

**PENGARUH VARIASI NaOH PADA SINTESIS NANOPARTIKEL SENG  
OKSIDA (ZnO) MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN SIRIH MERAH  
(*Piper crocatum*) DENGAN METODE *GREEN SYNTHESIS***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**HIKMAH NURCAHAYANIATI**



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

## ABSTRAK

### **PENGARUH VARIASI NaOH PADA SINTESIS NANOPARTIKEL SENG OKSIDA (ZnO) MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN SIRIH MERAH (*Piper crocatum*) DENGAN METODE *GREEN SYNTHESIS***

Oleh

**HIKMAH NURCAHAYANIATI**

Telah dilakukan pembuatan ZnO dengan metode *green synthesis*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi NaOH terhadap nanopartikel ZnO yang diperoleh menggunakan ekstrak daun sirih merah. Variasi NaOH yang digunakan adalah 0,2; 0,4; 0,6; dan 1 M. Karakterisasi yang dilakukan ialah *Fourier Transformation Infra Red* (FTIR), Difraksi Sinar-X (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), dan *Ultra Violet Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS). Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan gugus fungsi pada kandungan daun sirih merah berperan dalam pembentukan nanopartikel ZnO. Karakterisasi XRD menunjukkan puncak difraksi nanopartikel ZnO dan adanya fasa NaNO<sub>3</sub> pada variasi 0,2; 0,4; dan 0,6 M. kemudian hasil SEM menunjukkan morfologi berbentuk spherical pada variasi 1 M dan Hasil UV DRS didapatkan puncak serapan 331 nm dan energi celah pita sebesar 3,11 eV.

**Kata Kunci :** Daun Sirih Merah, NaOH, Nanopartikel ZnO, *Green Synthesis*

## ABSTRACT

### ***THE INFLUENCE OF NaOH VARIATION ON SYNTHESIS OF ZINC OXIDE (ZnO) NANOPARTICLES USING RED BETEL LEAF EXTRACT (Piper Crocatum) BY GREEN SYNTHESIS METHOD***

BY

**HIKMAH NURCAHAYANIATI**

*ZnO has been produced using green synthesis method. The aims of this research is to determine the effect of NaOH variations on ZnO nanoparticles obtained using Piper crocatum teaf extract. The variation of NaOH used is 0,2; 0,4; 0,6; and 1 M. The characterization carried out was Fourier Transformation Infra Red (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) , dan Ultra Violet Vissible Diffuse Reflectance Spectrocopy (UV-Vis DRS) the results of FTIR characterization show that the functional groups in Piper crocatum leaves play a role in the information of ZnO nanoparticles, XRD characrerization shows diffraction peaks of ZnO nanoparticles and the presence of NaNO<sub>3</sub> phase at 0,2; 0,4;and 0,6. Then 1 M variation there ZnO phase only., The SEM results showed a spherical morphology at 1 M variation and the UV DRS results showed an absorption peak of 331 nm and band gap energy of 3,11 eV.*

**Keywords :** *Piper crocatum leaves, NaOH, ZnO nanoparticles, and green synthesis.*

**PENGARUH VARIASI NaOH PADA SINTESIS NANOPARTIKEL SENG  
OKSIDA (ZnO) MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN SIRIH MERAH  
(*Piper Crocatum*) DENGAN METODE GREEN SYNTHESIS**

**Oleh**

**HIKMAH NURCAHAYANIATI**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

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



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

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI NaOH PADA SINTESIS NANOPARTIKEL SENG OKSIDA (ZnO) MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN SIRIH MERAH (*Piper crocatum*) DENGAN METODE GREEN SYNTHESIS**

Nama Mahasiswa : **Hikmah Nurcahayaniati**

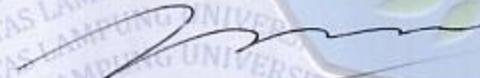
Nomor Pokok Mahasiswa : **1917041031**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

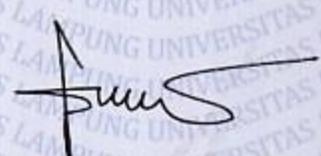


1. **Komisi Pembimbing**

  
**Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.**  
NIP 19590308 199103 1 001

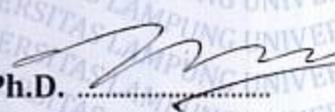
  
**Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si.**  
NIP 19710829 199703 2 001

2. **Ketua Jurusan Fisika FMIPA**

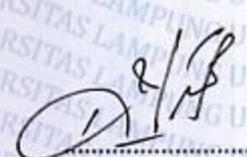
  
**Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.**  
NIP 19801010 200501 1 002

**MENGESAHKAN**

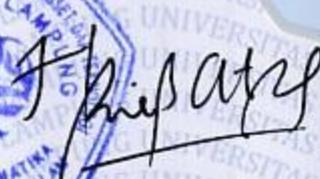
1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si.** 

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dra. Dwi Asmi, M.Si. Ph.D.** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

  
**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **31 Oktober 2023**

## PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 17 November 2023



Hikmah Nurcahayaniati  
NPM. 1917041031

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Hikmah Nurcahayaniati, dilahirkan di Gedong Tataan pada tanggal 28 Februari 2001. Penulis merupakan anak keempat dari pasangan Bapak Amirrudin dan Ibu Suryamah. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-kanak Diniyyah Putri Lampung pada tahun 2007, dilanjutkan sekolah dasar di MI Diniyyah Putri Lampung pada tahun 2013, sekolah menengah pertama di MTs Diniyya Putri Lampung pada tahun 2016, dan sekolah menengah atas di MA Diniyyah Putri Lampung pada tahun 2019. Kemudian penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi. Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Unila (staff ahli) tahun 2020, Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) Unila (Sekretaris Bidang Sosial Masyarakat) tahun 2021, dan Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FMIPA Unila (Sekretaris Komisi III Kelembagaan) tahun 2022. Penulis melakukan praktik kerja lapangan di Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung pada tahun 2022 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukarame Kec. Talang Padang Kab. Tanggamus pada Tahun 2022. Penulis pernah mendapatkan Gold medal pada acara Indonesia International Convention Expo yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Semarang dan International Young Scientist Association (IYSA) tahun 2022 dan pernah mendapat Juara 1 Musabaqoh Tilawatil Qur'an Putri pada acara Dies Natalis FMIPA 2020.

## **MOTTO**

**“Allah tidak membebani seseorang di luar batas kemampuannya”**

(Q.S. 2:286)

**“Sesungguhnya bersama kesulitan, ada kemudahan”**

(Q.S. 94:5)

**“Maka ingatlah kepada-Ku, akupun akan ingat kepadamu”**

(Q.S. 2:152)

**“Nothing too late, you are on your own path”**

(Anonim)

**“Selalu ada jalan bagi mereka yang berusaha dan selalu ada harapan bagi mereka yang berdoa”**

**“Try best, pray more”**

(Hikmah Nurcahayaniati)

## **PERSEMBAHAN**

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT. Atas rahmat karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, maka ku persembahkan skripsi ini kepada:

### **Kedua Orang Tuaku tercinta**

Teruntuk ayahku yang selalu hebat dan ibuku yang telah tenang di surga. Terimakasih telah menjadikan anakmu kuat, hingga bisa menyelesaikan pendidikan S1 ini.

### **Kakak-kakakku tercinta**

Terimakasih sudah selalu membantu, mendukung dan mendoakanku.

### **Universitas Lampung**

Almamater tempatku bertumbuh.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, yang selalu memberikan kemudahan, kelancaran, berkat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang bertempat di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, dengan judul “**Pengaruh Variasi NaOH pada Sintesis Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) Menggunakan Ekstrak Daun Sirih Merah (*Piper crocatum*) dengan Metode *Green Synthesis***”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan tugas akhir dan juga salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan dan penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun untuk penulisan berikutnya lebih baik lagi. Semoga proposal penelitian ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 17 November 2023

Hikmah Nurcahayaniati  
NPM. 1917041031

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dengan kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., sebagai pembimbing utama yang telah bersedia memeberikan bimbingan, saran dan masukan selama penulisan skripsi ini.
2. Ibu Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan banyak waktu untuk selama perkuliahan dan penyusunan skripsi ini
3. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D. sebagai dosen penguji yang telah berkenan meberikan masukan dan saran yang membangun kepada penulis.
4. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan.
5. Orang tua penulis Bapak Amirrudin dan Ibu Suryamah yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tiada henti.
6. Kakakku Maya Jama Puspasari, Tigoch Sanjaya, dan Juanda Telofan yang selalu memberikan saran, masukan, bantuan dan dukungan kepada penulis.
7. Teman seperjuangan “Bismillah Sukses” Andrean Johandra, Muhammad Rizki, Fegi Liani, Linda Herviana yang selalu menjadi pendengar yang baik dan memberikan semangat.
8. “Squad Graphene” Mahfud Sidik, M. Norick Ali, Tri Lestari, Jensa Yuswanto, Alinil Masruroh, Prihatini, Ahmad Isro, Cindi Pebrianti, dan

Syaima Camilla. Terimakasih untuk kebersamaan dan pengalaman selama berorganisasi.

9. Pimpinan Himafi 2020 terimakasih telah atas pengalaman selama berorganisasi.
10. Teman-teman yang membantu selama proses penyelesaian skripsi ini Daffa Abdul Malik, Sofiyana Rahayu, Chairunnisa Ananda, Imtiyas Az-zahra, Melinda Arum, dan Mela Retnosari.
11. Teman-teman seperjuangan angkatan 19 “Fisika Merdeka” terimakasih atas kebersamaannya selama ini.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi kepada penulis.

Semoga Allah, senantiasa memberikan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh semua pihak sehingga skripsi ini dapat selesai.

Bandar Lampung, 17 November 2023

Penulis,

Hikmah Nurcahayaniati

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>viii</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>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Tanaman Sirih Merah ( <i>Piper croatum</i> ).....	8

2.3. Nanopartikel ZnO.....	10
2.4. Sintesis Nanopartikel ZnO.....	11
2.5. Karakterisasi Nanopartikel ZnO .....	15
2.5.1. <i>Fourier Transformation Infra Red</i> (FTIR).....	15
2.5.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	17
2.5.3. <i>Ultra Violet Visible</i> (UV-VIS).....	20
2.5.4. <i>Scanning Elektron Microscopy</i> (SEM) .....	23

### **III. METODE PENELITIAN**

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	25
3.3. Prosedur Penelitian.....	30
3.4. Diagram Alir .....	31

### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Hasil ekstraksi daun sirih merah .....	32
4.2. Hasil karakterisasi FTIR nanopartikel ZnO.....	34
4.3. Hasil Analisis XRD Nanopartikel ZnO.....	36
4.4. Hasil Analisis SEM Nanopartikel ZnO .....	45
4.5. Hasil Analisis UV-Vis DRS Nanopartikel ZnO .....	47

### **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	50
5.2. Saran.....	50

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Daun Sirih Merah .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Kristal <i>Wurtzite</i> ZnO .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Dua Pendekatan Sintesis Nanopartikel.....	13
<b>Gambar 2.4.</b> Mekanisme Proses Reaksi Reduksi dan pembentukan Nanopartikel ZnO .....	15
<b>Gambar 2.5.</b> Skema Kerja FTIR .....	17
<b>Gambar 2.6.</b> Karakterisasi Menggunakan FTIR .....	18
<b>Gambar 2.7.</b> Skema Kerja XRD.....	19
<b>Gambar 2.8.</b> Skema Hukum Bragg .....	19
<b>Gambar 2.9.</b> Karakterisasi nano ZnO dengan XRD .....	21
<b>Gambar 2.10</b> Skema Alat UV-Vis <i>Single beam</i> .....	22
<b>Gambar 2.11</b> Skema Alat UV-Vis <i>Double Beam</i> .....	22
<b>Gambar 2.12</b> Karakterisasi UV-Vis nano ZnO.....	23
<b>Gambar 2.13</b> Skema Kerja SEM.....	25
<b>Gambar 2.14</b> Karakteristik nano ZnO menggunakan SEM.....	26
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir ekstraksi Daun Sirih Merah.....	30
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Sintesis Nanopartikel ZnO .....	31
<b>Gambar 4.1</b> Hasil ekstraksi duan sirih merah. ....	32
<b>Gambar 4.2</b> Sampel hasil sintesis ZnO dengan daun sirih merah.....	33
<b>Gambar 4.3</b> Hasil karakterisasi FTIR sintesis ZnO.....	34
<b>Gambar 4.4</b> Difraktogram XRD nanopartikel ZnO .....	37
<b>Gambar 4.5</b> Hasil <i>refine</i> XRD.....	43

