

**PREPARASI KOMPOSIT GRAFIT/MnO₂ DAN APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN PADA ADSORPSI ZAT WARNA MALASIT HIJAU**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Bidang Studi Kimia**



OLEH :

ERWIN GILBERT

08031281924112

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

PREPARASI KOMPOSIT GRAFIT/ MnO_2 DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI ZAT WARNA MALASIT HIJAU

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Studi Kimia

Oleh :

ERWIN GILBERT

08031281924112

Indralaya, 29 Juli 2025

Pembimbing



Dr. Nova Yullasari, M.Si.

NIP. 197307261999032001

Mengetahui,

~~Bekas Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam~~



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

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Erwin Gilbert (08031281924112) dengan judul "Preparasi Komposit Grafit/ MnO_2 dan Aplikasinya sebagai Adsorben pada Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau" telah diseminarkan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 Juli 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 29 Juli 2025

Ketua :

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

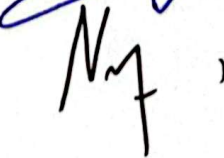
()

Anggota :

1. Dr. Nova Yuliasari, M.Si.
NIP. 197307261999032001

()

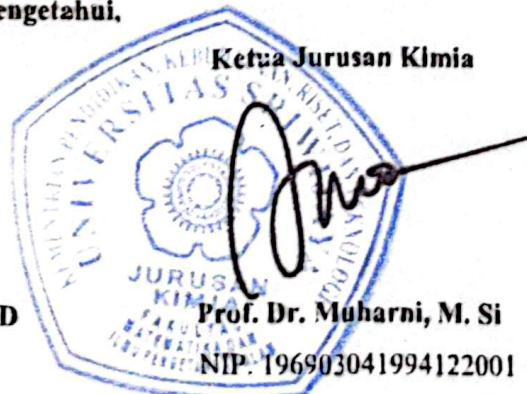
2. Dr. Neza Rahayu Palapa, M.Si.
NIP. 199505292022032017

()

Mengetahui,



Prof. Dr. Hurniansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 196411191997021001



Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M. Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Erwin Gilbert

NIM : 08031281924112

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 29 Juli 2025

Penulis,



Erwin Gilbert

NIM. 08031281924112

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Erwin Gilbert
NIM : 08031281924112
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul "Preparasi Komposit Grafit/MnO₂ dan Aplikasinya sebagai Adsorben pada Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 29 Juli 2025

Penulis,



Erwin Gilbert

NIM. 08031281924112

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang, sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau: Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan”
(Yesaya 41:10)

Dengan segala kerendahan hati dan dengan penuh rasa syukur, karya ilmiah berupa skripsi ini kupersembahkan kepada :

1. Ibu yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi serta support dalam bentuk apapun.
2. Almarhum ayah, yang meski telah tiada, *spirit* dan doanya tetap terasa menguatkan. Terima kasih atas segala kasih sayang dan perhatian yang diberikan selama hidupnya.
3. Seluruh keluarga, yang selalu memberikan semangat.
4. Dosen pembimbing, Ibu Dr. Nova Yuliasari, M.Si. atas segala bimbingan dan arahan selama proses pengerjaan skripsi.
5. Almamaterku, Universitas Sriwijaya yang telah menjadi tempat belajar dan bertumbuh

Skripsi ini adalah bukti bahwa penyertaan Tuhan Yesus nyata dalam setiap doa dan usaha. Semoga skripsi ini dapat menjadi berkat dan memberi manfaat bagi ilmu pengetahuan dan orang lain.

Segala pujian dan kemuliaan hanya bagi Tuhan Yesus.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang tak henti-hentinya telah memberikan kekuatan, kemudahan, dan pertolongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Preparasi Komposit Grafit/MnO₂ dan Aplikasinya sebagai Adsorben pada Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan dengan proses yang tidak mudah. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang berlandaskan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa untuk dapat menyelesaikan studi, serta bantuan dari berbagai pihak dalam bentuk moril maupun materil, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Dr. Nova Yuliasari, M.Si.** dan Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph. D.** untuk segala bantuan, nasihat, bimbingan, ilmu, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis dari awal penelitian hingga selesainya penulisan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya yang luar biasa kepada penulis.
2. Kedua orang tua penulis bapak M. Sitanggang (Alm.) dan ibu L. Manurung, serta keluarga besar yang lain yang senantiasa memberikan dukungan doa, materi, dan motivasi kepada penulis.
3. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Dr. Widia Purwaningrum, M.Si. dan Ibu Dr. Neza Rahayu Palapa, M.Si. selaku dosen pembahas, penulis mengucapkan terima kasih telah membantu

dalam menyempurnakan penulisan skripsi dengan memberikan masukan, bimbingan, dan kemudahan selama proses seminar, revisi, dan sidang.

7. Ibu Dra. Julinar, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik, terima kasih untuk bimbingan, masukan, dan motivasi yang telah diberikan.
8. Seluruh Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing selama masa perkuliahan hingga lulus.
9. Mba Novi dan Kak Iin selaku Admin Jurusan Kimia yang telah membantu proses administrasi penulis dari awal perkuliahan hingga lulus.
10. Kak Alfian, Kak Ahmad, Kak Amri, Kak Erni, Kak Tatak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam proses penelitian dan penulisan skripsi.
11. Seluruh teman di jurusan kimia angkatan 2018, 2019, 2020, dan 2021 yang telah membantu selama perkuliahan.
12. Seluruh pihak membantu dan memberikan informasi baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik.

