tekstil telah dikembangkan diantaranya dengan metode biologi, kimia, dan fisika. Metode biologi memiliki keuntungan dalam mendegradasi pewarna jika dibandingkan dengan proses kimia dan fisika, pada proses biologis produk samping yang dihasilkan bersifat non-toksik seperti CO_2 dan H_2O (Imron *et al.*, 2019). Namun, efisiensi penghilangan zat warna sintetis dengan metode biologi ini sering kali kurang efektif, karena zat warna sintetis bersifat tahan terhadap degradasi biologi (*recalcitrant*). Metode lain juga digunakan untuk menangani pencemaran limbah tekstil seperti ozonasi, elektrokimia, oksidasi, adsorpsi, elektrokoagulasi, kompleksasi, pertukaran ion, elektrodialisis, dan ekstraksi pelarut (Sari *et al.*, 2013). Akan tetapi, metode-metode tersebut masih memiliki beberapa kelemahan. Metode ozonisasi dan elektrokimia kurang cocok diterapkan pada industri batik karena tingginya biaya yang dihabiskan. Metode koagulasi dan filtrasi

menimbulkan masalah baru berupa lumpur dalam jumlah yang relatif banyak (Rahmayanti *et al.*, 2022).

Salah satu metode yang paling populer dan efektif dalam mereduksi limbah zat warna *congo red* di perairan adalah metode adsorpsi. Metode adsorpsi umumnya didasarkan pada interaksi antara logam dengan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan adsorben. Metode adsorpsi biasanya terjadi pada padatan yang memiliki gugus fungsi seperti -NH, -SH, -OH, dan -COOH (Mukhtar *et al.*, 2024). Keuntungan menggunakan metode adsorpsi yaitu biaya yang relatif murah, memiliki efisiensi tinggi pada larutan encer, dan meminimalisir pembentukan lumpur (Septiana, 2023). Selain itu, keuntungan lain dari metode ini adalah prosesnya yang lebih cepat dan murah. Akan tetapi, pada proses adsorpsi akan menghasilkan limbah berupa adsorben yang mengikat zat warna yang dapat menimbulkan permasalahan baru. Namun, permasalahan ini dapat diatasi dengan diregenerasi melalui proses desorpsi sehingga adsorben dan adsorbat dapat digunakan kembali. Oleh karena itu, sangat penting untuk mencari adsorben regenerasi yang ekonomis dan mudah disintesis (Rahmayanti *et al.*, 2022).

Nanopartikel menjadi salah satu adsorben yang menarik perhatian, karena nanopartikel ini memiliki aplikasi yang luas, seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis, dan biomedis. Nanopartikel biasanya berukuran 100 nm atau kurang serta memiliki ukuran, sifat fisik, kimia, optik, mekanik, dan magnetiknya yang unik (Khaira *et al.*, 2020). Nanopartikel dapat disintesis dengan menggunakan dua metode yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up*. Metode *top-down* dimulai dari material besar dan dipecahkan menjadi material nano melalui metode

fisik. Sebaliknya, metode *bottom-up* yakni pembuatan nanopartikel melalui atom dan molekul yang ukurannya semakin membesar (aglomerasi) dan dilakukan secara kimia menggunakan fasa larutan (Lalena *et al.*, 2007; Khaira *et al.*, 2020). Sintesis nanopartikel magnetik dapat dilakukan dengan metode konvensional, seperti sol-gel, dekomposisi termal, kopresipitasi, hidrotermal, mikro-emulsi, pembakaran, dan ultra-sonikasi. Namun demikian, metode tersebut memerlukan peralatan khusus, bahan kimia beracun, kondisi pengoperasian yang memakan banyak energi, dan biaya yang diperlukan sangat mahal. Selain itu, produk samping yang dihasilkan bersifat beracun dan dapat mencemari lingkungan (Dhar *et al.*, 2021)

Beberapa tahun terakhir, nanopartikel magnetik mendapat perhatian lebih untuk mengatasi masalah lingkungan karena lebih mudah untuk diregenerasi dan dipisahkan menggunakan medan magnet eksternal (Rahmayanti *et al.*, 2023). Selain itu, nanopartikel magnetik memiliki ukuran yang kecil, luas permukaan yang besar dan biaya sintesis yang murah (Hasnah, 2012). Salah satu senyawa nanopartikel magnetik yang sering dikembangkan dalam penelitian adalah Fe_3O_4 . Nanopartikel ini memiliki inti yang terbuat dari magnetit (Fe_3O_4), mempunyai sifat magnetik yang kuat sehingga permukaan magnetiknya bersifat reaktif dan memiliki luas permukaan yang besar.

