

**BIOSINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI  
ANTIOKSIDAN NANOPARTIKEL ZnO DARI  
EKSTRAK DAUN *Moringa oleifera* MENGGUNAKAN  
VARIASI pH**

**Skripsi**

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







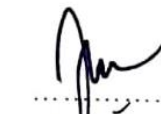


**Ridha Octa Alhuriyyah Azzahra  
1306619066**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### BIOSINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI ANTIOKSIDAN NANOPARTIKEL ZnO DARI EKSTRAK DAUN *Moringa oleifera* MENGUNAKAN VARIASI pH

Nama : Ridha Octa Alhuriyyah Azzahra  
No Registrasi : 1306619066

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Penanggung Jawab</b>			
Dekan	: Prof.Dr.Muktiningsih N., M.P.S. NIP. 196405111989032001		24/8 23
<b>Wakil Penanggung Jawab</b>			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T. NIP. 197207281999031002		24/8 23
Ketua	: Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si. NIP. 195711231987031002		22/8 23
Sekretaris	: Riser Fahdiran, M.Si. NIP. 198307172009121008		15/8 23
<b>Anggota</b>			
Pembimbing I	: Dr. Iwan Sugihartono, M.Si. NIP. 197910102008011018		16/8 23
Pembimbing II	: Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc. NIP. 198703212010122003		18/8 23
Penguji	: Dr. Esmar Budi, M.T. NIP. 197207281999031002		15/8 23

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 04 Agustus 2023

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Biosintesis, Karakterisasi, dan Uji Antioksidan Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Daun *Moringa oleifera* Menggunakan Variasi pH”** 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 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.

Bekasi, Juli 2023



Ridha Octa Alhuriyyah Azzahra



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://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 : Ridha Octa Alhuriyyah Azzahra  
NIM : 1306619066  
Fakultas/Prodi : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Fisika  
Alamat email : ridhaocta26@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 :

Biosintesis, Karakterisasi, dan Uji Antidiabetes Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Daun *Moringa oleifera*

Menggunakan Variasi pH

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, 24 Agustus 2023

Penulis

( Ridha Octa Alhuriyyah. A )  
nama dan tanda tangan



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat 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, Karakterisasi, dan Uji Antioksidan Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Daun *Moringa oleifera* Menggunakan Variasi pH”. Dalam penelitian skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan penting dalam mendukung, memberikan semangat, dan mengingatkan selalu dalam kebaikan. Atas dukungan moral dan material yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Lulu, dan Ibnu yang selalu berada di samping penulis untuk memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Alm. Bapak Nirin selaku kakek penulis. Penulis persembahkan skripsi ini untuk kakek penulis yang telah meninggalkan penulis. Semoga tenang di sana ya, Abah.
3. Keluarga besar penulis yang selalu mendukung dan memberikan semangat serta doa kepada penulis.
4. Bapak Dr. Iwan Sugihartono, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, sifat, perilaku, dan motivasi serta selalu memberikan semangat kepada penulis sehingga penulis mampu menyusun skripsi ini dengan lancar dan baik.
5. Ibu Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, kritik, dan saran yang membangun terhadap penulisan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA UNJ yang telah mengurus sistem akademik dan administrasi kemahasiswaan dengan sangat baik.
7. Seluruh bapak/ibu dosen fisika FMIPA UNJ yang telah mengajarkan ilmunya kepada penulis.

8. Yuniar Nur Damayanti selaku sahabat terbaik penulis. Terima kasih atas doa, dukungan, semangat, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis hingga penulis mampu menyusun skripsi ini dengan baik.
9. Marlina Canda Kartika, Rania Virda Sukmaningsih, Saffanah Ghina Muqita, I Gusti Ayu Isnaini Fatha Ramadhani, dan Febriana Yunhas Putri selaku teman baik penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan bantuan kepada penulis. Terima kasih kepada kami telah berjuang hingga detik ini.
10. Nada Alfi Aliyah, Nia Tiawati, Diva Cassia Mayora, dan Septiana Tri Amaliya selaku rekan penelitian skripsi yang selalu memberikan semangat dan turut membantu selama eksperimen berlangsung. Terima kasih kepada kami yang telah bertahan hingga mampu menyusun skripsi dengan baik.
11. Laki-laki paling menggemaskan yang selalu menghibur penulis. Terima kasih kepada Na Jaemin selaku *idol* K-Pop kesukaan penulis yang selalu menebar kebahagiaan lewat senyum indahnyanya. Terima kasih atas kerja kerasnya selama ini.
12. Lee Jeno, Mark Lee, Lee Haechan, Huang Renjun, Zhong Chenle, dan Park Jisung selaku anggota NCT DREAM yang selalu menghibur penulis. Terima kasih atas kerja kerasnya selama ini.

