

SINTESIS NANOKOMPOSIT ZnO/MWCNT UNTUK APLIKASI PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO

Skripsi

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



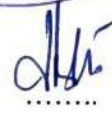
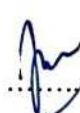
**Alfiyani Az Zahro
1306621005**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SINTESIS NANOKOMPOSIT ZnO/MWCNT UNTUK APLIKASI PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO

Nama : Alfiyani Az Zahro
No. Registrasi : 1306621005

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab:			
Dekan	: Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si. NIP. 197909162005011004		12/08/2025
Wakil Penanggung Jawab:			
Wakil Dekan I	: Dr. Meiliasari, S.Pd, M.Sc. NIP. 197905042009122002		12/08/2025
Ketua	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. NIP. 198205262008121001		05/08/2025
Sekretaris	: Siti Julia, M.Si. NIP. 199205282025062007		01/08/2025
Anggota:			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si. NIP. 197910102008011018		04/08/2025
Pembimbing II	: Aditia Nur Bakti, S.T., Ph.D. NIP. 198512122008121003		29/07/2025
Pembimbing III	: Elvina Trivida, S.Si., M.T. NIP. 199101242019022007		29/07/2025
Penguji Ahli	: Dr. Mursal, M.Si. NIP. 197012201997021001		04/08/2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 29 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Sintesis Nanokomposit ZnO/MWCNT untuk Aplikasi Penyerapan Gelombang Mikro”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang disebutkan dalam teks atau dikutip dari penulis lain yang telah dipublikasikan telah dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah pada umumnya dan ketentuan yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

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 Juni 2025



Alfiyani Az Zahro

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

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 : Alfiyani Az Zahro

NIM : 1306621005

Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika

Alamat email : alfyaniazzahro@gmail.com

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

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

yang berjudul :

Sintesis Nanokomposit ZnO/MWCNT untuk Aplikasi Penyerapan Gelombang Mikro

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan 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

(Alfiyani Az Zahro)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim dengan memanjatkan segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT. Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat, pertolongan, dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang **“Sintesis Nanokomposit ZnO/MWCNT untuk Aplikasi Penyerapan Gelombang Mikro”** dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, di Universitas Negeri Jakarta.

Selain rahmat dari Allah SWT. penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis berterima kasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi, saran, dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini. Secara khusus pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang dengan tulus meluangkan waktu dan perhatiannya dalam membimbing penulis. Bukan hanya ilmu pengetahuan yang beliau bagikan, tetapi juga nasihat kehidupan, semangat, dan amanah yang penuh makna. Setiap arahnya menjadi pelita dalam perjalanan akademik ini, hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Bapak Aditia Nur Bakti, S.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran yang sangat berarti sejak awal kegiatan PKL/magang di BRIN hingga proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran beliau menjadi sosok pendamping ilmiah yang tak hanya memberi arahan, tetapi juga menyalakan semangat dan memberikan inspirasi dalam setiap langkah penelitian.

3. Ibu Elvina Trivida, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing III yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran yang senantiasa mengalir dari awal perjalanan PKL/magang hingga tahap akhir penelitian ini. Dengan ketulusan dan ketekunan beliau, penulis banyak belajar, tidak hanya tentang penelitian, tetapi juga tentang ketelitian, tanggung jawab, dan dedikasi dalam berkarya.
4. Bapak Dr. Oman Zuas, M.Sc. atas bimbingan, arahan, dan saran yang begitu berarti selama proses penelitian di Laboratorium Kimia Maju, Pusat Riset Kimia, BRIN, Serpong, Tangerang Selatan. Dalam setiap pertemuan dan pengarahan, tersimpan ilmu yang membuka cakrawala, keteladanan yang mengajarkan makna kesungguhan dalam meneliti, dan beliau menjadi bagian penting dalam perjalanan penelitian ini.
5. Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Pusat Riset Teknologi Pengujian dan Standar, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Serpong, Tangerang Selatan yang telah memberikan dukungan fasilitas dan lingkungan riset yang kondusif sejak awal kegiatan PKL/magang hingga penelitian skripsi ini. Tempat ini bukan sekadar ruang kerja, tetapi menjadi saksi tumbuhnya proses belajar, bertanya, mencoba, dan menemukan makna dari setiap langkah penelitian serta yang telah memberikan fasilitas untuk pengujian karakterisasi VNA.
6. Laboratorium Kimia Maju, Pusat Riset Kimia, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Serpong, Tangerang Selatan yang telah memberikan fasilitas untuk sintesis dan pembuatan sampel penyerap gelombang mikro.
7. Laboratorium Karakterisasi Fisika, Pusat Riset Fisika, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Serpong, Tangerang Selatan yang telah memberikan fasilitas untuk pengujian karakterisasi SEM dan XRD.
8. Bapak Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, atas peran dan dedikasinya dalam membimbing arah akademik mahasiswa. Dibawah koordinasi beliau, langkah-langkah penulis selama menempuh studi terasa