Alternatif metode lain yang lebih ramah lingkungan untuk sintesis nanopartikel magnetit adalah *green synthesis*. *Green synthesis* adalah proses yang menggunakan metode ramah lingkungan dan meminimalisir penggunaan bahan kimia berbahaya atau proses berenergi untuk menyiapkan nanopartikel Fe_3O_4 (Lestari & Sartika, 2018; Hendrian & Munasir, 2023). *Green synthesis* termasuk ke

dalam metode *bottom-up*, maka agar ukuran partikel hanya sampai skala nanometer harus dihentikan proses pembesaran/aglomerasi dengan membuat lapisan pelindung pada permukaan nanopartikel. Lapisan pelindung ini umumnya terbuat dari polimer atau senyawa-senyawa kimia, namun dapat juga berasal dari senyawa fenolik yang terkandung dalam ekstrak tumbuhan (Khaira *et al.*, 2020)

Ekstrak tumbuhan memiliki kandungan metabolit sekunder seperti senyawa fenolik, tanin, dan saponin. Senyawa-senyawa tersebut bersifat hidrofobik dan memberikan efek hambatan sterik pada permukaan logam yang dapat mengontrol pertumbuhan partikel dan mencegah penggumpalan partikel logam selama proses sintesis (Syakina & Rahmayanti, 2023). Ekstrak tumbuhan akan bertindak sebagai *capping agent* pada saat sintesis nanopartikel magnetit. Peran *capping agent* adalah menstabilkan dan mencegah aglomerasi partikel melalui pembentukan hambatan sterik dan mengontrol pertumbuhan partikel dengan cara menurunkan energi permukaan partikel, sehingga agregasi partikel dapat dihindari (Yunita *et al.*, 2020).

Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam sintesis nanopartikel magnetit ini adalah kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*). Kelengkeng (*Dimocarpus longan*) merupakan tumbuhan subtropis yang banyak ditemukan di Cina, Thailand, India, dan negara-negara Asia Tenggara lainnya termasuk Indonesia. Selain diekspor sebagai buah segar, daging buah kelengkeng juga diolah menjadi beberapa produk pangan. Oleh karena itu, lebih dari ribuan ton kulit kelengkeng dibuang dan menjadi limbah setiap tahunnya (Phongtongpasuk *et al.*, 2017). Kulit kelengkeng memiliki senyawa fenolik yang merupakan senyawa bioaktif terbesar (Harmaiyani *et al.*, 2023). Hasil dari pengujian fitokimia kualitatif ekstrak kulit kelengkeng

menunjukkan bahwa terdapat kandungan zat bioaktif. Komponen bioaktif yang terkandung dalam ekstrak kulit kelengkeng adalah fenolik, tannin, flavonoid, dan triterpenoid (Tobaq *et al.*, 2023). Penelitian Jaitrong *et al.* (2017), melaporkan bahwa kandungan kimia dalam kulit kelengkeng adalah asam galat, glikosida, flavon, dan hidroksinamat dengan kandungan utama flavon berupa kuersetin dan kaemferol. Kulit kelengkeng dapat digunakan sebagai *capping agent* dalam sintesis nanopartikel magnetit karena mengandung metabolit sekunder berupa senyawa fenolik dan memiliki sifat larut dalam air. Semakin tinggi jumlah metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak tumbuhan yang berperan sebagai *capping agent*, maka semakin stabil pula ukuran nanopartikel yang dihasilkan (Oktavia & Sutoyo, 2021). Maka dari itu, pemanfaatan kulit kelengkeng sebagai *capping agent* dalam sintesis nanopartikel magnetit ini dapat membantu mengurangi limbah kulit kelengkeng.

Berdasarkan uraian masalah di atas, telah banyak penelitian yang menggunakan ekstrak tumbuhan untuk sintesis nanopartikel magnetik (MNPs). Namun, belum ada penelitian yang menggunakan ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) untuk mensintesis MNPs sebagai adsorben zat warna *congo red* dalam sistem multikomponen. Penelitian ini mengkaji dalam sistem multikomponen karena limbah cair dari industri tekstil umumnya terdiri dari campuran beberapa zat warna (Hajati *et al.*, 2014). Selain itu, penelitian ini mempelajari karakterisasi nanopartikel magnetit menggunakan ekstrak kulit kelengkeng yang disebut dengan MNPs-DL, serta dipelajari pengaruh pH dan waktu adsorpsi MNPs-DL dalam kemampuannya mengadsorpsi zat warna *congo*