<b>Gambar 4.6</b> Hasil Analisis SEM sampel ZnO variasi NaOH 1 .....	46
<b>Gambar 4.7</b> Spektrum UV-Vis DRS nanopartikel ZnO variasi NaOH 1 M.....	47
<b>Gambar 4.8</b> Diagram energi celah pita nanopartikel ZnO variasi NaOH 1 M.....	48

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 3.1</b> Variasi NaOH dan komposisi bahan sintesis nanopartikel ZnO .....	29
<b>Tabel 4.1</b> Kelompok puncak serapan gugus fungsi nanopartikel .....	35
<b>Tabel 4.2</b> Puncak tertinggi sudut $2\theta$ dan ukuran partikel ZnO.....	39
<b>Tabel 4.3</b> Selisih nilai $\Delta d$ pada sampel a.....	40
<b>Tabel 4.4</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel b. ....	41
<b>Tabel 4.5</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel c .....	41
<b>Tabel 4.6</b> Selisih nilai $\Delta d$ (Å) pada sampel d .....	42
<b>Tabel 4.7</b> Hasil parameter refinement data XRD ZnO.....	44
<b>Tabel 4.8</b> Sel parameter nanopartikel ZnO variasi konsentrasi .....	45

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Nanoteknologi adalah manipulasi materi pada skala atomik dan skala molekular atau memiliki definisi sebagai teknologi yang ada pada benda yang memiliki skala nanometer (nm) yang dalam dimensi berukuran sekitar 1-100 nanometer. (Lauterwasser, 2006). Salah satu perkembangan dari nanoteknologi yang cukup dikenal luas dalam bidang sains adalah nanomaterial dikarenakan nanomaterial memiliki sifat yang unik seperti sifat permukaan partikel, atom-atom pada permukaan partikel dan bentuk partikel nanomaterial, sehingga nanomaterial banyak digunakan dalam aplikasi inovatif di berbagai bidang seperti energi, pengobatan dan obat, pertanian, teknologi informasi, industri, barang dan kebutuhan, pertahanan dan keamanan, serta ekologi dan lingkungan (Manurung, 2018). Terdapat beberapa jenis nanomaterial salah satunya adalah serbuk nano atau nanomaterial dalam bentuk serbuk (Council, 2007). Nanomaterial dalam bentuk serbuk diantaranya seperti nanosilika, nanotitania, nanoalumina, nano-ZnO dan nano-Pb (Zhai *et al.*, 2017).

Berbagai penelitian mengenai nanomaterial menggunakan bahan semikonduktor telah banyak dilakukan, salah satunya bahan nanopartikel ZnO (Rahmadita, 2011). Banyaknya penelitian dan pengembangan yang dilakukan untuk nanopartikel ZnO karena memiliki sifat fotokatalitik, elektrik, dan optik yang baik (Hong *et al.*, 2008). Nano-ZnO banyak diaplikasikan dalam penggunaan sel surya, sensor gas, kosmetik, antibakteri dan antijamur (Lee *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2014). Selain itu nano-ZnO juga memiliki keistimewaan lain, yang merupakan material

semikonduktor yang memiliki celah pita dengan besar 3,37 eV dan memiliki energi eksitasi dengan besar 60 meV (Zhang *et al.*, 2008).

Banyak cara yang dapat digunakan untuk menghasilkan material nano-ZnO baik secara kimia ataupun secara fisika. Metode tersebut diantaranya sintesis metode kimiawi basah, *solid state*, pengendapan, hidrotermal, dan solvotermal (Lee *et al.*, 2008). Akan tetapi metode sintesis secara fisika membutuhkan banyak waktu untuk mencapai stabilitas termal yang baik, menggunakan banyak energi dan meningkatkan suhu di sekitar bahan sumber saat pemanasan menggunakan *furnace* (Kawasaki *et al.*, 2006). Selain itu sintesis nanopartikel dengan metode sintesis kimia menggunakan agen pereduksi yang keras sehingga reagen pada sintesis dengan metode kimia menimbulkan masalah beracun bersamaan dengan masalah lingkungan (Pal *et al.*, 2007). Oleh karena itu diperlukan metode sintesis yang ramah lingkungan dan tidak beracun. *Green Synthesis* merupakan metode sintesis nanopartikel yang banyak diminati karena prosesnya sederhana, biaya yang cukup rendah, ramah lingkungan dan mudah ditingkatkan untuk skala yang besar (Vinet and Kumar., 2009; Marslin *et al.*, 2015).

Metode *Green Synthesis* didefinisikan sebagai jalur sintesis secara biologi dengan memanfaatkan bakteri, jamur, atau tumbuhan untuk sintesis nanopartikel (Pal *et al.*, 2019). Dilaporkan pada penelitian sintesis nanopartikel perak oleh Roy dan Das (2015) dengan metode *Green Synthesis* penggunaan ekstrak tumbuhan untuk sintesis nanopartikel perak lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan mikroba karena unsur fitokimia yang ada pada ekstrak daun membantu mereduksi saat proses sintesis. Unsur fitokimia yang bertindak sebagai agen pereduksi dan *capping agent* yang memberikan stabilitas pada nanopartikel perak diantaranya steroid, saponin, karbohidrat, flavonoid, dan protein (Sondi and Salopek., 2004). Pada penelitian yang dilakukan oleh Suresh *et al.* (2015) dilaporkan bahwa kandungan fitokimia signifikan yang terdapat pada ekstrak *Cassia fistula* terdiri dari sejumlah besar polifenol dan flavonoid. Kedua komponen tersebut bertindak sebagai agen pereduksi dan memimpin proses sintesis nanopartikel ZnO dan berhasil melakukan sintesis nanopartikel ZnO dengan ukuran 5-15 nm. Demikian juga pada penelitian

yang dilakukan oleh Geetha *et al.* (2016) menggunakan tanaman *Euphorbia jatropha* terdapat sejumlah kandungan fitokimia didalamnya yang berperan sebagai agen pereduksi dalam pembentukan nanopartikel ZnO yang selanjutnya menghasilkan nanopartikel ZnO dengan ukuran rata-rata 15 nm. Besar ukuran dan bentuk nanopartikel bergantung pada parameter sintesis nenopartikel seperti pH, suhu, konsentrasi prekursor dan waktu sintesis. Semakin besar konsentrasi bahan baku yang digunakan dalam hal ini seng nitrat dan NaOH maka akan semakin baik kristal yang didapat (Singh, 2015).

Sirih Merah (*Piper crocatum*) merupakan jenis tanaman sirih yang telah tersebar ke beberapa bagian wilayah dunia, termasuk Indonesia. Tanam sirih merah (*Piper crocatum*) telah banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk berbagai macam pengobatan alternatif (Suri *et al.*, 2021). Sirih merah juga digunakan sebagai antibakteri karena kandungan kimia yang ada pada daun tersebut (Puspita *et al.*, 2018). Kandungan fitokimia yang terdapat pada ekstrak Sirih Merah (*Piper crocatum*) diantaranya glikosida, saponin, flavonoid, alkaloid, *essential oil*, dan tannin (Anggreni *et al.*, 2019). Sirih merah dapat dijadikan sebagai agen pereduksi pada sintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode *green synthesis* karena memiliki kandungan fitokimia yang dapat berperan sebagai agen pereduksi dan *capping agent* pada metode *green synthesis*.

Berdasarkan pernyataan yang telah disebutkan, pada penelitian ini dilakukan pembuatan nanopartikel ZnO menggunakan daun sirih merah (*Piper crocatum*) sebagai agen pereduksi dan *capping agent*. Penelitian ini melakukan variasi NaOH pada proses sintesis. Tujuannya adalah untuk melihat pembentukan nanopartikel akibat perubahan konsentrasi NaOH. Pada hasil nanopartikel ZnO yang didapat setelah proses sintesis, karakterisasi yang dilakukan yaitu analisis gugus fungsi menggunakan *Fourier Transformation Infra Red* (FTIR), struktur kristal menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), energi celah pita menggunakan *Ultra Violet Visible* (UV-Vis) dan morfologi struktur kristal menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi NaOH terhadap pembentukan nanopartikel ZnO dengan metode *green synthesis*?
2. Bagaimana karakteristik nanopartikel ZnO yang diperoleh setelah dikarakterisasi?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh pemberian variasi NaOH terhadap pembentukan nanopartikel ZnO?
2. Mengetahui hasil nanopartikel ZnO yang diperoleh setelah karakterisasi?

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah.

1. Metode yang digunakan adalah *green synthesis*.
2. Perbandingan volume antara ekstrak daun sirih merah dan Seng Nitrat Heksahidrat adalah sebesar 1: 2.
3. Pemberian variasi NaOH sebesar 0,2; 0,4; 0,6 dan 1 M.
4. Campuran larutan ekstrak daun sirih merah dan seng nitrat heksahidrat dipanaskan dalam suhu 80°C.
5. Analisis gugus fungsi, sifat kristal, sifat optik dan morfologi struktur kristal menggunakan karakterisasi XRD, FTIR, UV-Vis dan SEM.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang ekstrak daun sirih merah sebagai *capping agent* dalam proses sintesis, pengaruh pemberian variasi NaOH terhadap pembentukan nanopartikel hasil sintesis, dan karakterisasi gugus fungsi, sifat kristal, nilai absorbansi, dan morfologi struktur kristal.
2. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Geetha *et al.* (2016) telah melakukan penelitian mengenai sintesis nanopartikel ZnO dengan metode *green synthesis* menggunakan getah dari tanaman *Euphorbia jatropha* sebagai agen pereduksi. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh dari konsentrasi getah tumbuhan, ukuran partikel, morfologi struktur, dan nilai celah pita dari nano ZnO yang didapat. Hasil dari sintesis yang didapatkan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), *Transmission Electron Microscopy* (TEM), *X-Ray Photo Electron Spectroscopy* (XPS), UV-Vis dan *photoluminescence* (PL). Pada penelitian ini konsentrasi dari getah dari tumbuhan berperan penting dalam mengendalikan ukuran dan morfologi partikel pada nanopartikel ZnO yang terbentuk.

Ukuran rata-rata partikel yang didapat dihitung menggunakan persamaan Scherrer dilanjutkan dengan plot William Hall. Rata-rata ukuran partikel yang didapat sebesar 15 nm diperoleh dari kisaran ukuran partikel 6-21 nm, hasil ini berdasarkan karakterisasi dengan XRD dan diperkuat dari hasil analisis menggunakan SEM dan TEM. Karakteristik menggunakan FTIR menunjukkan puncak ZnO berada pada panjang gelombang  $435\text{ cm}^{-1}$ . Hasil mikrograf TEM menunjukkan bahwa partikel-partikel nano ZnO hampir berbentuk heksagonal. SEM dengan EDS menunjukkan elemen yang ada pada nano ZnO hanya Zn dan O, ini menandakan kemurnian dari hasil sintesis cukup baik. Kemudian karakteristik yang dilakukan menggunakan spectrum UV-Vis menunjukkan hasil rata-rata energi gap terhitung sebesar 3,63 eV, analisis dengan *photoluminescence* puncak yang menonjol terdapat pada panjang

gelombang 392 nm, 520 nm, dan 651 nm. Dengan demikian nano ZnO yang didapat pada penelitian ini dapat digunakan sebagai material semikonduktor celah pita lebar yang dapat membuat suatu perangkat beroperasi pada frekuensi dan temperatur yang lebih tinggi dibanding dengan semikonduktor konvensional. Pada penelitian ini sintesis nanopartikel ZnO dengan metode *green synthesis* berhasil mengungkap bahwa metode *green synthesis* sederhana, cepat, ramah lingkungan, dan dapat menghasilkan nano ZnO yang multifungsi.