Tidak ada yang dapat penulis berikan kecuali doa yang tulus dan ucapan terima kasih. Penulis sadar bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu penulis mengharapkan kontribusi yang bermanfaat dari pembaca berupa kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap agar penelitian ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi siapa saja yang membaca.

Bekasi, Juli 2023

Ridha Octa Alhuriyyah Azzahra

## ABSTRAK

**RIDHA OCTA ALHURIYYAH AZZAHRA.** Biosintesis, Karakterisasi, dan Uji Antioksidan Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Daun *Moringa oleifera* Menggunakan Variasi pH. Di Bawah Bimbingan IWAN SUGIHARTONO, NURFINA YUDASARI.

Telah dilakukan biosintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan melarutkan 0.5 M seng asetat dihidrat [ $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] ke dalam 20 ml ekstrak cair daun kelor pada suhu 70 – 80°C selama 20 menit dengan memvariasikan nilai pH larutan menjadi 5, 7, dan 8. Serbuk nanopartikel ZnO diperoleh setelah endapan dikalsinasi pada suhu 450°C selama 2 jam. Nanopartikel ZnO hasil biosintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), Spektrofotometer UV-Vis, *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Selanjutnya, aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO telah diuji dengan menggunakan metode peredaman senyawa radikal *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH). Hasil karakterisasi XRD dengan mengacu pada data ICSD nomor #98-018-0050 mengkonfirmasi bahwa struktur kristal nanopartikel ZnO adalah polikristal heksagonal *wurtzite*. Ukuran kristalit nanopartikel ZnO mengecil dengan meningkatnya nilai pH. Hasil karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis memberikan spektrum absorbansi yang maksimum pada panjang gelombang sinar-UV. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki morfologi permukaan yang baik. Puncak spektrum EDX pada Zn dan O mengidentifikasi bahwa bahan yang disintesis adalah ZnO. Hasil karakterisasi FTIR mengkonfirmasi adanya vibrasi ikatan Zn-O yang diakibatkan oleh nanopartikel ZnO. Hasil karakterisasi FTIR juga mengkonfirmasi adanya peregangan O–H yang diakibatkan oleh senyawa polifenol dan peregangan C=O yang diakibatkan oleh senyawa karbonil amida. Hasil pengujian aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO mengkonfirmasi bahwa semakin tinggi pH yang digunakan maka aktivitas antioksidan semakin meningkat. Persentase penghambatan senyawa radikal DPPH oleh nanopartikel ZnO pH 5, 7, dan 8 masing-masing sebesar 8.40, 10.52, dan 13.54%. Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO yang paling optimum untuk pengujian aktivitas antioksidan adalah nanopartikel ZnO yang dibiosintesis pada pH 8 (keadaan basa). Ekstrak cair daun kelor memiliki persentase penghambatan senyawa radikal DPPH sebesar 73.91%. Ekstrak cair daun kelor memiliki aktivitas antioksidan yang lebih baik dibandingkan dengan nanopartikel ZnO.

**Kata kunci.** Struktur Kristal, Ukuran Kristalit, Sifat Optik, Gugus Fungsi.

## ABSTRACT

**RIDHA OCTA ALHURIYYAH AZZAHRA.** Biosynthesis, Characterization, and Antioxidant Testing of ZnO Nanoparticles from *Moringa oleifera* Leaf Extract Using Variations of pH Value. Under Supervised By IWAN SUGIHARTONO, NURFINA YUDASARI.

