

**BIOSINTESIS NANOPARTIKEL ZnO:Fe
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN *MORINGA*
OLEIFERA SEBAGAI FOTOKATALIS**

SKRIPSI

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



Adinda Salsabila Khansa

1306621041

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

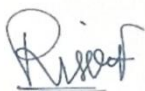
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
BIOSINTESIS NANOPARTIKEL ZnO:Fe MENGGUNAKAN
EKSTRAK DAUN *MORINGA OLEIFERA* SEBAGAI
FOTOKATALIS

Nama : Adinda Salsabila Khansa

No. Registrasi : 1306621041

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si. NIP. 197909162005011004	 12-08-2025	12-08-2025
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc. NIP. 197905042009122002	 12-08-2025	12-08-2025
Ketua	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. NIP. 198205262008121001	 05-08-2025	05-08-2025
Sekretaris	: Vina Bkti Utami, S.Si., M.Pd. NIP. 199504162024062001	 05-08-2025	05-08-2025
Anggota Pembimbing I	: Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si. NIP. 197910102008011018	 07-08-2025	07-08-2025
Pembimbing II	: Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc. NIP. 198703212010122003	 07-08-2025	07-08-2025
Penguji	: Riser Fahdiran, M.Si. NIP. 198307172009121008	 04-08-2025	04-08-2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 29 Juli 2025.

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Biosintesis Nanopartikel ZnO:Fe Menggunakan Ekstrak Daun *Moringa oleifera* sebagai Fotokatalis” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 20 Juli 2025



Adinda Salsabila Khansa



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Adinda Salsabila Khansa
NIM : 1306621041
Fakultas/Prodi : FMIPA/Fisika
Alamat email : adinda.khansa30@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (...)

yang berjudul :

Biosintesis Nanopartikel ZnO:Fe Menggunakan Ekstrak Daun *Moringa oleifera* sebagai Fotokatalis

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 12 Agustus 2025

Penulis

(Adinda Salsabila Khansa)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah subhaanahu wa ta'ala yang telah memberikan nikmat iman, nikmat Islam, nikmat sehat wal'afiat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Biosintesis Nanopartikel ZnO:Fe Menggunakan Ekstrak Daun *Moringa oleifera* sebagai Fotokatalis". Penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, doa, bimbingan, dan semangat dari berbagai pihak yang begitu berarti bagi penulis dalam proses akademik maupun pribadi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan banyak ilmu, inspirasi, dan semangat. Terima kasih atas setiap waktu dan dorongan yang sangat berarti.
2. Ibu Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang dengan tulus memberikan arahan, saran, dan evaluasi yang membangun selama proses penulisan skripsi ini.
3. Segenap dosen di Program Studi Fisika FMIPA UNJ yang telah membagikan ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Mama, Papa, dan a Anwar yang selalu percaya bahwa penulis bisa menghadapi banyak hal seorang diri tanpa rasa takut. Terima kasih atas harapan besar yang kalian berikan kepada penulis.
5. Seluruh keluarga besar yang tak henti mendo'akan dan menyemangati penulis di setiap langkah.
6. Zahra Sajidah Hariyawan, Nadia Istiqomah, Laelatul Dalilah, Nadia Sulistyowati, dan Fatma Ummamah Fadila selaku sahabat seperjuangan yang selalu hadir dalam suka dan duka, memberikan pelukan hangat dalam masa sulit, dan tawa di saat yang membahagiakan. Terima kasih sudah menjadi rumah untuk saling berbagi.
7. Siti Apriliani, sahabat terbaik sejak masa SMP yang senantiasa hadir sebagai teman bicara, teman perjalanan, dan pelipur penat di tengah riuhnya tugas akhir. Terima kasih atas kehadiran yang selalu tulus. Semoga kita senantiasa

diberikan kelapangan rezeki dan kesempatan untuk menggapai mimpi bersama, termasuk impian kita untuk menjelajahi dunia.

8. Mirnawati Dewi, adik yang sangat penulis sayangi. Terima kasih atas kebersamaan dan kenangan yang pernah dibagi, meski kini jarak dan kesibukan membatasi waktu untuk bertemu.
9. Siti Rohimah, sahabat selama satu dekade, yang meski jarang bertukar kabar, kehadirannya selalu terasa dekat. Terima kasih atas hubungan yang tidak pernah terasa canggung meskipun jarak dan waktu menjadi penghalang.
10. Rekan-rekan satu bimbingan: Nay, Ela, Nindi, Indah, Nova, Rahma, Alfiyani, dan Eza. Terima kasih telah menemani proses penelitian, saling menyemangati, bertukar informasi dan membantu dari awal hingga akhir.
11. Teman-teman angkatan 2021 yang telah melewati fase demi fase perkuliahan dengan penuh perjuangan.
12. Diri sendiri, atas keberanian untuk terus bertahan, bahkan di titik-titik terendah. Terima kasih karena telah memilih untuk tidak menyerah.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap segala bentuk saran dan kritik yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, memperluas wawasan, dan menjadi pijakan bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Jakarta, 20 Juli 2025