red. Penelitian ini juga mempelajari kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi *congo red* pada MNPs-DL.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) yang digunakan pada penelitian ini diperoleh melalui metode ekstraksi menggunakan pelarut air.
2. Proses sintesis nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) (MNPs-DL) pada penelitian ini menggunakan metode kopresipitasi terbalik.
3. Zat warna yang digunakan dalam penelitian ini adalah *congo red* dan *methylene blue*.
4. Karakterisasi dan analisis kandungan nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dipelajari menggunakan instrumen FTIR dan XRD.
5. Studi mengenai pH optimum adsorpsi zat warna *congo red* pada nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dipelajari pada pH 2, 4, 6, 8, dan 10.
6. Studi kinetika adsorpsi *pseudo first-order* (PFO) Lagergen dan *pseudo second-order* (PSO) Ho dilakukan pada variasi waktu reaksi 5, 15, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit.
7. Studi isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dilakukan pada variasi konsentrasi *congo red* 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L.

8. Studi isoterm adsorpsi dalam sistem multikomponen dilakukan dengan menggunakan zat warna *congo red* dan *methylene blue*, dengan konsentrasi *methylene blue* dibuat tetap yaitu 5 mg/L.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi dan kristalinitas nanopartikel magnetit (MNPs) dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) berdasarkan spektrofotometer FTIR dan XRD?
2. Bagaimana kondisi pH dan waktu optimum adsorpsi zat warna *congo red* pada nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dalam sistem tunggal?
3. Bagaimana kinetika adsorpsi zat warna *congo red* oleh nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dalam sistem tunggal?
4. Bagaimana isoterm adsorpsi zat warna *congo red* pada nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dalam sistem tunggal dan sistem multikomponen?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan karakterisasi gugus fungsi dan kristalinitas pada nanopartikel magnetit (MNPs) dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) berdasarkan spektrofotometer FTIR dan difraktogram XRD.

2. Mempelajari kondisi pH dan waktu optimum adsorpsi zat warna *congo red* pada nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dalam sistem tunggal.
3. Melakukan analisis terhadap studi kinetika adsorpsi zat warna *congo red* oleh nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dalam sistem tunggal.
4. Melakukan analisis terhadap studi isoterm adsorpsi zat warna *congo red* pada nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng (*Dimocarpus longan*) dalam sistem tunggal dan sistem multikomponen.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait pemanfaatan nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit kelengkeng sebagai alternatif adsorben ramah lingkungan untuk mendegradasi zat warna sintetik.
2. Meningkatkan pemanfaatan limbah kulit kelengkeng sebagai adsorben zat warna *congo red*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakterisasi gugus fungsi MNPs-DL pada spektra FTIR menunjukkan puncak serapan khas magnetit dan senyawa organik ekstrak kulit kelengkeng. Serapan khas tersebut muncul pada bilangan gelombang 439,77, 594,08, 1054,85; 1354,85; 1629,83; dan 3271,11 cm^{-1} . Selanjutnya, karakterisasi pada difraktogram XRD menunjukkan terdapat enam puncak difraksi (2θ) pada sudut 30,26°; 35,44°; 42,98°; 53,32°; 56,66°; dan 62,64° dengan masing-masing indeks miller adalah (220), (311), (400), (422), (511), dan (440). Hasil difraktogram XRD MNPs-DL menunjukkan kesesuaian dengan data standar material Fe_3O_4 (JCPDS No. 19-0629). Ukuran kristal MNPs-DL hasil sintesis pada penelitian ini diperoleh ukuran rata-rata kristal sebesar 2,03 nm.
2. Pengaruh pH adsorpsi zat warna *congo red* pada MNPs-DL menunjukkan pH optimum adsorpsi yaitu pada kondisi asam dengan pH 4 dan % teradsorpsi sebesar 73,73%. Adapun waktu optimum adsorpsi yang diperoleh adalah 30 menit dengan % teradsorpsi sebesar 65,62%.
3. Studi kinetika adsorpsi zat warna *congo red* oleh MNPs-DL dalam sistem tunggal menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi mengikuti model kinetika orde dua semu (PSO) Ho dengan nilai R^2 sebesar 0,9998. Laju adsorpsi

awal (h) sebesar 3333,33 mg/g.min dengan konstanta laju (k) yang diperoleh sebesar 0,00403 min⁻¹.

4. Studi isoterm adsorpsi *congo red* oleh MNPs-DL dalam sistem tunggal maupun sistem multikomponen mengikuti model isoterm Freundlich. Nilai kapasitas adsorpsi (K_F) pada sistem tunggal sebesar 1,678 mol/g, sedangkan pada sistem multikomponen sebesar 0,395 mol/g. Hal ini menunjukkan, kapasitas adsorpsi MNPs-DL pada sistem multikomponen lebih kecil dibandingkan pada sistem tunggal.