Indralaya, 29 Juli 2025

Penulis,



Erwin Gilbert

NIM. 08031281924112

Universitas Sriwijaya

SUMMARY

PREPARATION OF GRAPHITE/ MnO_2 COMPOSITE AND ITS APPLICATION AS AN ADSORBENT IN THE ADSORPTION OF MALACHITE GREEN DYE

Erwin Gilbert : Supervised by Dr. Nova Yuliasari, M.Si.
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University.
xvi and 69 Pages, 16 Figures, 4 Tables, 9 Appendices.

The textile industry has experienced rapid growth, including an increase in the number of small and medium-scale textile industries (SMEs). These industries still use a simple process and does not have an adequate wastewater management system. Most of the waste from these industrial processes is discharged directly into rivers and soil. The discharged wastewater still contains a lot of synthetic dye such as malachite green which is carcinogenic, cytotoxic, and genotoxic. The method to reduce or eliminate dye contaminants used in this study is the adsorption method with graphite/ MnO_2 composite as the adsorbent. The composite was prepared using graphite, KMnO_4 and manganese (II) acetate solution. This study use MnO_2 which aims to increase the surface area of the adsorbent. MnO_2 in this study was produced from a redox reaction between KMnO_4 and manganese (II) acetate solution.

The adsorption process was carried out by adding 0.02 g of composite and graphite into 20 mL of malachite green solution under specific variables conditions, followed by concentration measurement using a UV-Vis spectrophotometer. The graphite/ MnO_2 composite was characterized using XRD, FT-IR, and BET analysis. The XRD characterization results showed diffraction peak at 26.540° which indicates the specific area of graphite, and at an angle of 33.52° which is the MnO_2 spesific region. FT-IR analysis showed the presence of functional groups $-\text{OH}$, $\text{Mn}-\text{O}$, $\text{C}=\text{C}$, and $\text{C}-\text{H}$. The BET characterization showed that the composite have a specific surface area of $44.080 \text{ m}^2/\text{g}$. This study used variables of pH variation and contact time with adsorption kinetics parameters. Determination of pH pzc from graphite/ MnO_2 composite and graphite was obtained at pH 7.64. Optimal adsorption occurred at pH 4 for the graphite/ MnO_2 composite and at pH 7 for graphite. The pseudo second-order adsorption kinetic model is more suitable. This suggests that the adsorption process proceeds primarily through chemisorption. The adsorption capacities of graphite/ MnO_2 and graphite were 16.804 mg/g and 14.944 mg/g , respectively.

Keywords : Composite, MnO_2 , Graphite, Adsorption, Malachite Green
Citation : 85 (2004-2025)

RINGKASAN

PREPARASI KOMPOSIT GRAFIT/MnO₂ DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN PADA ADSORPSI ZAT WARNA MALASIT HIJAU

Erwin Gilbert : Dibimbing oleh Dr. Nova Yuliasari, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
xvi dan 69 Halaman, 16 Gambar, 4 Tabel, 9 Lampiran.

Industri tekstil mengalami perkembangan pesat, termasuk peningkatan jumlah industri tekstil skala kecil menengah (IKM). Industri ini masih mengikuti proses yang sederhana dan tidak mempunyai sistem pengolahan limbah yang memadai. Sebagian besar limbah-limbah dari proses industri ini dibuang langsung ke aliran sungai dan tanah. Limbah cair yang dibuang masih banyak mengandung zat warna sintesis seperti malasit hijau yang bersifat karsinogenik, sitotoksik, dan genotoksik. Metode untuk menurunkan atau menghilangkan kontaminan zat warna yang digunakan pada penelitian ini adalah metode adsorpsi dengan komposit grafit/MnO₂ sebagai adsorbennya. Preparasi komposit menggunakan grafit, KMnO₄ dan larutan mangan (II) asetat. Penelitian ini menggunakan MnO₂ yang bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan adsorben. MnO₂ pada penelitian ini dihasilkan dari reaksi redoks antara KMnO₄ dan larutan mangan (II) asetat.

Proses adsorpsi dilakukan dengan menambahkan 0,02 g komposit dan grafit kedalam 20 mL larutan malasit hijau dengan variabel tertentu, kemudian diukur konsentrasinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Komposit grafit/MnO₂ dikarakterisasi menggunakan analisis XRD, FT-IR, dan BET. Hasil karakterisasi XRD menghasilkan puncak pada 26,540° yang menunjukkan daerah spesifik grafit, dan pada sudut 33,52° yang merupakan daerah MnO₂. Analisis FT-IR menunjukkan adanya gugus fungsi –OH, Mn–O, C=C, dan C–H. Hasil karakterisasi BET menunjukkan komposit memiliki luas permukaan spesifik sebesar 44,080 m²/g. Penelitian ini menggunakan variabel variasi pH dan waktu kontak dengan parameter kinetika adsorpsi. Penentuan pH pzc komposit grafit/MnO₂ dan grafit didapatkan pada pH 7,64. Adsorpsi terjadi secara optimal pada pH 4 untuk komposit grafit/MnO₂ dan pH 7 untuk grafit. Model kinetika adsorpsi pseudo orde dua lebih sesuai. Hal ini menandakan bahwa proses kemisorpsi yang terjadi. Daya serap grafit/MnO₂ dan grafit masing-masing adalah 16,804 mg/g dan 14,944 mg/g.

