

**SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIT (Fe_3O_4)
TERMODIFIKASI EKSTRAK KULIT PISANG (*Musa
paradisiaca* L) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN
ZAT WARNA METIL VIOLET**

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



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2024**

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-2374/Un.02/DST/PP.00.9/12/2024

Tugas Akhir dengan judul : SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIT (Fe_3O_4) TERMODIFIKASI EKSTRAK KULIT PISANG (Musa paradisiaca L) DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METIL VIOLET

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ADDINA HUSNA FILLAH
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030058
Telah diujikan pada : Selasa, 24 Desember 2024
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: 677124363fa3e



Penguji I

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6767394182d7



Penguji II

Endaruji Sedyadi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 676e9013cc4e



Yogyakarta, 24 Desember 2024

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 6772121f608af

PENGESAHAN 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 : Addina Husna Fillah
NIM : 20106030058
Judul Skripsi : Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Termodifikasi Ekstrak Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca* L) dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Metil Violet

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.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 04 Desember 2024

Pembimbing

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si.
NIP: 19810627 200604 2 003

HALAMAN PERNYATAAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Addina Husna Fillah
NIM : 20106030058
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Termodifikasi Ekstrak Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca* L) dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Metil Violet"** 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, 04 Desember 2024



Addina Husna Fillah
NIM. 20106030058

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTO

“Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia adalah sebaik-baik pelindung”

(Q.S Ali-Imran: 173)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri”

(Baskara Putra)



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbila'lamin, Segala rasa puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan penulis kekuatan dan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini berjudul “Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Termodifikasi Ekstrak Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L) dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Metil Violet” 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 penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan dorongan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, saya ingin menyampaikan 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 yang dengan sukarela meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Para Dosen Program Studi Kimia yang telah berbagai 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 Instrumen Universitas Ahmad Dahlan (UAD) yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
6. Cinta pertama dan panutan penulis, Bapak Ramdoni dan pintu surge penulis Ibu Iin Indrayani. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Beliau memang tidak sempat merasakan Pendidikan bangku perkuliahan, namun mereka mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga Bapa dan Ibu diberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak, karena telah menjadi figure orang tua terbaik bagi penulis.
7. Kepada Syahwa, Sheriza, dan Wida selaku sahabat SMP penulis, terima kasih selalu memberikan semangat, dukungan yang telah diberikan kepada penulis, *Miss you guys*.
8. Kepada teman terdekat penulis Syifa, Annida, Dari, dan Pina, terima kasih telah memberikan semangat, dukungan, serta selalu menjadi tempat penulis berkeluh kesah selama proses penulisan skripsi.
9. Rekan-rekan satu bimbingan, Dede, Zaka, Siska, dan Intan yang telah saling membantu dan memberikan dukungan tanpa henti satu sama lain, *I love u guys*.

10. Seluruh teman-teman Program Studi Kimia Angkatan 2020 (*hydroxyl*) 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, 25 September 2024

Penulis



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil Allamin, skripsi ini merupakan rasa syukur penulis kepada Allah SWT karena telah memberikan nikmat karunia pertolongan yang tiada henti hingga saat ini. Skripsi ini penulis persembahkan kepada: Diri sendiri yang telah melalui berbagai tantangan hidup hingga saat ini, serta kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa tanpa henti hingga penulis berhasil menyelesaikan Pendidikan di bangku perkuliahan.

Almamater tercinta Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTO	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
INTISARI.....	1
ABSTRACT	2
BAB I PENDAHULUAN	3
A. Latar Belakang Masalah	3
B. Batasan Masalah	8
C. Rumusan Masalah.....	8
D. Tujuan Penelitian.....	9
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. Pisang Kepok (<i>Musa Paradisiaca L</i>).....	16
3. Ekstraksi Dekok	17
4. Zat Warna Metil Violet.....	18
5. Sintesis Nanopartikel Magnetik (MNPs).....	20
6. Adsorpsi	22
7. Spektrofotometri UV-Visible	26
8. Spektrofotometri <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR).....	28
9. Difraksi Sinar-X (XRD).....	29
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis Penelitian	31
BAB III METODELOGI PENELITIAN	36
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	36
B. Alat dan Bahan Penelitian	36
C. Prosedur Kerja Penelitian	37
D. Teknik Analisis Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Sintesis MNPs-BP dari Ekstrak Kulit Pisang (<i>Musa Paradisiaca L</i>).....	41
B. Karakterisasi MNPs-BP	43
C. Pengaruh pH Metil Violet terhadap Proses Adsorpsi Metil Violet pada MNPs-BP	51
D. Isoterm Adsorpsi MNPs-BP terhadap Zat Warna Metil Violet.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
A. Kesimpulan	62

B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64
CURRICULUM VITAE	84



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perbandingan ukuran kristal nanopartikel Fe_3O_4 dengan ekstrak tanaman yang berbeda.....	48
Tabel 4. 2 Parameter yang dihitung pada model isotherm Langmuir dan Freundlich	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kristal magnetit (Fe_3O_4).....	15
Gambar 2. 2 Struktur Metil Violet	19
Gambar 2. 3 Diagram Pourbaix besi oksida dalam air.....	20
Gambar 2. 4 Skema Alat Spektrofotometri UV- Visible.....	27
Gambar 4. 1 Mekanisme ilustrasi sintesis MNPs-BP	42
Gambar 4. 2 Spektra FTIR (a) Fe_3O_4 murni, (b) ekstrak kulit buah pisang dan (c) MNPs-BP	45
Gambar 4. 3 Difraktogram XRD MNPs-BP.....	47
Gambar 4. 4 Spektra FTIR adsorben MNPs-BP	50
Gambar 4. 5 Kurva kalibrasi zat warna metil violet	52
Gambar 4. 6 Grafik pengaruh pH asam basa terhadap % konsentrasi metil violet yang teradsorpsi oleh MNPs-BP	53
Gambar 4. 7 Mekanisme pH terhadap adsorpsi metil violet pada MNPs-BP	55
Gambar 4. 8 Grafik pengaruh konsentrasi adsorben terhadap adsorbat sebagai % konsentrasi teradsorpsi (10 mg MNPs-BP, pH 6, 60 menit)	57
Gambar 4. 9 Model Isoterm adsorpsi Langmuir (a) dan Freundlich (b) (10 mg MNPs-BP, pH 6, 60 menit)	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Buah Pisang Kepok (<i>Musa Paradisiaca L</i>)	72
Lampiran 2. Difraktogram XRD dan Perhitungan ukuran kristal.....	72
Lampiran 3. Penentuan panjang gelombang zat warna metil violet	73
Lampiran 4. Pengaruh pH metil violet terhadap proses adsorpsi pada MNPs-BP	75
Lampiran 5. Data isotherm adsorpsi MNPs-BP terhadap zat warna metil violet .	76
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian	79

INTISARI

Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Termodifikasi Ekstrak Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L) dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Metil Violet.

