

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  TERHADAP  
GUGUS FUNGSI, UKURAN PARTIKEL, DAN MORFOLOGI PARTIKEL  
NANOPARTIKEL  $ZnO$  DENGAN METODE SINTESIS HIJAU  
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KELOR**

(Skripsi)

Oleh

**Chairunissa Ananda Benyamin**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH VARIASI KONSENTRASI $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ TERHADAP GUGUS FUNGSI, UKURAN PARTIKEL, DAN MORFOLOGI PARTIKEL NANOPARTIKEL $ZnO$ DENGAN METODE SINTESIS HIJAU MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KELOR**

**Oleh**

**CHAIRUNISSA ANANDA BENYAMIN**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  (seng nitrat heksahidrat) terhadap gugus fungsi, ukuran partikel, dan morfologi partikel nanopartikel  $ZnO$  dengan metode sintesis hijau menggunakan daun kelor. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ekstrak daun kelor sebagai bahan utama dalam metode sintesis hijau,  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  dengan variasi konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 M sebagai prekursor, NaOH dan etanol sebagai pelarut prekursor. Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi dalam kandungan daun kelor berperan dalam pembentukan nanopartikel  $ZnO$ . Sedangkan hasil karakterisasi XRD menunjukkan perbedaan difraktogram dengan standar  $ZnO$  pada konsentrasi  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  0,6 M dan 0,8 M dengan munculnya fasa  $NaNO_3$ . Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa morfologi nanopartikel  $ZnO$  dengan metode sintesis hijau berbentuk acak.

**Kata kunci:** Daun kelor,  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ , nanopartikel  $ZnO$ , sintesis hijau.

## ABSTRACT

### EFFECT OF $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ CONCENTRATION VARIATION ON FUNCTIONAL GROUP, PARTICLE SIZE, AND MORPHOLOGY OF ZnO NANOPARTICLES USING THE GREEN SYNTHESIS METHOD USING MORINGA LEAF EXTRACT

By

CHAIRUNISSA ANANDA BENYAMIN

This research was conducted to determine the effect of varying concentrations of  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (zinc nitrate hexahydrate) on functional groups, particle size, and particle morphology of ZnO nanoparticles using the green synthesis method using Moringa leaves. The materials used in this study were moringa leaf extract as the main ingredient in the green synthesis method,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  with various concentrations of 0.2; 0.4; 0.6; and 0.8 M as precursor, NaOH and ethanol as precursor solvents. Based on the results of characterization using FTIR, it shows that the functional groups in the content of Moringa leaves play a role in the formation of ZnO nanoparticles. Meanwhile, the results of the XRD characterization showed a diffractogram difference with standard ZnO at concentrations of 0.6 M and 0.8 M  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  with the appearance of the  $\text{NNaO}_3$  phase. SEM characterization results show that the morphology of ZnO nanoparticles using the green synthesis method is irregular in shape.

**Keywords:** Moringa leaves,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , ZnO nanoparticles, green synthesis.

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  TERHADAP  
GUGUS FUNGSI, UKURAN PARTIKEL DAN MORFOLOGI PARTIKEL  
NANOPARTIKEL  $ZnO$  DENGAN METODE SINTESIS HIJAU  
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KELOR  
HALAMAN JUDUL**

**Oleh**

**CHAIRUNISSA ANANDA BENYAMIN**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

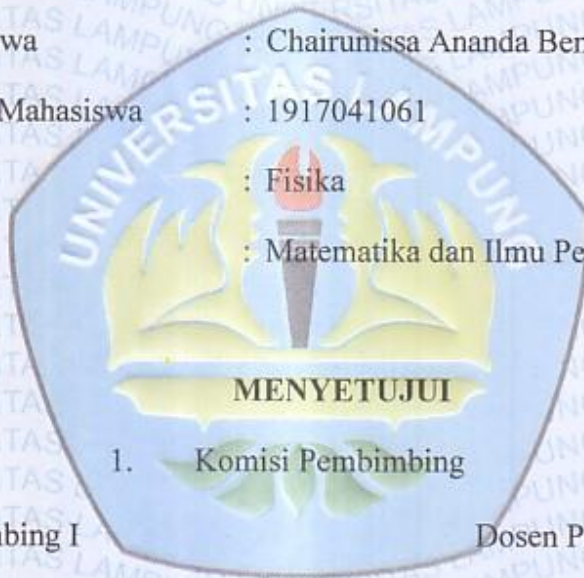
Judul : **Pengaruh Variasi Konsentrasi  
Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O Terhadap Gugus Fungsi,  
Ukuran Partikel, dan Morfologi Partikel  
Nanopartikel ZnO dengan Metode Sintesis  
Hijau Menggunakan Ekstrak Daun Kelor**

Nama Mahasiswa : Chairunissa Ananda Benyamin

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041061

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



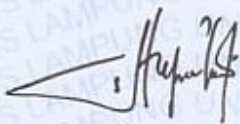
1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

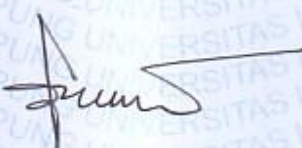
  
**Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.**

NIP. 195903091991031001

  
**Suprihatin, S.Si., M.Si.**

NIP. 197304141997022001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

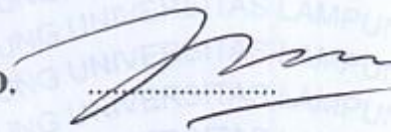
  
**Gurum Ahmad Pauzi., M.Si., S.T.**

NIP. 198010102005011002

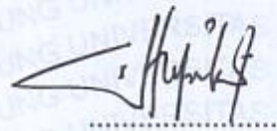
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.**



Sekretaris : **Suprihatin, S.Si., M.Si.**



Penguji Bukan Pembimbing : **Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19711002005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 Juli 2023**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain. Sepanjang sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Juli 2023



Handwritten signature of Chairunissa Ananda Benyamin.

Chairunissa Ananda Benyamin

NPM. 1917041061

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Chairunissa Ananda Benyamin, dilahirkan pada tanggal 26 Juli 2000 di Jakarta. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Armand Benyamin dan Ibu Ade Herawati.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis adalah Sekolah Dasar Negeri Cijantung 07 Pagi pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri 203 Kalisari pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas Budhi Warman 2 pada tahun 2017. Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN.

Selama menempuh Pendidikan, penulis telah menyelesaikan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pada tahun 2022. Penulis juga telah mengikuti program pengabdian masyarakat dengan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2022 di Desa Sukanegeri Jaya, Talang Padang, Tanggamus.

Selanjutnya penulis melakukan penelitian bidang nanomaterial sebagai topik skripsi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Pengaruh Variasi Konsentrasi  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  Terhadap Gugus Fungsi, Ukuran Partikel, dan



Morfologi Partikel Nanopartikel ZnO dengan Metode Sintesis Hijau Menggunakan Ekstrak Daun Kelor”. Penulis melakukan penelitian di Laboratorium Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, Kabupaten Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

## MOTTO

*“Masa depanmu tergantung apa yang kamu lakukan hari ini. Jangan sesali dikemudian hari.”*

*“Seribu teman itu kurang, satu musuh itu terlalu banyak.”*

*“Life, although it may only be an accumulation of anguish, is dear to me, and I will defend it.”*

*(Mary Wollstonecraft Shelley, Author ‘Frankenstein’)*

*“Allah memberi pahala kepada mereka atas perkataan yang telah mereka ucapkan.”*

*(Surah Al Maidah: 85)*

## **PERSEMBAHAN**

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya kecil ini kepada

**Bapak Armand Benyamin dan Ibu Ade Herawati**

“Terima kasih untuk segala do’a dan usaha yang selalu diberikan demi keberhasilanku. Tak lupa kakakku yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini”

**Keluarga besar & Sahabat sahabat Terdekat**

Rekan-rekan seperjuangan “FISIKA FMIPA UNILA 2019”

Serta Almamater Tercinta

“Universitas Lampung”

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan Kesehatan, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  terhadap Gugus Fungsi Ukuran Partikel dan Morfologi Nanopartikel ZnO dengan Metode Sintesis Hijau Menggunakan Ekstrak Daun Kelor”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, demi penyempurnaan serta perbaikan dari skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi salah satu rujukan untuk penelitian tentang ekstrak daun kelor sebagai pembuatan nanopartikel ZnO berikutnya, serta dapat memperkaya ide-ide penelitian yang lain.

Bandar Lampung, Juli 2023

Penulis

Chairunissa Ananda Benyamin

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberi Kesehatan, hikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Konsentrasi  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  terhadap Gugus Fungsi Ukuran Partikel dan Morfologi Nanopartikel ZnO dengan Metode Sintesis Hijau Menggunakan Ekstrak Daun Kelor”**. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D. selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya.
2. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan saran, masukan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibu Yanti Yulianti, Si., M.Si. selaku Penguji dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan koreksi dan masukan selama penulisan skripsi dan memberikan masukan-masukan serta nasehat selama masa studi di Jurusan Fisika.