Kata kunci : Komposit, MnO₂, Grafit, Adsorpsi, Malasit Hijau
Sitasi : 85 (2004-2025)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Mangan Dioksida (MnO ₂)	5
2.2. Grafit.....	5
2.3. Komposit	7
2.4. Malasit Hijau	8
2.5. Adsorpsi.....	9
2.5.1. Analisis Spektrofotometer Uv-Visible	11
2.6. pH pzc (<i>Point Zero Charge</i>).....	12
2.7. Karakterisasi Material	12
2.7.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	12
2.7.2. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FT-IR)	14
2.7.3. <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> (BET)	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	19
3.3. Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1. Preparasi Komposit Grafit/MnO ₂	19
3.3.2. Pembuatan Larutan Induk Zat Warna Malasit Hijau 1000 mg/L.....	20
3.3.3. Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau	20
3.3.4. Pembuatan Larutan Standar dan Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Malasit Hijau.....	20
3.3.5. Penentuan pH PZC (<i>Point Zero Charge</i>) oleh Adsorben Komposit Grafit/MnO ₂ dan Grafit	21
3.3.6. Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau oleh Komposit Grafit/MnO ₂ dan Grafit.....	21
3.3.6.1. Pengaruh pH Adsorpsi.....	21
3.3.6.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi	21
3.3.7. Analisis Data.....	22
3.3.7.1. Analisis Data Karakterisasi	22
3.3.7.2. Analisis Data Adsorpsi	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil Preparasi Komposit Grafit/MnO ₂	25
4.2. Karakterisasi Komposit Grafit/MnO ₂ dan Grafit Menggunakan Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	25
4.3. Karakterisasi Komposit Grafit/MnO ₂ Menggunakan Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FT-IR).....	27
4.4. Karakterisasi Komposit Grafit/MnO ₂ dan Grafit Menggunakan Analisis <i>Brunauer Emmet Teller</i> (BET).....	28
4.5. Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau	30

4.6. Penentuan pH pzc (<i>Point Zero Change</i>).....	31
4.7. Pengaruh pH terhadap Proses Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau menggunakan Adsorben Grafit dan Komposit Grafit/MnO ₂	32
4.8. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Proses Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau menggunakan Adsorben Grafit dan Komposit Grafit/MnO ₂	33
BAB V KESIMPULAN	39
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Grafit	6
Gambar 2. Struktur Malasit Hijau	8
Gambar 3. Pola difaktogram MnO ₂	14
Gambar 4. Jenis-jenis isoterm fisisorpsi BET	17
Gambar 5. Pola difraktogram XRD (a) komposit grafit/MnO ₂ (b) grafit	26
Gambar 6. Spektrum FT-IR komposit grafit/MnO ₂	27
Gambar 7. Adsorpsi dan desorpsi nitrogen komposit grafit/MnO ₂ (a). grafit (b).....	29
Gambar 8. Panjang gelombang pada absorbansi maksimum zat warna malasit hijau	30
Gambar 9. Penentuan pH pzc pada adsorben komposit grafit/MnO ₂ dan grafit	31
Gambar 10. Pengaruh pH adsorpsi zat warna malasit hijau.....	32
Gambar 11. Pengaruh waktu kontak komposit grafit/MnO ₂ (a). grafit (b).....	34
Gambar 12. Kurva pseudo orde satu grafit/MnO ₂	35
Gambar 13. Kurva pseudo orde dua grafit/MnO ₂	35
Gambar 14. Kurva pseudo orde satu grafit	36
Gambar 15. Kurva pseudo orde dua grafit	36
Gambar 16. Interaksi kimia antara komposit grafit/MnO ₂ dengan malasit hijau.....	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pita serapan dan jenis ikatan pada spektrum FT-IR komposit grafit/MnO ₂	28
Tabel 2. Data hasil pengukuran BET pada komposit grafit/MnO ₂ dan grafit	30
Tabel 3. Model kinetika adsorpsi Malasit hijau	37
Tabel 4. Daya serap adsorben lain terhadap adsorpsi malasit hijau	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Digital XRD	49
Lampiran 2. Data Digital FT-IR	50
Lampiran 3. Data Digital BET	51
Lampiran 4. Data Panjang Gelombang Zat Warna Malasit Hijau	54
Lampiran 5. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Zat Warna Malasit Hijau	57
Lampiran 6. Data Penentuan pH PZC	59
Lampiran 7. Data Pengaruh Variasi pH Zat Warna Malasit Hijau	60
Lampiran 8. Data Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau	62
Lampiran 9. Perhitungan Stoikiometri	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejauh ini industri tekstil telah berkembang dan mengalami kemajuan yang signifikan. Berdasarkan laporan dari Badan Pusat Statistik pada juli 2019 menunjukkan peningkatan produksi industri tekstil dan garmen sebesar 11,79% dibandingkan bulan juni 2019 dengan nilai indeks tertinggi sebesar 79,45 % (Badan Pusat Statistik, 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin meningkatnya jumlah industri tekstil skala kecil menengah (IKM) yang berkembang. Industri tekstil skala kecil menengah masih mengikuti proses yang sederhana dan tidak mempunyai sistem pengolahan limbah yang cukup baik. Sebagian besar limbah-limbah dari proses industri tekstil dibuang langsung ke aliran sungai (Imaniah, 2016). Salah satunya seperti industri batik, industri ini termasuk industri tekstil yang terdapat banyak menggunakan zat warna sintesis menjadi bahan pewarna pada produksinya, dimana umum nya zat warna tersebut menjadi limbah yang mengandung senyawa yang bersifat karsinogen dan *non-biodegradable* (Sukmawati & Utami, 2014). Limbah-limbah tersebut juga dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem lingkungan dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Zhang *et al.*, 2017).