Biosynthesis of ZnO nanoparticles has been carried out using *Moringa oleifera* leaf extract by dissolving 0.5 M zinc acetate dihydrate [ $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] in 20 ml of *Moringa* leaf extract solution at temperature 70 to 80°C for 20 minutes, with varying pH values of the solution set to 5, 7, and 8. ZnO nanoparticles powder was obtained after the precipitate was calcined at 450°C for 2 hours. The biosynthesis of ZnO nanoparticles were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), UV-Vis Spectrophotometer, Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) and Fourier Transform Infra Red (FTIR). Furthermore, the antioxidant activity of the ZnO nanoparticles was tested using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging method. XRD characterization results, referring to ICSD data #98-018-0050, confirmed that the crystal structure of the ZnO nanoparticles is polycrystalline hexagonal wurtzite. The crystallite size of ZnO nanoparticles decreased with increasing pH values. UV-Vis Spectrophotometer characterization revealed maximum absorbance spectrum in the UV range. SEM characterization showed that the ZnO nanoparticles exhibited a well-defined surface morphology. The peaks in the EDX spectrum for Zn and O confirmed the synthesized material as ZnO. FTIR characterization confirmed the presence of Zn-O bond vibrations due to ZnO nanoparticles. FTIR results also confirmed the presence of O-H stretching due to polyphenolic compounds and C=O stretching due to carbonyl amide compounds. The antioxidant activity testing of the ZnO nanoparticles confirmed that higher pH values resulted in increased antioxidant activity. The percentage inhibition of the DPPH radical by ZnO nanoparticles at pH 5, 7, and 8 were 8.40%, 10.52%, and 13.54%, respectively. These results indicate that the most optimal ZnO nanoparticles for antioxidant activity testing are those biosynthesized at pH 8 *Moringa* leaf extract demonstrated a DPPH radical inhibition percentage of 73.91%. The antioxidant activity of *Moringa* leaf extract was found to be superior compared to that of ZnO nanoparticles.

**Keywords.** Crystal Structure, Crystallite Size, Optical Properties, Functional Groups.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
A. Seng Oksida (ZnO) .....	7
1. Struktur Kristal ZnO .....	8
2. Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO .....	11
2.1 Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Tanaman .....	12
2.2 Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Daun Kelor .....	13
3. Sifat Optik Nanopartikel ZnO .....	14
3.1 Sifat Optik Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Tanaman .....	16
3.2 Sifat Optik Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Daun Kelor .....	18
4. Celah Pita Energi ZnO .....	19
5. Luminesen ZnO .....	20
B. Daun Kelor .....	21
C. Senyawa Metabolit Tanaman .....	22
1. Senyawa Fenolik .....	22
1.1 Flavonoid .....	23

1.2	Tanin .....	24
2.	Terpenoid.....	25
3.	Alkaloid .....	26
D.	Mekanisme Pembentukan Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Tanaman.....	27
1.	Efek pH pada Pembentukan Nanopartikel ZnO .....	29
E.	Aktivitas Antioksidan .....	30
1.	DPPH.....	31
2.	Kemampuan Antioksidan Nanopartikel ZnO.....	32
F.	Difraksi Sinar-X.....	34
1.	Prinsip Kerja Difraksi Sinar-X .....	36
2.	Komponen dan Fungsi Difraksi Sinar-X.....	37
G.	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	39
1.	Prinsip Kerja <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	39
2.	Komponen-komponen <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	41
H.	Spektrofotometer UV-Vis .....	42
1.	Komponen-komponen Spektrofotometer UV-Vis .....	43
2.	Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis .....	44
I.	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	45
1.	Prinsip Kerja <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) dan Analisis Proses.....	46
J.	Penelitian Terdahulu .....	50
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>52</b>
A.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	52
B.	Metode Penelitian.....	53
1.	Alat dan Bahan .....	53
1.1	Instrumen Eksperimental .....	53
1.2	Instrumen Pengujian .....	53
1.3	Bahan .....	53
2.	Prosedur Penelitian.....	53
2.1	Pembuatan Ekstrak Daun Kelor.....	54
2.2	Biosintesis Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Kelor .....	54
2.3	Pengujian Aktivitas Antioksidan .....	55
2.3.1	Pembuatan Larutan Sampel .....	56

2.3.2	Pembuatan Larutan Kontrol.....	57
3.	Karakterisasi.....	57
3.1	Karakterisasi Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	57
3.2	Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	57
3.3	Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX).....	58
3.4	Karakterisasi Menggunakan <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR). 58	
C.	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	58
1.	Teknik Pengumpulan Data.....	58
2.	Analisis Data.....	59
D.	Diagram Alir Penelitian.....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		61
A.	Struktur Kristal Nanopartikel ZnO.....	62
B.	Sifat Optik Nanopartikel ZnO.....	66
C.	Morfologi dan Komposisi Elemen Nanopartikel ZnO.....	69
1.	Morfologi Nanopartikel ZnO.....	69
2.	Komposisi Elemen Nanopartikel ZnO.....	70
D.	Analisis Spektroskopi FTIR.....	72
E.	Pengujian Antioksidan.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		84
A.	Kesimpulan.....	84
B.	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86
LAMPIRAN.....		95
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		109