Adinda Salsabila Khansa

ABSTRAK

ADINDA SALSABILA KHANSA. Biosintesis Nanopartikel ZnO:Fe Menggunakan Ekstrak Daun *Moringa oleifera* sebagai Fotokatalis. Di Bawah Bimbingan IWAN SUGIHARTONO, NURFINA YUDASARI.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel ZnO dan ZnO terdoping Fe (ZnO:Fe) menggunakan metode biosintesis berbasis ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*), serta mengevaluasi pengaruh doping terhadap karakteristik struktural, morfologi, sifat optik, dan aktivitas fotokatalitik. Sintesis dilakukan melalui metode presipitasi dengan pengaturan pH 10 dan kalsinasi pada suhu 450 °C. Karakterisasi dilakukan menggunakan XRD, SEM-EDX, UV-Vis, dan FTIR. Hasil XRD menunjukkan bahwa semua sampel memiliki struktur kristal heksagonal wurtzite tanpa fase pengotor, dengan ukuran kristalit menurun setelah doping Fe. Analisis SEM menunjukkan morfologi partikel ZnO murni berbentuk bulat, sedangkan doping Fe menyebabkan aglomerasi dan perubahan bentuk menjadi lebih tidak teratur. Data FTIR mengkonfirmasi keberadaan gugus –OH, C=O, C–H, dan Zn–O yang berperan dalam pembentukan nanopartikel. Berdasarkan analisis UV-Vis, doping Fe menyebabkan penurunan nilai *bandgap* dari 3,31 eV (ZnO) menjadi 2,25 eV (ZnO:Fe 12%). Uji fotokatalitik menggunakan metilen biru menunjukkan bahwa ZnO murni memiliki aktivitas degradasi tertinggi baik di bawah sinar UV (89,78%) maupun cahaya tampak (30,86%). Penurunan aktivitas pada sampel terdoping diduga akibat aglomerasi partikel dan pembentukan pusat rekombinasi. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun doping Fe memodifikasi sifat optik ZnO, doping yang berlebih justru menurunkan performa fotokatalitiknya.

Kata kunci: ZnO, daun kelor, biosintesis, doping Fe, fotokatalitik, energi celah pita, XRD

ABSTRACT

ADINDA SALSABILA KHANSA. Biosynthesis of ZnO:Fe Nanoparticles Using *Moringa oleifera* Leaf Extract as Photocatalyst. Supervised by IWAN SUGIHARTONO, NURFINA YUDASARI.

This study aims to synthesize ZnO and Fe-doped ZnO (ZnO:Fe) nanoparticles using a green biosynthesis method based on *Moringa oleifera* leaf extract and to evaluate the effects of doping on their structural, morphological, optical, and photocatalytic properties. The synthesis was carried out via a precipitation method at pH 10 followed by calcination at 450 °C. Characterizations were conducted using XRD, SEM-EDX, UV-Vis spectroscopy, and FTIR. XRD results confirmed that all samples exhibited a hexagonal wurtzite structure without secondary phases, with crystallite size decreasing upon Fe doping. SEM analysis revealed spherical morphology for pure ZnO, while Fe doping led to aggregation and irregular particle shapes. FTIR spectra confirmed the presence of –OH, C=O, C–H, and Zn–O functional groups involved in nanoparticle formation. UV-Vis analysis showed a decrease in bandgap from 3.31 eV (ZnO) to 2.25 eV (ZnO:Fe 12%). Photocatalytic tests using methylene blue indicated that pure ZnO demonstrated the highest degradation efficiency under both UV (89.78%) and visible light (30.86%). The decreased performance of doped samples is attributed to particle agglomeration and recombination center formation. Overall, this study shows that although Fe doping modifies the optical properties of ZnO, excessive doping negatively affects its photocatalytic efficiency.