lebih terarah dan bermakna. Kebijakan dan kebijaksanaan beliau menjadi pijakan penting dalam setiap proses akademik yang penulis jalani.

9. Bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah menjadi pendamping dalam perjalanan akademik penulis. Dengan arahan yang bijak, dukungan yang tulus, serta perhatian yang konsisten terhadap perkembangan studi, beliau telah menjadi sosok penuntun yang menghadirkan ketenangan dan kejelasan arah dalam setiap langkah yang penulis tempuh selama masa perkuliahan.
10. Dosen Program Studi Fisika dan Pendidikan Fisika serta Pranata Laboratorium Pendidikan yang telah memberikan ilmu, dukungan, dan fasilitas selama penulis menempuh studi.
11. Bapak Dr. Mursal, M.Si. dan Ibu Siti Julia, M.Si. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, saran dan kritik yang bersifat konstruktif untuk penyempurnaan skripsi ini.
12. Orang tua tercinta, Siti Suhaeti dan Edy Handoko; nenek tersayang, Siti Chodijah; serta saudara kandung, Ibnu Rais Jaya Negara, Afiva Riyatun Nuvus, dan Indah Cahyani, terima kasih atas doa yang tak pernah putus, dukungan yang tak pernah surut, semangat yang selalu mengalir, dan cinta yang menjadi kekuatan dalam setiap langkah. Di tengah suka dan duka, kalian adalah rumah tempat penulis berpulang dan bangkit kembali. Tanpa kalian, perjalanan ini tak akan sampai pada titik ini.
13. Novi Ken Sydney, Alfara Bathriq Bairuni, Aisah, Hashifah Dewianty Putri, Fitria Handayani, Nur Rahma Hidayanti, Saidatuzzahra Afnan, Nova Nur Elisa Dewi, An Nisa' Nurul Fitri, dan Navida Rizkina, sahabat seperjuangan yang telah kebersamai penulis sejak awal perkuliahan hingga tahap akhir penyusunan skripsi. Terima kasih atas kebersamaan, semangat, dukungan, serta cerita dan pengalaman yang tak ternilai. Kehadiran kalian memberikan warna tersendiri dalam setiap proses yang penulis jalani, dan menjadi bagian penting dalam perjalanan ini.
14. Laelatul Dalilah, Adinda Salsabila Khansa, Nadia Istiqomah, Muhammad Fauzan, Nova Nur Elisa Dewi, Nur Indah Puspita, Anindita Prameswari

Safitri, dan Rahma Maulidia, rekan-rekan satu bimbingan yang telah menjadi sahabat dalam diskusi, tempat berbagi keluh kesah, tawa, dan semangat dalam setiap tahap perjuangan. Kehadiran kalian menjadi bagian tak terpisahkan dari perjalanan akademik ini.

15. Rekan – rekan Fisika UNJ angkatan 2021 yang tak segan berbagi ilmu, wawasan, dan semangat yang saling menguatkan di setiap langkah. Dalam tawa, diskusi panjang, hingga kelelahan yang kita rasakan bersama, tersimpan kenangan hangat yang tak ternilai. Kalian bukan sekadar rekan seperjuangan, tetapi bagian dari perjalanan hati dan ilmu yang menjadikan masa studi ini begitu berarti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, seiring dengan keterbatasan ilmu dan pengalaman yang dimiliki. Setiap kekurangan yang ada menjadi cermin dari proses belajar yang terus berkembang. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bekal untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, baik bagi penulis maupun pembaca.