Telah dilakukan penelitian sintesis nanopartikel ZnO oleh Suresh *et al.* (2015) dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak tanaman *Cassia fistula* kemudian hasil nanopartikel ZnO tersebut dilakukan uji fotodegradatif, antioksidan, dan aktivitas antibakteri. Ekstrak dari tanaman *Cassia fistula* ditemukan mengandung polifenol sebanyak 11% dan flavonoid 12,5% yang berperan sebagai agen pereduksi dan membantu dalam proses sintesis. Nanopartikel ZnO yang diperoleh dari penelitian ini selanjutnya dikarakterisasi dengan XRD, UV-Vis dan TEM lalu dilakukan uji fotodegradatif, antimikroba dan aktivitas antibakteri. Nanopartikel ZnO yang didapat memiliki struktur *hexagonal wurtzite* yang didasarkan pada karakterisasi menggunakan TEM. Karakterisasi dengan spektrum UV-Vis menunjukkan panjang pita serapan pada 370 nm. Hasil Karakterisasi menggunakan XRD dan didukung TEM memberikan informasi ukuran kristalit nanopartikel ZnO berkisar 5-15 nm. Uji fotodegradasi yang dilakukan menggunakan *metilen blue* dapat terdegradasi secara efektif di bawah sinar UV dan sinar matahari yang dilakukan secara langsung. Nanopartikel ZnO yang diperoleh juga memiliki potensi antioksidan yang dapat mencegah radikal bebas, dan menunjukkan sifat antibakteri yang signifikan ditunjukkan dengan cukup besarnya *inhibition zone* pada pengujian beberapa bakteri diantaranya *Klebsiella aerogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas desmolyticum*. Penelitian *green synthesis* menggunakan tanaman *Cassia fistula* ini dapat menunjukkan bahwa metode ini mudah untuk dilakukan, dan dapat menghasilkan nanopartikel ZnO multifungsi yang diperoleh menggunakan bagian tumbuhan alami yang kurang dimanfaatkan.

## 2.2. Tanaman Sirih Merah (*Piper crocatum*)

Sirih merah merupakan tanaman asli Peru, kemudian menyebar ke beberapa wilayah di dunia, termasuk Indonesia. Sirih merah merupakan tanaman semak, batang bersulur dan beruas, dengan jarak buku antara 5-10 cm, dan pada setiap buku tumbuh bakal akar. Daun bertangkai, berbentuk *ellips, acuminatus, sub acut* pada basalnya dengan bagian atas meruncing, tepi rata, mengkilap atau tidak berbulu. Panjangnya 9-12 cm dan lebarnya 4-5 cm dan tebal 5 mm. Daun bagian atas berwarna hijau tua, bagian bawah berwarna ungu, daun berlendir dan berasa pahit (Dahlgreen dan Malcbride, 1936). **Gambar 2.1** menunjukkan daun sirih merah.



**Gambar 2.1** Daun sirih merah.

Tanaman sirih merah (*Piper crocatum*) merupakan jenis tanaman sirih yang telah tersebar ke beberapa bagian wilayah dunia, termasuk Indonesia. Tanam sirih merah (*Piper crocatum*) telah banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk berbagai macam pengobatan alternatif (Suri *et al.*, 2021). Tanaman obat merupakan sumber bahan obat tradisional yang banyak digunakan secara turun temurun. Beberapa tanaman obat yang biasa digunakan adalah jenis sirih yaitu sirih hijau, sirih merah, sirih hitam, sirih kuning, dan sirih perak (Departemen Kesehatan RI, 1980). Sirih banyak digunakan sebagai tanaman obat yang penting dalam sistem pengobatan tradisional di negara-negara yang berada di wilayah Asia Tenggara

untuk pengobatan berbagai macam penyakit seperti bau mulut, bisul, penyakit mata merah, sembelit, sakit kepala, gatal-gatal, keputihan, gusi bengkak dan rematik (Agarwal *et al.*, 2012).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anggreni *et al.* (2019) ekstrak daun sirih merah yang diperoleh menggunakan air memiliki kandungan fitokimia diantaranya glikosida, saponin, flavonoid, alkaloid, *essential oil*, dan tannin. Karena kandungan yang dimiliki oleh sirih merah, tanaman sirih merah memiliki potensi sebagai antioksidan. Ekstrak daun sirih merah (*Piper crocatum*) dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus substilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* yang menandakan sirih merah memiliki potensi sebagai antibakteri (Puspita *et al.*, 2018).

Senyawa aktif flavonoid pada daun sirih merah termasuk kedalam senyawa golongan fenolik. Senyawa fenolik merupakan senyawa metabolit sekunder yang ditemukan pada kebanyakan tanaman. Senyawa ini dapat berupa molekul tunggal atau campuran dan mengandung struktur molekul fenol, asam benzoat, asam sinamat, kumarin, tannin ataupun asam tanat, asam galat, lignin, dan flavonoid (Khoddami *et al.*, 2013). Unsur fitokimia yang bertindak sebagai agen pereduksi dan *capping agent* yang memberikan stabilitas pada nanopartikel diantaranya steroid, saponin, karbohidrat, dan flavonoid. Pada penelitian yang dilakukan oleh Suresh *et al.* (2015) dilaporkan bahwa kandungan fitokimia signifikan yang terdapat pada ekstrak *Cassia fistula* terdiri dari sejumlah besar polifenol dan flavonoid. Kedua komponen tersebut bertindak sebagai agen pereduksi dan memimpin proses sintesis nanopartikel ZnO. Demikian juga pada penelitian yang dilakukan oleh Geetha *et al.* (2016) menggunakan tanaman *Euphorbia jatropha* terdapat sejumlah kandungan fitokimia didalamnya yang berperan sebagai agen pereduksi dalam pembentukan nanopartikel ZnO.

Pada penelitian ini digunakan daun sirih merah (*Piper crocatum*) karena terdapat kandungan fitokimia flavonoid yang akan berperan sebagai agen pereduksi dan *capping agent* saat proses *green synthesis* menggunakan ekstrak daun sirih merah (*Piper crocatum*).

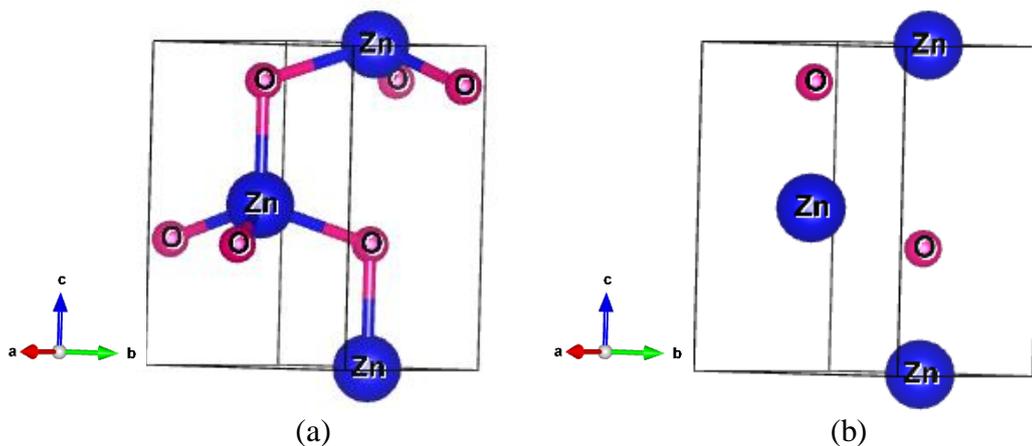
### 2.3. Nanopartikel ZnO

Nanoteknologi merupakan teknologi pada skala nano yang banyak dikembangkan oleh para ilmuwan dunia. Istilah teknologi diturunkan dari istilah nanometer dan pertama kali digunakan pada tahun 1974 oleh Nario Taniguchi. Istilah nano berasal dari Bahasa Yunani yaitu dari kata *dwarf* yang memiliki arti kurcaci atau kerdil (Schodek *et al.*, 2009). Kisaran ukuran untuk teknologi skala nano berada pada 10 sampai 100 nanometer (Lauterwasser, 2006). Salah satu perkembangan nanoteknologi yang cukup luas dikenal dalam dunia sains yaitu nanomaterial. Terdapat beberapa jenis nanomaterial salah satunya adalah serbuk nano atau nanomaterial dalam bentuk serbuk (Council, 2007). Nanomaterial dalam bentuk serbuk diantaranya seperti nanosilika, nanotitania, nanoalumina, nano-ZnO dan nano-Pb (Zhai *et al.*, 2017)

Seng oksida merupakan senyawa anorganik dengan formula ZnO. Biasanya senyawa ini berbentuk serbuk putih, hampir atau sukar larut dalam air. Menurut sifat kimianya ZnO dikenal sebagai seng putih atau *zincite mineral*, senyawa ZnO sukar larut dalam air dan alkohol tetapi larut dalam kebanyakan asam seperti asam klorida (Greenwood *et al.*, 1997). ZnO merupakan material semikonduktor tipe II dan VI yang memiliki celah pita (*band gap*) lebar yaitu 3,37 eV dan energi ikatan sebesar 60 meV (Zhang *et al.*, 2008). Banyaknya penelitian dan pengembangan yang dilakukan untuk nanopartikel ZnO karena memiliki sifat fotokatalitik, elektrik, dan optik yang baik (Hong *et al.*, 2008). Nano-ZnO banyak diaplikasikan dalam penggunaan sel surya, sensor gas, kosmetik, antibakteri dan antijamur (Lee *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2014).

Padatan ZnO memiliki tiga bentuk kristal yaitu *hexagonal wurtzite*, *cubic zincblende*, dan *cubic rocksalt* (jarang teramati). Bentuk *wurtzite* pada ZnO merupakan struktur kristal yang paling stabil pada suhu kamar. ZnO memiliki sifat yang unggul dan dapat diaplikasikan dalam bidang optik, dan optoelektronik. Serbuk ZnO juga dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam pembuatan keramik, plastik, semen, kaca, karet dan pelumas. Meski ZnO terdapat pada kerak bumi

dalam bentuk mineral yang dinamakan *zincite*, namun pada umumnya produksi ZnO secara komersial dilakukan secara sintesis. ZnO memiliki tiga bentuk kristal berdimensi satu (1D) seperti *rod*, *tube*, *wire*, dan *nail*; berdimensi dua seperti *sheet*, *hexagon*, *tower*, dan *comb*, berdimensi tiga (3 D) seperti *flower*. Kelebihan ZnO adalah salah satu senyawa oksida yang memiliki celah pita lebar dibanding oksida-oksida logam yang lain (Zhang *et al.*, 2007). Struktur Kristal *wurtzite* ZnO ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Struktur Kristal ZnO (*wurtzite*). Parameter kisi  $a = 3,24940 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,24940 \text{ \AA}$  dan  $c = 5,20380 \text{ \AA}$ . Pemodelan menggunakan VESTA (Sawada *et al.*, 1996). (a) dengan ikatan dan (b) tanpa ikatan.

