

**SINTESIS NANOMATERIAL MAGNETIT ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$)
MENGUNAKAN EKSTRAK KULIT KACANG TANAH
(*Arachis Hypogaea L.*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA *CONGO RED* DALAM SISTEM
MULTIKOMPONEN**

Skripsi

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



Oleh:

**GALUH PUTRI KUSUMANINGRUM
21106030072**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**

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-182/Un.02/DST/PP.00.9/01/2026

Tugas Akhir dengan judul : SINTESIS NANOMATERIAL MAGNETIT ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$) MENGGUNAKAN EKSTRAK KULIT KACANG TANAH (*Arachis Hypogaea* L.) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA CONGO RED DALAM SISTEM MULTIKOMPONEN

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : GALUH PUTRI KUSUMANINGRUM
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030072
Telah diujikan pada : Senin, 19 Januari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 69770c593bete

Ketua Sidang

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



Valid ID: 6976c37b17f5e

Penguji I

Endaruji Sedyadi, M.Sc.
SIGNED



Valid ID: 6976e270cc80b

Penguji II

Sudarin, M.Si.
SIGNED



Valid ID: 6977201050637

Yogyakarta, 19 Januari 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Galuh Putri Kusumaningrum
NIM : 21106030072
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**Sintesis Nanomaterial Magnetit ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$) Menggunakan Ekstrak Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L.*) 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, 02 Januari 2026



Galuh Putri Kusumaningrum
NIM. 21106030072

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

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 : Galuh Putri Kusumaningrum

NIM : 21106030072

Judul Skripsi : Sintesis Nanomaterial Magnetit ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$) Menggunakan Ekstrak Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) 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, 11 Januari 2026

Pembimbing

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si

NIP. 198106272006042003

HALAMAN MOTTO

“Langkah kecil tetaplah langkah, lebih baik melangkah dari pada diam di tempat”

(Unknown-AGZ)

“Segala doa yang baik adanya untukmu dan mimpimu yang mulia”

(Hindia)

“Sempet, tangisin. Ga sempet? senyumin”

(Luz Victoria)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan untuk
*Orang tua tercinta. Orang-orang hebat yang senantiasa memberikan
doa dan
kasih sayang, selalu menjadi penyemangat dan
sumber motivasi terbesar dalam setiap langkah kehidupan penulis.
Terima kasih untuk semua berkat do'a dan dukungannya
sehingga, penulis bisa berada
Dititik ini. Sehat selalu dan tolong hiduplah lebih lama lagi.*

*Almamater tercinta Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta Semoga
Allah SWT senantiasa Memberikan Rahmat dan Karunia-Nya.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbila'lamin, Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul “Sintesis Nanomaterial Magnetit ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$) Menggunakan Ekstrak Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L.*) dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Congo Red Dalam Sistem Multikomponen” ditulis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 (S1) pada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Noorhadi, M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. 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, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Dan selaku dosen Pembimbing Skripsi yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan kasih sayang kepada penulis serta dengan sukarela meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Kimia yang telah berbagi ilmu dan memberikan bimbingan sejak awal perkuliahan hingga akhir, serta terus mendukung dengan penuh dedikasi dalam proses pembelajaran dan pengembangan diri mahasiswa.
5. Segenap Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Laboratorium Farmasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
6. Orang tua tercinta, Ayah Paryono, Ibu Sri Suryani, Bapak Suratno, dan Ibu Eni, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam atas doa yang tidak pernah terputus, kasih sayang

yang senantiasa mengiringi, serta dukungan moral dan material yang diberikan tanpa pamrih. Kesabaran, pengorbanan, serta ketulusan yang ditunjukkan dalam setiap proses kehidupan penulis menjadi pondasi kuat yang menumbuhkan semangat, keteguhan, dan keyakinan bagi penulis untuk menyelesaikan studi hingga tahap akhir.

7. Keluarga besar penulis, atas doa, perhatian, dan dukungan yang senantiasa diberikan.
8. Kepada sahabat sedekat nadi, Kakak Pika Riastuti dan Kakak Angel Dhyva Puspita yang senantiasa menemani kesana-kemari, selalu memberikan dukungan serta menjaga kesehatan mental dan lambung penulis selama proses penyusunan skripsi ini, *I love you* kakak.
9. Kepada teman terdekat penulis Rosana Meiliasari dan Irgi Asy-Syifa Rohmah, terimakasih telah memberikan semangat, dukungan, serta selalu menjadi tempat penulis berkeluh kesah selama proses penulisan skripsi, *Miss you guys*.
10. Kepada Mita, Tata, Ana, Nilam, Sarah, Antin, dan Rikma terima kasih atas kebersamaan, bantuan, semangat, dan motivasi yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini, *I miss you so much guys*.
11. Rekan satu bimbingan dan *partner* penelitian penulis Siti Maratus yang selalu memberikan semangat dan dukungan, serta senantiasa mendengarkan curahan hati penulis selama proses penelitian.
12. Kepada manusia yang sempat singgah dalam kehidupan penulis, terima kasih atas pengalaman, pembelajaran, dan proses pendewasaan yang telah diberikan. Setiap pertemuan dan perpisahan membawa pelajaran berharga yang tidak diperoleh di bangku perkuliahan, namun sangat berarti dalam perjalanan hidup penulis.
13. Teman-teman KKN kelompok 316 Sooko tercinta, terimakasih banyak atas semangat, dukungan, dan dorongan yang diberikan dari awal penyusunan hingga akhir penulisan skripsi adik kalian ini.
14. Seluruh teman-teman Program Studi Kimia Angkatan 2021 (*scandium*) dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan doa, dukungan kepada penulis dalam menulis skripsi hingga akhir.