4. Kedua orang tuaku Bapak Armand Benyamin dan Ibu Ade Herawati. Kepada saudara kandungku Rahma Ardheani yang selalu memberikan cinta kasih, dukungan, pengorbanan dan do'a untuk penulis.
5. Sahabat-sahabatku Berliana Nur Rahma Dyta, Sisi Rizky Ananda, Anis Halifah, Tri Lestari, dan Ajeng Oktasari yang aku sayangi, selalu ada disaat senang dan susah serta menjadi kawan diskusi yang baik. Semoga Allah membalas dengan yang lebih baik. Aamiin.
6. Kawan seperjuangan Sofiyana Rahayu, Miranti Adelia, Andre Johandra, Naufal Zaidan, Arin Sadita, Mesy Meilani Putri, Indri, Fegi Liani, dan Hikmah Nurcahayaniati selama menulis skripsi ini. Semoga Allah membalas kebaikan dengan hal yang lebih baik.
7. Serta teman-teman seperjuangan Fisika 2019. Semoga Allah membalas kebaikan dengan hal yang lebih baik.

Bandar Lampung, Juli 2023

Penulis

Chairunissa Ananda Benyamin

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>ix</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Daun Kelor.....	7
2.2	Nanopartikel ZnO .....	8
2.3	Metode Sintesis Hijau .....	12
2.4	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	14
2.5	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	18
2.6	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	20

## III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat.....	23
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.3	Prosedur Penelitian .....	24
3.3.1	Ekstraksi Daun Kelor .....	24
3.3.2	Sintesis Nanopartikel ZnO .....	25
3.3.3	Karakterisasi Nanopartikel ZnO.....	26
3.4	Diagram Alir .....	27

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Analisis FTIR Nanopartikel ZnO .....	28
4.2	Hasil Analisis XRD Nanopartikel ZnO .....	31
4.2.1	Hasil Analisis Kualitatif XRD Nanopartikel ZnO .....	31
4.2.2	Hasil Analisis Kuantitatif XRD Nanopartikel ZnO .....	38
4.3	Hasil Analisis SEM Nanopartikel ZnO.....	43

## V. KESIMPULAN

A.	Kesimpulan .....	47
B.	Saran.....	47

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1.</b> Daun kelor .....	7
<b>Gambar 2.2.</b> Diagram senyawa aktif daun kelor .....	8
<b>Gambar 2.3.</b> Struktur kristal ZnO .....	9
<b>Gambar 2.4.</b> Diagram pita energi bahan semikonduktor.....	10
<b>Gambar 2.5.</b> Skema metode sintesis nanopartikel .....	13
<b>Gambar 2.6.</b> Skema mekanisme proses sintesis hijau nanopartikel ZnO.....	14
<b>Gambar 2.7.</b> Prinsip kerja FTIR .....	17
<b>Gambar 2.8.</b> Spektrum FTIR nanopartikel ZnO.....	17
<b>Gambar 2.9.</b> Skema diagram sistem difraktometer .....	18
<b>Gambar 2.10.</b> Pola Difraksi XRD nanopartikel ZnO .....	19
<b>Gambar 2.11.</b> Alat SEM .....	21
<b>Gambar 2.12.</b> Gambar SEM sintesis nanopartikel ZnO .....	22
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram alir sintesis nanopartikel ZnO.....	27
<b>Gambar 4.1.</b> Grafik FTIR variasi konsentrasi $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ .....	29
<b>Gambar 4.2.</b> Difraktogram XRD variasi konsentrasi $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ .....	32
<b>Gambar 4.3.</b> Hasil <i>refinement</i> XRD variasi konsentrasi $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ .....	40
<b>Gambar 4.4.</b> Hasil analisis SEM nanopartikel ZnO $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 0,4 M .....	44
<b>Gambar 4.5.</b> Hasil analisis SEM nanopartikel ZnO .....	45

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1.</b> Semikonduktor gabungan.....	11
<b>Tabel 3.1.</b> Bahan-bahan penelitian .....	23
<b>Tabel 3.2.</b> Alat-alat penelitian .....	24
<b>Tabel 4.1.</b> Kelompok puncak serapan gugus fungsi nanopartikel ZnO .....	30
<b>Tabel 4.2.</b> Puncak tertinggi sudut $2\theta$ dan ukuran partikel .....	34
<b>Tabel 4.3.</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel a.....	36
<b>Tabel 4.4.</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel b.....	37
<b>Tabel 4.5.</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel c.....	37
<b>Tabel 4.6.</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel d.....	38
<b>Tabel 4.7.</b> Parameter <i>refinement</i> data XRD ZnO .....	42
<b>Tabel 4.8.</b> Sel parameter nanopartikel ZnO.....	42

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari material yang memiliki ukuran pada skala nano 1-100 nm atau  $1-100 \times 10^{-9}$  m (Akbari *et al.*, 2011). Teknologi berbasis nano yang dikembangkan meliputi sintesis dan karakterisasi bahan dalam ukuran yang berskala nano (Barzinjy dan Azeez, 2020). Pada dimensi ini material menunjukkan sifat fisik, kimia, dan mekanik yang lebih unggul dibandingkan material yang memiliki ukuran besar, sehingga diharapkan bahwa nanomaterial ini akan terus memberikan terobosan baru bagi teknologi kedepannya (Ganguly *et al.*, 2015).

Nanopartikel dapat disintesis menggunakan metode fisika dan metode kimia. Proses sintesis metode fisika yaitu pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer atau penggabungan material berukuran sangat kecil menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan (Kumar *et al.*, 2016), sementara proses sintesis kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah prekursor sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer (Salah *et al.*, 2011). Material yang disintesis menjadi nanopartikel telah banyak diaplikasikan dalam segala bidang, contohnya  $\text{TiO}_2$  sebagai fotokatalis (Lu *et al.*, 2018),  $\text{SiO}_2$  sebagai

komponen baterai lithium-ion (Zhang *et al.*, 2016), dan ZnO sebagai material antibakteri (Dejen *et al.*, 2020).

Sintesis nanopartikel ZnO dapat diperoleh secara konvensional seperti sol-gel (Dejen *et al.*, 2020; Vishwakarma dan Singh, 2020), hidrotermal (Fauza *et al.*, 2021), *ball mill* (Salah *et al.*, 2011), dan lain sebagainya. Beberapa metode untuk sintesis nanopartikel ZnO baik menggunakan metode kimia maupun fisika, memiliki kekurangan seperti bahan yang beracun dan tidak dapat terurai, peralatan yang besar dan mahal, hasil produk yang sedikit dan waktu reaksi yang relatif lama (Khan *et al.*, 2019).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, metode *green synthesis* atau disebut juga sintesis hijau merupakan salah satu alternatif dalam sintesis nanopartikel ZnO menggunakan bahan yang tidak beracun dan dapat terurai (Verma *et al.*, 2021). Metode sintesis ini menggunakan tumbuhan dan mikroorganisme yang mengusulkan teknologi alternatif yang lebih ramah lingkungan dibanding metode fisika dan kimia. Jenis-jenis tumbuhan tertentu mengandung senyawa-senyawa metabolit sekunder, antara lain protein, enzim, fenol, amina, alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan pigmen yang diantaranya dapat berperan sebagai agen pereduksi dan stabilisator (Rachmawati dan Suriawati, 2019).

Agen pereduksi berperan pada senyawa metabolit sekunder dalam organisme biologis yang akan mereduksi ion  $Zn^{2+}$  menjadi ZnO (Matinise *et al.*, 2017). Protein dapat menangkap ion-ion logam yang ada dipermukaan dan mengubahnya menjadi molekul ZnO. Molekul-molekul ZnO ini akan berkumpul dan kemudian membentuk nanopartikel ZnO (Marslin *et al.*, 2018). Sedangkan stabilisator

berperan pada senyawa metabolit sekunder dengan membungkus (*capping*) nanopartikel ZnO yang terbentuk agar tidak terjadi agregasi atau penggumpalan, sehingga nanopartikel yang dihasilkan stabil (Jayachandran *et al.*, 2021).

Nanopartikel ZnO yang disintesis menggunakan ekstrak tanaman beserta turunannya lebih stabil dibandingkan dengan menggunakan organisme lainnya (Verma *et al.*, 2021). Beberapa ekstrak tanaman yang digunakan dalam biosintesis nanopartikel ZnO seperti ekstrak daun kelor (Rhamdiyah dan Maharani, 2022), ekstrak biji pala (Faisal *et al.*, 2021), ekstrak jeruk nipis (Samat dan Nor, 2013), dan sebagainya.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tumbuhan tropis yang dapat ditemui di negara-negara benua Asia, India, dan Afrika. Senyawa aktif pada kelor banyak terdapat bagian daunnya. Daun kelor kaya akan mineral seperti kalsium, kalium, seng, magnesium, besi, dan tembaga (Fatiqin *et al.*, 2022). Bagian-bagian tanaman meliputi getah, batang, biji, buah, bunga, daun, dan akarnya kaya akan senyawa fitokimia yang dapat mereduksi garam logam menjadi oksida logam dengan ukuran nano (Singh *et al.*, 2016).