Pada kondisi ambien (suhu ruang), struktur yang stabil adalah *wurtzite* dengan bentuk heksagonal. Struktur ZnO *zinc-blende* berbentuk kubus yang tersedia sebagai mineral di alam. Struktur *rocksalt* hanya dapat diperoleh pada tekanan tinggi, dari induksi tekanan yang menyebabkan transisi dari *wurtzite* ke *rocksalt* dengan tekanan sekitar 10 GPa (Özgür *et al.*, 2005).

ZnO Sebagai semikonduktor dengan lebar energi gap besar, sangat potensial diaplikasi sebagai elektroda transparan dalam piranti elektroluminisens, dan material untuk piranti pemancar ultraviolet. Material semikonduktor ZnO juga memiliki beberapa sifat yang menguntungkan: mobilitas elektron yang tinggi, tahan pada temperatur tinggi, dan dapat memancarkan cahaya (Green, 2001). Seng oksida sebagai material keramik semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas

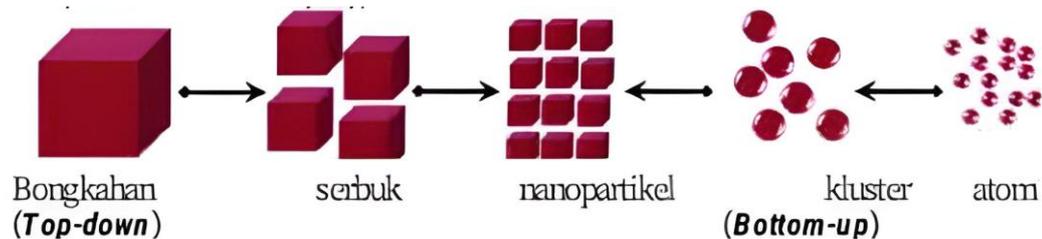
yang berada diantara isolator (penghantar listrik yang buruk) dan konduktor (penghantar listrik yang baik). Material semikonduktir bersifat sebagai isolator pada temperature yang sangat rendah namun pada temperature ruangan bersifat sebagai konduktor. Semikonduktor sangat berguna karena sifat konduktifitasnya dapat dirubah dan dikontrol dengan memberi materi lain atau menambahkan ketidakmurnian (doping). Pada semikonduktor dikenal istilah pita valensi dan pita konduksi. Pita valensi merupakan pita yang terbentuk dari orbital molekul yang berikatan, sedangkan pita konduksi merupakan pita yang terbentuk dari molekul yang tidak berikatan. Jarak antara pita konduksi dan pita valensi dinamakan celah pita (Tak dan Young, 2005).

Material ZnO banyak digunakan dalam berbagai aplikasi mengacu pada sifat mekanisnya seperti, sifat katalitik, elektrik, optoelektronik, dan photochemical (Tak dan Young, 2005). ZnO sendiri biasanya diaplikasikan sebagai sensor karena ZnO akan mengalami peningkatan konduktivitas permukaan bila mengadsorpsi dan sebagai oksida konduktif transparan (TCO), elektroda transparan dalam teknologi fotovoltai, piranti elektroluminisens, fotokatalis, sel surya, nano laser, dan material untuk piranti pemancar ultraviolet (Masuda dan Kato, 2007).

#### **2.4. Sintesis Nanopartikel ZnO**

Secara umum, sintesis nanopartikel dapat dibagi meenjadi dua metode yaitu *top down* dan *bottom up*. Metode *top down* melibatkan pemecahan (*breaking*) padatan dengan mengaplikasikan daya eksternal kepada padatan tersebut hingga menyebabkannya terpecah menjadi partikel yang lebih kecil. Contoh dari metode *top-down* diantaranya litografi, dekomposisi termal, ablasi laser, penggilingan mekanis, penggoresan (pengetesan) dan *sputtering*. Sedangkan metode *bottom up* merujuk kepada proses dimana atom-atom bereaksi dengan substrat lain untuk membentuk nanomaterial yang diinginkan. Reaksi pada metode *bottom up* dapat dikatalisis oleh kekuatan luar. Contoh dari metode *bottom up* seperti hidrotermal atau pada pengendapan secara kimia (Horikoshi and Serpone, 2013).

Pendekatan *bottom up* lebih sering digunakan untuk preparasi nanoartikel yang melibatkan sistem homogen dimana katalis (agen pereduksi enzim) mensintesis struktur nano yang sifatnya dikontrol oleh sifat katalis, reaksi medium dan kondisi-kondisi lainnya seperti pelarut, stabilisator, suhu dan pH (Keat *et al.*, 2015). Dua pendekatan sintesis nanopartikel ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Dua pendekatan Sintesis Nanopartikel (Bhargava *et al.*, 2017).

Banyak cara yang dapat digunakan untuk menghasilkan material nano-ZnO baik secara kimia ataupun secara fisika. Metode tersebut diantaranya sintesis metode kimiawi basah, *solid state*, pengendapan, hidrotermal, dan solvotermal, dan solvotermal (Lee *et al.*, 2008). Akan tetapi metode sintesis secara fisika membutuhkan banyak waktu untuk mencapai stabilitas termal yang baik, menggunakan banyak energi dan meningkatkan suhu di sekitar bahan sumber saat pemanasan menggunakan *furnace* (Kawasaki *et al.*, 2006). Selain itu sintesis nanopartikel dengan metode sintesis kimia menggunakan agen pereduksi yang keras sehingga reagen pada sintesis dengan metode kimia menimbulkan masalah beracun bersamaan dengan masalah lingkungan (Pal *et al.*, 2007). Oleh karena itu diperlukan metode sintesis yang ramah lingkungan dan tidak beracun. *Green Synthesis* merupakan metode sintesis nanopartikel yang banyak diminati karena prosesnya sederhana, biaya yang cukup rendah, ramah lingkungan dan mudah ditingkatkan untuk skala yang besar (Vinet and Kumar., 2009; Marslin *et al.*, 2015).

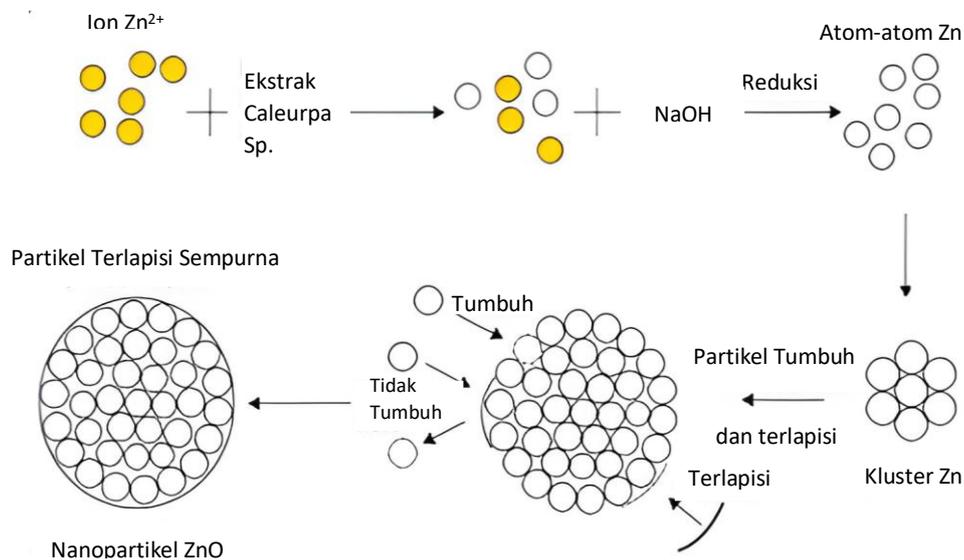
Metode *Green Synthesis* didefinisikan sebagai jalur sintesis secara biologi dengan memanfaatkan bakteri, jamur, atau tumbuhan untuk sintesis nanopartikel (Pal *et al.*, 2019). Sintesis nanopartikel menggunakan tumbuhan memberikan beberapa keuntungan, seperti ramah lingkungan, kompatibel untuk aplikasi farmasi dan

biomedis, biaya rendah, dan tidak perlu tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak perlu bahan kimia yang beracun (Elumalai *et al.*, 2015). Dilaporkan pada penelitian sintesis nanopartikel perak oleh Roy dan Das (2015) dengan metode *Green Synthesis* penggunaan ekstrak tumbuhan untuk sintesis nanopartikel perak lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan mikroba karena unsur fitokimia yang ada pada ekstrak daun membantu mereduksi saat proses sintesis. Unsur fitokimia yang bertindak sebagai agen pereduksi dan *capping agent* yang memberikan stabilitas pada nanopartikel perak diantaranya steroid, saponin, karbohidrat, dan flavonoid (Sondi and Salopek., 2004). Selain itu senyawa yang kemungkinan berperan sebagai agen Pereduksi dalam perubahan garam metal (prekursor) menjadi logam atau nanopartikel secara *green synthesis* antara lain merupakan kombinasi dari molekul yang terdapat dalam ekstrak tanaman seperti enzim, protein, asam amino, vitamin, poliskarida, asam organik seperti asam sitrat, senyawa metabolit sekunder seperti senyawa fenol, flavonoid, flavon, trapenoid, polifenil, fenolik, alkaloid, tannin, gugus karbonil, amida, amnida, pigmen dan agen pereduksi lainnya (Asmathunisha, 2012; Singh,2015).

Proses pembentukan ZnO selama proses sintesis berlangsung terjadi melalui mekanisme reaksi antara larutan  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  dengan rumput laut *Caulerpa sp.* dan NaOH. Reaksi larutan  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  dan NaOH menghasilkan  $Zn(OH)_2 \cdot CH_3COONa$  dan  $H_2O$ . Pembentukan  $Zn(OH)_2$  diawali dengan terbentuknya larutan keruh yang transparan. Larutan keruh dan transparan kemudian berubah menjadi putih susu dan membentuk suatu koloid. Koloid terbentuk ketika  $Zn^{2+}$  dan  $OH^-$  mencapai pada angka kritikal kelarutan Sementara itu, kelebihan ion  $OH^-$  akan bereaksi dengan  $Zn(OH)_2$  membentuk kompleks  $Zn(OH)_4^{2-}$ . Dengan adanya  $H_2O$  dan energi yang diberikan ketika larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*,  $Zn(OH)_4^{2-}$  terdisosiasi kembali membentuk ion  $Zn^{2+}$  dan  $OH^-$  yang selanjutnya membentuk ZnO, melalui proses reduksi ion  $Zn^{2+}$  menjadi ZnO oleh gugus fungsi yang berasal dari *Caulerpa sp.* Reaksi secara kimiawi yang terjadi pada proses pencampuran  $Zn(CH_3COO)_2$  dan NaOH (Wang et al.,2011).



Salah satu contoh mekanisme proses reaksi dan pembentukan nanopartikel ZnO secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 2.4**. Dalam biosintesis nanopartikel ZnO rumput laut *Caulerpa sp.* berperan sebagai reduktor sekaligus sebagai agen penstabil dan *capping agent*.



**Gambar 2.4.** Mekanisme proses reaksi reduksi dan pembentukan nanopartikel ZnO (Krishna *et al.*, 2013).

Kandungan fitokimia yang terkandung dalam ekstrak rumput laut dengan bantuan NaOH mereduksi ion-ion  $\text{Zn}^{2+}$  menjadi  $\text{Zn}^0$ . Lalu atom-atom  $\text{Zn}^0$  bergabung membentuk kluster  $\text{Zn}^0$  sehingga terjadi pertumbuhan partikel yang akan memengaruhi pertumbuhan partikel. Gugus fungsi yang ada pada komponen biologi rumput laut berinteraksi dengan permukaan seng dan menyelubungi kluster  $\text{Zn}^0$  yang terbentuk atau biasa disebut '*capping*' sehingga tidak terjadi agregasi antar kluster  $\text{Zn}^0$  dan membentuk nanopartikel ZnO yang stabil. Gugus hidroksi turut berperan untuk mengikat kluster  $\text{Zn}^0$  sehingga permukaan partikel diselubungi oleh ion-ion yang bermuatan negatif yang mengakibatkan adanya gaya tolak-menolak

antar muatan sejenis sehingga dapat mencegah terjadinya agregasi antar nanopartikel (Zhou et al., 2002; Wu et al., 2007).