Terima kasih telah berkontribusi dalam penulisan skripsi ini. Semoga menjadikan amal dan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi referensi dan bermanfaat bagi seluruh pihak yang terlibat dalam penulisan maupun yang membaca.

Yogyakarta, 12 Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
A. Tinjauan Pustaka	8
B. Landasan Teori	12
1. Zat Warna Congo Red	12
2. Kacang Tanah	13
3. Nanomaterial Magnetik	14
4. Adsorpsi	18
5. Spektrofotometer <i>Ultraviolet-Visible</i> (UV-Vis)	21
6. Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	22
7. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	23
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian	23
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Alat-alat Penelitian	29
C. Bahan Penelitian	29
D. Cara Kerja Penelitian	29
E. Teknik Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Karakterisasi Gugus Fungsi dan Kristalinitas Nanomaterial Magnetit	

dari Ekstrak Kulit Kacang Tanah Berdasarkan Analisis FTIR dan XRD.....	38
B. Optimasi pH Adsorpsi Congo Red Menggunakan Nanomaterial Magnetit.....	43
C. Studi Kinetika Adsorpsi Zat Warna Congo Red oleh Nanomaterial Magnetit dalam Sistem Tunggal.....	48
D. Studi Isoterm Adsorpsi Zat Warna Congo Red pada Nanomaterial Magnetit (MNMs-KT).....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	72
CURRICULUM VITAE	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur kimia molekul Congo Red	13
Gambar 2.2. Kacang Tanah.....	13
Gambar 2.3. Struktur Selulosa	14
Gambar 2.4. Diagram Pourbaix Besi Oksida.....	17
Gambar 4.1. Skema sintesis MNMs-KT.....	37
Gambar 4.2. Spektrum FTIR ekstrak kulit kacang tanah dan MNMs-KT sebelum dan sesudah adsorpsi	39
Gambar 4.3. Difaktogram XRD MNMs-KT.....	41
Gambar 4.4. Kurva standar <i>congo red</i>	44
Gambar 4.5. Dugaan mekanisme interaksi yang terjadi antara MNMs-KT dengan <i>congo red</i>	46
Gambar 4.6. Grafik pengaruh pH terhadap konsentrasi congo red yang teradsorpsi oleh MNMs-KT	47
Gambar 4.7. Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap konsentrasi <i>congo red</i> yang teradsorpsi oleh MNMs-KT	49
Gambar 4.8. (A) Kinetika adsorpsi model PFO Lagergen, (B) Model PFO Ho.....	50
Gambar 4.9. Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap konsentrasi congo red dalam sistem tunggal yang diadsorpsi oleh MNMs-KT.....	54
Gambar 4.10. Diagram isoterm adsorpsi sistem tunggal model isoterm Langmuir	55
Gambar 4.11. Diagram isoterm adsorpsi sistem tunggal model isoterm Freundlich	55
Gambar 4.12. Grafik pengaruh konsentrasi awal terhadap konsentrasi congo red dalam sistem multikomponen yang diadsorpsi oleh MNMs-KT	57
Gambar 4.13. Diagram isoterm adsorpsi sistem multikomponen model isoterm Langmuir	58
Gambar 4.14. Diagram isoterm adsorpsi sistem multikomponen model isoterm Freundlich	58