Saat ini pemanfaatan daun kelor sebagian besar masih terbatas pada skala rumah tangga. Penelitian terkait sintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak tanaman belum banyak dilaporkan di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan selama ini masih harus diteliti parameter fisika-kimianya. Parameter tersebut salah satunya adalah variasi konsentrasi prekursor. Kaningini *et al.* (2022), telah melakukan penelitian sintesis nanopartikel ZnO menggunakan variasi konsentrasi prekursor  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  yaitu 0,05; 0,10; 0,5; dan 1 gr. Menurut Nurbayasari *et*

*al.* (2017), konsentrasi prekursor divariasikan 0,05; 0,1; dan 0,15 M dan mendapatkan konsentrasi yang baik sebesar 0,15 M. Pada penelitian Samat dan Nor (2013), sintesis nanopartikel ZnO dengan prekursor yang berbeda menggunakan konsentrasi pada 0,05; 0,10; 0,15; dan 0,20 M dan mendapatkan konsentrasi prekursor yang baik sebesar 0,2 M.

Menurut Kaningini *et al.* (2022), penurunan konsentrasi prekursor dapat menyebabkan menurunnya intensitas puncak pada gugus fungsinya. Pada penelitiannya, berkurangnya intensitas puncak dikarenakan konsentrasi prekursor terlalu rendah (0,05 M dan 0,10 M). Menurut Nurbayasari *et al.* (2017), peningkatan konsentrasi dapat menyebabkan ukuran partikel ZnO meningkat. Pada penelitiannya, nilai *Full Width at Half Maximum* (FWHM) terendah yaitu nanopartikel ZnO dengan konsentrasi prekursor 0,15 M. Menurut Samat dan Nor (2013), variasi konsentrasi akan menunjukkan morfologi permukaan partikel yang tidak seragam. Semakin tinggi konsentrasi, maka semakin baik struktur nanopartikelnya. Nanopartikel ZnO yang didapatkan sebagian besar berbentuk bulat. Pada penelitiannya, 0,15 M dan 0,20 M terlihat seragam dengan struktur sekitar 100 nm.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel ZnO dari ekstrak daun kelor menggunakan prekursor  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan pelarut NaOH. Ekstrak daun kelor 10 ml direaksikan dengan variasi konsentrasi prekursor  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 M dan penambahan pelarut NaOH hingga pH larutan 10. Karakterisasi sintesis nanopartikel ZnO dari ekstrak daun kelor yang dilakukan yaitu *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsinya, X-

*Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui ukuran partikelnya, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi partikel ZnO.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi konsentrasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  terhadap gugus fungsi, ukuran partikel, dan morfologi nanopartikel ZnO?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi konsentrasi prekursor  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  terhadap gugus fungsi, ukuran partikel, dan morfologi nanopartikel ZnO.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Nanopartikel ZnO yang digunakan bersumber dari daun kelor (*Moringa oleifera*) yang disintesis menggunakan metode sintesis hijau.
2. Prekursor larutan yang digunakan adalah  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .
3. Variasi yang dilakukan ada dua, yaitu variasi konsentrasi prekursor 0,2; 0,4; 0,6 dan 0,8 M.
4. Karakterisasi nanopartikel yang dilakukan ada tiga, yaitu *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh informasi mengenai potensi pemanfaatan daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai bahan alternatif sintesis nanopartikel ZnO.
2. Menambah wawasan untuk mengoptimalkan daun kelor (*Moringa oleifera*) agar nilai ekonominya bertambah baik untuk bahan baku utama maupun bahan baku alternatif.
3. Menambah literatur mengenai potensi pemanfaatan daun kelor (*Moringa oleifera*) untuk sintesis nanopartikel ZnO.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

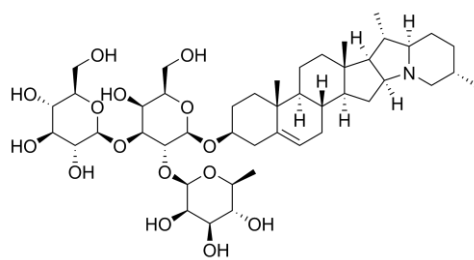
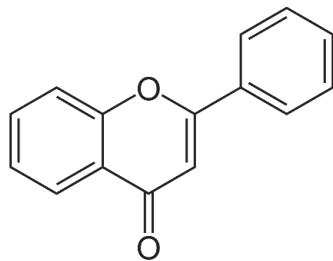
### 2.1 Daun Kelor

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman tropis yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia dan berbagai kawasan tropis lainnya di dunia. Tanaman kelor memiliki dengan ketinggian sekitar 7-11 meter. Tanaman ini berupa semak atau pohon dengan akar yang kuat, berumur panjang, batangnya berkayu getas (mudah patah), tegak, berwarna putih kotor, berkulit tipis, permukaan kasar, dan jarang bercabang. Tanaman kelor memiliki bunga yang berwarna putih kekuning-kuningan yang keluar sepanjang tahun dengan aroma semerbak yang khas. Tanaman kelor memiliki buah yang berbentuk panjang dan segitiga dengan panjang sekitar 20-60 cm. Buah tanaman kelor berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi coklat ketika tua (Anwar *et al.*, 2007).

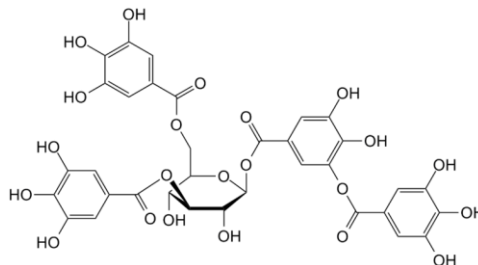


**Gambar 2.1.** Daun kelor (*Moringa oleifera*)

Senyawa aktif pada kelor banyak terdapat pada bagian daunnya. Daun kelor seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**, dinilai cukup aman, efektif, murah dan mudah ditemukan. Senyawa aktif terdapat dalam jaringan, sehingga perlu dilakukan ekstraksi untuk mendapatkan senyawa aktifnya. Senyawa yang terkandung dalam daun kelor yaitu: flavonoid, saponin, alkaloid, dan fenol yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2** (Rachmawati dan Suriawati, 2019).

TANIN ( $C_{76}H_{52}O_{46}$ )FENOL ( $C_6H_6O$ )

FLAVONOID (2-fenil-1,4-benzopiron)

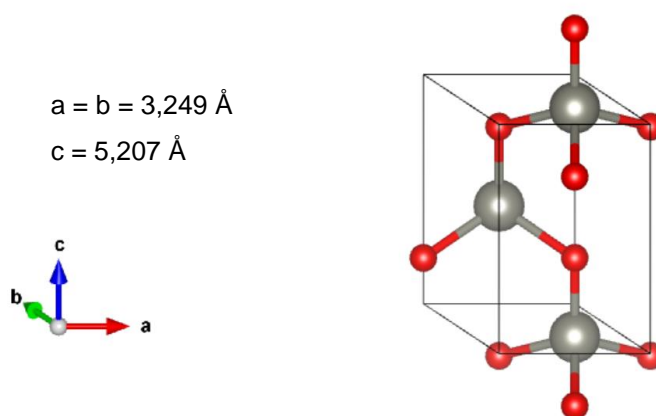
SAPONIN ( $C_{27}H_{42}O_3$ )

**Gambar 2.2.** Senyawa aktif daun kelor

## 2.2 Nanopartikel ZnO

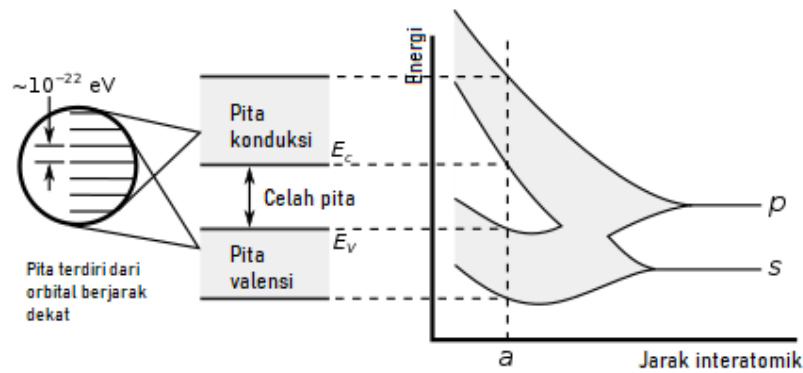
Penggunaan nanopartikel berdasarkan logam dan oksidanya sangat menarik. Salah satu logam yang dipelajari dengan baik yang mempengaruhi objek biologis adalah

seng (Zn) dan oksidanya (ZnO). Seng adalah elemen aktif dan menunjukkan sifat reduksi yang kuat. Ini dapat dengan mudah teroksidasi untuk membentuk seng oksida. Kristal ZnO memiliki struktur kristal berupa heksagonal *close-packed* yang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**, dengan atom Zn ditampilkan sebagai bola abu-abu yang lebih besar sedangkan atom O adalah bola merah yang lebih kecil (Vaseem *et al.*, 2010).



**Gambar 2.3.** Struktur kristal ZnO

ZnO memiliki sifat optik, penginderaan kimia, semikonduktor, konduktivitas listrik, dan piezoelektrik yang unik. Hal ini ditandai dengan celah pita lebar langsung (3,3 eV) dalam spektrum dekat-UV, energi ikat eksitonik yang tinggi (60 meV) pada suhu kamar, dan konduktivitas listrik tipe-n alami (Kumar *et.al.*, 2013). Kristal ZnO hampir selalu tipe-n, alasannya adalah konduktivitas tipe-n yang tidak disengaja pada ZnO disebabkan oleh adanya kekosongan oksigen atau interstisial seng (Janotti dan Walle, 2009).