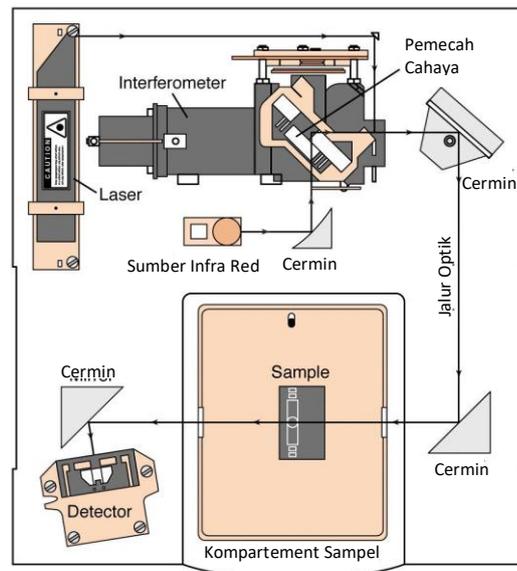
Bentuk dan ukuran nanopartikel sangat tergantung pada parameter media tumbuan nanopartikel seperti pH, suhu, konsentrasi prekursor dan waktu paparan (Singh, 2015). pH larutan sebelum pembentukan nanopartikel menunjukkan pengaruh terhadap sintesis nanopartikel logam. pH memengaruhi ukuran kemurnian partikel yang dihasilkan. Kemampuan berbagai gugus fungsi untuk mereduksi berkurang dengan adanya konsentrasi  $H^+$  yang tinggi pada kondisi pH rendah. Namun saat pH ditingkatkan, kemampuan berbagai gugus fungsi sebagai pereduksi meningkat sehingga meningkatkan kestabilan serta mencegah terjadinya aglomerasi seiring dengan meningkatnya ion  $OH^-$  (Pal et al., 2019).

Semakin besar rasio molar prekursor yang digunakan menyebabkan semakin besar diameter ukuran partikel ZnO. Konsentrasi  $Zn^{2+}$  yang rendah membentuk nanopartikel dengan bentuk Kristal tunggal. Konsentrasi yang tinggi menyebabkan nanopartikel membentuk polikristal dikarenakan sumber ion  $Zn^{2+}$  sudah lewat jenuh (Pal et al., 2019).

## **2.5. Karakterisasi Nanopartikel ZnO**

### **2.5.1. *Fourier Transformation Infra Red (FTIR)***

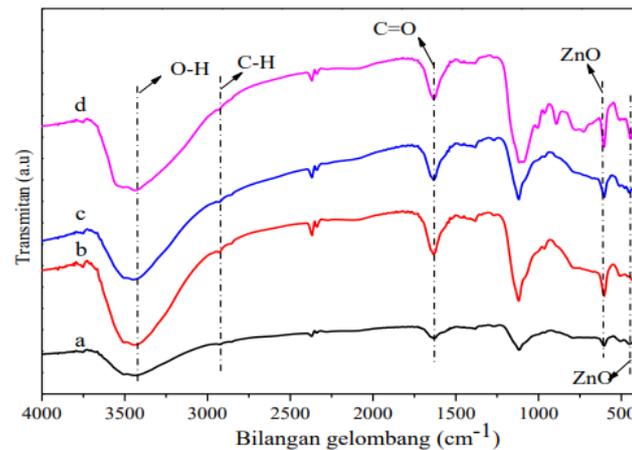
Fourier Transform Infra Red (FTIR) adalah spektrofotometer yang memanfaatkan sinar inframerah dekat, ialah sinar yang berada pada jangkauan panjang gelombang 2,5 – 25  $\mu m$  atau jangkauan frekuensi 400 – 4000  $cm^{-1}$ . Sinar ini muncul akibat vibrasi atom-atom pada posisi kesetimbangan dalam molekul dan kombinasi vibrasi dengan rotasi menghasilkan spektrum vibrasi rotasi (Harley dan Wiberley, 1954).



**Gambar 2.5** Skema FTIR (Harley dan Wiberley, 1954).

Berdasarkan Gambar 2.5 prinsip kerja pada FTIR adalah sebagai berikut: Sinar dari sumber dibagi menjadi dua berkas, yakni satu berkas melalui cuplikan (berkas cuplikan) dan satu berkas lainnya sebagai baku, kedua 18 berkas itu dipantulkan oleh chopper yang berupa cermin berputar ( $\sim 10$  x perdetik). Hal ini menyebabkan berkas cuplikan dan berkas baku dipantulkan secara bergantian ke kisi difraksi. Kisi difraksi berputar lambat, dan setiap frekuensi dikirim ke detektor yang mengubah energi panas menjadi energi listrik. Jika pada frekuensi cuplikan menyerap sinar, detektor akan menerima intensitas berkas baku yang besar dan berkas cuplikan yang lemah secara bergantian. Hal ini menimbulkan arus bolak balik dalam detektor lalu akan diperkuat oleh amplifier. Arus bolak-balik yang terjadi digunakan untuk menjalankan suatu motor yang dihubungkan dengan suatu alat penghalang berkas sinar yang disebut baji optik. Gerakan baji dihubungkan pena alat recorder sehingga gerakan baji ini merupakan pita serapan pada spektra (Harley dan Wiberley, 1954).

Pada penelitian yang dilakukan Yunita *et al.* (2020) dilakukan karakterisasi FTIR dari nanopartikel yang terbentuk setelah sintesis nano ZnO dengan penambahan ekstrak daun suji dengan tujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam nanopartikel ZnO. Hasil karakterisasi tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2.6**

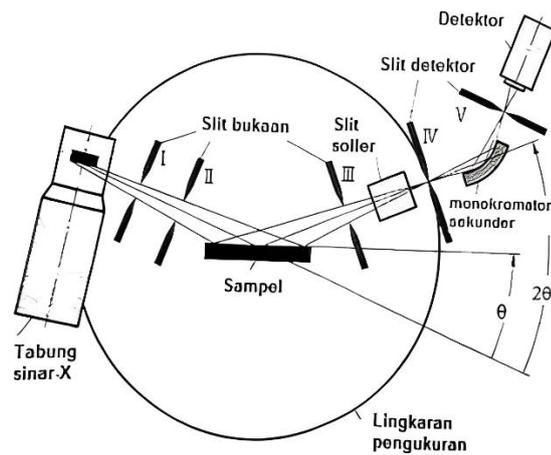


**Gambar 2.6** Karakterisasi menggunakan FTIR (Yunita *et al.*, 2020).

Gambar 2.6 menunjukkan bilangan gelombang dengan lebar pita antara 3200-3600  $\text{cm}^{-1}$  berpusat pada 3441,01  $\text{cm}^{-1}$  dan 3448,72  $\text{cm}^{-1}$ , hal tersebut disebabkan karena getaran peregangan ikatan kimia dari gugus -OH yang dapat berasal dari molekul air yang diabsorpsi oleh ZnO atau dapat menunjukkan adanya pembentukan ikatan hidrogen. Puncak pada daerah 1635,64  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi tekuk -OH, yang kemungkinan disebabkan oleh adanya permukaan ZnO yang masih menempel molekul air. Kemudian puncak ZnO muncul pada bilangan gelombang 447,48-486,06  $\text{cm}^{-1}$  dan 601,79  $\text{cm}^{-1}$ .

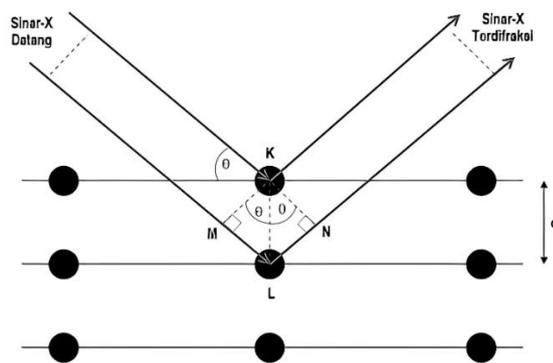
### 2.5.2. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan salah satu metode karakterisasi material yang digunakan untuk mengetahui fasa kristalin pada suatu material dengan cara menentukan terlebih dahulu parameter kisi untuk mendapatkan ukurannya (Cullity, 1978). Teknik difraksi sinar-X bergantung pada tiga komponen utama yaitu; sumber sinar-X, area sampel dan detektor seperti yang terlihat pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Skema XRD.

Gambar 2.7 memperlihatkan skema kerja XRD saat tabung sinar-X memancarkan seberkas sinar yang mengarah pada sampel kemudian sebagian berkas sinar-X tersebut akan ditransmisikan melalui detektor dan sebagian lagi akan dihamburkan dan terdifraksi. Detektor diperlukan untuk mengubah foton sinar-X menjadi sinyal tegangan yang selanjutnya diubah kembali menjadi informasi mengenai intensitas dan posisi berkas sinar-X yang terdifraksi. Berkas sinar-X yang sefasa akan saling menguatkan dan berkas sinar-X yang tidak sefasa akan saling melemahkan (Cullity, 1978). Dalam kisi kristal, sekumpulan bidang atom paralel dipisahkan oleh jarak ( $d$ ) yang dapat dilihat seperti pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.8.** Skema hukum Bragg (Cullity, 1978).

Gambar 2.8 memperlihatkan dua buah berkas sinar-X yang mengenai atom M pada bidang pertama dan N pada bidang selanjutnya. Jarak antara bidang M dan N adalah

$d$ , dan  $\theta$  adalah sudut difraksi. Berkas-berkas tersebut memiliki panjang gelombang yaitu  $\lambda$ , yang jatuh pada bidang kristal dengan jarak  $d$  dan sudut  $\theta$ . Jarak  $ML + LN$  merupakan sebuah jarak tambahan yang harus sama dengan nilai sebuah  $n$  jika dikalikan dengan  $\lambda$  seperti pada persamaan (2.5).

$$n \lambda = ML + LN \quad (2.5)$$

Berkas-berkas sinar-X jatuh pada jarak  $d$  dan sudut  $\theta$ . Sehingga dapat dituliskan pada persamaan (2.6).

$$\sin \theta = \frac{ML}{KL} = \frac{ML}{D} \quad (2.6)$$

$$d \sin \theta = ML \quad (2.7)$$

Pada **Gambar 2.8** jarak  $ML = LN$ , maka persamaan (2.5) dapat dituliskan pada persamaan (2.8) sebagai berikut.

$$n\lambda = 2 ML \quad (2.8)$$

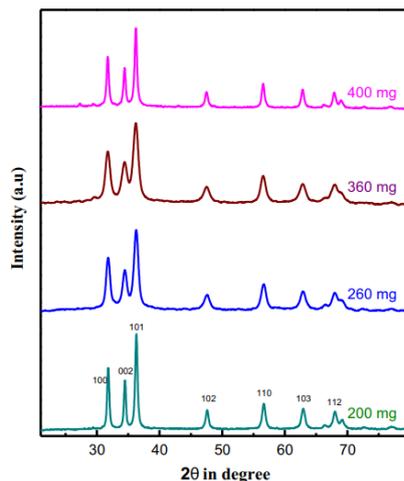
Agar mengalami interferensi konstruktif, kedua berkas tersebut harus memiliki beda jarak  $n\lambda$ . Sedangkan beda jarak lintasan kedua berkas adalah  $2d \sin \theta$ . Untuk mengetahui beda jarak antar lintasan kedua berkas tersebut dapat menggunakan persamaan (2.7) yang disubstitusikan ke persamaan (2.8). Sehingga didapatkan persamaan (2.9).

$$n \lambda = 2d \sin \theta \quad (2.9)$$

dengan  $n$  adalah orde difraksi,  $\lambda$  adalah panjang gelombang,  $d$  adalah jarak antar bidang dalam kristal dan  $\theta$  adalah sudut difraksi,  $n$  adalah orde difraksi (0, 1, 2, 3,...) (Cullity, 1978). Untuk dapat melihat ukuran partikel pada hasil XRD yang telah didapat diperlukan persamaan yang didasarkan pada rumus Dybe Scherrer.

$$L = \frac{0,9\lambda}{B \cos \theta} \quad (2.10)$$

Geetha *et al.* (2016) telah melakukan penelitian mengenai sintesis nanopartikel ZnO menggunakan getah tanaman *Euphorbia jatropha* sebagai agen pereduksi. Kemudian hasil nanopartikel ZnO tersebut dikarakterisasi dengan XRD. Hasil karakterisasi tersebut ditunjukkan oleh **Gambar 2.9**.