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perbandingan karakteristik Kristal MNPs	42
Tabel 4.2. Perhitungan kinetika adsorpsi model PFO Lagergen dan PSO Ho	51
Tabel 4.3. Perbandingan hasil kinetika adsorpsi model PSO Ho	52
Tabel 4.4. Perbandingan hasil isoterm adsorpsi <i>congo red</i> dalam sistem Tunggal dengan model Freundlich.	56
Tabel 4.5. Perbandingan hasil isoterm adsorpsi <i>congo red</i> dalam sistem Tunggal dan sistem multikomponen dengan model Langmuir dan Freundlich.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data larutan standar congo red oleh spektrofotometer UV-Vis.....	72
Lampiran 2. Data perhitungan optimasi pH adsorpsi <i>congo red</i> oleh MNMs-KT.....	72
Lampiran 3. Data perhitungan optimasi waktu adsorpsi <i>congo red</i> oleh MNMs-KT.....	73
Lampiran 4. Data isoterm adsorpsi <i>congo red</i> oleh MNMs-KT dalam sistem tunggal.....	73
Lampiran 5. Data isoterm adsorpsi <i>congo red</i> oleh MNMs-KT dalam sistem multikomponen	74
Lampiran 6. Data perhitungan ukuran Kristal MNMs-KT dengan persamaan <i>Debye-Scherrer</i>	74
Lampiran 7. Data Kinetika Lagergen	75
Lampiran 8. Data Kinetika Ho.....	75
Lampiran 9. Dokumentasi penelitian.....	76

ABSTRAK
SINTESIS NANOMATERIAL MAGNETIT ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$)
MENGUNAKAN EKSTRAK KULIT KACANG TANAH
(*Arachis Hypogaea* L.) DAN APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA CONGO RED DALAM SISTEM
MULTIKOMPONEN

Oleh:
Galuh Putri Kusumaningrum
21106030072

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

Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sulit terurai, resisten, dan beracun. Limbah ini jika masuk ke badan air akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanomaterial magnetit dari ekstrak kulit kacang tanah (MNMs-KT) dan penerapannya sebagai adsorben zat warna *congo red* dalam sistem multikomponen. Sintesis MNs-KT dilakukan dengan metode kopresipitasi terbalik dengan pelarut air pada suhu 60°C. MNMs-KT dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR, Dan XRD. Dalam penelitian ini, adsorpsi zat warna *congo red* oleh MNMs-KT dipelajari pada berbagai variasi pH, waktu, dan konsentrasi untuk menentukan model kinetika reaksi, isoterm adsorpsi, dan interaksi yang terjadi antara *congo red* dengan MNMs-KT. Spektrum FTIR dan difraktogram XRD menunjukkan bahwa magnetit terbentuk dalam keadaan murni. Ukuran kristal MNMs-KT adalah 5,11 nm. Adsorpsi *congo red* pada MNMs-KT optimum pada pH 4 dan waktu 30 menit, serta mengikuti model kinetika pseudo orde dua Ho. Model isoterm adsorpsi *congo red* dalam sitem tunggal dan sistem multikomponen mengikuti model isoterm Freundlich. Interaksi *congo red* dengan MNMs-KT diduga melalui interaksi elektrostatik dan ikatan hidrogen.

Kata Kunci: nanomaterial magnetit; *congo red*; adsorpsi; kinetika; multikomponen

ABSTRACT
SYNTHESIS OF MAGNETITE NANOMATERIAL ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{KT}$)
USING PEANUT SKIN EXTRACT (*Arachis Hypogaea* L.) AND
ITS APPLICATION AS AN ADSORBENT FOR CONGO RED
DYE IN A MULTICOMPONENT SYSTEM

By:
Galuh Putri Kusumaningrum
21106030072

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

Dye waste is an organic compound that is difficult to decompose, resistant, and toxic. If this waste enters water bodies, it will cause environmental pollution. This study aims to synthesize magnetite nanomaterials from peanut shell extract (MNMs-KT) and their application as Congo red dye adsorbents in a multicomponent system. MNs-KT synthesis was carried out using the reverse coprecipitation method with water solvent at 60°C. MNMs-KT were characterized using FTIR and XRD instruments. In this study, the adsorption of congo red dye by MNMs-KT was studied at various pH, time, and concentration variations to determine the reaction kinetics model, adsorption isotherm, and interactions between congo red and MNMs-KT. The FTIR spectrum and XRD diffractogram showed that magnetite was formed in a pure state. The crystal size of MNMs-KT was 5.11 nm. The adsorption of congo red on MNMs-KT was optimal at pH 4 and 30 minutes, and followed the Ho pseudo-second-order kinetic model. The adsorption isotherm model of congo red in single and multicomponent systems followed the Freundlich isotherm model. The interaction between congo red and MNMs-KT was suspected to be through electrostatic interactions and hydrogen bonding.

Keywords: magnetite nanomaterials; congo red; adsorption; kinetics; multicomponent

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Proses industrialisasi menghasilkan limbah industri berupa limbah cair, padat, dan gas yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Limbah cair dari industri tekstil adalah air buangan yang dihasilkan dari proses pewarnaan, dimana zat warna yang digunakan berasal dari zat *organic nonbiodegradable* (Garg & Chopra, 2022). Zat warna merupakan salah satu jenis polutan yang mengandung zat beracun, maka limbah yang dihasilkan dari zat warna dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia, baik bagi mereka yang terlibat langsung dalam kegiatan industri maupun bagi mereka yang berada di lingkungan sekitar perusahaan (Hevira et al., 2020). Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sulit terurai, resisten, dan beracun. Limbah ini jika masuk ke badan air akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Industri zat warna dunia menghasilkan limbah yang cukup signifikan, diperkirakan sekitar 15% dari total produksi zat warna dibuang ke lingkungan setiap tahunnya (Houas et al., 2001).

Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak perhatian terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri, khususnya limbah cair yang mengandung zat warna. Zat warna yang sering digunakan dalam industri, seperti methylene blue dan congo red, memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Congo Red merupakan zat warna anionik yang termasuk dalam kelompok zat warna azo. Zat warna ini memiliki struktur kimia

dimana dua gugus azo ($-N=N-$) terikat pada senyawa aromatik (Taylor et al., 2013). Congo Red sering digunakan dalam industri tekstil untuk memberikan warna merah cerah pada produk tekstil. Congo Red telah banyak digunakan dalam aplikasi industri, meskipun zat warna ini diketahui memiliki sifat beracun dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak ditangani dengan benar. Zat warna ini tidak hanya berbahaya bagi ekosistem, tetapi juga dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia. Congo Red tidak mudah terdegradasi secara alami dalam limbah industri (Saraswati dkk, 2015). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang efektif untuk menghilangkannya dari air limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

Pendekatan yang menjanjikan adalah dengan menggunakan nanomaterial sebagai adsorben. Saat ini banyak peneliti yang mengembangkan nanomaterial yang bermanfaat dalam berbagai bidang, seperti penyerapan zat warna. Salah satu nanomaterial yang banyak digunakan dan dikembangkan oleh para ilmuwan adalah magnetik (Fe_3O_4) (Teja dan Koh, 2009). Penggunaan nanomaterial magnetik (Fe_3O_4) sebagai adsorben zat warna menawarkan efisiensi adsorpsi yang tinggi, serta kemampuan untuk diregenerasi dan digunakan kembali, sehingga dapat mengurangi biaya operasional (Shukla et al., 2021). Luas permukaan partikel magnetik yang besar dapat meningkatkan kemampuannya dalam mengadsorpsi zat warna. Karena sifat superparamagnetiknya, nanomaterial magnetik sering digunakan sebagai penyerap zat warna. Selain itu, karena sifat magnetiknya nanomaterial ini dapat dengan mudah dipisahkan dari larutan setelah proses adsorpsi dengan menggunakan medan magnet eksternal, sehingga memudahkan pembuangan limbah (Mahmuda, dkk, 2014).

Sintesis nanomaterial seringkali menggunakan metode kimia yang memerlukan bahan kimia mahal dan proses yang kompleks, sehingga dapat meningkatkan biaya produksi nanomaterial magnetik (Nurhasni et al., 2014). Salah satu pendekatan inovatif dalam sintesis nanomaterial magnetik adalah dengan penggunaan ekstrak tumbuhan sebagai zat pereduksi dan penstabil. Sintesis menggunakan ekstrak tumbuhan ini merupakan metode yang ramah lingkungan, karena menggunakan bahan alami yang tidak berbahaya dan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia beracun (Yashni, 2021). Ekstrak tumbuhan ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga dapat menekan biaya produksi dengan menggunakan pelarut yang lebih sederhana seperti air (Rahmayanti, 2023). Selain itu, nanomaterial yang disintesis dari sumber alami cenderung lebih mudah terdegradasi di lingkungan, sehingga mengurangi risiko pencemaran (Yashni, 2021).

Penggunaan ekstrak tumbuhan dalam sintesis nanomaterial tidak hanya memberikan solusi terhadap permasalahan pencemaran lingkungan akibat bahan kimia sintetis, namun juga memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah. Selain itu, nanomaterial yang dihasilkan dari sumber alami ini sering kali memiliki sifat biokompatibilitas yang baik, menjadikannya cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam bidang medis dan lingkungan (Nurhasni, 2014). Berbagai jenis tumbuhan, mulai dari daun, kulit, hingga biji, telah dipelajari untuk menghasilkan nanomaterial logam seperti perak, emas, dan magnetik. Sintesis nanomaterial magnetik (Fe_3O_4) memanfaatkan senyawa bioaktif yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan sebagai agen reduktor dan penstabil (Rahmayanti, 2023). Bahan-bahan yang dapat digunakan antara lain kayu, batok kelapa, tongkol jagung, sekam padi,