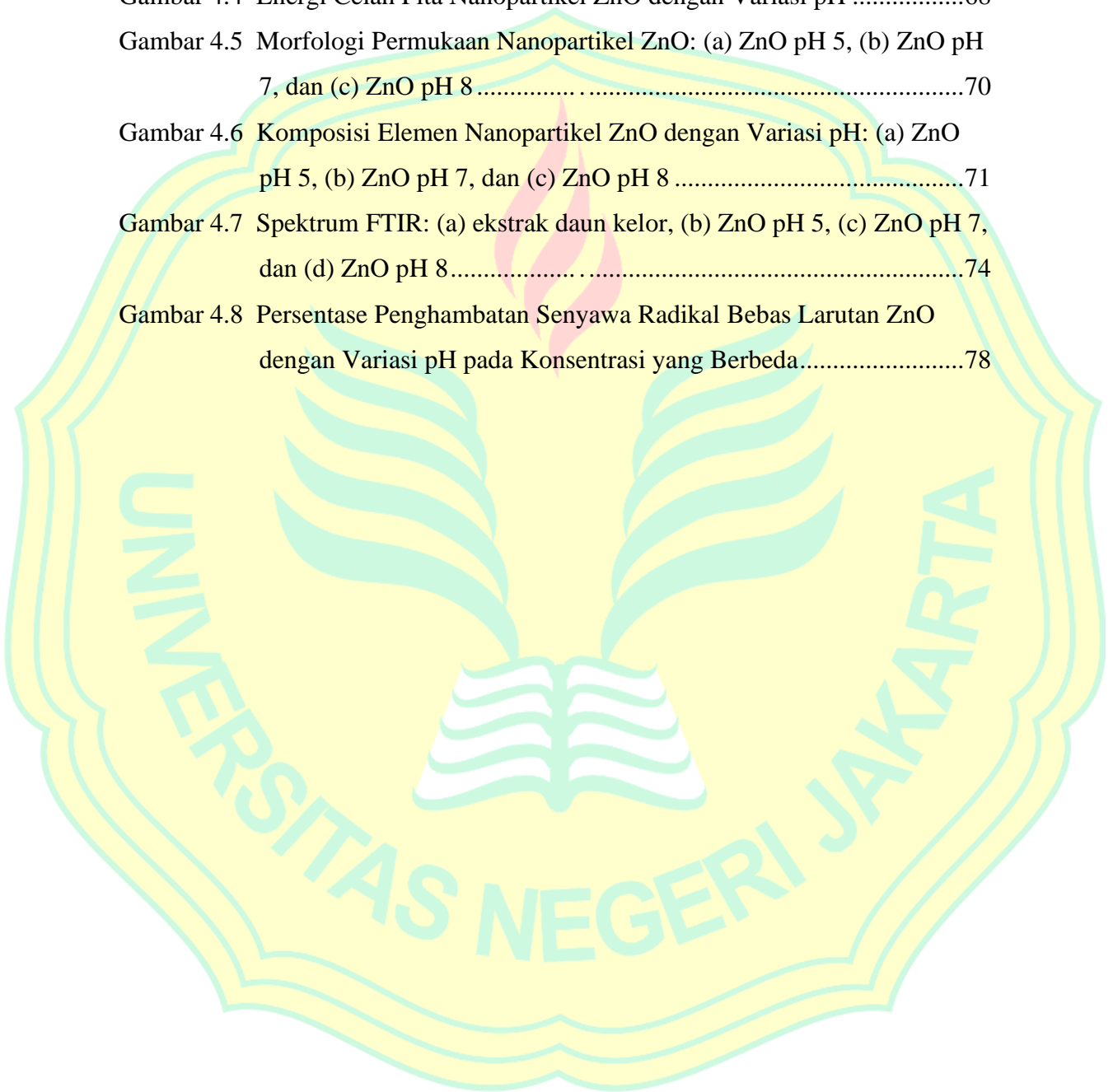
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tiga Jenis Struktur Kristal ZnO: <i>Rocksalt</i> , <i>Zinc Blende</i> , <i>Wurtzite</i> .....	8
Gambar 2.2	Model Struktur Heksagonal <i>Wurtzite</i> dari ZnO .....	9
Gambar 2.3	Bentuk Skema Struktur ZnO <i>Wurtzite</i> dengan Konstanta Kisi <i>a</i> dan Kisi <i>c</i> serta Parameter <i>u</i> .....	10
Gambar 2.4	Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO: (a) Metode Solvotermal, (b) Metode Presipitasi .....	11
Gambar 2.5	Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO pada pH 8: (a) Menggunakan Ekstrak Daun <i>Thyme</i> dan (b) Menggunakan Ekstrak Kulit Lemon .....	12
Gambar 2.6	Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Krokot: (a) pH 4, (b) pH 6, (c) pH 9.5, dan (d) pH 11 .....	13
Gambar 2.7	Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO Ekstrak Kulit Pisang Raja pada pH 12 .....	13
Gambar 2.8	Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO Ekstrak Daun Kelor: (a) pada pH 4.5 dan (b) pada pH 8 .....	14
Gambar 2.9	Sifat Optik Nanopartikel ZnO Ekstrak Kulit Lemon: (a) Puncak Serapan Nanopartikel ZnO dan (b) Energi Celah Pita Nanopartikel ZnO .....	16
Gambar 2.10	Sifat Optik Nanopartikel ZnO Ekstrak Kulit Pisang Raja: (a) Puncak Serapan Nanopartikel ZnO dan (b) Energi Celah Pita Nanopartikel ZnO .....	17
Gambar 2.11	Sifat Optik Nanopartikel ZnO Ekstrak Daun Krokot: (a) Puncak Serapan Nanopartikel ZnO dan (b) Energi Celah Pita Nanopartikel ZnO .....	17
Gambar 2.12	Puncak Penyerapan dan Energi Celah Pita Nanopartikel ZnO Ekstrak Daun Kelor .....	18
Gambar 2.13	Energi Celah Pita Nanopartikel ZnO Ekstrak Daun Kelor .....	18
Gambar 2.14	Struktur Pita Energi Semikonduktor .....	19