Oleh:

Addina Husna Fillah

Pembimbing:

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi dan kristalinitas pada adsorben nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit pisang (MNPs-BP), dan menganalisis pengaruh pH terhadap adsorpsi zat warna metil violet pada MNPs-BP, serta menganalisis kesetimbangan adsorpsi untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi melalui isoterm adsorpsi. Sintesis adsorben MNPs-BP dilakukan menggunakan metode kopresipitasi dengan menggunakan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ serta ekstrak kulit pisang sebagai agen pereduksi alami. Adsorben MNPs-BP dikarakterisasi menggunakan instrumen fourier transformer infrared (FTIR) dan X-ray diffraction (XRD). Hasil penelitian menunjukkan adsorben (MNPs-BP) berhasil disintesis, ditunjukkan dengan adanya ikatan inti Fe-O pada magnetit pada bilangan gelombang 578.64 cm^{-1} pada spektra FTIR dan hasil analisis XRD menunjukkan lima puncak difraksi utama untuk magnetit yaitu $32,30^\circ$; $35,46^\circ$; $43,01^\circ$; $56,98^\circ$; dan $62,86^\circ$. Berdasarkan persamaan Debye-Sherrer diperoleh ukuran kristal adsorben MNPs-BP 3,62 nm. Pengaruh kondisi elektrostatis terhadap interaksi adsorpsi pada pH 6 selama 60 menit dengan konsentrasi awal metil violet 30 mg/L. Kesetimbangan adsorpsi zat warna metil violet pada MNPs-BP sesuai model isotherm Langmuir, hasil penelitian menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 133,317 mg/g dan energi adsorpsi sebesar -3,38 J/mol, sehingga menunjukkan kapasitas adsorben yang baik untuk menyerap zat warna. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa sintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) berhasil disintesis dengan ukuran rata-rata kristal 3,62 nm dan memiliki gugus Fe-O yang khas. Pengaruh kondisi elektrostatis terhadap interaksi adsorpsi pada pH 6, serta adsorpsi mengikuti model isotherm Langmuir dengan nilai kapasitas adsorpsi 133,317 mg/g dan energi adsorpsi -3,38 J/mol.

Kata Kunci: *Ekstrak kulit pisang, nanopartikel magnetit, adsorpsi, metil violet*

ABSTRACT

Synthesis of Banana Peel Extract (*Musa paradisiaca L*) Modified Magnetite Nanoparticles (Fe_3O_4) and its Application as Methyl Violet Dyestuff Adsorbent.

By:

Addina Husna Fillah

Supervisor:

Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si.

This study aims to characterize the functional groups and crystallinity of magnetite nanoparticles adsorbent from banana peel extract (MNPs-BP), and analyze the effect of pH on the adsorption of methyl violet dye on MNPs-BP, as well as analyze the adsorption equilibrium to obtain adsorption capacity and adsorption energy through adsorption isotherms. The synthesis of MNPs-BP adsorbent was carried out using the coprecipitation method using $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and banana peel extract as a natural reducing agent. The MNPs-BP adsorbent was characterized using fourier transform infrared (FTIR) and X-ray diffraction (XRD) instruments. The results showed that the adsorbent (MNPs-BP) was successfully synthesized, indicated by the presence of Fe-O core bonds in magnetite at wave number 578.64 cm^{-1} in FTIR spectra and XRD analysis results showed five main diffraction peaks for magnetite, namely 32.30° ; 35.46° ; 43.01° ; 56.98° ; and 62.86° . Based on the Debye-Sherrer equation, the crystal size of MNPs-BP adsorbent is 3.62 nm. The effect of electrostatic conditions on adsorption interaction at pH 6 for 60 minutes with an initial concentration of methyl violet of 30 mg/L. The adsorption equilibrium of methyl violet dye on MNPs-BP according to the Langmuir isotherm model, the results showed an adsorption capacity value of 133.317 mg/g and an adsorption energy of -3.38 J/mol, thus showing a good adsorbent capacity to absorb dyes. Based on these results, it shows that the synthesis of magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles was successfully synthesized with an average crystal size of 3.62 nm and has a typical Fe-O group. The effect of electrostatic conditions on adsorption interactions at pH 6, as well as adsorption following the Langmuir isotherm model with an adsorption capacity value of 133.317 mg/g and adsorption energy of -3.38 J/mol.

Keywords: Banana peel extract, magnetite nanoparticles, adsorption, methyl violet

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Industri tekstil memiliki peran yang signifikan di Indonesia. Sektor industri memiliki kontribusi yang besar dalam mendorong pertumbuhan ekonomi. Namun, disamping manfaat positifnya, industri ini juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Hardian, 2020). Salah satu masalah dalam industri tekstil adalah dihasilkannya limbah cair yang mengandung sisa zat warna. Zat warna sintesis bersifat tahan terhadap degradasi dan memiliki sifat karsinogenik yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan (Syakina dan Rahmayanti, 2023). Diperkirakan sekitar 5000 ton bahan pewarna dibuang ke lingkungan setiap tahunnya (Adam dan Puspitasari, 2019). Salah satu zat warna yang digunakan pada industri tekstil yaitu zat warna metil violet (MV) (Syakina dan Rahmayanti, 2023).