**Gambar 2.4.** Diagram pita energi bahan semikonduktor

Sifat kelistrikan semikonduktor, dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram pita energi bahan semikonduktor seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. Diagram pita energi menjelaskan bahwa dari sekumpulan atom-atom yang terkumpul rapi membentuk struktur kristal tertentu, hanya ada sejumlah tingkat energi yang dapat ditempati oleh elektron. Elektron akan menempati tingkat energi yang rendah terlebih dahulu. Pita terakhir yang diisi oleh elektron disebut pita valensi. Sejumlah tingkat energi setelah pita valensi disebut pita konduksi. Jarak antara tingkat energi terendah di pita konduksi dan tingkat energi tertinggi di pita valensi disebut celah pita (Sze dan Lee, 2012). Dengan begitu, ZnO dikenal sebagai semikonduktor II-VI, karena Zn dan O diklasifikasikan ke dalam kelompok dua dan enam dalam tabel periodik masing-masing yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**. (Kumar *et al.*, 2013).

**Tabel 2.1.** Semikonduktor gabungan

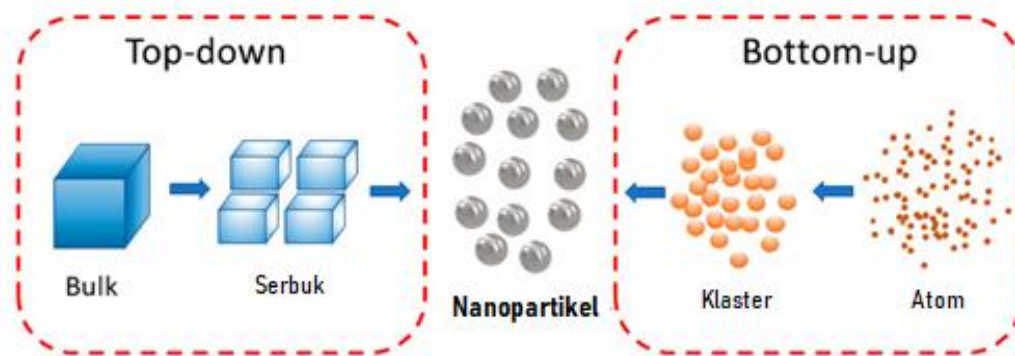
Klasifikasi Umum	Semikonduktor	
	Simbol	Nama
Unsur	Si	Silikon
	Ge	Germanium
2 Senyawa Gabungan		
IV-IV	SiC	Silikon Karbida
III-V	AlP	Alumunium Fosfida
	AlAs	Alumunium Arsenida
	AlSb	Alumunium Antimonida
	GaN	Galium Nitrida
	GaP	Galium Fosfida
	GaAs	Galium Arsenida
	GaSb	Galium Antimonida
	InP	Indium Fosfida
	InAs	Indium Arsenida
	InSb	Indium Antimonida
II-VI	ZnO	Seng Oksida
	ZnS	Seng Sulfida
	ZnSe	Seng Selenida
	ZnTe	Seng Telurida
	CdS	Kadmium Sulfida
	CdSe	Kadmium Selenida
	CdTe	Kadmium Telurida
	HgS	Merkuri Sulfida
IV-VI	PbS	Timbal(II) Sulfida
	PbSe	Timbal Selenida
	PbTe	Timbal Telurida
3 Senyawa Gabungan		
	$Al_xGa_{1-x}As_y$	Alumunium Galium Arsenida
	$Al_xIn_{1-x}As_y$	Alumunium Indium Arsenida
	$Ga_xAs_{1-x}P_y$	Galium Arsenida Fosfida
	$Ga_xIn_{1-x}N_y$	Galium Indium Nitrida
	$Ga_xIn_{1-x}As_y$	Galium Indium Arsenida
	$Ga_xIn_{1-x}P_y$	Galium Indium Fosfida
4 Senyawa Gabungan		
	$Al_xGa_{1-x}As_{1-y}Sb_y$	Alumunium Galium Arsenida Antimonida
	$Ga_xIn_{1-x}As_{1-y}P_y$	Galium Indium Arsenida Fosfida

Nanopartikel ZnO dapat diperoleh secara konvensional dalam skala besar dengan berbagai metode kimia dan fisika seperti sol-gel, metode hidrotermal dan mekanokimia. Metode konvensional untuk sintesis nanopartikel ZnO baik metode

kimia maupun fisika, memiliki kekurangan seperti peralatan yang besar dan mahal, prekursor beracun, dan tidak dapat terurai, kebutuhan pengalaman penanganan peralatan, hasil produk yang rendah, serta waktu reaksi yang lama. Nanopartikel ZnO dapat disintesis melalui berbagai metode dengan mengontrol parameter sintesis. Sebagian besar metode yang dipilih tergantung pada aplikasi yang diinginkan, karena metode yang berbeda menghasilkan morfologi yang berbeda dan juga ukuran partikel ZnO yang berbeda (Xu *et al.*, 2021).

### **2.3 Metode Sintesis Hijau**

Dalam sintesis nanopartikel, terdapat dua pendekatan dasar metode preparasi, yaitu metode *top-down* dan *bottom-up*. Metode *top-down* adalah metode pemecahan bahan padat menjadi potongan-potongan kecil dengan menerapkan kekuatan eksternal, contohnya metode *ball mill*, dekomposisi termal, deposisi uap fisik, ablasi laser, epitaksi balok molekuler, dan lain sebagainya. Sementara metode *bottom-up* adalah metode yang didasarkan pada pengumpulan dan penggabungan atom atau molekul gas atau cair, contohnya metode sol-gel, hidrotermal, solvotermal, presipitasi, dan lain sebagainya. Kedua pendekatan metode preparasi nanopartikel ditunjukkan pada **Gambar 2.5** (Nethavhanani, 2017).



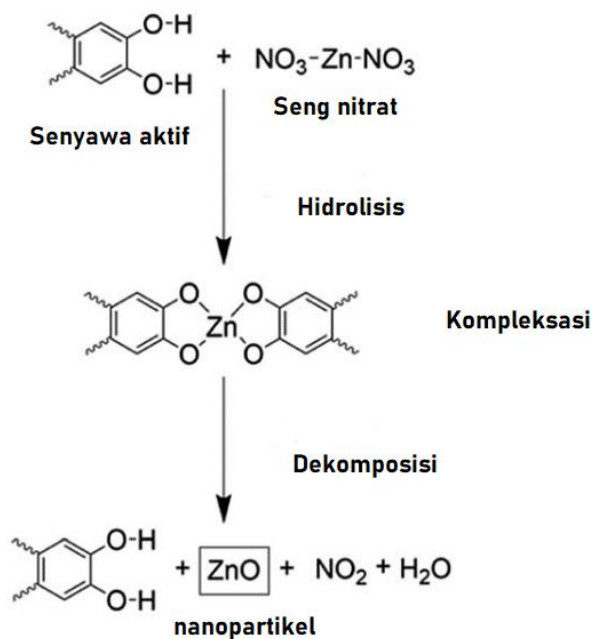
**Gambar 2.5.** Skema metode sintesis nanopartikel.

Kedua sintesis nanopartikel ZnO tersebut memiliki kelemahan konsumsi energi yang tinggi, kemurnian rendah, distribusi ukuran partikel yang tidak merata, biaya tinggi, limbah sekunder dalam jumlah besar, dan pencemaran lingkungan yang tidak dapat diubah. Karena aplikasi di mana nanopartikel ZnO digunakan meningkat jumlahnya, dalam sintesisnya menggunakan metode di mana lingkungan dilindungi (Marslin *et al.*, 2018).

Metode sintesis hijau mengacu pada metode di mana mikroorganisme, enzim, dan ekstrak tumbuhan digunakan dalam proses fabrikasi. Tidak ada bahan beracun yang harus digunakan, dan prosesnya dikombinasikan dengan konsumsi energi yang rendah. Ini memiliki keuntungan dari kelestarian lingkungan, ramah lingkungan, dan biaya rendah, dan karena itu merupakan alternatif yang menarik untuk metode fisik dan kimia tradisional (Verma *et al.*, 2021).

Proses sintesis hijau pada dasarnya dibagi menjadi tiga langkah yaitu hidrolisis, kompleksasi dan dekomposisi. **Gambar 2.6** mengilustrasikan kemungkinan mekanisme proses sintesis hijau. Senyawa aktif seperti senyawa polifenol dan flavonoid bertindak sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel ZnO dengan mendonorkan elektron dari gugus karbonil, lalu menghasilkan

pembentukan kompleks Zn dan reduksi ion  $Zn^{2+}$  menjadi Zn bervalensi nol. Kemudian diikuti oleh dekomposisi kompleks Zn menjadi nanopartikel ZnO (Morales *et al.*, 2018). Sedangkan sebagai penstabil yaitu ketika senyawa metabolit sekunder bekerja dengan membungkus (*capping*) nanopartikel ZnO yang terbentuk agar tidak terjadi agregasi atau penggumpalan, sehingga nanopartikel yang dihasilkan stabil (Rhamdiyah dan Maharani, 2022).