B. Saran

Saran yang dapat disampaikan terkait penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Melakukan uji adsorpsi pada berbagai variasi massa adsorben agar diperoleh % teradsorpsi yang lebih tinggi dan diketahui kondisi massa adsorben optimum.
2. Pengujian pada sampel limbah tekstil untuk melihat efektivitasnya dalam kondisi yang lebih kompleks dan realistis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

- Abate, G. Y., Alene, A. N., Habte, A. T., & Addis, Y. A. (2021). Adsorptive Removal of Basic Green Dye from Aqueous Solution Using Humic Acid Modified Magnetite Nanoparticles: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(3), 967–984. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01932-3>
- Abriyani, E., Putri, N. S., Rosidah, R. S. N., & Ismanita, S. S. (2022). Analisis Kafein Menggunakan Metode Uv-Vis: Tinjauan Literatur. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(6), 12732–12739.
- Afandy, M. A., & Sawali, F. D. I. (2024). Adsorpsi Kromium Heksavalen Pada Larutan Aqueous Menggunakan Arang Kayu Teraktivasi Asam: Studi Isotherm Dan Kinetika. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.32493/jitk.v8i1.35315>
- Ahriani, Zelviani, S., Hernawati, & Fitriyanti. (2021). Analisis Nilai Absorbansi untuk Menentukan Kadar Flavonoid Daun Jarak Merah (*Jatropha gossypifolia* L.) Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 8(2), 56–64. <https://doi.org/10.24252/jft.v8i2.23379>
- Alfanaar, R., Yuniati, Y., & Rismiarti, Z. (2017). Studi Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Besi(III) pada Zeolit Alam dengan Bantuan Gelombang Sonikasi. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 2(1), 63. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v2i1.1297>
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., & Toruan, P. L. (2018). Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO). *Risalah Fisika*, 2(2), 53–57. <https://doi.org/10.35895/rf.v2i2.114>
- Amelia, H., Fitria, R., & Sunardi, S. (2023). Kajian Isoterm Adsorpsi Metilen Biru pada Biochar Kulit Sagu (Metroxylon sagu). *Justek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 135. <https://doi.org/10.31764/justek.v6i1.13746>
- Amrulloh, A. R. F. M. L. M. F. (2022). Klasifikasi Jenis Tanaman Kelengkeng Berdasarkan Ciri Tekstur Daun menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (AFIS). *Jurnal Explore IT*, 14(36), 29–38. <https://doi.org/10.35891/explorit>
- Anam, C., Agustini, T. W., & Romadhon. (2014). Pengaruh Pelarut yang Berbeda pada Ekstraksi *Spirulina platensis* Serbuk sebagai Antioksidan dengan Metode Soxhletasi. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi*, 3, 106–112. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>
- Anggriani, U. M., Hasan, A., Purnamasari, I., Teknik Kimia, J., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37.

<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

- Assegaf, M. H., Rosyani, & Alamsyah, Z. (2023). Studi Isotherm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) Menggunakan Abu POFA Teraktivasi. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 6(2), 69–79.
- Badriyah, L., & Putri, M. P. (2017). Kinetika Adsorpsi Cangkang Telur pada Zat Warna Metilen Biru. *Alchemy Journal of Chemistry*, 5(3), 85–91.
- Barrow, G. M. (1979). *Physical Chemistry Fourth Edition*. McGraw-Hill Companies.
- Batool, M., & Khurshid, S. (2020). *Biosynthesis of Metal Oxide Nanoparticles by Using Aloe barbadensis Leaves Extract and Study of Application in Congo Red (Acid red 28) Dye Removal*. 1(2), 65–70.
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76. <https://doi.org/10.12962/j25493736.v5i2.7791>
- Beverkog, B. (1996). Revised Diagrams for Iron At 25-300 ° C. *Science*, 38(12), 2121–2135. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010938X96000674>
- Caf, F. (2023). Biogenic Synthesis of Iron Oxide Nanoparticle Using Padina Pavonica Extract: Application for Photocatalytic Degradation of Congo Red Dye, Neurotoxicity and Antioxidant Activity. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(2). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS21398>
- Chatterjee, S., Guha, N., Krishnan, S., Singh, A. K., Mathur, P., & Rai, D. K. (2020). Selective and Recyclable Congo Red Dye Adsorption by Spherical Fe₃O₄ Nanoparticles Functionalized with 1,2,4,5-Benzenetetracarboxylic Acid. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57017-2>
- Dhar, P. K., Saha, P., Hasan, M. K., Amin, M. K., & Haque, M. R. (2021). Green Synthesis of Magnetite Nanoparticles using Lathyrus sativus Peel Extract and Evaluation of Their Catalytic Activity. *Cleaner Engineering and Technology*, 3, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100117>
- Dhurhania, C. E., & Novianto, A. (2019). Uji Kandungan Fenolik Total dan Pengaruhnya terhadap Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Bentuk Sediaan Sarang Semut (*Myrmecodia pendens*). *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 5(2), 62. <https://doi.org/10.20473/jfiki.v5i22018.62-68>
- Dula, T., Siraj, K., & Kitte, S. A. (2014). Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution Using Chemically Activated Carbon Prepared from Locally Available Waste of Bamboo (*Oxytenanthera abyssinica*) . *ISRN Environmental Chemistry*, 2014, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2014/438245>
- El-Kharrag, R., Amin, A., & Greish, Y. E. (2012). Low temperature synthesis of