Metil violet termasuk ke dalam kategori senyawa organik berwarna intens yang disebut pewarna trifenilmetana karena memiliki tiga gugus aril yang terikat pada atom nitrogen dan berinteraksi dengan satu atau dua gugus metil (Bonetto *et al.*, 2015). Gugus trifenilmetana dalam metil violet memiliki dampak karsinogenik, iritasi pada kulit, dan dapat menyebabkan masalah pada ginjal, sistem pencernaan, dan pernafasan (Syakina dan Rahmayanti, 2023). Metil violet lebih toksik karena dapat dengan mudah berinteraksi dengan membran sel yang bermuatan negatif dan memasuki sel (Astuti dan Fatin, 2017). Limbah metil violet memiliki potensi menjadi pencemar berbahaya karena struktur senyawa sintetikanya yang besar dan

stabil, sulit terurai, sehingga memerlukan upaya lebih untuk mengurangi dampak limbahnya (Kustiningsih *et al*, 2020).

Terdapat berbagai metode yang diterapkan untuk menangani masalah pencemaran oleh limbah zat warna dalam industri yaitu fotokatalisis, elektrolisis, nanofiltrasi, ultrafiltrasi, dan adsorpsi (Rahmayanti *et al.*, 2022). Metode-metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Fotokatalis unggul karena bahan yang murah, mudah diperoleh, dan hemat ruang, namun degradasi zat warna rendah dan hanya bisa dilakukan di laboratorium (Aliah dan Karlina, 2015). Metode elektrolisis sangat efisien, mudah dioperasikan, dan ramah lingkungan, tetapi memerlukan energi yang besar (Pratama *et al.*, 2012). Nanofiltrasi memerlukan energi rendah dan bisa memisahkan partikel nanometer, tetapi investasi awalnya tinggi dan variabel performansi membran harus diperhitungkan dengan cermat (Muliawati, 2012). Ultrafiltrasi bisa beroperasi pada suhu *ambient* dan tidak destruktif, namun kurang praktis dan sulit dipindahkan (Mirwan *et al.*, 2020). Kelebihan adsorpsi adalah mudah digunakan, efisien, rendah kebutuhan energi dan dapat menggunakan berbagai jenis adsorben (Asiah *et al.*, 2022). Kekurangannya, proses ini memiliki kapasitas adsorben yang terbatas, sehingga memerlukan regenerasi yang sering (Herawati *et al.*, 2018).

Berbagai metode telah diterapkan untuk menangani pencemaran limbah zat warna, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya. Berdasarkan metode-metode yang telah dijelaskan, adsorpsi merupakan metode yang paling berpotensi untuk digunakan, hal tersebut dikarenakan dapat memanfaatkan berbagai jenis adsorben, serta metode ini lebih hemat biaya dan efektif dalam

mengatasi limbah zat warna. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang menjanjikan yang telah banyak diteliti dan diterapkan untuk menghilangkan pewarna dari air limbah industri (Astuti *et al.*, 2019). Proses adsorpsi adalah pilihan menarik dan efektif untuk menghilangkan pewarna dari limbah air dengan desain yang sederhana dan berbagai adsorben yang digunakan (Astuti and Fatin, 2017). Proses pemisahan melalui adsorpsi dapat melibatkan sejumlah bahan adsorben yang beragam diantaranya zeolit, *silica gel*, karbon aktif, kitosan, dan bentonit (Fitriansyah *et al.*, 2021). Meskipun ada limbah, regenerasi melalui desorpsi memungkinkan penggunaan ulang adsorben dan adsorbat. Oleh karena itu, penting untuk mencari adsorben regenerasi yang ekonomis dan mudah disintesis (Rahmayanti *et al.*, 2022).

Nanopartikel magnetik memiliki beragam sifat fisik dan bisa digunakan dalam berbagai konteks. Salah satu contoh nanopartikel magnetik yaitu Fe_3O_4 yang juga dikenal sebagai magnetit (Prasetyowati dkk, 2021). Magnetit (Fe_3O_4) adalah oksida besi campuran hasil reaksi antara Fe^{2+} dan Fe^{3+} (Sari, 2017). Metode yang digunakan seperti kopresipitasi, mikroemulsi, dan hidrotermal (Ba-Abbad *et al.*, 2022). Beragam metode untuk menghasilkan nanopartikel telah banyak digunakan oleh peneliti, namun metode tersebut memiliki kelemahan. Kelemahan metode kopresipitasi rentan terhadap oksidasi dan agregasi magnetit (Kustomo, 2020). Mikroemulsi kurang efektif dan mengandung banyak pengotor, sedangkan hidrotermal membutuhkan suhu tinggi dan banyak pelarut (Yusuf *et al.*, 2020)).

Metode kopresipitasi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis partikel berbasis magnetit, karena merupakan metode

yang sederhana (Mello *et al.*, 2019). Selain itu, kopresipitasi melibatkan kondisi suhu ruang dan memerlukan waktu eksperimen yang relatif singkat (Lubis, 2022), sehingga metode kopresipitasi lebih unggul karena lebih sederhana dan menggunakan kondisi ringan meskipun rentan terhadap oksidasi dan agregasi. Ekstrak tumbuhan bertindak sebagai agen pereduksi dan penstabil (*capping agent*) dalam sintesis nanopartikel termasuk magnetit. Selain itu, sintesis nanopartikel yang termediasi oleh tanaman lebih disukai karena mudah dalam skala besar, efisiensi produksi lebih baik, ramah lingkungan dan menghasilkan ukuran partikel lebih kecil dan homogen. Salah satunya ekstrak tumbuhan buah yaitu kulit pisang (*Musa Paradisiaca L*) yang dapat digunakan dalam sintesis nanopartikel perak (Ibrahim, 2015).