Limbah zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil ini diantaranya procion red, metilen biru, metil merah, metil orange dan malasit hijau. Zat warna malasit hijau digolongkan sebagai senyawa organik yang hidrofobik dan mempunyai gugus ammonium kuartener (Washil & dewi, 2009). Zat warna ini biasa diaplikasikan sebagai pewarna untuk bahan seperti sutera, kulit, dan kertas (Hashemian, 2013). Malasit hijau memiliki kegunaan sebagai antiseptik yang efektif dalam mematikan bakteri gram positif dan parasit. Paparan zat warna malasit hijau yang terakumulasi dalam tubuh dapat memberikan dampak negatif terhadap sistem reproduksi dan sistem kekebalan tubuh (Sukmawati & Utami, 2014). Beberapa riset mengatakan malasit hijau bersifat karsinogen dan dapat meracuni sel-sel manusia, zat warna ini tidak baik jika berada pada perairan dan tidak baik digunakan sebagai air minum dan keperluan sehari-hari (Bhernama,

2017). Hal ini didukung oleh Amiri *et al* (2017) menyatakan bahwa zat warna ini bersifat sitotoksik dan sangat berbahaya terhadap sel mamalia dan dapat meningkatkan resiko tumor hati. Oleh karena itu dibutuhkan penanganan untuk menghilangkan zat warna pada limbah industri tekstil.

Adsorpsi, koagulasi, osmosis balik dan filtrasi membran merupakan beberapa metode untuk menguraikan atau menghilangkan kontaminan zat warna dalam limbah cair (Allafchian *et al.*, 2019). Deniz (2013) menyatakan bahwa adsorpsi merupakan metode pengolahan limbah zat warna yang sangat efektif dalam hal efisiensi biaya, kemudahan pengoperasian, ramah lingkungan, dan tingkat keberhasilan yang tinggi. Adsorpsi merupakan metode yang paling umum digunakan dalam pengolahan limbah zat warna karena memiliki kinerja yang baik, desain yang sederhana, serta ketersediaan adsorben yang melimpah seperti pada limbah pertanian (Bilal *et al.*, 2022). Adsorben yang sering digunakan pada pengolahan limbah air adalah material berkarbon seperti karbon nanotube, graphene, grafit, dan karbon aktif, material logam seperti ZnO, TiO₂, MnO₂, serta biomaterial seperti kitosan (Loura *et al.*, 2024). Pada penelitian ini menggunakan adsorben grafit/MnO₂ untuk mengadsorpsi zat warna malasit hijau.

Preparasi adsorben grafit/MnO₂ bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsinya. Hal ini dikarenakan agar penyerapannya lebih baik dibandingkan hanya menggunakan grafit saja sebagai adsorben. Xin *et al.*, (2024) menyatakan bahwa merubah (modifikasi) permukaan grafit secara kimia dapat memperbesar kemampuan adsorpsinya terhadap berbagai polutan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan MnO₂ sebagai adsorben untuk memodifikasi permukaan grafit secara kimia. MnO₂ mempunyai luas permukaan yang besar, mudah diperoleh dan tidak beracun. Penggunaan MnO₂ sebagai komposit dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi penghilangan polutan (Verma *et al.*, 2021). Pada penelitian ini MnO₂ dihasilkan melalui reaksi redoks cepat antara KMnO₄ dan mangan (II) asetat. Mangan Oksida (MnO₂) ini akan menjadi komponen aktif pada proses adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben grafit/MnO₂.