biji buah, kulit kacang tanah, dan lain-lain (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Kulit kacang tanah mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik (tanin dan flavonoid), protein, karbohidrat, asam amino, dan vitamin yang dapat berperan penting dalam sintesis nanomaterial magnetik (Fe_3O_4) sebagai reduktor alami dan dapat larut dalam pelarut air, sehingga membantu mereduksi ion besi menjadi partikel magnetik. Kulit kacang tanah mengandung selulosa dalam jumlah tinggi sehingga dapat bersifat penyerap dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap zat warna. Berdasarkan penelitian Susanti (2009), adsorben kulit kacang tanah mencapai laju adsorpsi terbaik sebagai adsorben zat warna Congo Red, dan waktu optimal adalah 1,0 g dan 45 menit dengan aktivasi asam (asam sulfat pekat). Studi lain oleh Noer et al. (2015) menggunakan cangkang durian sebagai adsorben biodegradable pada limbah cair domestic yang diaktivasi dengan basa (NaOH).

Penelitian terdahulu, banyak yang telah mengkaji adsorpsi zat warna dalam larutan berair menggunakan adsorben dari ekstrak tumbuhan dengan melakukan studi kinetika dan isoterm adsorpsi pada sistem tunggal. Tidak banyak penelitian yang mengkaji adsorpsi zat warna dalam sistem multikomponen (Wijayanti, 2019). Namun, mengingat kompleksitas limbah industri yang sering mengandung campuran berbagai zat warna, maka dalam penelitian ini akan mengkaji kinerja adsorben dalam sistem multikomponen. Kinerja adsorben dalam sistem multikomponen ini akan lebih relevan penerapannya dalam limbah industri zat warna saat ini. Pada penelitian ini, nanomaterial magnetik disintesis dengan metode kopresipitasi menggunakan ekstrak

kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea* L.), kemudian diaplikasikan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna congo red dalam sistem multikomponen.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Limbah kulit kacang tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari limbah pertanian desa.
2. Zat warna yang digunakan dalam penelitian adalah *Congo Red* dan *Methylene Blue*.
3. Metode sintesis yang digunakan dalam proses sintesis nanomaterial magnetik dari ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea* L.) adalah metode kopresipitasi.
4. Karakterisasi dan analisis kandungan nanomaterial magnetik dari ekstrak kulit kacang tanah dipelajari dengan menggunakan instrumen FTIR untuk karakterisasi gugus fungsi dan XRD untuk karakterisasi kristalinitas dan menentukan ukuran kristal.
5. Kajian pH adsorpsi zat warna *congo red* pada nanomaterial magnetik ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea* L.) dipelajari pada rentang pH 2, 4, 6, 8, dan 10.
6. Studi mengenai waktu optimum dengan kinetika adsorpsi dilakukan pada variasi waktu reaksi 5, 15, 30, 60, 90, dan 120 menit.
7. Kajian isoterm adsorpsi dilakukan pada variasi konsentrasi *congo red* 2, 5, 10, 12, dan 15 mg/L.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi dan kristalinitas nanomaterial magnetit termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah

(*Arachis Hypogaea L.*) berdasarkan spektrofotometri FTIR dan XRD?

2. Berapa pH optimal adsorpsi *congo red* menggunakan nanomaterial magnetit termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea L.*) untuk menentukan interaksi yang terjadi antara MNMs-KT dengan zat warna *congo red*?
3. Bagaimana kinetika adsorpsi zat warna *congo red* oleh nanomaterial magnetit termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea L.*) dalam sistem tunggal?
4. Bagaimana isoterm adsorpsi zat warna *congo red* pada nanomaterial magnetit termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea L.*) dalam sistem tunggal dan sistem multikomponen?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dan mengidentifikasi karakteristik gugus fungsi serta kristalinitas nanomaterial magnetit yang disintesis termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea L.*) menggunakan instrumen spektrofotometri FTIR dan XRD.
2. Menentukan pH optimal untuk adsorpsi zat warna *Congo Red* menggunakan nanomaterial magnetit yang disintesis termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea L.*).
3. Menganalisis kinetika adsorpsi zat warna *Congo Red* oleh nanomaterial magnetit termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis Hypogaea L.*) dalam sistem Tunggal.
4. Menganalisis isoterm adsorpsi zat warna *Congo Red* pada nanomaterial magnetit termodifikasi ekstrak kulit kacang tanah