**Gambar 2.6.** Skema mekanisme proses sintesis hijau nanopartikel ZnO.

#### 2.4 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR adalah teknik yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam bahan (gas, cair, dan padat) menggunakan berkas radiasi inframerah. Spektroskopi inframerah mengukur penyerapan radiasi inframerah yang dibuat oleh setiap ikatan dalam molekul dan sebagai hasilnya memberikan spektrum



yang biasanya ditetapkan sebagai % transmitansi terhadap bilangan gelombang. Wilayah inframerah terletak di antara ujung gelombang tampak dan gelombang mikro dari spektrum radiasi elektromagnetik (Sharma, 2018).

Spektroskopi inframerah didasarkan pada fenomena terabsorpsinya radiasi elektromagnetik inframerah oleh vibrasi molekul. Spektrum serapan inframerah suatu material mempunyai pola yang khas, dan berguna untuk identifikasi material dan identifikasi keberadaan gugus-gugus fungsi yang ada. Jika suatu molekul diradiasi oleh gelombang elektromagnetik pada daerah frekuensi inframerah, maka satu frekuensi tertentu akan cocok dengan frekuensi vibrasi molekul. Vibrasi molekul kemudian akan mengalami eksitasi ke tingkat energi vibrasi yang lebih tinggi.

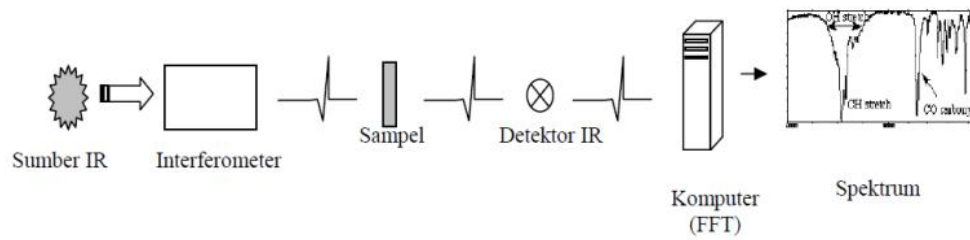
Terdapat dua jenis vibrasi molekul yaitu *stretching* (ulur) dan *bending* (tekuk). Vibrasi *stretching* adalah pergerakan atom yang teratur sepanjang sumbu ikatan antara dua atom sehingga jarak antara atom dapat bertambah atau berkurang. Vibrasi *stretching* meliputi *stretching* simetris dan *stretching* asimetris. Vibrasi *bending* adalah pergerakan atom yang menyebabkan perubahan sudut ikatan antara dua ikatan atau pergerakan dari sekelompok atom terhadap atom lainnya. Vibrasi *bending* meliputi menggunting (*scissoring*), mengibas (*wagging*), melintir (*twisting*), dan menggoyang (*rocking*) (Griffiths dan Holmes, 2002).

Spektrometri FTIR dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan yang dihadapi dengan instrumen dispersif yang memiliki proses memindai yang lama. Sebuah solusi dikembangkan yang menggunakan perangkat optik yang sangat sederhana yang disebut interferometer. Kebanyakan interferometer menggunakan *beamsplitter* yang mengambil sinar inframerah yang masuk dan membaginya

menjadi dua sinar optik. Kedua sinar memantul dari cerminnya masing-masing dan digabungkan kembali ketika mereka bertemu kembali di pemecah sinar. Karena jalur yang dilalui oleh satu sinar adalah panjang tetap dan yang lainnya terus berubah saat cerminnya bergerak, sinyal yang keluar dari interferometer adalah hasil dari kedua sinar ini yang berinterferensi satu sama lain. Sinyal yang dihasilkan disebut interferogram. Tahapan prinsip kerja FTIR ditunjukkan pada

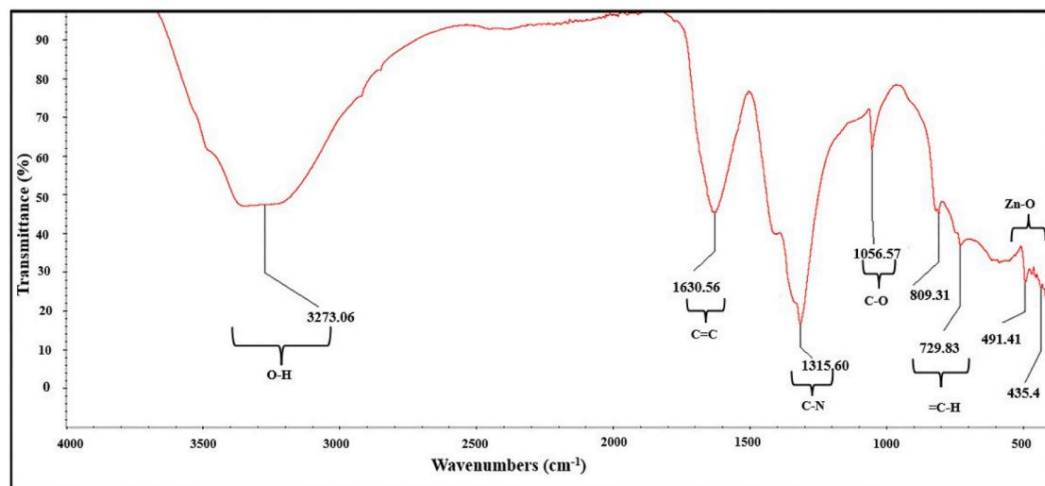
**Gambar 2.7.**

1. Sumber: Energi inframerah dipancarkan dari sumber benda hitam yang berpendar. Sinar ini melewati celah yang mengontrol jumlah energi yang ditembakkan ke sampel.
2. Interferometer: Sinar memasuki interferometer tempat "pengkodean spektral" berlangsung. Sinyal interferogram yang dihasilkan kemudian keluar dari interferometer.
3. Sampel: Sinar memasuki sampel di mana sinar ditransmisikan melalui atau dipantulkan dari permukaan sampel.
4. Detektor: Sinar akhirnya lolos ke detektor untuk pengukuran akhir. Detektor yang digunakan dirancang khusus untuk mengukur sinyal interferogram khusus.
5. Komputer: Sinyal terukur didigitalkan dan dikirim ke komputer tempat transformasi Fourier berlangsung.
6. Spektrum inframerah akhir kemudian disajikan kepada pengguna untuk interpretasi dan manipulasi lebih lanjut (Griffiths dan Holmes, 2002).



**Gambar 2.7.** Prinsip kerja FTIR

Spektra FTIR dari bubuk ZnO yang tidak dikalsinasi dan dikalsinasi ditunjukkan pada **Gambar 2.8**. Berdasarkan **Gambar 2.8**, spektrum FTIR memberikan komposisi dan pembentukan gugus fungsi dari nanopartikel ZnO yang disintesis. Hal ini juga menunjukkan bahwa pembentukan nanopartikel ZnO disebabkan oleh interaksi senyawa fenolik, alkuna, terpenoid, dan flavonoid. Spektrum FTIR dari nanopartikel ZnO yang disintesis dalam kisaran  $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi berperan sebagai pereduksi ion seng menjadi ZnO, yang diamati sebagai pita. Setiap pita sesuai dengan berbagai mode peregangan.

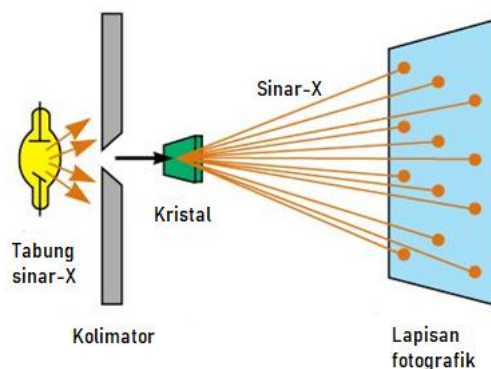


**Gambar 2.8.** Spektrum FTIR nanopartikel ZnO (Jayachandran *et al.*, 2021)

Pita lebar yang diamati pada  $3275\text{ cm}^{-1}$  sesuai dengan O–H peregangan senyawa fenolik. Kehadiran gugus alkena sesuai dengan  $1624\text{ cm}^{-1}$ , dan pita pada  $1313\text{ cm}^{-1}$  sesuai dengan ikatan ulur C–N dari amina. Peregangan C–O ester dan gugus fungsi karboksilat dan pita antara 1000 dan 1300 sesuai, dan beberapa pita tajam pada  $491\text{ cm}^{-1}$  dan  $435\text{ cm}^{-1}$  dikaitkan dengan adanya pita peregangan Zn–O (Jayachandran *et al.*, 2021).

## 2.5 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD atau Difraksi Sinar-X adalah salah satu teknik yang banyak digunakan untuk karakterisasi nanopartikel. Biasanya, XRD memberikan informasi mengenai fase kristal, parameter kisi dan ukuran butir kristal. Parameter terakhir diperkirakan dengan menggunakan persamaan Scherrer menggunakan perluasan puncak paling intens dari pengukuran XRD untuk sampel tertentu (Bunaciu *et al.*, 2015).