Keywords: ZnO, *Moringa oleifera*, biosynthesis, Fe doping, photocatalysis, bandgap, XRD

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA	7
A. Nanopartikel Seng Oksida (ZnO NPs)	7
1. Doping Besi (Fe)	8
2. Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO	9
3. Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO terdoping Fe	12
4. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	13
5. Sifat Optik Nanopartikel ZnO terdoping Fe dari Biosintesis	15
6. Analisis Gugus Fungsi Nanopartikel dari Biosintesis	17
B. Biosintesis Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Tanaman	19
C. Daun Kelor	20
D. Senyawa Metabolit Tanaman	22
E. Metilen Biru	23
F. Aktivitas Fotokatalitik	24
G. Penelitian Relevan	25

BAB III	27
METODOLOGI PENELITIAN.....	27
A. Tempat dan Waktu Penelitian	27
B. Metode Penelitian.....	27
1. Alat dan Bahan.....	28
1.1. Instrumen Eksperimental	28
1.2. Instrumen Pengujian.....	28
1.3. Bahan.....	28
2. Prosedur Penelitian.....	29
2.1. Pembuatan Ekstrak Daun Kelor	29
2.2. Biosintesis Nanopartikel ZnO dan ZnO:Fe Menggunakan Ekstrak Daun Kelor	29
2.3. Pengujian Aktivitas Fotokatalitik.....	29
3. Karakterisasi.....	31
3.1. Karakterisasi Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	32
3.2. Karakterisasi Menggunakan DH-mini UV-Vis-NIR Light Source.....	32
3.3. Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	33
3.4. Karakterisasi Menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)....	34
C. Teknik Pengumpulan Data	34
D. Diagram Alir Penelitian	36
BAB IV	37
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
BAB V.....	39
KESIMPULAN.....	39
A. Kesimpulan	39
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Tiga Jenis Struktur Kristal ZnO (Rahman dkk., 2021)	7
Gambar 2. 2	Struktur Kristal ZnO (Samadi dkk., 2019).....	8
Gambar 2. 3	Hasil Scanning Electron Microscope dari Nanopartikel (a) ZnO, (b) ZnO:Fe dengan metode presipitasi (Algarni dkk., 2022)	11
Gambar 2. 4.	(a) Morfologi ZnO – NP dengan metode presipitasi, (b) Morfologi ZnO – NP dengan metode solvothermal (Wang dkk., 2021; Zheng dkk., 2015).....	12
Gambar 2. 5	Morfologi permukaan Nanopartikel (a) ZnO (b) ZnO terdoping Fe (Akbar Jan dkk., 2021).	12
Gambar 2. 6	Morfologi permukaan Nanopartikel (A) ZnO (B) Fe ₆ :ZnO (C) Fe ₁₂ :ZnO (Carofiglio dkk., 2021).....	13
Gambar 2. 7	Difraksi sinar – X pada jarak antar atom d dan sinar datang θ	14
Gambar 2. 8	Pola XRD dari sampel 0.0 wt.% Fe@ZnO, 1.0 wt.% Fe@ZnO, 2.5 wt.% Fe@ZnO, 5.0 wt.% Fe@ZnO, 7.5 wt.% Fe@ZnO (Bawazeer dkk., 2021).....	14
Gambar 2. 9	(a) Spektrum serapan (UV-Vis) dari Zn _{1-x} Fe _x O menunjukkan pergeseran biru (blue shift) pada pita serapan ke rentang 370–380 nm, (b) Hubungan Tauc (Alharshan dkk., 2023).....	17
Gambar 2. 10	Spektra FTIR nanopartikel ZnO murni dan terdoping Fe (Pazhanivelu dkk., 2016).....	18
Gambar 2. 11.	Pendekatan umum biosintesis nanopartikel: (A) Persiapan ekstrak tanaman; (B) faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi sintesis hijau dan karakteristik nanopartikel yang dihasilkan (Miu & Dinischiotu, 2022).....	20
Gambar 2. 12.	Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	21
Gambar 2. 13.	Struktur Umum Flavonoid	23
Gambar 3. 1.	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4. 1	Serbuk Hasil Sintesis Nanopartikel (a) ZnO; (b) Zn _{0,97} Fe _{0,03} O; (c) Zn _{0,91} Fe _{0,09} O; (d) Zn _{0,88} Fe _{0,12} O	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Sifat Fisik ZnO (D. K. Sharma dkk., 2020).	8
Tabel 3. 1. Kegiatan dan Waktu Penelitian.....	27
Tabel 4. 1 Komposisi Prekursor dan Doping Sampel.....	38



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi proses sintesis Nanopartikel ZnO dari ekstrak Daun Kelor	57
Lampiran 2. Dokumentasi proses uji fotokatalitik.....	61



DAFTAR SINGKATAN

ZnO	: Zinc Oxide
ZnO-NPs	: Zinc Oxide Nanoparticles
XRD	: X-Ray Diffraction
SEM	: Scanning Electron Microscope
EDX	: Energy Despersive X-ray
UV-Vis	: Ultraviolet-Visible
FTIR	: Fourier Transform Infra Red
FWHM	: Full Width Half Maximum
ICSD	: Inorganic Crystal Structure Database
DI Water	: Deionized Water
MB	: Methylene Blue