- monolithic mesoporous magnetite nanoparticles. *Ceramics International*, 38(1), 627–634. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.07.052>
- Gonzalez-Galan, C., Luna-Triguero, A., Vicent-Luna, J. M., Zaderenko, A. P., Sławek, A., Sánchez-de-Armas, R., & Calero, S. (2020). Exploiting the π -bonding for the separation of benzene and cyclohexane in zeolites. *Chemical Engineering Journal*, 398, 125678. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125678>
- Hajati, S., Ghaedi, M., Karimi, F., Barazesh, B., Sahraei, R., & Daneshfar, A. (2014). Competitive Adsorption of Direct Yellow 12 and Reactive Orange 12 on ZnS: MN Nanoparticles Loaded on Activated Carbon as Novel Adsorbent. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(2), 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.05.015>
- Harja, M., Buema, G., & Bucur, D. (2022). Recent Advances in Removal of Congo Red Dye by Adsorption Using an Industrial Waste. *Scientific Reports*, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10093-3>
- Harmaiyani, R., Amran, A., Oktavia, B., & Kurniawati, D. (2023). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue menggunakan Karbon Aktif Kulit Kelengkeng (*Euphoria longan* lour) dengan Metode Batch. *Periodic*, 12(3), 75. <https://doi.org/10.24036/periodic.v12i3.118807>
- Hasnah, D. S. (2012). Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136–140.
- Hendrian, E., & Munasir. (2023). Green Synthesis of Magnetic Fe₃O₄ Nanoparticles (MNPs) using Plant Extract and Biomedicine Applications: Targeted Anticancer Drug Delivery System. *Inovasi Fisika Indonesia*, 12(2), 30–46. <https://doi.org/10.26740/ifi.v12n2.p30-46>
- Herlina, R., Masri, M., & Sudding. (2017). Studi Adsorpsi Dedak Padi terhadap Zat Warna Congo Red di Kabupaten Wajo. *Jurnal Chemica*, 18(1), 16–25.
- Hidayah, H., Mudrikah, S., Amelia, T., & Hellsen. (2024). Perbandingan Metode Analisis Instrumen HPLC dan Spektrofotometer UV-VIS. *Jurnal Ilmiah Whana Pendidikan*, 10(13), 1–23.
- Imron, M. F., Kurniawan, S. B., Soegianto, A., & Wahyudianto, F. E. (2019). Phytoremediation of Methylene Blue using Duckweed (*Lemna minor*). *Heliyon*, 5(8), e02206. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02206>
- Indrayana, I. P. T. (2019). Review Fe₃O₄ dari Pasir Besi : Sintesis, Karakterisasi, dan Fungsionalisasi Hingga Aplikasinya dalam Bidang Nanoteknologi Maju. *Jurnal UNIERA*, 8(2), 65–75.
- Indriati, M., Nuryanto, R., & Suyati, L. (2013). Pengaruh Suhu Kalsinasi terhadap Konduktivitas dan Kristalinitas. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 16(2), 46–49.
- Irianty, R. S., & Yenti, S. R. (2014). Pengaruh Perbandingan Pelarut Etanol-Air