Komposit grafit/MnO₂ yang sudah dipreparasi kemudian dikarakterisasi menggunakan analisis *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal

dan komposisi kimia pada komposit, analisis *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR) berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi pada komposit, analisis *Brunaur Emmet Teller* (BET) yang digunakan untuk mengetahui luas permukaan pada komposit, dimana semakin besar luas permukaan komposit, maka akan semakin besar kapasitas adsorpsinya. Setelah dikarakterisasi komposit grafit/MnO₂ kemudian dilakukan pengamatan terhadap perubahan parameter kinetika seperti pengaruh pH, dan waktu.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana keberhasilan preparasi komposit grafit/MnO₂ berdasarkan hasil karakterisasi XRD, FT-IR, dan BET?
2. Bagaimana kondisi optimum pH dan waktu kontak untuk adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben komposit grafit/MnO₂ dan grafit?
3. Bagaimana model kinetika yang sesuai untuk adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben komposit grafit/MnO₂ dan grafit?
4. Bagaimana perbandingan kemampuan daya serap antara komposit grafit/MnO₂ dan grafit?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan keberhasilan preparasi komposit grafit/MnO₂ berdasarkan karakterisasi XRD, FT-IR, dan BET.
2. Menentukan kondisi optimum pH dan waktu kontak untuk adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben komposit grafit/MnO₂ dan grafit.
3. Menentukan model kinetika yang sesuai untuk adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben komposit grafit/MnO₂ dan grafit.
4. Membandingkan daya serap adsorpsi komposit grafit/MnO₂ dan grafit terhadap malasit hijau.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai sumber informasi mengenai preparasi grafit/MnO₂ serta penerapannya sebagai adsorben dalam

adsorpsi zat warna malasit hijau untuk memperbaiki kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh polutan zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abewaa, M., Mengistu, A., Takele, T., Fito, J., & Nkambule, T. (2023). Adsorptive removal of malachite green dye from aqueous solution using *Rumex abyssinicus* derived activated carbon. *Scientific Reports*, 13(14701), 1–16.
- 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.
- Akbar, K., Hasria., & Asfar, S. (2021). Karakteristik Mineral Grafit Daerah Samaturu, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 4(2), 72–82.
- Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals*, 12(2), 1–25.
- Allafchian, A., Mousavi, Z. S., & Hosseini, S. (2019). Application of cress seed musilage magnetic nanocomposites for removal of methylene blue dye from water. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136(2019), 199–208.
- Alqarbeh, M. (2021). Adsorption Phenomena: Definition, Mechanisms, and Adsorption Types: Short Review. *RHAZES : Green and Applied Chemistry*, 13(2021), 43–51.
- Amiri, M., Salavati-Niasari, M., Akbari, A., & Gholami, T. (2017). Removal of malachite green (a toxic dye) from water by cobalt ferrite silica magnetic nanocomposite: Herbal and green sol-gel autocombustion synthesis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(39), 1–15.
- Anggraini, D., & Nasra, E. (2024). Penyerapan Malachite Green Menggunakan Selulosa Hasil Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana* Colla). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 11956–11964.
- Annisa, W., & Purwanto, B. H. (2010). Retensi P oleh Oksida Besi di Tanah Sulfat Masam Setelah Reklamasi Lahan. *Jurnal Sumber Daya Lahan*, 4(1), 47–56.
- Apolonio, L. F., Oliviera, A. F., Almeida, C. A., Neves, A. A., Queiroz, M. E. L. R., & Zampier, L. M. (2020). Direct Determination of Malachite Green and Leucomalachite Green in Natural Waters by Exploiting Solid-phase Sorption and Digital Image. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 12(4), 193–204.

- Ardiyanti, A., Suprpto, S., & Ni'mah, Y. L. (2023). Malachite Green Adsorption Using Carbon-Based and Non-Conventional Adsorbent Made from Biowaste and Biomass: A Review. *Journal of Renewable Materials*, 11(11), 3789–3806.
- Arulprasanna, A., & Omkumar, M. (2024). A review on composites: Selection and its applications. *Materials Today: Proceedings*, 1(1), 1–9.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Perkembangan indeks produksi industri manufaktur 2019 – Skala menengah besar*. Badan Pusat Statistik.
- Bekci, Z., Seki, Y., & Cavas, L. (2009). Removal of malachite green by using an invasive marine alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. *Journal of Hazardous Materials*, 161(2), 1454–1460.
- Bhernama, B. G. (2017). Degradasi Zat Warna Malachite Green Secara Ozonolisis Dengan Penambahan Katalis TiO_2 -anatase dan ZnO. *Elkawanie : Journal of Islamic Science and Technology*, 3(1), 1–10.
- Bhushan, M. (2023). Various Characterization Techniques For Nanomaterials For Energy Applications. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 11(2), 103–114.
- Bilal, M., Ihsanullah, I., Shah, M. U. H., Reddy, A. V. B., & Aminabhavi, T. M. (2022). Recent advances in the removal of dyes from wastewater using low-cost adsorbents. *Journal of Environmental Management*, 321(2022), 1–34.
- Bouberka, Z., Benabbou, K. A., Khenifi, A., & Maschke, U. (2013). Degradation by Irradiation of an Acid Orange 7 on Colloidal TiO_2 (LDHs). *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 275 (2014), 21–29.
- Cheng, Y., Shi, J., Zhang, Q., Fang, C., Chen, J., & Li, F. (2022). Recent Progresses in Adsorption Mechanism, Architectures, Electrode Materials and Applications for Advanced Electrosorption System: A Review. *Polymers*, 14(15), 1–16.
- Deniz, F. (2013). Adsorption properties of low-cost biomaterial derived from *Prunus amygdalus* L. for dye removal from water. *The Scientific World Journal*, 2013, 1–8.
- Dewi, S. H., & Ridwan. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136–140.
- Fan, K., Chen, Q., Zhao, J., & Liu, Y. (2023). Preparation of MnO_2 -Carbon Materials and Their Applications in Photocatalytic Water Treatment. *Nanomaterials*, 13(541), 1–27.