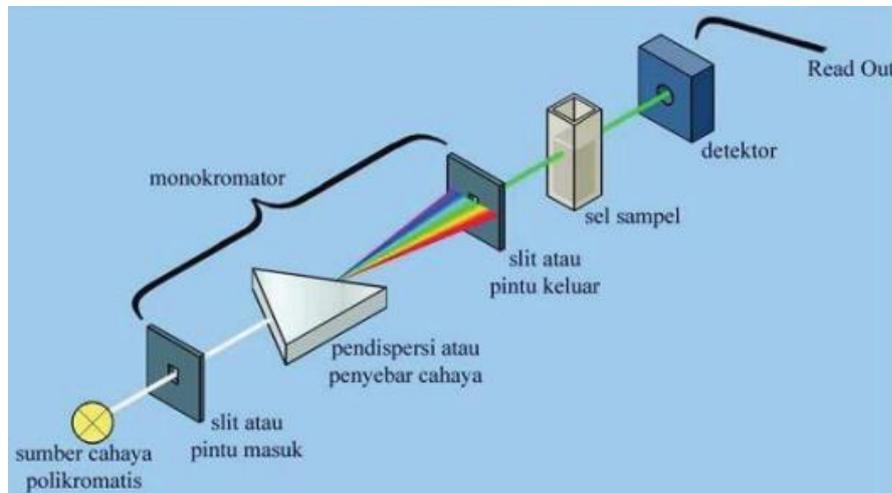
**Gambar 2. 9** Karakterisasi Nano ZnO dengan XRD (Suresh *et al.*, 2015).

Gambar 2.9 menunjukkan hasil karakterisasi nano ZnO menggunakan XRD dengan variasi ekstrak tumbuhan sebesar 400 mg, 360 mg, 260 mg, dan 200 mg dengan panjang gelombang sinar-X yang digunakan sebesar  $1,5405 \text{ \AA}$ . terlihat dari Gambar 2.9 puncak yang didapatkan dari hasil uji menggunakan XRD merupakan puncak milik ZnO.

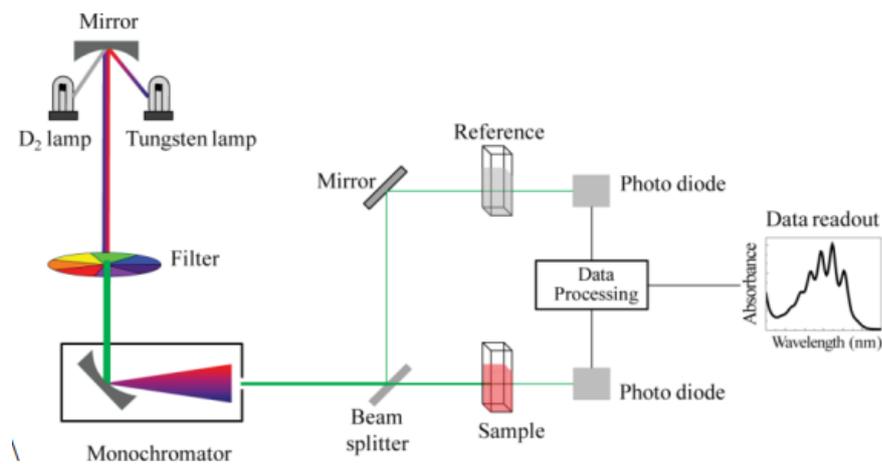
### 2.5.3. Ultra Violet Visible (UV-Vis)

Spektrofotometri UV-Vis adalah alat yang digunakan untuk mengukur serapan yang dihasilkan dari interaksi kimia antara radiasi elektromagnetik dengan molekul atau atom dari suatu zat kimia pada daerah UV-Vis (Ditjen POM, 1995). Terdapat dua tipe instrumen spektrofotometer, yaitu single-beam dan *double beam*. *Single-beam instrument* (Gambar 2.10) dapat digunakan untuk kuantitatif dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tunggal. UV-Vis jenis ini Mempunyai beberapa keuntungan yaitu sederhana, harganya murah, dan mengurangi biaya yang ada merupakan keuntungan yang nyata. Panjang gelombang paling rendah adalah 190 sampai 210 nm dan paling tinggi adalah 800 sampai 1000 nm (Skoog, 2013). *Double-beam instrument* (Gambar 2.11) mempunyai dua sinar yang dibentuk oleh potongan cermin yang berbentuk V yang disebut pemecah sinar. Sinar pertama melewati larutan blanko dan sinar kedua

secara serentak melewati sampel. Double-beam dibuat untuk digunakan pada panjang gelombang 190 sampai 750 nm.



**Gambar 2.10** Skema alat UV-Vis *Single beam* (Skoog *et al.*, 2013).



**Gambar 2. 11** Skema alat UV-Vis *Double Beam* (Skoog *et al.*, 2013).

Penyerapan sinar tampak atau ultraviolet oleh suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasi molekul tersebut dari tingkat energi dasar (*ground stated*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*exited stated*). Pengabsorpsian sinar *ultraviolet* atau sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron *bonding*, akibatnya panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada di dalam molekul yang sedang diselidiki. Oleh karena itu spektroskopi serapan molekul berharga untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional yang ada dalam suatu molekul. Akan tetapi yang lebih penting adalah

penggunaan spektroskopi serapan *ultraviolet* dan sinar tampak untuk penentuan kuantitatif senyawa-senyawa yang mengandung gugus-gugus pengabsorpsi (Lavine *et al.*, 1994). Kemudian dari hasil karakterisasi UV-Vis DRS untuk mendapatkan energi celah pita (*band gap*) diperoleh dengan mengubah besaran %R ke dalam factor Kubelka Munk(F(R)), sesuai dengan persamaan 4.1.

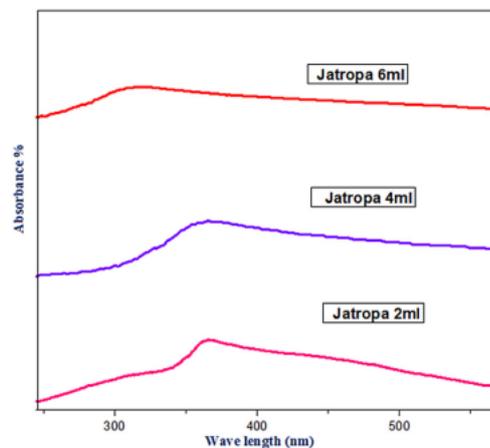
$$(F(R)) = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (2.11)$$

Dengan, F(R) adalah faktor Kubelka Munk, K adalah koefisien absorbansi, dan R merupakan nilai reflektan. Energi celah pita diperoleh dari grafik hubungan antara Persamaan 4.2 dan Persamaan 4.2  $h\nu(eV)$  dan  $(F(R)) * h\nu^2$ . Nilai  $h\nu(eV)$  Ditentukan dengan Persamaan 4.2

$$Eg = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.12)$$

Dengan  $Eg$  adalah energi celah pita (eV), h adalah tetapan Planck ( $6,624 \times 10^{-34}$ ), c adalah kecepatan cahaya di udara ( $2,998 \times 10^8$  m/s), dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang (nm)

Dilaporkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Geetha *et al* (2016) dilakukan karakterisasi menggunakan UV-Vis setelah sintesis nanopartikel ZnO dengan getah tanaman *Euphorbia jatropha*. Hasil karakterisasi tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2.12**



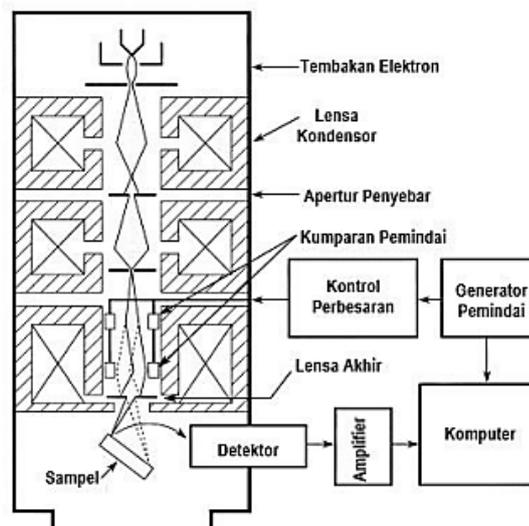
**Gambar 2.12** Karakterisasi UV-Vis Nano ZnO. Panjang gelombang sinar X =  $1,54059 \text{ \AA}$  (Geetha *et al.*, 2016).

**Gambar 2.12** Menunjukkan spektrum UV-Vis suhu kamar dari nanopartikel ZnO yang dibuat dengan berbagai macam konsentrasi getah tanaman *Euphorbia jatropha* yaitu sebesar 2 ml, 4 ml, dan 6 ml. Absorbansi maksimal ditunjukkan pada panjang gelombang 365 nm, 360 nm, dan 310 nm untuk masing-masing variasi getah tanaman 2 ml, 4 ml, dan 6 ml. pada penelitian ini energi celah pita yang sesuai adalah 3,4 eV, 3,45 eV, dan 4,00 eV. Celah pita yang sesuai tersebut dihitung menggunakan persamaan  $E_g = 1240/\lambda$ .

#### 2.5.4. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang hasilnya berupa penggambaran dari permukaan sampel yang dilakukan dengan cara pemindaian terhadap berkas elektron yang tinggi. Berkas elektron ini memberikan informasi mengenai bentuk dan ukuran pada suatu benda (morfologi), ciri-ciri permukaan pada suatu benda (topografi) seperti tekstur, kehalusan atau kekasarannya, serta dapat menunjukkan unsur dan senyawa penyusun suatu bahan (komposisi) (Goldstein *et al.*, 2007).

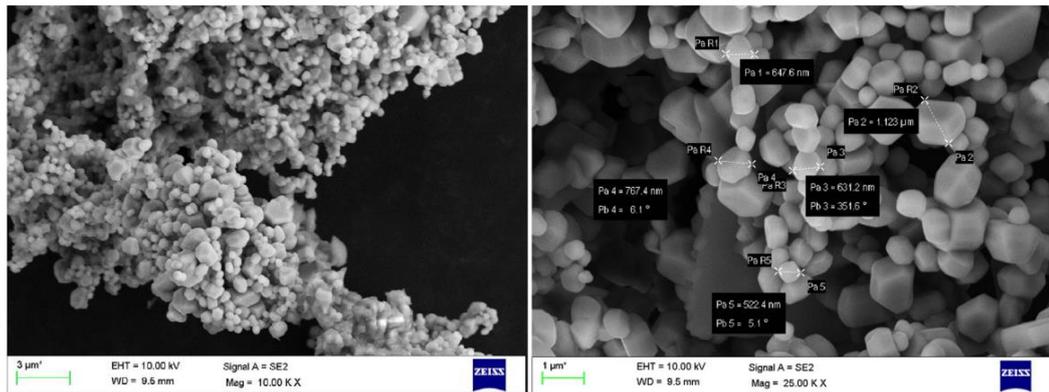
Menurut pemaparan Mohammed dan Abdullah, (2018) tembakan elektron dapat mempercepat energi elektron antara 100–30.000 eV. Namun, ukuran titik pusat berkas elektron terlalu besar untuk menghasilkan gambar yang tajam, sehingga SEM dilengkapi dengan lensa untuk mengarahkan berkas elektron agar terfokus pada sampel seperti yang terlihat pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.13** Skema Kerja SEM (Goldstein et al., 2007).