Pisang adalah buah yang mudah ditanam di negara-negara tropis seperti Indonesia. Setelah panen, sebagian besar seperti kulit, batang, dan daun pisang dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut, sehingga menciptakan potensi limbah kulit pisang yang besar (Hardian, 2020). Kulit pisang memiliki sumber senyawa kimia diantaranya: lignin (6-12%), pektin (10-21%), selulosa (7,6-9,6%), dan hemiselulosa (6,4-9,4%) (Arifiyana dan Devianti, 2020). Kandungan dari beberapa senyawa dalam kulit pisang tersebut memiliki potensi sebagai bahan adsorben. Kulit pisang memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi serta keberadaan gugus fungsi OH- pada selulosa menjadikannya efektif sebagai adsorben, karena gugus OH- dapat berinteraksi dengan ion dalam larutan, memudahkan adsorpsi zat bermuatan positif seperti zat warna kationik (Musafira *et al.*, 2019). Berbagai jenis adsorben

yang murah dan efektif, pemanfaatan kulit pisang memiliki potensi sebagai adsorben untuk menghilangkan zat warna reaktif (Musafira *et al*, 2019).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa kulit pisang dapat digunakan untuk menyerap zat pewarna azo (Hardian, 2020). Penelitian Catlioglu *et al.*, (2021) mengungkapkan bahwa penggunaan nanopartikel magnetit dalam kulit pisang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan pewarna anionik biru bormofenol (BPB). Kapasitas adsorpsi maksimum dari kulit pisang adalah 6,04 mg g⁻¹, sementara pada komposit kulit pisang dengan nanopartikel magnetit mencapai 8,12 mg g⁻¹.

Penelitian Adam dan Juli Puspitasari., (2019) telah menggunakan ekstrak kulit pisang (*Musa Paradisiaca L*) pada nanopartikel magnetik (MNPs) sebagai adsorben untuk zat warna *methylene blue*, dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,85 mg/g. Hal ini disebabkan oleh kandungan polisakarida dalam kulit pisang yang membuatnya potensial sebagai adsorben untuk zat warna.

Berdasarkan uraian masalah tersebut dapat diketahui bahwa limbah kulit pisang dapat menjadi agen pereduksi dan penstabil dalam proses sintesis nanopartikel magnetit yang kemudian digunakan sebagai adsorben untuk mengatasi limbah zat warna. Namun, belum ada penelitian yang mengaplikasikan adsorben ini untuk menghilangkan zat warna metil violet. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit buah pisang kepok (MNPs-BP) menggunakan metode kopresipitasi. Selain itu, mengamati karakteristik nanopartikel yang dihasilkan, mempelajari fenomena adsorpsi dengan

lingkungan elektroniknya, serta mempelajari kesetimbangan adsorpsi untuk mendapatkan kapasitas dan energi adsorpsi melalui isoterm adsorpsi.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Ekstrak kulit pisang kepok (*Musa Paradisiaca L*) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui proses ekstraksi dekok menggunakan pelarut air.
2. Limbah kulit pisang kepok diperoleh dari kedai piscok lumer di daerah Warungboto, Umbulharjo, Yogyakarta.
3. Metode yang digunakan dalam proses sintesis nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit pisang adalah metode kopresipitasi.
4. Zat warna yang digunakan dalam penelitian adalah metil violet.
5. Karakterisasi MNPs-BP dilakukan menggunakan instrumen *fourier transform infrared spectrometry* (FTIR) untuk identifikasi gugus fungsi dan untuk mengetahui kristalinitas serta ukuran kristal menggunakan instrumen *x-ray diffractometry* (XRD).
6. Studi parameter pH adsorpsi zat warna metil violet pada nanopartikel magnetik dari ekstrak kulit pisang (*Musa Paradisiaca L*) dalam rentang pH 2, 4, 6, 8, dan 10.
7. Studi parameter isoterm adsorpsi menggunakan model Langmuir dan Freundlich dilakukan pada variasi konsentrasi 5; 10; 15; 30 dan 50 mg/L.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses sintesis nanopartikel magnetit?

2. Bagaimana karakteristik gugus fungsi dan kristalinitas serta ukuran kristal dari adsorben berdasarkan analisis FTIR dan XRD?
3. Bagaimana kondisi pH optimum adsorpsi metil violet pada MNPs-BP?
4. Bagaimana model isoterm adsorpsi zat warna metil violet pada MNPs-BP?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dengan metode kopresipitasi.
2. Mengkarakterisasi gugus fungsi dan kristalinitas pada nanopartikel magnetit dari ekstrak kulit pisang (MNPs-BP) berdasarkan spektrofotometer FTIR dan XRD.
3. Mempelajari pengaruh lingkungan elektronik terhadap interaksi adsorpsi zat warna metil violet dengan MNPs-BP.
4. Menganalisis kesetimbangan adsorpsi untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi melalui isoterm adsorpsi.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai alternatif ramah lingkungan yang membantu mengurangi pencemaran air oleh senyawa pewarna (metil violet) yang berbahaya.
2. Meningkatkan penggunaan kulit pisang sebagai adsorben untuk zat warna metil violet.
3. Mengurangi limbah kulit pisang dari produksi makanan yang bisa dijadikan nanopartikel magnetit untuk menghilangkan metil violet dalam industri tekstil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakterisasi gugus fungsi pada MNPs-BP dengan spektrofotometer FTIR menunjukkan pita serapan khas inti Magnetit dan senyawa ekstrak kulit pisang pada bilangan gelombang $32,30^\circ$; $35,46^\circ$; $43,01^\circ$; $56,98^\circ$; dan $62,86^\circ$. Ukuran kristal rata-rata MNPs-BP dihitung menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* dari data spektrofotometer XRD yaitu 3,62 nm.
2. Pengaruh parameter pH pada zat warna metil violet terhadap MNPs-BP menunjukkan hasil pengaruh lingkungan elektronik terhadap interaksi adsorpsi pada pH 6 dengan persen adsorpsi sebesar 88,65%.
3. Model kesetimbangan adsorpsi mendapatkan isoterm lebih sesuai dengan model Langmuir, karena terbentuknya lapisan tunggal (*monolayer*). Hasil perhitungan dari persamaan isoterm Langmuir didapatkan kapasitas adsorpsi sebesar 133,317 mg/g dan energi adsorpsi sebesar -3,38 J/mol.

B. Saran

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

1. Melakukan uji pengaruh waktu kontak metil violet terhadap kapasitas adsorpsi nanopartikel untuk menentukan kondisi optimal proses adsorpsi.