(*Arachis Hypogaea L.*) dalam sistem tunggal dan sistem multikomponen.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan penggunaan kulit kacang tanah sebagai adsorben yang ramah lingkungan untuk mengurangi pencemaran air oleh senyawa zat warna zat warna *congo red*.
2. Mengurangi limbah kulit kacang tanah dari hasil panen yang bisa dijadikan nanomaterial magnetik untuk menghilangkan *congo red* dalam industri tekstil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakterisasi gugus fungsi MNMs-KT dengan spektrofotometer FTIR menunjukkan pita serapan khas inti magnetit dan senyawa ekstrak kulit kacang tanah pada bilangan gelombang bilangan gelombang 439, 594, 1087, 1381, 1627, 2931, dan 3433 cm^{-1} . Berdasarkan hasil difaktogram XRD puncak (20) muncul pada sudut $30,18^\circ$; $35,46^\circ$; $43,02^\circ$; $57,26^\circ$; dan $62,98^\circ$ dengan indeks miller masing-masing adalah (220), (311), (400), (511), dan (440). Ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* dan didapatkan ukuran kristal sebesar 5,11 nm.
2. Optimasi pH pada adsorpsi zat warna *congo red* oleh MNMs-KT menunjukkan hasil optimum pada pH 4. Pengaruh lingkungan elektronik terhadap adsorpsi *congo red* oleh MNMs-KT pada pH 4 menghasilkan persen adsorpsi sebesar 72,75%.
3. Reaksi pada adsorpsi *congo red* oleh MNMs-KT diperoleh waktu optimum adsorpsi, yaitu 30 menit dengan % teradsorpsi sebesar 73,13%. Kinetika reaksi adsorpsi *congo red* oleh MNMs-KT mengikuti model kinetika *Pseudo-Second Order* Ho dengan nilai R_2 0,9965. Hasil ini menunjukkan bahwa adsorpsi *congo red* pada MNMs-KT terjadi dalam interaksi multilayer.
4. Adsorpsi *congo red* oleh MNMs-KT pada sitem tunggal menunjukkan hasil bahwa adsorpsi paling optimal terjadi pada konsetrasi awal *congo red* 15 mg/L, dengan % teradsorpsi sebesar

75,2%. Model isoterm adsorpsi MNMs-KT terhadap zat warna *congo red* pada sistem tunggal dan multikomponen mengikuti model isoterm Freundlich.

B. Saran

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

1. Aplikasi adsorben sebaiknya diperluas pada sampel limbah tekstil nyata untuk menguji efektivitas adsorben MNMs-KT dalam kondisi lingkungan yang kompleks, variatif, dan lebih realistis.
2. Perlu dilakukan karakterisasi tambahan terhadap MNMs-KT, seperti analisis SEM-EDS atau TEM untuk mengetahui morfologi permukaan dan distribusi ukuran partikel secara lebih detail, serta analisis VSM untuk mengkaji sifat magnetik material secara kuantitatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abate, G. Y., Alene, A. N., Habte, A. T., & Addis, Y. A. (2020). 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*, 0123456789.
- Abegunde, S. M., Olasehinde, E. F., & Adebayo, M. A. (2024). Green synthesis of ZnO nanoparticles using nauclea latifolia fruit extract for adsorption of Congo red. *Hybrid Advances*, 5, 100164.
- Aftab, R. A., Zaidi, S., Khan, A. A. P., Usman, M. A., Khan, A. Y., Chani, M. T. S., & Asiri, A. M. (2023). Removal of congo red from water by adsorption onto activated carbon derived from waste black cardamom peels and machine learning modeling. *Alexandria Engineering Journal*, 71, 355-369.
- Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., & Lubis, N. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (Zea Mays). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 27-30.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika* (edisi 4). Jakarta: Erlangga.
- Besharati, N., Alizadeh, N., & Shariati, S. (2018). Removal of cationic dye methylene blue (MB) from aqueous solution by Coffee and Peanut husk Modified with Magnetite Iron Oxide Nanoparticles. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 62(3), 110-124.
- Bianchetti, E., & Di Valentin, C. (2022). Mechanism of spin ordering in Fe₃O₄ nanoparticles by surface coating with organic acids. *Materials Today Nano*, 17, 100169.

- Bouzekri, O., El Gamouz, S., Ed-Dra, A., Moussout, H., Dehmani, Y., Ziyat, H., ... & Abouarnadasse, S. (2023). Green Synthesis of nickel and copper nanoparticles doped with silver from Hammada scoparia leaf extract and evaluation of their potential to inhibit microorganisms and to remove dyes from aqueous solutions. *Sustainability*, 15(2), 1541.
- Buzea, C., Pacheco, I. I., & Robbie, K. (2007). Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4), MR17-MR71.
- Daniel S Bath, Jenal M Siregar, dan M Turmuzi Lubis. (2012). Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU* 1(1):1–4.
- Fachruddin, L. (2000). *Budidaya Kacang-Kacangan*. Kanisius. Yogyakarta. Hal 118.
- Fuentes-García, J. A., Diaz-Cano, A. I., Guillen-Cervantes, A., & Santoyo-Salazar, J. (2018). Magnetic domain interactions of Fe₃O₄ nanoparticles embedded in a SiO₂ matrix. *Scientific reports*, 8(1), 5096.
- Garg, A., & Chopra, L. (2022). Dye Waste: A significant environmental hazard. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1310-1315.
- Ghozali, A. I., Sugiyo, W., & Latifah, L. (2012). FOTODEGRADASI ZAT WARNA REMAZOL RED MENGGUNAKAN KATALIS-Fe₂O₃/Fe₃O₄ CORE SHELL NANOSTRUKTUR. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(1).
- Giyatmi, Z. K., & Melati, D. (2008). Penurunan kadar Cu, Cr dan Ag dalam limbah cair industri perak di kotagede setelah diadsorpsi