Jakarta, 20 Juni 2025



Alfiani Az Zahro

ABSTRAK

ALFIYANI AZ ZAHRO. Sintesis Nanokomposit ZnO/MWCNT untuk Aplikasi Penyerapan Gelombang Mikro. Di bawah bimbingan Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si., Aditia Nur Bakti, S.T., Ph.D., dan Elvina Trivida, S.Si., M.T.

Interferensi gelombang elektromagnetik merupakan salah satu permasalahan utama dalam bidang komunikasi dan perangkat elektronik modern. EMI (*Electromagnetic Interference*) dapat menyebabkan gangguan pada transmisi sinyal, menurunkan kemampuan perangkat, hingga membahayakan kesehatan manusia. Salah satu pendekatan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan membuat material penyerap gelombang mikro (*microwave absorbing material*) yang efektif, ringan, ramah lingkungan, dan memiliki sifat elektromagnetik yang baik. Pada penelitian ini, berfokus pada sintesis nanokomposit ZnO/MWCNT sebagai material penyerap gelombang mikro. Penelitian ini diawali dengan sintesis nanopartikel ZnO dari ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) menggunakan metode biosintesis. Selanjutnya sintesis nanopartikel ZnO dilakukan pada kondisi pH 10 menggunakan *Zinc Acetate Dihydrate* (ZAD) sebagai prekursor dan pelarut Aquabidest. *Multi-Walled Carbon Nanotube* (MWCNT) difungsionalisasi menggunakan campuran asam yaitu HNO_3 dan H_2SO_4 dengan rasio 3:1 untuk meningkatkan fungsionalitas permukaannya. Pembuatan material komposit ZnO/MWCNT dilakukan dengan variasi komposisi MWCNT 0, 5, 10, 15% dan MWCNT murni. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa ZnO memiliki struktur kristal heksagonal *wurtzite* (*space group* $\text{P6}_3\text{mc}$). Citra SEM menunjukkan morfologi ZnO yang padat dan berpori, serta distribusi MWCNT yang baik dalam matriks ZnO. Pengujian menggunakan VNA pada rentang frekuensi 4.3 - 8.5 GHz menunjukkan bahwa komposit ZnO + 15% MWCNT memiliki nilai serapan tertinggi yaitu sebesar -15.1 dB pada frekuensi 7.1 GHz, dengan persentase penyerapan sebesar 96.91%. Penelitian ini menunjukkan bahwa nanokomposit ZnO/MWCNT hasil biosintesis dapat digunakan sebagai salah satu alternatif material penyerap gelombang mikro.

Kata Kunci. ZnO, MWCNT, Nanokomposit, Biosintesis, Daun Kelor, Gelombang Mikro, EMI.

ABSTRACT

ALFIYANI AZ ZAHRO. Synthesis of ZnO/MWCNT Nanocomposite for Microwave Absorption Applications. Supervised by Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si., Aditia Nur Bakti, S.T., Ph.D., and Elvina Trivida, S.Si., M.T.

Electromagnetic interference (EMI) is one of the main challenges in the fields of communication and modern electronic devices. EMI can disrupt signal transmission, degrade device performance, and even pose health risks. One approach to address this issue is the development of microwave absorbing materials that are effective, lightweight, environmentally friendly, and possess good electromagnetic properties. This study focuses on the synthesis of ZnO/MWCNT nanocomposites as microwave absorbing materials. The research begins with the biosynthesis of ZnO nanoparticles using *Moringa oleifera* leaf extract. The synthesis was carried out at pH 10 using Zinc Acetate Dihydrate (ZAD) as the precursor and distilled water (Aquabidest) as the solvent. Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs) were functionalized using a mixed acid treatment of HNO_3 and H_2SO_4 in a 3:1 ratio to enhance surface functionality. The ZnO/MWCNT nanocomposites were prepared with varying MWCNT compositions of 0, 5, 10, and 15%, along with pure MWCNT. XRD characterization revealed that the ZnO nanoparticles possessed a hexagonal wurtzite crystal structure (space group $P6_3mc$). SEM images showed that ZnO had a dense and porous morphology, with good MWCNT dispersion within the ZnO matrix. VNA testing in the frequency range of 4.3 - 8.5 GHz showed that the ZnO + 15% MWCNT composite exhibited the highest microwave absorption, with a reflection loss of -15.1 dB at 7.1 GHz and an absorption percentage of 96.91%. This study demonstrates that biosynthesized ZnO/MWCNT nanocomposites can serve as a promising alternative material for microwave absorption applications.