2. Aplikasi adsorben ini sebaiknya diperluas ke skala yang lebih besar, seperti dalam pengolahan limbah industri tekstil untuk mengukur performanya dalam kondisi yang lebih realistis.
3. Perlu dilakukan analisis ekonomi dan dampak lingkungan dari penggunaan bahan alami seperti kulit pisang dalam sintesis nanopartikel magnetit untuk menilai kelayakan penerapannya pada skala industri.



DAFTAR PUSTAKA

- Abriyani, E., Krisna, T. W., Fisya, S., Nadya, A., Annisa, R. (2023). Metode spektrofotometri Uv-Vis dalam analisis penentuan kadar vitamin C pada sampel yang akan diuji. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*. Vol. 5.
- Adam, N. M. and Juli Puspitasari, D. (2019) 'PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH PISANG KEPOK (Musa paradisiaca) SEBAGAI BIOSORBEN ZAT WARNA RHODAMIN B [The Utilization of Banana Peels (Musa paradisiaca) as Biosorbent of Rhodamine B]', *Kovalen*, 5(3), pp. 308–314.
- Aliah, H dan Y. Karlina. (2015). Semikonduktor TiO₂ sebagai material fotokatalis berulang. *Jurnal Fisika FST UIN SGD Bandung*. Vol 10(1); hal 185-189.
- Ali, Arbab., Tufali, S., Rehmat, U., Pingfan, Z., Manlin, G., Muhammad, O., Zhiqiang, T., Yukui, R. (2021). Magnetic nanoparticles; synthesis, characterization, and diverse applications. *Frontiers in Chemistry*.
- Artioli, Y. (2008). Adsorption. Ecological Processes. Elsevier B.V.
- Annisa Nurul Syakina, Maya Rahmayanti. (2023). Removal of metil violet from aquesous solutions by green synthesized magnetite nanoparticles with Parkia Speciosa Hassk peel extracts. *Chemical Data Collections*. Volume 44, (April), 101003 <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2023.101003>.
- Anggraini, N., Agustina, T. E. and Hadiah, F. (2022) 'Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), pp. 345–355. doi: 10.14710/jil.20.2.345-355.
- Anngela, O., Muadifah, A. and Nugraha, D. P. (2021) 'Validasi Metode Penetapan Kadar Boraks pada Kerupuk Puli Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis', *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(4), pp. 375–381. doi: 10.25026/jsk.v3i4.258.
- Arifiyana, D., Devianti, V. (2020). Biosopsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Biosorben Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*). *Jurnal Kimia Riset*. Vol 5 No.1, 1-8.
- Asiah, Nur., Novi, Sylvia., Syamsul, B. (2022). 'Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Adsorben Dari Ampas The pada Kolom'. *Chemical Engineering Journal*, 75-85.
- Asnawi, A., Erli, B., Ellin, F., Nursamsiar., Sitti, R., Ivan, A. (2021). Metode spektroskopi ATR-FTIR tandem PCA untuk mendeteksi kopi robusta sebagai adulteran dalam sediaan kopi arabika toraja komersial. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 6(1), 116-123.
- Astuti, W. and Fatin, D. M. (2017) 'Adsorption of Metil Violet Dye By Thermally Modified Ceiba Pentandra Sawdust', *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6(2), pp. 183–189. doi: 10.15294/jbat.v6i2.12126.
- Astuti, W. Chafidz, A., Wahyuni, E.T., Prasetya, A., Made, B., Ahmed, E.A., (2019) 'Metil violet dye removal using coal fly ash (CFA) as a dual sites

- adsorbent', *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), pp. 1–10. doi: 10.1016/j.jece.2019.103262.
- Astuti, W., Sulisyaningsih, T., Maksiola, M. (2016). Chemically Modified Kapok Sawdust As Adsorbent Of Methyl Violet Dye From Aqueous Solution. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*. 78:9, 35-42.
- Ba-Abbad, M. M. *et al.* (2022) 'Synthesis of Fe₃O₄ Nanoparticles with Different Shapes Through a Co-Precipitation Method and Their Application', *Jom*, 74(9), pp. 3531–3539. doi: 10.1007/s11837-022-05380-3.
- Bacelo, HAM., DS. Santos., C. Botelho. (2016). Tannin-based biomaterials; production, characterization, and application in water and wastewater treatment, in; *Master in molecular biotechnology faculty of engineering, University of porto*. Portugal.
- Bahri, Syamsul. (2019). Ekstraksi kulit batang Nangka menggunakan air untuk pewarna alami tekstil. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*.
- Bonetto, L. R. Ferrarini, F., Marco, C., J.S. Crespo., Guegan. R., Giovanela. M. (2015) 'Removal of metil violet 2B dye from aqueous solution using a magnetic composite as an adsorbent', *Journal of Water Process Engineering*, 6, pp. 11–20. doi: 10.1016/j.jwpe.2015.02.006.
- Catliglu, F., Akay, S., Turunc. Ersan., Gozmen, B., Anastopoulos, I., Kayan, B., Kalderis, D. (2021). Preparation and application of Fe-modified banana peel in the adsorption of methylene blue; Process optimization using response surface methodology. *Journal Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100517>.
- Charles, A. T. (2001). Sustainable fishery systems. Blackweel Science Ltd. Victoria. 370 pp.
- Cornel, R. M., and Schwerthmann, U., (2003). *The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses*. Wiley-VCH.
- Desiyani, E. (2021) 'Sintesis dan karakterisasi fe₃o₄-tio₂/ karbon Aktif untuk Adsorpsi Ion Logam Cu(II) dan Cd(II) dalam Larutan', *Skripsi. FMIPA UII Yogyakarta*, (Ii).
- Diana Susanti, A., Budi Sediawan, W. and Wirawan, S. (2015) 'Sutami No. 36A 57315 2 Mahasiswa Pasca Sarjana Jurusan Teknik Kimia', *Universitas Gadjah Mada*, 55281(2), p. 55281.
- Enein, A., Andrei, A., Elena, G. (2015). *I. X-Ray Diffraction; Instrumentation and Applications*. *Analytical Chemistry*. 45, 289-299.
- Elsafitri, O., Nasri, M. and Deswardani, F. (2020) 'Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ (Magnetit) dari Pasir Besi sungai Batanghari Jambi yang Dienkapsulasi dengan Polyethylen Glycol (Peg-4000)', *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 8(3), pp. 97–103.
- Fakhruzy., Anwar, K., Alfi., Aswaldi, A. (2020). Optimalisasi metode maserasi

untuk ekstraksi tanin rendemen tinggi. *Menara Ilmu*. Vol. XIV No.2.