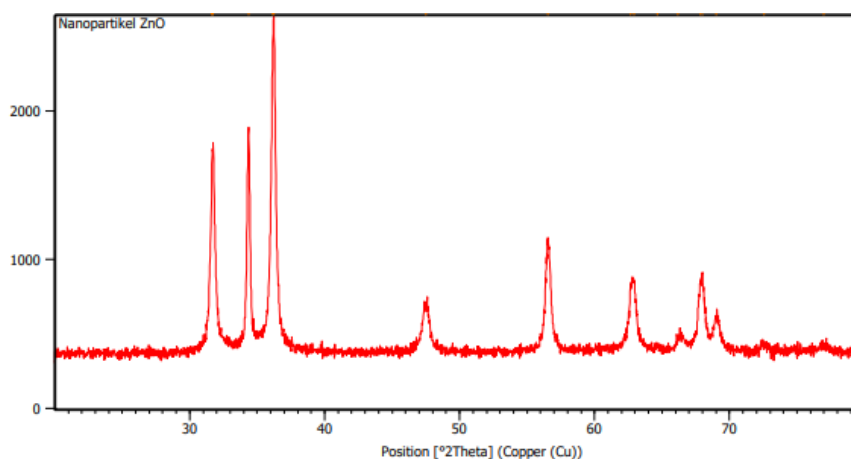
**Gambar 2.9.** Skema diagram sistem difraktometer

Difraksi sinar-X didasarkan pada interferensi konstruktif sinar-X monokromatik dan sampel kristal. Sinar-X ini dihasilkan oleh tabung sinar katoda, disaring untuk menghasilkan radiasi monokromatik, dikolimasikan untuk berkonsentrasi, dan diarahkan ke sampel (**Gambar 2.9**). Interaksi sinar datang dengan sampel

menghasilkan interferensi konstruktif (dan sinar difraksi) ketika kondisi ini memenuhi hukum Bragg, seperti pada Persamaan (1):

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (1)$$

dengan  $n$  adalah bilangan bulat,  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X,  $d$  adalah jarak antar bidang yang menghasilkan difraksi, dan  $\theta$  adalah sudut difraksi (Cullity, 1998).



**Gambar 2.10.** Pola difraksi XRD nanopartikel ZnO (Rhamdiyah dan Maharani, 2022).

Contoh hasil XRD bahan ZnO disiapkan dengan metode sintesis hijau dengan prekursor  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dapat dilihat pada **Gambar 2.10** menunjukkan perolehan puncak difraksi yang tajam dan sempit pada sudut hamburan ( $2\theta$ ) adalah  $31,75^\circ$ ;  $34,37^\circ$ ;  $36,24^\circ$ ;  $47,48^\circ$ ;  $56,56^\circ$ ;  $62,95^\circ$ ;  $66,19^\circ$ ;  $67,83^\circ$ ;  $68,99^\circ$  yang mewakili fase heksagonal wurtzite dari ZnO dan mengonfirmasi terbentuknya nanopartikel ZnO dengan kristalinitas yang tinggi. Penentuan ukuran partikel

dapat dihitung menggunakan persamaan Debye Scherrer seperti pada Persamaan (2):

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

dengan  $D$  adalah ukuran partikel,  $k$  adalah sebagai konstanta,  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X,  $\beta$  adalah nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM), dan  $\theta$  adalah sudut Bragg (Cullity, 1998).

## 2.6 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran permukaan suatu sampel. Prinsip kerja alat SEM (**Gambar 2.11**) adalah dengan memanfaatkan hamburan balik elektron (*electron beam*) pada permukaan objek dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul pada permukaan objek. Kemajuan dalam penggunaan SEM memungkinkan pemindaian area yang luas dan mengumpulkan sejumlah besar data untuk mendapatkan karakteristik sampel, diantaranya adalah menghitung objek dan mengumpulkan statistik objek tersebut, salah satunya mendapatkan citra morfologi ukuran untuk menentukan distribusi ukuran (Griffin dan Nix, 2014).

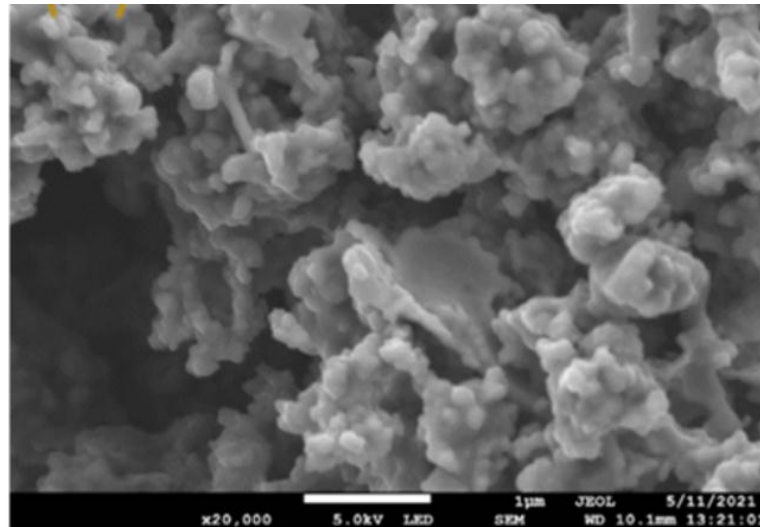


**Gambar 2.11.** Alat SEM

Pada sebuah alat SEM terdapat beberapa peralatan utama antara lain: pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten, lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat diblokkan oleh medan magnet dan sistem vakum untuk menghilangkan molekul udara. Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada pistol elektron karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron.

Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke satu titik. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan spesimen ditangkap oleh detektor *secondary electron* (SE) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh

amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (Goldstein *et al.*, 2003).



**Gambar 2.12.** Gambar SEM nanopartikel ZnO dengan konsentrasi prekursor 0,05 gr (Kaningini *et al.*, 2022)

Gambar SEM partikel dari konsentrasi prekursor rendah menunjukkan nanopartikel ZnO berbentuk bola teraglomerasi seperti pada **Gambar 2.12**. Aglomerasi tampaknya meningkat dengan peningkatan konsentrasi prekursor, sehingga menjaga bentuk partikel tetap bulat. Aglomerasi mungkin disebabkan oleh polaritas dan daya tarik elektrostatis nanopartikel ZnO yang disintesis secara biologis (Kaningini *et al.*, 2022).



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Maret 2023 di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Bahan-bahan penelitian

<b>Nama Bahan</b>	<b>Fungsi</b>
Daun kelor	Sumber ZnO
NaOH	Melarutkan prekursor
Akuades	Melarutkan prekursor
Etanol	Melarutkan prekursor
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Prekursor

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Alat-alat penelitian

<b>Nama Alat</b>	<b>Fungsi</b>
Gelas beker	Menampung larutan
Spatula	Mengaduk campuran prekursor
Gelas ukur	Mengukur volume larutan
<i>Magnetic stirrer</i>	Memanaskan NaOH dan daun kelor
Kertas pH	Mengukur pH larutan
Kertas saring Whatman	Menyaring larutan ekstrak daun kelor
<i>Oven</i>	Mengeringkan endapan
<i>Mortar dan pestle</i>	Menghaluskan ZnO
Timbangan digital	Menimbang bahan
<i>Vacuum rotary evaporator</i>	Mengekstraksi daun kelor

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah ekstraksi daun kelor, sintesis nanopartikel ZnO, dan karakterisasi nanopartikel ZnO.

#### 3.3.1 Ekstraksi Daun Kelor

Ekstraksi daun kelor dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Jenis sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu daun kelor yang diambil dari daerah Jl. Bumi Manti IV 80, Kp. Baru, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung, Lampung pada 5°21'55.0"LS, 105°14'56.1"BT.
2. Sampel daun kelor berwarna hijau muda dan tidak cacat sebanyak 500 gr dikeringkan dalam suhu kamar selama 10 hari untuk menghilangkan kandungan air.
3. Sampel yang telah kering dihaluskan dengan blender untuk memudahkan proses ekstraksi.

4. Proses ekstraksi menggunakan metode maserasi, yaitu daun kelor yang telah dihaluskan dimasukkan dalam gelas beker berisi etanol 96% selama 24 jam.
5. Hasil perendaman selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatman no.42 hingga diperoleh filtrat.
6. Filtrat yang diperoleh dari proses tersebut diuapkan menggunakan alat penguap putar vakum (*vacuum rotary evaporator*) dengan kecepatan 120 rpm dan suhu 70°C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