- terhadap Kadar Tanin pada Sokletasi Daun Gambir (*Uncaria gambir* Roxb). *Sagu*, 13(1), 1–7.
- Jaitrong, S., Rattanpanone, N., & Manthey, J. A. (2017). Analysis of the Phenolic Compounds in Longan (*Dimocarpus longan* Lour) Peel. *Proc. Fla. State Hort. Soc*, 6(2695), 371–375.
- Kemit, N., Widarta, I. W. R., & Nocianitri, K. A. (2016). Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Maserasi terhadap Kandungan Senyawa Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Alpukat (*Persea Americana* Mill). *Jurnal Ilmu Teknologi Pangan*, 5(2), 130–141.
- Khaira, R., Ulinas, A., Azhar, M., & Mawardi. (2020). Sintesis nanopartikel magnetik besi oksida (Fe_3O_4) menggunakan ekstrak daun sirih merah (*Piper crocatum*) sebagai agen pelindung (capping agent). *Jurnal Kimia*, 9(2), 42–46. <https://doi.org/10.24036/p.v9i2.110381>
- Larasati, A. I., Susanawati, L. D., & Suharto, B. (2015). Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, dan Silika Gel di TPA Tlekung, Batu. *Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 2(1), 44–48. <https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/163>
- Lestari, A. S., & Sartika, D. (2018). Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 menggunakan Metode Kopresipitasi. *Teknologi Technoscientia*, 11(1), 7–10.
- Maihendra, Fadli, A., & Zultinlar. (2013). Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb^{2+} Terlarut dalam Air menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate. *Jom FTEKNIK*, 1–5.
- Maryam, S., Effendi, N., & Kasmah, K. (2019). Produksi dan Karakterisasi Gelatin dari Limbah Tulang Ayam dengan Menggunakan Spektrofotometer Ftir (Fourier Transform Infra Red). *Majalah Farmaseutik*, 15(2), 96. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v15i2.47542>
- Maryam, S., & Hidayanti, N. (2023). Identifikasi Gugus Fungsi Limbah Minyak Trafo yang digunakan sebagai Minyak Obat Luka menggunakan FTIR. *Makassar Pharmaceutical Science Journal*, 1(2), 2023–2115. <https://journal.farmasi.umi.ac.id/index.php/mpsj>
- Mascolo, M. C., Pei, Y., & Ring, T. A. (2013). Room Temperature Co-Precipitation Synthesis of Magnetite Nanoparticles in a Large pH Window with Different Bases. *Materials*, 6(12), 5549–5567. <https://doi.org/10.3390/ma6125549>
- Masruhin, M., Rasyid, R., & Yani, S. (2018). Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i1.188>
- Masuku, M., Ouma, L., & Pholosi, A. (2021). Microwave assisted synthesis of oleic acid modified magnetite nanoparticles for benzene adsorption. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 15(September 2020), 100429.

<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100429>

- Mirwan, A. (2013). Keberlakuan Model HB-GFT Sistem n-Heksana - Mek - Air pada Ekstraksi Cair-Cair Kolom Isian. *Konversi*, 2(1), 32. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.126>
- Muflihatun, Shofiah, S., & Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya (Halaman 20 s.d. 25). *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(56), 20–25. <https://doi.org/10.22146/jfi.24353>
- Mukhtar, A. M. Al, Sudyana, I. N., & Rosmainar, L. (2024). Sintesis Asam Humat- Fe_3O_4 dari Gambut Kalimantan Tengah sebagai Adsorben Magnetik Limbah Zat Warna Congo Red. *Jurnal Cendekia Kimia*, 02(02), 82–93.
- Naimah, S., A., S. A., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Cahyaningtyas, A. A. (2014). Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik menggunakan Nanokomposit TiO_2 – Zeolit. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 36(2), 225. <https://doi.org/10.24817/jkk.v36i2.1889>
- Nasution, N., & Fitri, A. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO_2 Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 2(2), 8.
- Oktamuliani, S. (2015). Identifikasi Mineral pada Batuan Granit di Geopark Merangin Provinsi Jambi Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan Scanning Electron Microscopy. *Journal Online of Phisycs*, 1(November 2015), 12–17.
- Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(1), 37–54. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n1.p37-54>
- Parashar, S., Sharma, H., & Garg, M. (2014). Antimicrobial and Antioxidant activities of fruits and vegetable peels: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry JPP*, 3(31), 160–164.
- Patel, H., & Vashi, R. T. (2012). Removal of Congo Red Dye from its Aqueous Solution using Natural Coagulants. *Journal of Saudi Chemical Society*, 16(2), 131–136. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2010.12.003>
- Pham, V. T., Nguyen, H.-T. T., Nguyen, D. T. C., Le, H. T. N., Nguyen, T. T., Le, N. T. H., Lim, K. T., Nguyen, T. duy, Tran, T. Van, & Bach, L. G. (2019). Process Optimization by a Response Surface Methodology for Adsorption of Congo Red Dye onto Surface Chemistry. *Processes*, 7, 305.
- Phongtongpasuk, S., Poadang, S., & Yongvanich, N. (2017). Green Synthetic Approach to Prepare Silver Nanoparticles using Longan (*Dimocarpus longan*) Peel Extract and Evaluation of Their Antibacterial Activities. *Materials Today: Proceedings*, 4(5), 6317–6325. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.133>