- Farias, K., Rita, A., Karla, R., Carlos, E, D., Julio, A., Heberton, W. (2023). Banana peel powder biosorbent for removal of hazardous organic pollutants from wastewater. *MDPI*, 11, 664. <https://doi.org/10.3390/toxics11080664>.
- Fatimah, S., Risti, R., Dwi, F., Asep, Bayu. (2022). How to calculate crystallite size from X-ray diffraction (XRD) using scherrer method. *ASEAN Journal of science and engineering*. 2(1), 65-76.
- Fauzi, M. D. N., Edi, N., Ali, A., Miftahul, K.. (2021) 'Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla)', *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 10(2), p. 51. doi: 10.24036/p.v10i2.112375.
- Fitriansyah, A., Amir, H. and Elvinawati, E. (2021) 'KARAKTERISASI ADSORBEN KARBON AKTIF DARI SABUT PINANG (*Areca catechu*) TERHADAP KAPASITAS ADSORPSI ZAT WARNA INDIGOSOL BLUE 04-B', *Alotrop*, 5(1), pp. 42–54. doi: 10.33369/atp.v5i1.16485.
- Gawande, M., Niharika, S, B., Anuja, A. (2017). Adsorption and its isotherm. *Journal of engineering research*. Vol No. 6, pp; 312-216.
- Hafiz, M., Amani, H., Mohammed, T., (2022). Magnetic nanoparticles draw solution for forward osmosis: current status and future challenges in wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol 10, 6.
- Hayu, Laura. D. R., Nasra. E., Azhar, M., Etika, S. B., (2021). Adsorpsi zat warna *methylene blue* menggunakan karbon aktif dari kulit durian (*Durio zibethius Murr*). *Chemsitry Journal of Universitas Negeri Padang*, Vol 10 No.2.
- Hardian, A. (2020) 'Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Preparation of Composite Derived from Banana Peel Activated Carbon and MgFe 204 as Magnetic Adsorbent for Methylene Blue', 23(12), pp. 440–448.
- Herawati, D., Setyo, D., Ilma, A. (2018). Kondisi optimum adsorpsi-fluidisasi zat warna limbah tekstil menggunakan adsorben jantung pisang. *Jurnal SainHealth*, 2(1), 1-7.
- Herviona Ikhwanudin, A. *et al.* (2020) 'Rancang Bangun Alat Destilasi Sederhana untuk Memenuhi Kebutuhan Akuades di Laboratorium Teknologi Rekayasa Pangan', *Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat*, pp. 284–290.
- Herrena, A. (2017). Fito pengolahan untuk dekonsentrasi warna rhodamin b, metilen biru dan metil violet dengan tumbuhan air *Eichhornia crassipes* dan *pistia stratiotes*. *Jurusan Teknik Lingkungan*.
- Hidayah, N., Gaby, M.N., Nur, A.M., (2022) 'Jurnal Bionature', 23(2), pp. 126–131.
- Hikal, M., Hussein, A, H., Amra, B., Kirill, G., Javad, S., Miroslava, K., Mohammed, E., Maria, A. (2022). Banana peels; a waste treasure for human

- being. Hindawi. <https://doi.org/10.1155/2022/7616452>.
- Hunger, K., (2003). *Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications*, Wiley-VCH, Weinheim; Cambridge.
- Hu, Haidong. (2020). *Physicochemical technologies for HRP and risk control*. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of the Environment, Nanjing.
- Hui, H., Salimi, N. (2019). *Production of Iron Oxide Nanoparticles by Co-Precipitation method with Optimization Studies of Processing Temperature, pH and Stirring Rate*. IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/743/1/012036.
- Ibrahim, M. (2015). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrras.2015.01.007>.
- Ismadji, Suryadi., Felicia, E.S., Shella, P.S., Jindrayani, N.P., Maria, Y., Wenny, I., Sandy, B.H., Valentino, B.L., (2021). *Adsorpsi Pada Fase Cair: Keseimbangan, Kinetika, dan Termodinamika*. Seri Buku Teknik Kimia. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Issa, B., Ihab, M. O., Borhan, A. A., Yousef, H. (2013). Magnetic nanoparticles; surface effects and properties related to biomedicine applications. *Int. J. Mol. Sci*, 14.
- Keyhanian, F., Shahab, S., Mohammad, F., Maryam, H. (2016) 'Magnetite nanoparticles with surface modification for removal of methyl violet from aqueous solutions', *Arabian Journal of Chemistry*, 9, pp. S348–S354. doi: 10.1016/j.arabjc.2011.04.012.
- Kuntari., Naela, Salsa, B., Meidi, Y. (2017). *Kajian pengaruh waktu dan pH optimum dalam adsorpsi methyl violet dan methylen blue menggunakan abu daun bambu*. Prosiding SNKP.
- Kustiningsih, Y., Ria, R., Teja, R., Athia, H., Denni. K. S. (2020). Degradation of Methyl Violet Using TiO₂-Bayah Natural Zeolite Photocatalyst. *Journal of Chemical Engineering and Environment*. Vol 15, 10-20.
- Kustomo. (2020). 'Uji Karakterisasi dan Mapping Magnetit Nanopartikel Terlapisi Asam Humat dengan *Scanning Electron Microscope - Energi Dispersive X-Ray* (SEM-EDX). *Indo. J. Chem*.
- La Ifa., Nurdjannah., Takdir, S., Darnengsih., (2021). *Bioadsorben dan Aplikasinya*. TIM YPCM. Sumatra Barat.
- Lestari, J. H. S., Purwijantiningsih, E. and Swasti, Y. R., (2019) 'Dekok Daun Kersen (*Muntingia calabura*) Sebagai Cairan Sanitasi Tangan dan Buah Apel Manalagi (*Malus sylvestris*)', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- Lubis, Hariyati., (2022). Perbandingan karakterisasi morfologi Fe₃O₄ terhadap