### 3.3.2 Sintesis Nanopartikel ZnO

Sintesis nanopartikel ZnO dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

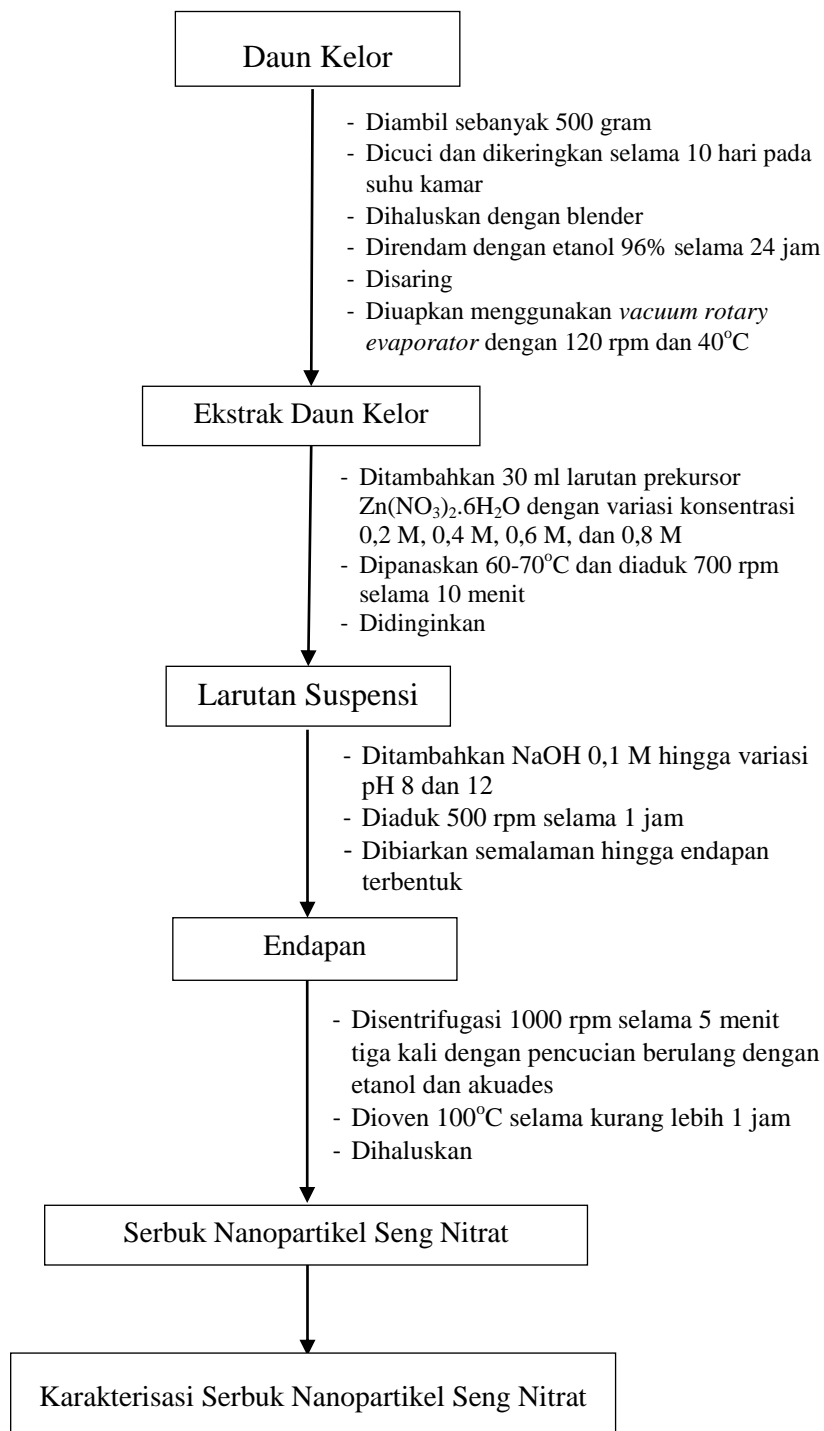
1. Ekstrak daun kelor 10 ml direaksikan dengan 30 ml larutan prekursor  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan variasi konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 M pada gelas ukur 500 ml.
2. Campuran diaduk dan dipanaskan menggunakan penangas air pada suhu 60-70 °C dan *magnetic stirrer* dengan 700 rpm selama 10 menit.
3. Campuran didinginkan pada suhu ruangan.
4. Larutan NaOH 0,1 M ditambahkan dengan variasi pH campuran 10 disertai pengadukan kontinyu tanpa panas selama 1 jam.
5. Larutan dibiarkan semalam supaya endapan dapat terbentuk.
6. Larutan disintrefugasi pada 1000 rpm selama 5 menit sebanyak tiga kali dengan etanol dan akuades untuk menghilangkan pengotor.
7. Endapan yang diperoleh dikumpulkan menggunakan cawan keramik dan dibiarkan kering dalam oven pada suhu 100°C selama kurang lebih satu jam.
8. Endapan kering digiling menjadi bubuk halus.

### **3.3.3 Karakterisasi Nanopartikel ZnO**

Sampel dikarakterisasi menggunakan FTIR menggunakan mesin merk Shimadzu type Irprestige 21, XRD menggunakan mesin PanAnalytical type expertpro, dan SEM menggunakan mesin SEM-EDS Quattro S.

### 3.4 Diagram Alir

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir sintesis nanopartikel ZnO

## V. KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penambahan konsentrasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  tidak mempengaruhi gugus fungsi sampel nanopartikel ZnO, gugus fungsi yang terdapat pada sampel yaitu O-H, C=C, N-O, C=O, C-N, Zn-OH, dan ZnO. Penambahan konsentrasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  mengakibatkan berkurangnya intensitas puncak pada gugus hidroksil (O-H).
2. Penambahan konsentrasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  menyebabkan peningkatan ukuran partikel sampel nanopartikel ZnO. Terlihat pada konsentrasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,2 M dengan ukuran partikel 14 nm dan konsentrasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,8 M dengan ukuran partikel 35 nm.
3. Pada SEM dengan variasi  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,4 M metode sintesis hijau menunjukkan morfologi yang tidak dapat diidentifikasi.

### B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu perlunya penelitian lebih lanjut mengenai sintesis nanopartikel ZnO dengan penambahan variasi prekursor menggunakan interval yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, B., Tavandashti, M. P., dan Zandrahimi, M. 2011. Particle Size Characterization of Nanoparticles - A Practical Approach. *Iranian Journal of Materials Science & Engineering*. Vol. 8. No. 2. Hal: 48-56.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., dan Gilani, A. H. 2007. Moringa oleifera: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytotherapy Research*. Vol. 21. No. 11. Hal: 17-25.
- Barzinjy, A. A., dan Azeez, H. H. 2020. Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using Eucalyptus globulus Labill. Leaf Extract and Zinc Nitrate Hexahydrate Salt. *SN Applied Sciences*. Vol. 2. No. 4. Hal: 1-14.
- Bunaciu, A. A., Udristioiu, E. G., dan Enein, H. Y. A. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. Vol. 45. No. 5. Hal: 289-299.
- Bulcha, B., Tesfaye, J. L., Anatol, D., Shanmugam, R., Dwarampudi, L. P., Nagaprasad, N., Bhargavi, V. L. N., dan Krishnaraj, R. 2021. Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles by Hydrothermal Methods and Spectroscopic Investigation of Ultraviolet Radiation Protective Properties. *Journal of Nanomaterials*. Vol. 8. Hal: 1-10.
- Chemingui, H., Missaoui, T., Mzali, J. C., Yildiz, T., Konyar, M., Smiri, M., Saidi, N., Hafiane, A., dan Yatmaz, H. C. 2019. Facile Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles (ZnO NPs): Antibacterial and Photocatalytic Activities. *Material Research Express*. Vol 3. No. 1. Hal: 1–33.
- Cullity, B. D. 1978. *Element of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company. USA.
- Dejen, K. D., Zereffa, E. A., Murthy, H. C. A., dan Merga, A. 2020. Synthesis of ZnO and ZnO/PVA Nanocomposite Using Aqueous Moringa oleifera Leaf Extract Template: Antibacterial and Electrochemical Activities. *Advanced Matter Science*. Vol. 59. No. 10. Hal: 464-476.

- Faisal, S., Jan, H., Shah, S. A., Shah, S., Khan, A., Akbar, M. T., Rizwan, M., Jan, F., Wajidullah, Akhtar, N., Khattak, A., dan Syed, S. 2021. Green Synthesis of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles using Aqueous Fruit Extracts of *Myristica* fragrans: Their Characterizations and Biological and Environmental Applications. *ACS Omega Journal*. Vol. 6. No. 14. Hal: 9705-9722.
- Fatiqin, A., Amrulloh, H., Simanjuntak, W., Apriani, I., Amelia, R. A. H. T., Syarifah, Sunarti, R. N., dan Raharjeng, A. R. P. 2021. Characteristics of Nano-size MgO Prepared using Aqueous Extract of Different Parts of *Moringa oleifera* Plant as Green Synthesis Agents. *AIP Conference Proceedings*. New York.
- Fauza, R., Manurung, P., dan Yulianti, Y. 2021. Efek NaOH Pada Pembentukan Nano ZnO Metode Hidrotermal. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*. Vol. 2. No. 3. Hal: 98-103.
- Ganguly, S., Halder, K., Haque, N. A., Das, S., dan Dastidar, S. G. 2015. A Comparative Study Between Electrical Properties of Bulk and Synthesized Nanomaterial of Zinc Sulphide. *American Journal of Research Communication*. Vol. 3. No. 3. Hal: 3-6.
- Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., dan Michael, J. 2003. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. New York: Springer.
- Griffin, P., and Nix, P. 1991. *Educational Assesment and Reporting*. Harcourt Brace Javanovich. Sydney.
- Griffiths, P.R. dan Holmes, C. 2002. *Handbook of Vibrational Spectroscopy Volume 1*. John Wiley and Sons. Chichester.
- Hassan, H. S., Elkady, M. F., El-Sayed, E. M., Hussein, A. M., dan Mahmoud, I. M. 2018. Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles using Green and Chemical Synthesis Techniques for phenol decontamination. *International Journal of Nanoelectronics and Materials*. Vol. 11. No.2. Hal: 179-193.
- Hussain, I., Singh, N. B., Singh, A., Singh, H., dan Singh, S. C. 2016. Green synthesis of nanoparticles and its potential application. *Biotechnology Letters*. Vol. 38. No. 12. Hal: 545-560.
- Iravani, S. 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*. Vol. 13. No. 10. Hal: 2638-2650.
- Janotti, A., dan Walle, C. G. V. 2009. Fundamentals of Zinc Oxide as a Semiconductor. *Reports on Progress in Physics*. Vol. 72. No. 7. Hal: 1-29.