- Pradana, A. F., Sugiarti, S., & Mujamilah. (2018). Sintesis Nanopartikel Magnetik Oksida Besi dengan Metode Kopresipitasidan Penciriannya. *Jurnal ITEKIMIA*, 3(1), 118–130.
- Prasad, C., Karlapudi, S., Venkateswarlu, P., Bahadur, I., & Kumar, S. (2017). Green Arbitrated Synthesis of Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles with Nanorod Structure from Pomegranate Leaves and Congo Treatment. *Journal of Molecular Liquids*, 240, 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.05.100>
- Prayudo, A. N., Novian, O., Setyadi, & Antaresti. (2015). Koefisien Transfer Massa Kurkumin dari Temulawak. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 16(2), 61–66.
- Rahayu, P., & Khabibi, K. (2016). Adsorpsi Ion Logam Nikel(II) oleh Kitosan Termomodifikasi Tripolifosfat. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 21. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.1.21-26>
- Rahmayanti, M. (2020). Recovery Emas dalam Sistem Au tunggal dan Sistem Multilogam (Au/Cu) Menggunakan Adsorben Asam Askorbat Termomodifikasi Magnetit. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(2), 179. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.2.36129.179-189>
- Rahmayanti, M., Putra, M. D., Karmanto, & Sedyadi, E. (2023). Potential Organic Magnetic Nanoparticles from Peel Extract of Archidendron Pauciflorum for the Effective Removal of Cationic and Anionic Dyes. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 40(11), 2759–2770. <https://doi.org/10.1007/s11814-023-1499-7>
- Rahmayanti, M., Syakina, A. N., Fatimah, I., & Sulistyaningsih, T. (2022). Green Synthesis of Magnetite Nanoparticles using Peel Extract of Jengkol (Archidendron pauciflorum) for Methylene Blue Adsorption from Aqueous Media. *Chemical Physics Letters*, 803(July), 139834. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139834>
- Rahmayanti, M., Yahdiyani, A., & Afifah, I. Q. (2022). Eco-Friendly Synthesis of Magnetite Based on Tea Dregs (Fe₃O₄-TD) for Methylene Blue Adsorbent from Simulation Waste. *Communications in Science and Technology*, 7(2), 119–126. <https://doi.org/10.21924/cst.7.2.2022.965>
- Ramadhan, M. D., Iriany, Misran, E., & Turmuzi, M. (2021). Studi Model Isoterm Adsorpsi Kristal Violet oleh Biosorben Kulit Ubi Kayu (Manihot esculenta). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 38–44. <https://doi.org/10.32734/jtk.v10i1.5485>
- Ratnah, & Salasa, A. M. (2020). Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Kelengkeng (Euforia lengkeng(Stend) terhadap Pertumbuhan Stafilokokus aureus dan Propionibacterium acne. *Media Farmasi*, 21(1), 1–9.
- Raturandang, R., Wenas, D. R., Mongan, S., & Bujung, C. (2022). Analisis Spektroskopi Ftir Untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas Di

- Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Sulawesi Utara. *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya*, 3(1), 28–33. <https://doi.org/10.53682/fista.v3i1.167>
- Razali, S. Z., Aziz, M. Y., Edinur, H. A., & Razali Ishak, A. (2020). Adsorption of Methylene Blue onto Iron Oxide Magnetic Nanoparticles Coated with Sugarcane Bagasse. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 596(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/596/1/012052>
- Riyanto, R., & Nas, S. W. (2016). Validation of Analytical Methods for Determination of Methamphetamine using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 11(05), 51–59. <https://doi.org/10.9790/3008-1105035159>
- Sari, R. A., Firdaus, M. L., & Elvia, R. (2017). Penentuan Kesetimbangan, Termodinamika Dan Kinetika Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit Pada Zat Warna Reactive Red Dan Direct Blue. *Alotrop*, 1(1), 10–14. <https://doi.org/10.33369/atp.v1i1.2706>
- Sari, R. P., Erdawati, E., & Santoso, I. (2013). Adsorpsi Zat Warna Congo Red menggunakan Kitosan-Mmt dengan Metode Fixed-Bed Column. *JRSKT: Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*, 3(2), 326–333. <https://doi.org/10.21009/jrskt.032.08>
- Septiana, R. (2023). Pemanfaatan Karbon Aktif Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai Adsorben Zat Warna Congo Red dalam Limbah Cair Industri Tekstil. *Envirology*, 1(1). <https://jurnal.unipi.ac.id/index.php/ENVIROLOGY/article/view/60>
- Setiadi, E. A., Shabrina, N., Budi Utami, H. R., Fahmi, N. F., Kato, T., Iwata, S., & Suharyadi, E. (2016). Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(01), 55. <https://doi.org/10.13057/ijap.v3i01.1216>
- Sudarmawan, W. S., Suprijanto, J., & Riniatsih, I. (2020). Abu Cangkang Kerang *Anadara granosa*, Linnaeus 1758 (Bivalvia: Arcidae) sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Laut. *Journal of Marine Research*, 9(3), 237–244. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.26539>
- Sugianti, C., Apratiwi, N., Suhandy, D., Telaumbanua, M., Waluyo, S., & Yulia, M. (2016). Studi penggunaan Uv-vis Spectroscopy untuk Identifikasi Campuran Kopi Luwak dengan Kopi Arabika. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(31), 167–176.
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA (Anugrah Utama Raharja).
- Sulistiyawati, E., Anggarawati, H., P., N. R. K., & Ariardini, N. (2022). Isoterm dan Termodinamika Adsorpsi Mikrokapsul Kitosan Tertaut Silang Kalium