- Fatimah, N. F., & Utami, B. (2017). Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *Journal Cis-Trans (JC-T)*, 1(1), 35–39.
- Febriani, A., Umara, S. A., Nursa'adah, E., Firdaus, M. L. (2022). Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Malachite Green dan Violet Dye menggunakan Metal Organic Frameworks (Fe-BDC). *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 10(2), 61–72.
- Fu, Z., Chen, Z., Yang, L., Wang, H., Xie, J., & Ding, Z. (2025). A RhB@Tb-MOF sensor for selective detection of malachite green and leucomalachite green. *Journal of Food Composition and Analysis*, 140(2025), 1–11.
- Gong, Y., Chen, X., & Wu, W. (2024). Application of fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy in sample preparation: Material characterization and mechanism investigation. *Advances in Sample Preparation*, 11(2024), 1–8.
- Hashemian, S. (2013). Fenton-Like Oxidation of Malachite Green Solutions : Kinetic and Thermodynamic Study. *Journal of Chemistry*, 2013, 1–7.
- Ikhsan, J., Sulastri, S., & Priyambodo, E. (2015). Pengaruh pH pada Adsorpsi Kation Unsur Hara Ca^{2+} dan K^{+} oleh Silika dari Lumpur Lapindo. *Jurnal Penelitian Saintek*, 20(1), 10–18.
- Imaniah, N. (2016). *Preparasi komposit Mg/Al- NO_3 hidrotalsit-magnetit kalsinasi dengan metode kopresipitasi dan aplikasinya untuk adsorben zat warna Remazol Yellow FG* (Skripsi, Universitas Negeri Semarang). Universitas Negeri Semarang.
- Irwansyah, F. S., Amal, A. I., Diyanthi, E. W., Hadisantoso, E. P., Noviyanti, A. R., Eddy, D. R., & Risdiana, R. (2024). How to Read and Determine the Specific Surface Area of Inorganic Materials using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) Method. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 4(1), 61–70.
- Joseph, C. G., Hwa, T. S., Masjidin, N. N. D., Maruja, S. N., Affandi, N. A., Anisuzzaman, S. M. (2025). Treatment of Malachite Green Dye-Contaminated Wastewater via Photolysis Treatment Process. *Malaysian Journal of Chemistry*, 27(2), 131–147.
- Karbeka, M. (2024). Kinetika Adsorpsi Pb(II) oleh Adsorben Pasir Teraktivasi NaoH dengan Variasi Konsentrasi. *Lantanida Journal*, 12 (1), 16–28.
- Keeling, J. (2017). Graphite: properties, uses and South Australian resources Exploration Background and properties. *MESA Journal*, 84(3), 28–41.

- Khan, F., Hossain, N., Mim, J. J., Rahman, S. M., Iqbal, M. J., Billah, M., & Chowdhury, M. A. (2024). Advances of composite materials in automobile applications – A review. *Journal of Engineering Research*, 1(1), 1–23.
- Khan, Z. U., Kausar, A., & Ullah, H. (2016). A Review on Composite Papers of Graphene Oxide, Carbon Nanotube, Polymer/GO, and Polymer/CNT: Processing Strategies, Properties, and Relevance. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, 55(6), 559–581.
- Khayal, O. M. E. S. (2017). Literature Review on Imperfection of Composite Laminated Plates. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 5(2017), 119–122.
- Kusumaningrum, D. I. P., Sudarni, D. H. A., & Wahyuningsih, S. (2022). Optimasi Pengaruh Waktu Kontak dan Dosis Adsorben Limbah Daun Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) dengan Metode Isoterm Adsorpsi Langmuir. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 72–79.
- Lee, S. L., Park, J. H., Kim, S. H., Kang, S. W., Cho, J. S., Jeon, J. R., Lee, Y. B., & Seo, D. C. (2019). Sorption behavior of malachite green onto pristine lignin to evaluate the possibility as a dye adsorbent by lignin. *Applied Biological Chemistry*, 62(37), 1–10.
- Lestari, S. E. P., & Kusumawati, D. H. (2019). Pengaruh Variasi Waktu dan Suhu Ultrasonikasi terhadap Perubahan Gugus Fungsi Grafit. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 08(01), 11–14.
- Liang, J., Li, X., Yu, Z., Zeng, G., Luo, Y., Jiang, L., Yang, Z., Qian, Y., & Wu, H. (2017). Amorphous MnO₂ Modified Biochar Derived from Aerobically Composted Swine Manure for Adsorption of Pb(II) and Cd(II). *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 5(6), 5049–5058.
- Loura, N., Rathee, K., Dhull, R., Singh, M., & Dhull, V. (2024). Carbon nanotubes for dye removal: A comprehensive study of batch and fixed-bed adsorption, toxicity, and functionalization approaches. *Journal of Water Process Engineering*, 67(2024), 1–24.
- Majd, M. M., Kermani, V. K., Ghalandari, V., Askari, A., & Sillanpää, M. (2022). Adsorption isotherm models: A comprehensive and systematic review (2010–2020). *Science of the Total Environment*, 812(2022), 1–28.
- Mandru, A., Mane, J., & Mandapati, R. (2023). A Review on UV-visible Spectroscopy. *Journal of Pharma Insights and Research*, 01(02), 90–96.
- Maniar, V., Kalsara, K., & Upadhyay, U. (2023). A Review of Ftir-An Useful Instrument. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 8(1), 2486–2490.