Gambar 2.15 Adsorpsi Foton pada (a) Celah Pita Langsung dan (b) Celah Pita Tidak Langsung .....	20
Gambar 2.16 Daun Kelor .....	22
Gambar 2.17 Kerangka C <sub>6</sub> – C <sub>3</sub> – C <sub>6</sub> Flavonoid .....	23
Gambar 2.18 Peredaman Radikal Bebas oleh Flavonoid .....	24
Gambar 2.19 Struktur Kelompok Senyawa Tanin: (a) Tanin Terhidrolisis (Asam Galat) dan (b) Tanin Terkondensasi .....	24
Gambar 2.20 Struktur Senyawa Terpenoid: (a) Menthol dan (b) Artemisin .....	26
Gambar 2.21 Struktur Jenis-jenis Alkaloid: (a) Berberine, (b) Piperine, (c) Reserpine, dan (d) Chelerythrine .....	27
Gambar 2.22 Mekanisme Proses Reaksi Reduksi dan Pembentukan Nanopartikel ZnO .....	28
Gambar 2.23 Mekanisme Reaksi DPPH dengan Antioksidan .....	32
Gambar 2.24 Representasi Mekanisme antara Radikal Bebas DPPH dan ZnO-NP Membentuk Molekul DPPH yang Stabil .....	34
Gambar 2.25 Difraksi Sinar-X pada Jarak Antar Atom <i>d</i> dan Sinar Datang $\theta$ .....	35
Gambar 2.26 Diagram Skema Sistem Difraktometer .....	36
Gambar 2.27 Skema Sumber Sinar-X .....	37
Gambar 2.28 Komponen-komponen Difraktometer Sinar-X .....	38
Gambar 2.29 Skema Interaksi Antara Sampel dan Elektron di dalam SEM .....	40
Gambar 2.30 Blok Diagram SEM .....	41
Gambar 2.31 Prinsip Kerja Spektrofotometer .....	45
Gambar 2.32 Komponen Dasar Spektrofotometer FTIR .....	46
Gambar 3.33 Empat Wilayah Jenis Ikatan Molekul yang Dapat Dianalisis dari Spektrofotometer FTIR .....	47
Gambar 2.34 Aktivitas Antioksidan Nanopartikel ZnO Ekstrak Daun <i>C. fistula</i> Ditinjau dari Nilai Absorbansi Sampel yang Dihasilkan .....	51
Gambar 3.1 Skema Prosedur Penelitian .....	55
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	60
Gambar 4.1 Serbuk Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Kelor dengan Variasi pH: (a) ZnO pH 5, (b) ZnO pH 7, dan (c) ZnO pH 8 .....	61