- Jayachandran, A., Aswathy, T. R., dan Nair, A. S. 2021. Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using Cayratia pedata Leaf Extract. *Biochemistry and Biophysics Reports*. Vol. 26. No. 4. Hal: 1-8.
- Kaningini, A. G., Aziz, S., Sintwa, N., Mokalane, K., Mohale, K. C., Mudau, F, N., dan Maaza, M. 2022. Effect of Optimized Precursor Concentration, Temperature, and Doping on Optical Properties of ZnO Nanoparticles Synthesized via a Green Route Using Bush Tea (*Athrixia phylicoides* DC.) Leaf Extracts. *American Chemical Society Omega Publications*. Vol. 7. No. 1. Hal: 1-9.
- Khan, M. Q. et al., Kharaghani, D., Nishat, N., Shahzad, A., Hussain, T., Khatri, Z., Zhu, C., dan Kim, I. S. 2019. Preparation and Characterizations of Multifunctional PVA/ZnO Nanofibers Composite Membranes for Surgical Gown Application. *Journal of Materials Research and Technology*. Vol. 8. No. 1. Hal: 2238-7854.
- Kisi, E. H. 1994. Rietveld Analysis of Powder Diffraction Patterns. *Materials Forum*. Vol. 18. Hal: 135-153.
- Kumar, E., Raj, D. M., Begam, A. J., dan Devi, S. K. 2016. Synthesis and Characterization of NiO Nanoparticles by Thermal Decomposition Method. *International Journal for Scientific Research and Development*. Vol. 3. No. 11. Hal: 99-101.
- Kumar, S. S., Venkateswarlu, P., Rao, V. R., dan Rao, G., N. 2013. Synthesis, Characterization and Optical Properties of Zinc Oxide Nanoparticles. *International Nano Letters*. Vol. 3. No. 5. Hal: 1-6.
- Marslin, G., Siram, K., Magbool, Q., Selkesavan, R. K., Kruszka, D., Kachlicki, P., dan Franklin, G. 2018. *Secondary Metabolites in the Green Synthesis of Metallic Nanoparticles*. *Materials*. Vol. 11. No. 6. Hal: 1-25.
- Matinise, N., Fuku, X. G., Kaviyarasu, K., Mayedwa, N., dan Maaza., M. 2017. ZnO Nanoparticles via *Moringa oleifera* Green Synthesis: Physical Properties & Mechanism of Formation. *Applied Surface Science*. Vol. 32. No. 6. Hal: 339-347.
- Mohammed, G. M., dan Hawar, S. N. 2022. Green Biosynthesis of Silver Nanoparticles from *Moringa oleifera* Leaves and Its Antimicrobial and Cytotoxicity Activities. *International Journal of Biomaterials*. Vol 1. No. 8. Hal: 1-10.
- Morales, P. A. L., Peraza, A. L., Olivas, O. J. N., Parra, G. A., Lopez, A. B., Carmona, V. M. O., Galvez, H. E. G., dan Chincillas, M. J. C. 2018. ZnO Semiconductor Nanoparticles and Their Application in Photocatalytic Degradation of Various Organic Dyes. *Materials*. Vol. 14. No. 24. Hal: 1-18.

- Mydeen, S. S., Kumar, R. R., Kottaisamy, M., dan Vasantha, V. S. 2020. Biosynthesis of ZnO Nanoparticles Through Extract from *Prosopis juliflora* Plant Leaf: Antibacterial Activities and A New Approach by Rust-Induced Photocatalysis. *Journal of Saudi Chemical Society*. Vol. 24. No. 5. Hal: 393–406.
- Nethavhanani, T. 2017. Synthesis of zinc oxide nanoparticles by a green process and the investigation of their physical properties. *Tugas Akhir*. Belville: Jurusan Fisika University of the Western Cape.
- Nurbayasari, R., Saridewi, N., dan Shofwatunnisa. 2017. Biosynthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles with Extract of Green Seaweed *Caulerpa* sp. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. Vol. 19. No. 1. Hal: 17–28.
- Peletiri, C., Matur, B. M., Ihongbe, J. C., dan Okoye, M. 2012. The effect of *Azadirachta indica* (Neem Tree) on human plasmodiasis: the laboratory perspective. *Global Research Journal of Medical Sciences*. Vol. 2. No. 1. Hal: 13-17.
- Pholnak, C., Sirisathitkul, C., Suwanboon, S., Harding, D. J. 2014. Effects of Precursor Concentration and Reaction Time on Sonochemically Synthesized ZnO Nanoparticles. *Mater. Res*. Vol. 14. No. 1. 405-411.
- Purnawira, B., Purwaningsih, H., Ervianto, Y., Pratiwi, V. M., Susanti, D., Rochiem, R., dan Purniawan, A. 2019. Synthesis and characterization of mesoporous silicananoparticles (MSNp) MCM 41 from natural waste rice husk. *Materials Science and Engineering AIP Conference Proceedings*. New York.
- Puspitasari, C. 2018. Sintesis Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NP) menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus pholyrizus*). *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Rachmawati, S. R., dan Suriawati, J. 2019. Characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Leaf Water Extracts by Chemical and Microbiology. *Jurnal Teknologi dan Seni Kesehatan*. Vol. 10. No.2 Hal: 102-116. ISSN: 2615-8647.
- Rhamdiyah, F. K., dan Maharani, D. K. 2022. Biosynthesis of ZnO Nanoparticles from Aqueous Extract of *Moringa Oleifera* L.: Its Application as Antibacterial and Photocatalyst. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Vol. 11. No. 2. Hal: 91-102.
- Salah, N., Habib, S. S., Khan, Z. H., Memic, A., Azam, A., Alarfaj, E., Zahed, N., dan H, S. 2011. High Energy Ball Milling Technique for ZnO Nanoparticles as Antibacterial Material. *International Journal of Nanomedicine*. Vol. 6. No. 4. Hal. 863-869.

- Samat, N. A., dan Nor, R. M. 2013. Sol-gel Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Citrus aurantifolia Extracts. *Ceramic Internationals*. Vol. 39. No. 1. Hal: 545-548.
- Sawada, H., Wang, R., dan Sleight, A. W. 1996. An Electron Density Residual Study of Zinc Oxide. *Journal Solid State Chemistry*. Vol. 122. No. 1. Hal: 148-150.
- Sharma, A., Sharma, S., dan Sharma K. 2015. Algae as Crucial Organisms in Advancing Nanotechnology: A Systematic Review. *Journal Applied Phycology*. Vol. 1. No. 1. Hal: 1-16.
- Sharma, S. K. 2018. *Handbook of Materials Characterization*. Switzerland: Springer.
- Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., & Yang, D. C. 2016. Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms. *Trends in Biotechnology*. Vol. 34. No. 7. Hal: 588–599.
- Sze, S. M, dan Lee, M. K. 2012. *Semiconductor Devices*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ukidave, V. V., dan Ingale, L. T. 2021. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles from Coriandrum sativum and Their Use as Fertilizer on Bengal Gram, Turkish Gram, and Green Gram Plant Growth. *International Journal of Agronomy*. Vol. 19. No. 4. Hal: 1-14.
- Vaseem, M., Umar, A., dan Hahn, Y. B. 2010. ZnO Nanoparticles: Growth, Properties, and Applications. *Metal Oxide Nanostructures and Their Applications*. Vol. 5. No. 4. Hal: 1-36.
- Verma, R., Pathak, S., Srivasta, A. K., Praver, S., Hanic, S. T. 2021. ZnO Nanomaterials: Green Synthesis, Toxicity Evaluation and New Insights in Biomedical Applications. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 876. No. 5. Hal: 1-24.
- Vishwakarma, A., dan Singh, S. P. 2020. Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticle by Sol-Gel Method and Study Its Characterization. *International Journal of Research in Applied Science and Engineering Technology*. Vol. 8. No. 4. Hal: 1625-1627. ISSN: 2321-9653.
- Xu Y. N. dan Ching W. Y. 1993. Electronic, optical, and structural properties of some wurtzite crystals. *Physical Review B Condensed Matter*. Vol. 48. No. 7. Hal: 1-16.
- Xu, J., Huang, Y., Zhu, S., Abbas, N., Jing, X., dan Zhang, L. 2021. A Review of The Green Synthesis of ZnO Nanoparticles using Plant Extracts and Their Prospects for Application in Antibacterial Textiles. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. Vol. 16. No. 9. Hal: 1-14.

- Yadav, R.S., M. Priya & C.P. Avinash. 2008. Growth mechanism and optical property of ZnO nanoparticles synthesized by sonochemical method. *Ultrasonics Sonochemistry*. Vol. 15. No. 1. Hal: 863-868.
- Yaqin, M. A. 2017. Fitosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak *Sargassum* sp. *Skripsi*. Universitas UIN Syarif Hidayatulloh Jakarta.
- Yedurkar, S., Maurya, C., dan Mahanwar, P. 2016. Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Ixora Coccinea* Leaf Extract: A Green Approach. *Scientific Research Publishing*. Vol. 5. No. 1. Hal: 1–14.