- Moustafa, M. T. (2023). Preparation and characterization of low-cost adsorbents for the efficient removal of malachite green using response surface modeling and reusability studies. *Scientific Reports*, 4493(2023), 1–33.
- Muinde, V. M., Onyari, J. M., Wamalwa, B., Wabomba, J., Nthumbi, R. M. (2017). Adsorption of Malachite Green from Aqueous Solutions onto Rice Husks: Kinetic and Equilibrium Studies. *Journal of Environmental Protection*, 8(3), 215–230.
- Mukhtar, D. (2016). Analisa Kekuatan Tarik Komposit dengan Penguat Serat Pelepeh Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Mesin UBL*, 3(2), 7–15.
- Munasir., Triwikantoro., Zainuri, M., & Darminto. (2012). Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO_3 dan SiO_2). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20–29.
- Musah, M., Azeh, Y., Mathew, J. T., Umar, M. T., Abdulhamid, Z., & Muhammad, A. (2022). Adsorption Kinetics and Isotherm Models: A Review. *Caliphate Journal of Science and Technology (CaJoST)*, 4(1), 20–26.
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., & Nurbaiti, U. (2023). Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material: X-ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *Indonesian Journal of Laboratory*, 6(1), 9–16.
- Naseeruteen, F., Abdul Hamid, N. S., Mohd Suah, F. B., Wan Ngah, W. S., Mehamod, F. S. (2017). Adsorption of Malachite Green from Aqueous Solution by using Novel Chitosan Ionic Liquid Beads. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107 (Part A), 1270–1277.
- Nasra, E., Kurniawati, D., Etika, S., Silvia, R., & Rahmatika, A. (2021). Effect of pH and Concentration on Biosorption Malachite Green and Rhodamine B Dyes using Banana Peel (*Musa balbisiana* Colla) as Biosorbent. *Journal of Physics: Conference Series*, 1788(2021), 1–7.
- Patel, S., Raulji, A., Patel, D., Panchal, D., Dalwadi, M., & Upadhyay, U. (2022). A Review on “UV Visible Spectroscopy”. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 7(5), 1144–1151.
- Patkowska, S. P., Cichy, M., & Flieger, J. (2025). Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy in Characterization of Green Synthesized Nanoparticles. *Molecules*, 30(3), 1–36.
- Pérez, L. L., Zarubina, V., & Melián-Cabrera, I. (2021). The Brunauer–Emmett–Teller model on alumino-silicate mesoporous materials. How far is it from the true surface area?. *Microporous and Mesoporous Materials*, 319(2021), 1–8.

- Robati, D., Rajabi, M., Moradi, O., Najafi, F., Tyagi, I., Agarwal, S., & Gupta, V. K. (2015). Kinetics and thermodynamics of malachite green dye adsorption from aqueous solutions on graphene oxide and reduced graphene oxide. *Journal of Molecular Liquids*, 214(2016), 259–263.
- Rosariawari, F. (2008). Penurunan Konsentrasi Limbah Deterjen menggunakan Furnace Bottom Ash (FBA). *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, 4(3), 1–12.
- Roy, A., & Rekha, S. (2022). A Review on X-Ray Diffraction. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 7(2), 786–788.
- Sahumena, M. H., Ruslin., Asriyanti., & Djuwarno, E. N. (2020). Identifikasi Jamu yang Beredar di Kota Kendari Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 2(2), 65–72.
- Saridewi, N., Arief, S., & Alif, A. (2015). Sintesis Nanomaterial Mangan Oksida dengan Metode Bebas Pelarut. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(2), 117–123.
- Setyorini, D., Arninda, A., Syafaatullah, A. Q., & Panjaitan, R. (2023). Penentuan Konstanta Isoterm Freundlich dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Terhadap Asam Asetat. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia: Eksergi*, 20(3), 149–155.
- Shang, Z., Naizhe, Z., Ying, Z., Zou, D., Dai, F., Xie, J., Shao, J., Liu, X., & Xu, S. (2025). Direct regeneration and flash upcycling of mixed spent graphite with a uniform energy-storage property. *Chemical Engineering Journal*, 505(2025), 1–10.
- Sharma, A. K., Bhandari, R., Aherwar, A., & Rimašauskiene, R. (2020). Matrix materials used in composites: A comprehensive study. *Materials Today: Proceedings*, 21(2020), 1559–1562.
- Sharma, J., Sharma, S., & Soni, V. (2023). Toxicity of malachite green on plants and its phytoremediation: A review. *Regional Studies in Marine Science*, 62(2023), 1–16.
- Simanjuntak, C., Perangin-angin, S., Daulay, A., Amaturrahim, S. A., Saragi, I. R., Hussain, D., & Sinuraya, A. (2025). Facile synthesis of nano-Si/graphite composites from rice husk for high performance lithium-ion battery anodes. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11(2025), 1–7.
- Song, Z., Lian, F., Yu, Z., Zhu, L., Xing, B., & Qiu, W. (2014). Synthesis and characterization of a novel MnOx-loaded biochar and its adsorption properties for Cu²⁺ in aqueous solution. *Chemical Engineering Journal*, 242(2014), 36–42.
- Srinivasakannan. (2024). Exploring the World of Porous Graphite: Properties, Applications, and Future Prospects. *Advanced Materials Science Research*, 7(4), 193–194.