Persulfat Terhadap Zat Warna Methyl Orange. *Eksergi*, 19(2), 51–57.

- Sumari, S., Prakasa, Y. F., Asrori, M. R., & Baharintasari, D. R. (2020). Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Bajul Mati Kabupaten Malang menggunakan XRF dan XRD. *Fullerene Journal of Chemistry*, 5(2), 58. <https://doi.org/10.37033/fjc.v5i2.154>
- Sutrisno, B., Hidayat, A., & Mufrodi, Z. (2016). Modifikasi Limbah Abu Layang menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 1(2), 57. <https://doi.org/10.26555/chemica.v1i2.3571>
- Syakina, A. N., & Rahmayanti, M. (2023). Removal of Methyl Violet from Aqueous Solutions by Green Synthesized Magnetite Nanoparticles with *Parkia Speciosa* Hassk. Peel Extracts. *Chemical Data Collections*, 44(December 2022), 101003. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2023.101003>
- Syauqiah I., Amalia M., & Kertini H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Tahir, I. (2008). Arti Penting Kalibrasi pada Proses Pengukuran Analitik: Aplikasi pada Penggunaan pHmeter dan Spektrofotometer Uv-Vis. *Paper Seri Manajemen Laboratorium*, 1–8.
- Taihuttu, B., Kayadoe, V., & Mariwy, A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Ion Fe (III) Menggunakan Limbah Ampas Sagu. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, 9(1), 9–17. <https://doi.org/10.30598/mjocev9iss1pp9-17>
- Tambun, R., Limbong, H. P., Pinem, C., & Manurung, E. (2017). Pengaruh Ukuran Partikel, Waktu dan Suhu pada Ekstraksi Fenol dari Lengkuas Merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 53–56. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1555>
- Tobaq, F. R., Mandalas, H. Y., & Sugiaman, V. K. (2023). Efek Antibakteri Ekstrak Kulit Kelengkeng (*Dimocarpus Longan* L.) terhadap *Porphyromonas gingivalis*. *E-GiGi*, 12(1), 60–66. <https://doi.org/10.35790/eg.v12i1.48012>
- Tuhuloula, A., Budiarti, L., & Fitriana, E. N. (2013). Karakterisasi Pektin dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang menggunakan Metode Ekstraksi. *Konversi*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.123>
- Valadi, F. M., Ekramipooya, A., & Gholami, M. R. (2020). Selective separation of Congo Red from a mixture of anionic and cationic dyes using magnetic-MOF: Experimental and DFT study. *Journal of Molecular Liquids*, 318, 114051. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114051>
- Wang, J., & Guo, X. (2020). Adsorption kinetic models: Physical meanings, applications, and solving methods. *Journal of Hazardous Materials*, 390(January), 122156. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122156>

- Wiyantoko, B., Kurniawati, P., & Purbaningtias, T. E. (2014). Adsorption Isotherm of Cr(VI) Using Mg/Al Hydrotalcite with Molar Ratio 2:1. *Jurnal Eksakta*, 14(1), 20–26. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol14.iss1.art2>
- Wu, K., Su, D., Liu, J., Saha, R., & Wang, J. P. (2019). Magnetic Nanoparticles in Nanomedicine: A Review of Recent Advances. *Nanotechnology*, 30(50). <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab4241>
- Wuryanti, D., & Suharyadi, E. (2018). Studi Adsorpsi Logam Co(II), Cu(II), dan Ni(II) dalam Limbah Cair Buatan menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄ dan ZnFe₂O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(2), 28. <https://doi.org/10.22146/jfi.27936>
- Yunita, Y., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2020). Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *Positron*, 10(2), 44. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.42136>