Keywords. Zinc Oxide, Multi-Walled Carbon Nanotube, Nanocomposite, Biosynthesis, *Moringa oleifera*, Microwave Absorption, EMI.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Nanopartikel.....	6
B. Seng Oksida (ZnO).....	7
C. CNT (Karbon Nanotube)	12
D. Nanokomposit ZnO/MWCNT	16
E. Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	22
F. <i>Field-Emission Scanning Electron Microscope</i> (FE-SEM).....	24
G. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	25
H. <i>Electromagnetic Interference</i> (EMI).....	27
I. <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA).....	29
J. Gelombang Mikro (<i>Microwave</i>)	30
K. Prinsip Penyerapan Gelombang Mikro	31

L. Resin Epoksi	33
M. <i>Roadmap</i> Penelitian	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	36
A. Tempat dan Waktu Penelitian	36
B. Metode Penelitian	36
C. Diagram Alir Penelitian	37
D. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	44
A. Peta Hasil Penelitian	45
B. Kelebihan dan Kekurangan Penelitian	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-Jenis Bentuk Nanopartikel ZnO	8
Gambar 2.2 Struktur Pita Energi ZnO	9
Gambar 2.3 Struktur Kristal ZnO	10
Gambar 2.4 Struktur Heksagonal <i>Wurtzite</i> ZnO	11
Gambar 2.5 Pembentukan CNT	13
Gambar 2.6 Struktur Pembentukan CNT	14
Gambar 2.7 Struktur Kristal Nanokomposit ZnO/MWCNT	17
Gambar 2.8 Morfologi ZnO-NP pada Daun <i>Thyme</i>	18
Gambar 2.9 Morfologi ZnO-NP dari Ekstrak Daun Kelor	19
Gambar 2.10 Morfologi ZnO/MWCNT	19
Gambar 2.11 Morfologi ZnO/CNT dengan Metode Hidrotermal	20
Gambar 2.12 Pola Difraksi ZnO-NP dari Ekstrak Daun Kelor	21
Gambar 2.13 Pola Difraksi Nanokomposit ZnO/MWCNT	21
Gambar 2.14 Pola Difraksi Nanokomposit ZnO/CNT	22
Gambar 2.15 Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	23
Gambar 2.16 Skema Dasar FE-SEM	25
Gambar 2.17 Difraksi Sinar-X	26
Gambar 2.18 Diagram Skema Sistem Difraktometer	27
Gambar 2.19 Spektrum Elektromagnetik	28
Gambar 2.20 Prinsip Kerja VNA	29
Gambar 2.21 Skematis Parameter-S dalam VNA Dua-Port	30
Gambar 2.22 Skema Perambatan Gelombang Elektromagnetik	31
Gambar 2.23 Ilustrasi Penyerapan Gelombang Mikro	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	38

DAFTAR SINGKATAN

ZnO	: <i>Zinc Oxide</i>
ZnO-NPs	: <i>Zinc Oxide Nanoparticles</i>
CNT	: <i>Carbon Nanotube</i>
MWCNT	: <i>Multi-Walled Carbon Nanotube</i>
EMI	: <i>Electromagnetic Interference</i>
RF	: <i>Radio Frequency</i>
RL	: <i>Reflection Loss</i>
dB	: <i>desibel</i>
RAM	: <i>Radar Absorbing Material</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
VNA	: <i>Vector Network Analyzer</i>
FWHM	: <i>Full-Width at Half-Maximum</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Proses Sintesis Nanopartikel ZnO.....	6
Tabel 2.2 Karakteristik <i>Zinc Oxide</i> (ZnO)	8
Tabel 2.3 Perbedaan SWCNT dan MWCNT	15
Tabel 2.4 Karakteristik CNT.....	15
Tabel 2.5 <i>Roadmap</i> Penelitian	34
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	36
Tabel 4.3 Peta Hasil Penelitian	45
Tabel 4.4 Kelebihan dan Kekurangan Penelitian.....	45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Bersama Para Pembimbing PRTPS BRIN	67
--	----