- Fe₃O₄ merck melalui metode kopresipitasi. *Jurnal Insitusi Politeknik Ganesha Medan*. Vol 5, No. 2.
- Lynam, M.M., Kilduf, J.E., and Weber, J., W.J., (1995). Adsorption of p-nitrophenol from dilute aqueous solution. *J.Chem.Edu.*, 72, 80-84.
- Malyani, S., Amanda., Shinta., (2016). Preparasi nanopartikel Fe₃O₄ (magnetit) serta aplikasinya sebagai adsorben ion logam kadmium. *Indo. J. Chem. Sci.* 5 (2).
- Manousi, N., Loannis, S., Victoria, S., (2019). Extraction techniques of phenolic compounds and other bioactive compounds from medicinal and aromatic plants. Engineering tools in the beverage industry.
- Mello, L., Laudemir, C. V., Fernando, A., Italo, Odone M., (2019). Co-precipitation synthesis of (Zn-Mn)-co-doped magnetite nanoparticles and their application in magnetic hyperthermia. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol 779, 698-705.
- Mirwan, A., Doni, R, W., Abdul, G., Iryanti. (2020). 'Aplikasi Membran Ultrafiltrasi Termodifikasi untuk Penyediaan Air Bersih Layak Konsumsi di Desa Jambu Burung Kalimantan Selatan. *Buletin Profesi Insinyur* 3(1) 029-032.
- Muliawati, Eka. (2012). Pembuatan dan karakterisasi membran nanofiltrasi untuk pengolahan air. Tesis Magister Teknik Kimia. Universitas Diponegoro.
- Musafira, M., Adam, N. M. and Puspitasari, D. J. (2019) 'PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca*) SEBAGAI BIOSORBEN ZAT WARNA RHODAMIN B', *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 5(3), pp. 308–314. doi: 10.22487/kovalen.2019.v5.i3.14629.
- Murtihapsari., Bertha, M., Dinia, Dwi. (2021). Model Isoterm Freundlich dan Langmuir Oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G. verticilla* (Wild) Munro) dan Bambu Ater (*G. atter* (Hassk) Kurz ex Munro). *Jurnal Sains Naturan Universitas Nusa Bangsa*. Vol. 2, 17 - 23.
- Ngankam, S., Dai-Yang, L., Debina, B., Bacaouli, A., Yaacoubi, A., Rahman, Abdoul N. (2020). Preparation and Characterization of Magnetic Banana Peels Biochar for Fenton Degradation of Methylene Blue. *Materials Sciences and Application*, 11, 382-400.
- Niculescu, A., Chircov, C., Alexandru, M, G. (2021). Magnetite nanoparticles; Synthesis methods. *Journal Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2021.04.018>.
- Nurafriyanti., Nopi, S.P., dan Isna. S., (2017). Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun The. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3 (1): Hal 56-65.
- Pantoro, B., Ekawati, P., Sinung, P. (2017). Dekok daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) sebagai cairan untuk sanitasi tangan dan

- memperpanjang umur simpan buah mentimun (*Cucumis sativus L.*). Naskah Publikasi. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Perwitasari, D., Yahya, A., Muhammad, A., Pardi, S. (2021). Langmuir and Freundlich isotherm approximation on adsorption mechanism of chrome waste by using tofu dregs. ICESSET.
- Puspitasari, L., Mareta, S., Thalib, A. (2021). Karakterisasi senyawa kimia daun mint (*Mentha sp*) dengan metode FTIR dan kemometrik. Jurnal Ilmu Kefarmasian. Vol 14 No. 1.
- Pratama, B., Didik, S., Gunawan. (2012). Pengaruh pH pada penurunan kadar ion sianida secara elektrokimia dengan elektroda PbO₂/grafit. Jurnal Kimia Sains dan APLIKASI. 15(3), 84-87.
- Pratiwi, Alia., Nandiyanto, Dani. (2022). How to read and interpret UV-VIS spectrophotometric results in determining the structure of chemical compounds. Indonesian Journal of Educational Research and Technology. 2(1), 1-20. f
- Prasetyowati, R., Dede. W., Pinaka, E. S., Ariswan., Warsono. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄) Berbasis Pasir Besi Pantai Glagah Kulon Progo dengan Metode Kopresipitasi pada Berbagai Variasi Konsentrasi NH₄OH. *J. Sains Dasar*. Vol 10 (2) 57-61.
- Putama Mursal, I. L. (2018) ‘Karakterisasi Xrd Dan Sem Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel Dalam Drug Delivery System’, *Pharma Xplore : Jurnal Ilmiah Farmasi*, 3(2), pp. 214–221. doi: 10.36805/farmasi.v3i2.491.
- Rahmayanti, M., Erni, Y., Nunung, Faizah. Y.P. (2020). Study of Adsorption-Desorption on Batik Industrial Dyes (Naphthol Blue Back) on Magnetite Modified Humic Acid (HA-Fe₃O₄). *Journal of Scientific and Applied Chemistry*. 244-248. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.7.244-248>
- Rahmayanti, M., Sri, J., Sutarno., Hilmi, H., Lingga, B. (2020). Sintesis Karakterisasi dan Aplikasi Partikel Magnetit (Fe₃O₄) sebagai Adsorben Emas dari Limbah Simulasi. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 7, No. 2, pp. 151 - 158.
- Rahmayanti, M., Annisa, N.S., Is Fatimah., Triastuti, S. (2022) ‘Green synthesis of magnetite nanoparticles using peel extract of jengkol (*Archidendron pauciflorum*) for methylene blue adsorption from aqueous media’, *Chemical Physics Letters*, 803(June), p. 139834. doi: 10.1016/j.cplett.2022.139834.
- Rahmayanti, M., Yahdiyani, A. and 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), pp. 119–126. doi: 10.21924/cst.7.2.2022.965.
- Rahmayanti, M., M.D. Putra., Karmanto., E. Sedyadi. (2023). Potential organic magnetic nanoparticles from peel extract of *Archidendron pauciflorum* for

the effective of cationic and anionic dyes. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 2759-2770.