Pada Gambar 2.13 memperlihatkan skema kerja SEM, dimana sumber elektron dalam SEM berasal dari elektron yang dipercepat dengan medan listrik yang tinggi oleh tembakan elektron kemudian diteruskan ke anoda. Pada proses tersebut, lensa kondensor akan memfokuskan elektron menuju sampel dan anoda berfungsi sebagai pembatas untuk pancaran elektron yang memiliki sudut hambur yang besar. Kemudian sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh lensa kondenser. Pada saat elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan kemudian dikirim ke monitor untuk diproses dan menghasilkan gambaran mikroskopik dari sampel yang diuji (Choudary and Priyanka, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Geetha *et al* (2016) dilakukan sintesis nanopartikel ZnO menggunakan getah tanaman *Euphorbia jatropha*. Kemudian hasil yang didapat dikarakterisasi menggunakan SEM. Hasil karakterisasi menggunakan SEM dari nanopartikel ZnO yang diperoleh ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.



**Gambar 2.14** Karakteristik Nano ZnO menggunakan SEM (Geetha *et al.*, 2016).

Gambar 2.14 menunjukkan partikel yang terbentuk cukup baik. kebanyakan partikel memiliki bentuk hexagonal. Rata-rata ukuran kristalit diperoleh dari gambar histogram SEM dengan dihitung menggunakan aplikasi *imagej*. Berdasarkan dari histogram SEM kebanyakan partikel memiliki ukuran pada orde 500 nm. Terdapat perbedaan dalam rata-rata ukuran partikel yang diperoleh dengan XRD (18 nm) dan hasil SEM (500 nm). Hal ini karena gambar yang dihasilkan oleh SEM diambil hanya dari sebagian kecil sampel, kemungkinan bagian sampel yang diambil oleh gambar SEM pada ukuran yang besar.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2023 sampai bulan Oktober 2023 di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

#### **3.2. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan, gelas beaker, gelas ukur, *hotplate*, *magnetic stirrer*, kertas whatman no. 1, spatula, pipet tetes, aluminium foil, plastik *wrapping*, pemanas listrik, kertas ph meter, kompor listrik, mortar dan *pestle*.

##### **3.2.2. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ekstrak daun sirih merah (*Piper croatum*), Seng Nitrat Heksahidrat ( $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ), ethanol 70 %, aquabides, dan NaOH.

### 3.3. Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Ekstraksi Daun Sirih Merah

Daun sirih merah (*Piper croatum*) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari daerah Gedong Tataan, Pesawaran. Daun dibersihkan dengan air mengalir kemudian dicuci kembali menggunakan aquabides sebanyak 2 kali. Daun yang telah dicuci dipotong-potong kecil menggunakan *chopper* listrik kemudian dipanaskan pada pemanas listrik pada suhu 100°C selama 5 jam lalu dihaluskan menggunakan *chopper* listrik hingga berupa serbuk. Serbuk daun ditimbang sebanyak 20 gr dan ditambahkan 100 ml aquabides dalam gelas *beaker* 500 ml. Kemudian gelas *beaker* ditutup menggunakan alumunium *foil* lalu dipanaskan menggunakan kompor listrik dengan daya sebesar 300 W selama 20 menit sampai didapatkan ekstrak daun. Selanjutnya didinginkan pada suhu ruang dan disaring menggunakan kertas Whatman no. 1 sehingga terpisah antara ekstrak daun dan ampas daun. Setelah itu ekstrak daun yang diapat digunakan untuk sintesis nanopartikel ZnO.

#### 3.3.2 *Green Synthesis* Nanopartikel ZnO dari Ekstrak Daun

*Green synthesis* nanopartikel ZnO dilakukan menggunakan ekstrak daun yang diperoleh lalu dicampur dengan larutan seng nitrat  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  ke dalam gelas beaker 500 ml. Kemudian dipanaskan diatas *hotplate* dengan suhu 80°C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Setelah itu larutan didinginkan hingga suhu ruang lalu diaduk kembali menggunakan *magnetic stirrer* bersamaan dengan penambahan NaOH menggunakan pipet tetes. Pada pemberian penambahan NaOH dilakukan pemberian variasi NaOH yaitu sebesar 0,2; 0,4; 0,6 dan 1,0 M. Selanjutnya larutan didiamkan selama 24 jam hingga didapatkan endapan lalu disaring menggunakan kertas Whatman no.1 hingga larutan dengan endapan terpisah. Endapan yang didapat diletakkan pada alimunium *foil* yang dibentuk menjadi wadah kemudian dipanaskan pada pemanas listrik dengan suhu 90°C hingga endapan kering. Setelah itu endapan yang telah kering digiling

menggunakan mortar dan menjadi serbuk. Serbuk yang didapatkan selanjutnya akan digunakan untuk karakterisasi. Perbandingan variasi NaOH ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Variasi NaOH dan komposisi bahan sintesis nanopartikel ZnO

Sampel	Ekstrak Daun (ml)	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O 0,2 M (ml)	NaOH (M)
1	100	200	0,2
2	100	200	0,4
3	100	200	0,6
4	100	200	1,0

### 3.3.3. Karakterisasi Sampel ZnO

Nanopartikel yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi menggunakan:

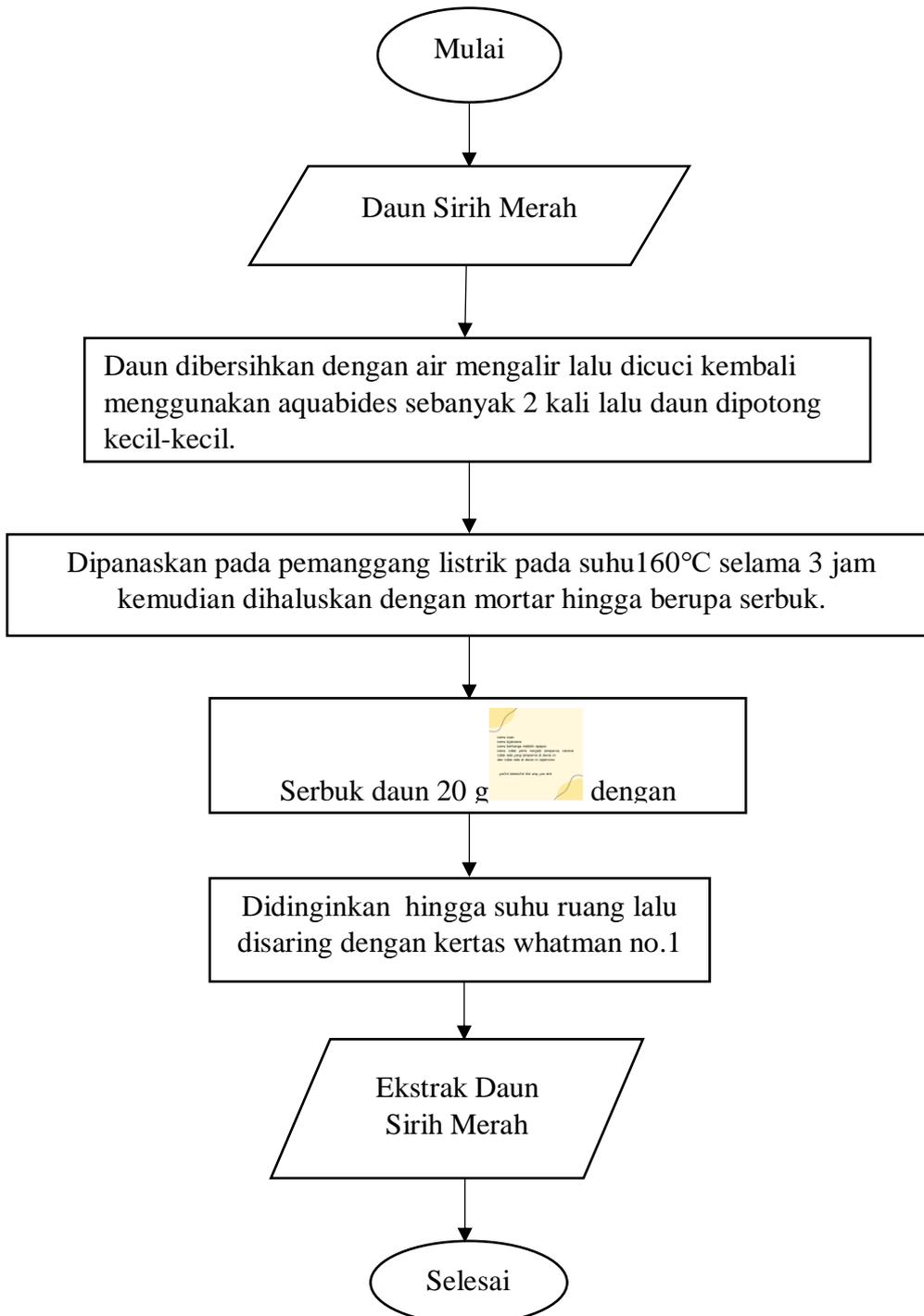
1. FTIR untuk identifikasi gugus fungsi nanopartikel ZnO yang diperoleh.
2. XRD untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk pada nanopartikel ZnO.
3. UV-Vis untuk mengukur besar absorbansi dan selisih energi *bandgap* pada nanopartikel ZnO.
4. SEM untuk mengetahui struktur morfologi pada nanopartikel ZnO.

### 3.4. Diagram Alir

Diagram alir penelitian ini terdiri dari tahapan ekstrak daun sirih merah (*Piper crcoatum*) dan sintesis nanopartikel ZnO.