- dengan tanah liat dari daerah Godean. In *Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta* (pp. 25-26).
- Ghribi, A., Bagane, M. and Chlendi, M. (2014). Sorptive Removal of Congo Red from Aqueous Solutions Using Raw Clay Batch and Dynamic Studies. *International Journal of Innovative Enviromental Studies Research*. 2(1): 45-56.
- Griffiths, P. dan Chalmers, J. M. (1999). Handbook of Vibration Spectroscopy. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- H. Luo, S. Zhanga, X. Li, X. Liu, Q. Xu, J. Liu, at al. Z. (2017). *Tannic acid modified Fe₃O₄ core-shell nanoparticles for adsorption of Pb²⁺ and Hg²⁺*, J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 1-8.
- Handayani, V. (2009). Pengujian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 2(1), pp. 94–96.
- Hevira, L., Rahmi, A., Zein, R., Zilfa, Z., & Rahmayeni, R. (2020). The fast and of low-cost-adsorbent to the removal of cationic and anionic dye using chicken eggshell with its membrane. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 10(3), 294-301.
- Houas, A., Lachheb, H., Ksibi, M., Elaloui, E., Guillard, C., & Herrmann, J. M. (2001). Photocatalytic degradation pathway of methylene blue in water. *Applied Catalysis B: Environmental*, 31(2), 145-157.
- Ho, Y. S., (2004). Citation Review of Lagergren Kinetic Rate Equation on Adsorption Reactions. *Scientometrics*. 59(1), 171-177.

- Ho, Y. S., & McKay, G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Process biochemistry*, 34(5), 451-465.
- Ho, Y. S., & McKay, G. (2000). The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat. *Water research*, 34(3), 735-742.
- Julizen, R., & Sanjaya, H. (2023). Perbandingan Pengaruh Lampu UV dan Sinar Matahari Pada Degradasi Zat Warna Congo Red Menggunakan Metode Fotolisis Dengan Bantuan Katalis TiO₂. *Periodic*, 12(3), 27-30.
- Jumardin, J. (2021). PENGARUH SUHU DAN WAKTU MICROWAVE TERHADAP PERUBAHAN SIFAT OPTIK DAUN BIDARA (*Ziziphus mauritiana*) DENGAN METODE SPEKTROSKOPI UV-VIS. *SAINFIS: Jurnal Sains Fisika*, 1(1), 14-23.
- Laurent, S., D. Forge, M. Port, A. Roch, C. Robic, L. Vander Elst and R.N. Muller. 2008. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Vectorization, Physic Chemical Characterizations and Biological Applications. *Chem. Rev.*, 108: 2064-2110
- Liu, X. H., Liu, W., Dai, Z. M., Li, S. K., Wang, T. T., Cui, W. B., ... & Zhang, Z. D. (2017). Direct observation of magnetic domain evolution in the vicinity of Verwey transition in Fe₃O₄ thin films. *Applied Physics Letters*, 111(21).
- Li, Y., Hu, Y., Peng, S., Lu, G., & Li, S. (2009). Synthesis of CdS nanorods by an ethylenediamine assisted hydrothermal method for photocatalytic hydrogen evolution. *The Journal of Physical Chemistry C*, 113(21), 9352-9358.

- Nguyen, M. D., Tran, H. V., Xu, S., & Lee, T. R. (2021). Fe₃O₄ nanoparticles: structures, synthesis, magnetic properties, surface functionalization, and emerging applications. *Applied Sciences*, 11(23), 11301.
- Nguyen, N. T., & Nguyen, V. A. (2025). Fabrication of Fe₃O₄ nanoparticles via an eco-friendly sonochemical route utilizing cleistocalyx operculatus leaf extract: study of properties and application. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 20(2).
- Noer S, Pratiwi RD, Gresinta E. (2015). *Pemanfaatan kulit durian sebagai adsorben biodegradable limbah domestik cair*. Universitas Indraprasta PGRI. Faktor Exacta. 8(1): 75- 78.
- Nurhasni, N., Hendrawati, H., & Saniyyah, N. (2014). Sekam padi untuk menyerap ion logam tembaga dan timbal dalam air limbah. *Jurnal Kimia Valensi*, 4, 108724.
- O’Niel, M.J. (2001). *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemical, Drugs, and Biological*, 13th ed. Merck & Co. Inc., New York.
- 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.
- Pescok, R. L., Shields, L. D., Cairns, T., dan McWilliam, I.G., (1976). *Modern Method of Chemical Analysis*. John Wiley & Sons Inc., London.
- Purwaningsih, D. (2009). Adsorpsi multi logam Ag (I), Pb (II), Cr (III), Cu (II) dan Ni (II) pada hibrida etilendiamino-silika dari abu sekam padi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 14(1), 59-76.