Gambar 4.2 Pola Difraksi Nanopartikel ZnO dengan Variasi pH .....	63
Gambar 4.3 Spektrum Absorbansi Nanopartikel ZnO dan Ekstrak Daun Kelor yang Diuji Menggunakan Spektrofotometer UV- Vis .....	66
Gambar 4.4 Energi Celah Pita Nanopartikel ZnO dengan Variasi pH .....	68
Gambar 4.5 Morfologi Permukaan Nanopartikel ZnO: (a) ZnO pH 5, (b) ZnO pH 7, dan (c) ZnO pH 8 .....	70
Gambar 4.6 Komposisi Elemen Nanopartikel ZnO dengan Variasi pH: (a) ZnO pH 5, (b) ZnO pH 7, dan (c) ZnO pH 8 .....	71
Gambar 4.7 Spektrum FTIR: (a) ekstrak daun kelor, (b) ZnO pH 5, (c) ZnO pH 7, dan (d) ZnO pH 8 .....	74
Gambar 4.8 Persentase Penghambatan Senyawa Radikal Bebas Larutan ZnO dengan Variasi pH pada Konsentrasi yang Berbeda .....	78



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisik ZnO.....	7
Tabel 2. Nilai IC <sub>50</sub> Terhadap Aktivitas Antioksidan .....	32
Tabel 3. Pita Serapan FTIR Untuk Gugus Fungsional RCM.....	48
Tabel 4. Jenis Ikatan, Getaran, dan Nilai Bilangan Gelombang .....	48
Tabel 5. Bio-sintesis ZnO-NP dengan Ekstrak Daun Tanaman Untuk Uji Aktivitas Antibakteri .....	50
Tabel 6. Kegiatan dan Waktu Penelitian.....	52
Tabel 7. Parameter Struktur Kristal Nanopartikel ZnO pada Bidang hkl (100) ....	63
Tabel 8. Parameter Struktur Kristal Nanopartikel ZnO pada Bidang hkl (002) ....	64
Tabel 9. Parameter Struktur Kristal Nanopartikel ZnO pada Bidang hkl (101) ....	64
Tabel 10. Pengaruh Variasi Nilai pH terhadap Nanopartikel ZnO .....	69
Tabel 11. Persentase Atom dan Berat Unsur Nanopartikel ZnO .....	72
Tabel 12. Tabel Referensi Gugus Fungsional Ekstrak Cair Daun Kelor dan Nanopartikel ZnO dengan Variasi pH .....	74
Tabel 13. Nilai Absorbansi Larutan Ekstrak Daun Kelor dan Larutan ZnO pada Panjang Gelombang 515 nm.....	77
Tabel 14. Persentase Penghambatan Senyawa Radikal Bebas Nanopartikel ZnO dengan Variasi pH pada Konsentrasi yang Berbeda .....	77
Tabel 15. Persentase Penghambatan Senyawa Radikal DPPH Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Kelor dengan Variasi pH.....	79
Tabel 16. Persentase Penghambatan Senyawa Radikal DPPH Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Tanaman dari Berbagai Literatur .....	79

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pembuatan Ekstrak Cair Daun Kelor .....	96
Lampiran 2. Dokumentasi Biosintesis Nanopartikel ZnO .....	97
Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian Spektrofotometer UV-Vis .....	98
Lampiran 4. Perhitungan Komposisi Bahan... ..	99
Lampiran 5. Analisis Kualitatif Pola Difraksi Nanopartikel ZnO .....	100
Lampiran 6. ICSD Standar Nomor #98-018-0050 .....	101
Lampiran 7. Data Pengujian XRD .....	102
Lampiran 8. Data $2\theta$ , FWHM, dan Bidang Kristal .....	104
Lampiran 9. Data Pengujian Spektrofotometer UV-Vis .....	105
Lampiran 10. Perhitungan Energi Celah Pita ( $E_g$ ) dengan Metode <i>Tauc Plot</i> .....	105
Lampiran 11. Data Pengujian FTIR .....	107
Lampiran 12. Data Pengujian Antioksidan Menggunakan Metode DPPH.....	107