- Rahmawati., Wirawan, T., Soerja, K., (2024). Adsorpsi zat warna *methylene blue* menggunakan adsorben komposit Fe₃O₄-arang aktif kulit lai [*Durioi Kutejensis (hassk.)Becc*]. Jurusan Kimia, FMIPA Unmul. Prosiding Seminar Nasional Kimia.
- Samrot, A., Hawwa, H, A., Jenifer, S,A., Etel, F.,, Raji, P., Prakash, P., Suresh, K, S. (2021). Adsorption efficiency of chemically synthesized superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPIONs) on crystal violet dye. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*.
- Sanjiwani, S., Dewa, A. i., Agung, A., Wibawa., I. Made, D., Fitria, M., Ni Wayah, T., Ni Putu., I wayah, S. (2020). Pembuatan hair tonic berbahan dasar lidah buaya dan analisis dengan fourier transform infrared. *Widyadari*. Vol. 21 No. 1, hal 249-262.
- Saleh, Tawfik A. (2022). Isoterm models of adsorption processes on adsorbents and nanoadsorbents. *Interface science and technology*. Vol 34.
- Sari Fajar Indah, P. (2017). 'Sintesis, Karakterisasi Nanopartikel Magnetit, Mg/Al NO₃ - Hidrotalsit dan Komposit Magnetit-Hidrotalsit. *Jurnal Kimia Valensi*. Hal 44-49.
- Sembiring, T.,Dayana, L., M. Rianna. (2019). *Alat penguji Material*. Guepedia. Medan.
- Setyorini, D., Andi, A., Achmad, Q., Renova, P. (2023) 'Penentuan Konstanta Isoterm Freundlich dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Asam Asetat', *Eksergi*, 20(3), p. 149. doi: 10.31315/e.v20i3.10835.
- Singh, B., Jatinder, P., Amritpal, K., Narpinder, S. (2016). Bioactive compounds in banana and their associated health benefits. *Food Chemistry*.
- Stan, M. Ildiko, L., Maria. L.S., Ocsana. O., Cristian. L., Adriana. P., Copaciu., Mihaela, D. L., Irina, K., Teofil. D.S., Alin, S.P. (2019) 'Starch-coated green synthesized magnetite nanoparticles for removal of textile dye Optilan Blue from aqueous media', *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 100(xxxx), pp. 65–73. doi: 10.1016/j.jtice.2019.04.006.
- Syauqiah, I., Kusuma, F. I., Mardiana. (2020). Adsorption of Zn and Pb metal in printing waste of PT. Grafika wangi Kalimantan using corn cobs charcoal as adsorbent. *Konversi, Volume 9 No.1*, 28-34.
- Tiwari, A. N., Tapadia, K. and Thakur, C. (2022) 'An enhanced method for the removal of methyl violet dye using magnetite nanoparticles as an adsorbent: Isotherm, kinetic and thermodynamic study', *Water Science and Technology*, 86(4), pp. 625–642. doi: 10.2166/wst.2022.225.
- Ulfa, H. (2021) 'Pembuatan Magnetite (Fe₃O₄) Menggunakan Metode Elektrokimia dengan Variasi Tegangan', *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(1), pp. 1–48. Available at: <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/18183/1/Husnul>

Ulfa%2C 160704002%2C FST%2C KIM%2C 082295422910.pdf.

- Umayah, Ispuni., Sulistyaningsih Triastuti., dan Ella Kusumastuti. (2018). Preparasi Nanopartikel Mg/Al Hidrotalsit-Magnetit secara Kopresipitasi serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Cr(VI). *Indo. J. Chem. Sci.* 7 (2).
- Wahyuningsih, Asri W.K., Ita Ulfin., dan Suprpto. (2018). Pengaruh pH dan Waktu Kontak Pada Adosprsi *Remazol Brilliant Blue R* Menggunakan Adsorben Ampas Singkong. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, Vol. 7, No. 2, Hal 17-19.
- Walsh, F. C. (2016) 'Electrochemical and Physical Techniques in Support of the Conservation of Historic Vessels in the Solent Electrochemical and Physical Techniques in Support of the Conservation of Historic Vessels in the Solent', (May).
- Warnis, M., Aprilina, L. A. and Maryanti, L. (2020) 'Pengaruh Suhu Pengeringan Simplisia Terhadap Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.)', *Seminar Nasional Kahuripan*, pp. 264–268. Available at: <https://conference.kahuripan.ac.id/index.php/SNapan/article/view/64>.
- Wijaya, S., Siti, S., Ateng, S. (2023). Identifikasi *Musa Paradisiaca* dan *Musa X Paradisiaca*. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perkebunan*. Vol 5 No 2.
- Wijayanti, E., Kurniawati, A. (2019). *Studi kinetika adsorpsi isotherm persamaan langmuir dan freundlich pada abu gosok sebagai adsorben*. 4(2).
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B. and Kurniawan, C. (2018) 'Adsorpsi Logam Cr(VI) Dan Cu(II) Pada Tanah Dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), pp. 242–248.
- Yuliani, N. R., Arief, S., Septiani, U. (2013). Penggunaan Reduktor Organik dan Anorganik pada Proses Sintesis Fe₃O₄ dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Kimia Unand*, 2(1);93-97.
- Yusuf, M., Jaluri, P. D. C., Irawan, Y. (2020). Pengaruh pemberian sediaan mikroemulsi ekstrak daun kenikir (*Cosmos caudatus*) terhadap penurunan kadar asam urat tikus yang di induksi hati ayam. *Jurnal Borneo Cendikia*. Vol. 4 No.4.
- Zaini, M., Jumardi, R., Suryani, S., Elisha, M.M., Nurul, S.S., Wolyna, P. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *Journal of Functional Foods*. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054>.
- Zhou, S., Liangjun, X., Zhuan Fu., Chunhua Zhang., Xiangyu Duan, Shiyu Zhang., Yunli Wang., Cailing Ding., Xin Liu., Weilin Xu. (2021). Purification of dye-contaminated ethanol-water mixture using magnetic cellulose powders derived from agricultural waste biomass. *Journal Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117690>.