- 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.
- 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, 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.
- Ramdhini, R. N., Mulyani, I., & Aziz, S. (2021). TELAAH FITOKIMIA KULIT KACANG TANAH (*Arachis hypogaea*, L). *Jurnal Farmasi Lampung Vol*, 10(1).
- Ramesh, A. V., Rama Devi, D., Mohan Botsa, S., & Basavaiah, K. (2018). Facile green synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles using aqueous leaf extract of *Zanthoxylum armatum* DC. for efficient adsorption of methylene blue. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 6(2), 145-155.
- Rampengan, A. M. (2019). Citra Morfologi Dan Pola Kristal Polyetilen Glicol (PEG-4000)-Coated Oksida Besi (Fe₃O₄) Menggunakan Transmission Electron Microscopy (TEM). *FRONTIERS: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 2(1).

- Regti, A., El Kassimi, A., Laamari, M. R., & El Haddad, M. (2017). Competitive adsorption and optimization of binary mixture of textile dyes: A factorial design analysis. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 24, 1-9.
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. P., & Suarya, P. (2015). Fotodegradasi zat warna tekstil congo red dengan fotokatalis ZnO-arang aktif dan sinar ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*, 9(2), 175-182.
- Schechter, I., Barzilai, I. L., and Bulatov, V. (1997). *Online Remote Prediction of Gasoline Properties by Combined Optical Method*, *Ana.Chim.Acta*, 339. Hal 193-199.
- Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang aktif (pengenalan dan proses pembuatannya). Sumatera Utara.
- Sinaga, Z., & Joniwarta, J. (2020). Analisis ukuran kristal dan sifat magnetik melalui proses pemesinan milling menggunakan metode karakterisasi xrd, mechanical alloying, dan ultrasonik tekanan tinggi pada material barium hexaferrite (Baf₆Fe₁₂O₁₉). *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 5(1), 9-14.
- Shukla, S., Khan, R., & Daverey, A. (2021). Synthesis and characterization of magnetic nanoparticles, and their applications in wastewater treatment: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101924.
- Susanti, A. (2009). Potensi Kulit Kacang Tanah Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif Cibacron Red. *Skripsi. Institut Pertanian Bogor*.
- 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, 101003.
- Teja, A. S., & Koh, P. Y. (2009). Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles. *Progress in crystal growth and characterization of materials*, 55(1-2), 22-45.
- Thermo Nicolet. (2001). *Introduction to FTIR Spectrometry*. Thermo Nicolet Inc: Madison, USA.
- Wahyuni, S. (2009). *Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wijayanti, T. A. (2019). ADSORPSI MULTIKOMPONEN (ION Cu (II), METILEN BIRU, DAN KRISTAL VIOLET) PADA ADSORBEN HIBRIDA ALGA *Nannochloropsis* sp. SILIKA-MAGNETIT (Fe₃O₄).
- Windasari, R. (2009). Adsorpsi Zat Warna Tekstil Direct Blue 86 oleh Kulit Kacang Tanah. *Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA UNNES, Semarang*.
- Yang, Y., Jin, D., Wang, G., Wang, S., Jia, X., & Zhao, Y. (2011). Competitive biosorption of Acid Blue 25 and Acid Red 337 onto unmodified and CDAB-modified biomass of *Aspergillus oryzae*. *Bioresource technology*, 102(16), 7429-7436.
- Yashni, G., Al-Gheethi, A., Mohamed, R. M. S. R., Dai-Viet, N. V., Al-Kahtani, A. A., Al-Sahari, M., ... & Alkhadher, S. (2021). Bio-inspired ZnO NPs synthesized from *Citrus sinensis* peels extract for Congo red removal from textile wastewater via photocatalysis: Optimization, mechanisms, techno-economic analysis. *Chemosphere*, 281, 130661.
- Yazid, N. A., & Joon, Y. C. (2019, July). Co-precipitation synthesis of magnetic nanoparticles for efficient removal of heavy metal from

synthetic wastewater. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2124, No. 1, p. 020019). AIP Publishing LLC.

Yesmin, S., Mahiuddin, M., Nazmul Islam, A. B. M., Karim, K. M. R., Saha, P., Khan, M. A. R., & Ahsan, H. M. (2024). Piper chaba stem extract facilitated the synthesis of iron oxide nanoparticles as an adsorbent to remove congo red dye. *ACS omega*, 9(9), 10727-10737.