- Srivastava, S., Sinha, R., & Roy, D. (2004). Toxicological effects of malachite green. *Aquatic Toxicology*, 66(3), 319–329.
- Sukmawati, P., & Utami, B. (2014). Adsorpsi Zat Pewarna Tekstil *Malachite Green* Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*) Teraktivasi HNO_3 . *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF)*, 5(1), 19–25.
- Sulistyaningsih, T., Astuti, W., & Ariyani, S. (2021). Modifikasi magnetit menggunakan asam humat untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap zat warna malachite green. *Bookchapter Inovasi Sains dan Kesehatan*, 1(1), 1–22.
- Sunkara, N., Anvitha, G., Yamini, G., Deepika, G., Indupriya, G., & Srikanth, G. (2022). Review Article On Ftir Spectroscopy. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 10(12), 835–840.
- Tehseen, A., Liaqat, M., Iqbal, T., Maryam, I., Afsheen, S., Sultan, M. S., Syed, A., Elgorban, A. M., & Wong, L. S. (2024). Design, fabrication, and analysis of $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{MnO}_2$ hybrid nanomaterials for advanced photocatalytic applications. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 190(2024), 1–11.
- Verma, M., Tyagi, I., Kumar, V., Goel, S., Vaya, D., & Kim, H. (2021). Fabrication of GO-MnO_2 nanocomposite using hydrothermal process for cationic and anionic dyes adsorption: Kinetics, isotherm, and reusability. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 1–9.
- Vikal, M., Shah, S., Singh, N., Singh, P., Gupta, M., Jiban Singh, M., Kumar, A., & Kumar, Y. (2022). Efficient MnO_2 decorated graphitic carbon nitride-based nanocomposite for application in water purification. *Materials Today: Proceedings*, 67(2022), 777–783.
- Wang, H., Lu, Z., Qian, D., Li, Y., & Zhang, W. (2007). Single-crystal $\alpha\text{-MnO}_2$ nanorods: Synthesis and electrochemical properties. *Nanotechnology*, 18(11), 1–5.
- Wardiyati, S., Fisli, A., & Ridwan. (2011). Penyerapan logam Ni dalam larutan oleh nanokomposit Fe_3O_4 -karbon aktif. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(3), 224–228.
- Washil, A., & Dewi, D. C. (2009). Penentuan Surfaktan Anionik menggunakan Ekstraksi Sinergis Campuran Ion Asosiasi Malasit Hijau dan Metilen Biru Secara Spektrofotometri Tampak. *Alchemy: Journal of Chemistry*, 1(1), 16–27.
- Xin, Y., Bai, Y., Wu, X., Zhang, D., Ao, W., Fang, M., Huang, Z., & Yao, Y. (2024). Adsorption Performance of Modified Graphite from Synthetic Dyes Solutions. *Materials*, 17(17), 1–13.

- Xu, T., Lin, N., Cai, W., Yi, Z., Zhou, J., Han, Y., Zhu, Y., & Qian, Y. (2018). Stabilizing Si/graphite composites by Cu and In situ synthesized carbon nanotubes for high-performance Li-ion battery anodes. *Inorganic Chemistry Frontiers*, 5(6), 1463–1469.
- Yan, C., Tong, X., Qu, Y., Zhou, Y., Pang, N., Xu, S., Xiong, D., Wang, L., & Chu, P. K. (2021). Porous manganese dioxide nanosheets on modified graphite felt for cathodes in high-capacity flexible Zinc-MnO₂ batteries. *Vacuum*, 191(2021), 1–11.
- Yesu, K. S. (2024). a Review on Uv Vis Spectrophotometer. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 06(03), 4914–4926.
- Yonel, S. H., Nasra, E., Oktavia, B., & Etika, S. B. (2021). Optimasi Penyerapan Zat Warna Malachite Green Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana Colla*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 28–32.
- Yousefi, T., Golikand, A. N., Mashhadizadeh, M. H., & Aghazadeh, M. (2012). Template-free synthesis of MnO₂ nanowires with secondary flower like structure: Characterization and supercapacitor behavior studies. *Current Applied Physics*, 12(1), 193–198.
- Zhang, B., Dong, Z., Sun, D., Wu, T., & Li, Y. (2017). Enhanced adsorption capacity of dyes by surfactant-modified layered double hydroxides from aqueous solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 49(2017), 208–218.
- Zhang, J., Liang, C., & Dunn, J. B. (2023). Graphite Flows in the U.S.: Insights into a Key Ingredient of Energy Transition. *Environmental Science and Technology*, 57(8), 3402–3414.