### 3.4.1. Diagram Alir Ekstraksi Daun Sirih Merah

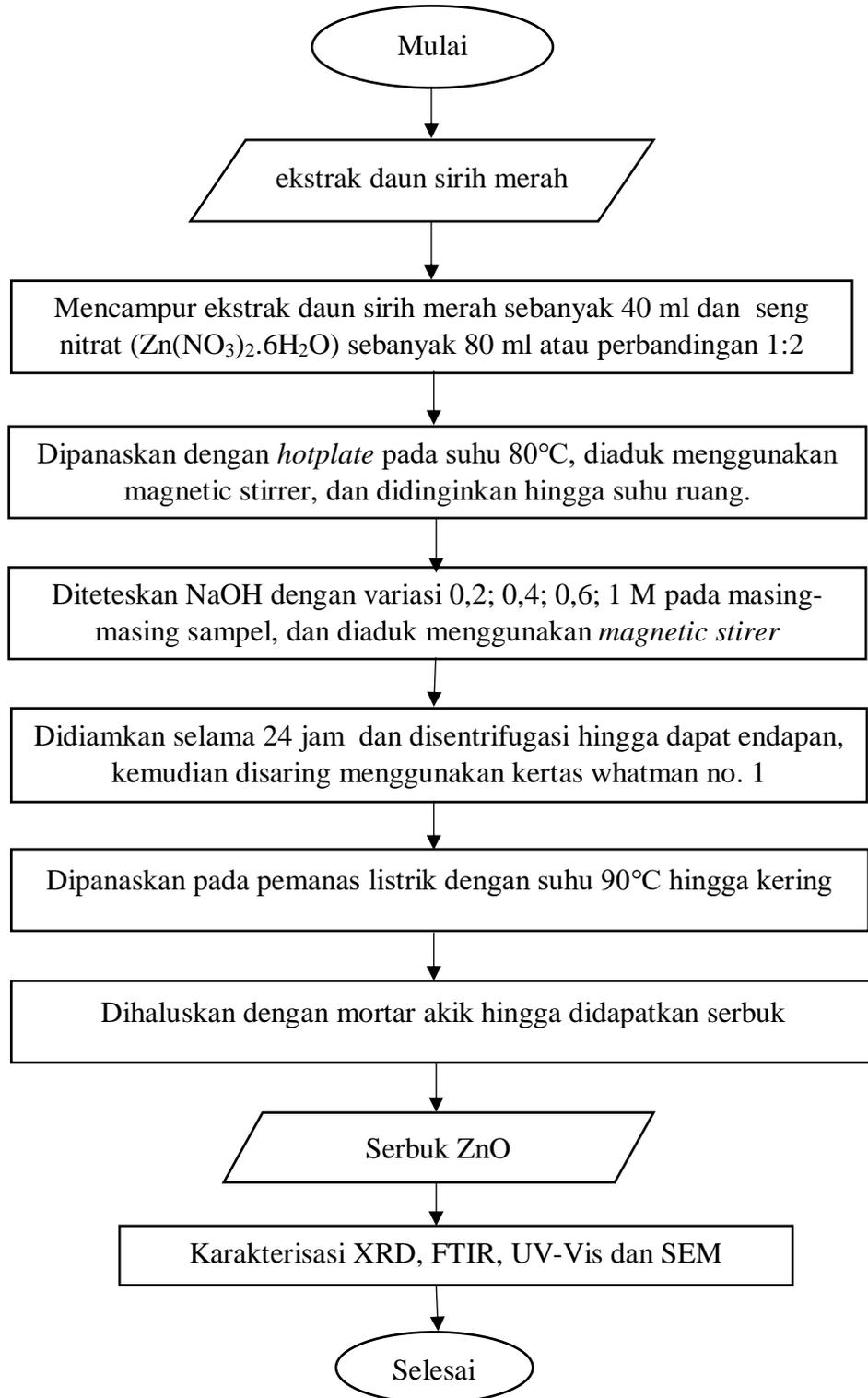
Diagram alir proses ekstraksi daun sirih merah ditunjukkan pada **Gambar 3.1**



**Gambar 3.1** Diagram Alir ekstraksi Daun Sirih Merah.

### 2.4.2. Diagram Alir Sintesis Nanopartikel ZnO

Diagram alir proses sintesis nanopartikel ZnO ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** Diagram Alir Sintesis Nanopartikel ZnO.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah berhasil terbentuk nanopartikel ZnO menggunakan metode *green synthesis* dengan variasi NaOH. Variasi NaOH memengaruhi ukuran partikel. Besar ukuran partikel pada sampel 0,2; 0,4; 0,6; dan 1 M adalah 21; 24; 19; dan 16 nm dengan morfologi *spherical*.
2. Berhasil terbentuk nanopartikel murni pada variasi NaOH dan ditemukan adanya fasa lain yaitu  $\text{NaNO}_3$  (*Nitratine*) pada variasi 0,2; 0,4; dan 0,6 M diperkirakan karena proses pemanasan yang kurang maksimal. Hasil FTIR menunjukkan adanya senyawa protein, fenol dan polifenol sebagai *capping agent* saat sintesis. Diperoleh panjang gelombang maksimum 331 nm dan celah pita sebesar 3,24 eV berdasarkan analisis dari data UV-Vis DRS.

### 5.2. Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukannya sintesis dengan proses kalsinasi secara maksimal dan tetap menjaga alat atau bahan agar tetap steril karena sangat mudah terkontaminasi oleh keadaan sekitar dan zat pengotor sehingga akan memengaruhi hasil akhir nanopartikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, T., Singh, R., Shukla, A., D., Waris, I., and Gujrati, A. 2012. Comparative Analysis of Antibacterial Activity of Four Varieties of Piper Betel. *Advances in Applied Science Research*. Vol. 3. Issue. 2. pp. 698-705.
- Albertsson, J., Abrahams, S.C. dan Kvik, Å. 1989. Atomic Displacement, Anharmonic Thermal Vibration, Expansivity and Pyroelectric Coefficient Thermal Dependences in ZnO. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*. 45. Issue. 1. pp. 34-40.
- Anggreni, N. G., Fadhil, N., and Prasasty, V. D., 2019. Potential in Vitro and in Vivo Antioxidant Activities from Piper crocatum and Persea Americana Leaf Extracts. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 12(2), pp.661-667.
- Asmathunisha, N., dan Kathiresan, K. 2013. A Review on Biosynthesis of Nanoparticles by Marine Organisms. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. Vol. 103. pp. 283-287.
- Bala, N., Saha, S., Chkraborty, M., and Maiti M. 2015. Green Synthesis of ZnO Nanoparticles Using Hibicus Subdariffa Leaf Extract Effect of Temperature on Synthesis, Antibacterial, and Anti Diabetic Activity. *The Royal Society of Chemistry*. Vol. 5. Pp. 4993-5003.
- Choudary, O.P. and Priyanka. 2017. Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Vol. 06. Issue. 05. pp. 1877-1882.
- Cullity, B.D. 1978. *Elements of X-Ray Diffraction: Second Edition*. Addison Wesley Publishing Company Inc. London.
- Dahlgren, B., E., dan Macbride, J., F. 1936. *Flora of Peru part II*. Chicago: USA. pp. 155.
- Departemen kesehatan RI. 1980. *Materia Medika Indonesia, Jilid IV*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

- Dhamayanti, Y., Wijaya, K. dan Tahir, I., 2005. Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Montmorillonit dan Sinar Ultraviolet. *In Prosiding Seminar Nasional DIES ke 50 FMIPA UGM* . pp. 22-29.
- Dumur, F., Guerlin, A., Dumas, E., Bertin, D., Gimes, D., dan Mayer, C. R. 2011. Controlled Spontaneous Generation of Gold Nanoparticles Assisted by Dual Reducing and Capping Agents. *Gold Bulletin*. Vol. 44. Issue. 2. Pp. 119–137.
- Elumalai, K., Velmurugan, S., Ravi, S., Kathiravan, V. and Raj, G.A. 2015. Bio-approach: Plant Mediated Synthesis of ZnO Nanoparticles and Their Catalytic Reduction of Methylene Blue and Antimicrobial Activity. *Advanced Powder Technology*. Vol. 26. Issue. 6. pp.1639-1651.
- Geetha, M.S., Nagabhushana, H. and Shivananjaiiah, H.N. 2016. Green Mediated Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles Using Euphorbia Jatropa Latex as Reducing Agent. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. Vol. 1. Issue. 3. pp. 301-310.
- Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L. and Michael, J. 2007. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Springer Science and Business Media. New York.
- Greenwood, N.N. and Earnshaw, A. 1997. *Chemistry of the Elements 2nd Edition*. Butterworth-Heinemann.
- Harley, J.,H and Wiberley, S., E. 1954. *Quantitative Spectrographic Analysis, in Instrumental Analysis*. .Wiley.New York.
- Hong, R. Y., Feng, B., Chen, L. L., Liu, G. H., Li, H. Z., Zheng, Y., and Wei, D. G. 2008. Synthesis Characterization and MRI Application of Dextran-Coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles. *Biochemical Engineering Journal*. Vol. 42. Issue. 3. Pp. 290–300.
- Horikoshi, S. and Serpone N. 2013. *Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH. Baden.
- Kathiraven, T., Sundaramanickam, A., Shanmugam, N. dan Balasubramanian, T. 2015. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Marine Algae Caulerpa Racemosa and Their Antibacterial Activity Against Some Human Pathogens. *Applied Nanoscience*. Vol. 5. pp. 499-504.
- Kawasaki, M. and Nishimura, N. 2006. 1064-nm Laser Fragmentation of Thin Au and Ag Flakes in Acetone for Highly Productive Pathway to Stable Metal Nanoparticles. *Appl Surf Sci*. Vol. 253. Issue. 4. Pp. 1–16.
- Keat, C. L., Aziz, A., Eisd, A. M., and Elmarzugi, N. A. 2015. Biosynthesis of Nanoparticels and Silver Nanoparticels, *Bioresources and Bioprocessing*, Vol. 2. Issue. 47. pp. 1-11.

- Khan, F. M., Hamedullah, M., Ejaz, A. H. A., Lohani, A. M. B., Khan, R. H., Alam, M. M., and Khan, W. 2014. Nanopartikel ZnO Berbentuk Bunga yang Disintesis dengan Pendekatan Baru pada Suhu Hampir Ruang dengan Sifat Antibakteri dan Antijamur. *Journal International Nano Medichine*. Vol. 9. Pp. 853–864.
- Khoddami, A., Wilkes, M., and Roberts, T. 2013. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*. Vol. 18. Issue. 12. pp. 2328–2375.
- Kihara, K. and Donnay, G., 1985. An harmonic thermal vibrations in ZnO. *The Canadian Mineralogist*. Vol. 23. Issue. 4. pp. 647-654.
- Kisi, E. H. 1994. Rietveld Analys of powder Diffraction Patterns. *Materialsn Forum*. Vol. 18. Pp. 135-153
- Lauterwasser, C. 2006. *Opportunities and risks of Nanotechnologies*. Allianz AC. Germany.
- Lavine, B. K., Cooper, III, W.T., He, Y., Hendayana, S., Han, J. H. and Tetreault, J. 1994. Solid-state <sup>13</sup>C NMR Studies of Ionic Surfactants Adsorbed on C-18 and C-8 Silicas: Implications for Micellar Liquid Chromatography. *Journal of colloid and interface science*. Vol. 165. Issue. 2. pp. 497-504.
- Lee, S., Jeong, S., Kim, D., Hwang, S., Jeon, M., and Moon, J. 2008. ZnO Nanoparticles With Controlled Shapes and Sizes Prepared Using A Simple Polyol Synthesis. *Superlattices and Microstructures*. Vol. 43. Issue.4. pp. 330–339.
- Manurung, P.,G. 2018. *Nanomaterial-Tinjauan Ilmu Masa Kini*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Masuda, Y. and Kazumi Kato. 2008. High c-Axis Oriented Stand-Alone ZnO Self-Assembled Film. *Crystal Growth and Designt*. Vol. 8. Issue.1. pp. 275-279.
- Özgür, Ü., Alivov, Y., Liu, C., Teke, A., Reshchikov, M., Dogan, S., Avrutin, V., Cho, S., and Morkoç, H. 2005. A Comprehensive Review of ZnO Materials and Devices. *Journal of Applied Physics*. Vol. 98. pp. 041301.
- Pal, A., Rai, P., Pandey, A.2019. *Chapter 1 - Green Synthesis of Nanoparticles: A Greener Approach for a Cleaner Future*. Elsevier. Pp. 1-26.
- Pal, S., Tak, Y. K., Song, J. M. 2007. Does The Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Depend on The Shape of The Nanoparticle? A Study of The Gram-Negative Bacterium Escherichia coli. *Application Environment Microbiology*.Vol. 73. Issue. 6. pp. 1712–20.

- Puspita, P.J., Safithri, M. and Sugiharti, N.P. 2018. Antibacterial Activities of Sirih Merah (*Piper crocatum*) Leaf Extracts. *Current Biochemistry*. Vol. 5. Issue. 3. pp.1-10.
- Ramahdita, G., 2011. *Karakterisasi Nanopartikel ZnO Hasil Sintesis Dengan Metode Presipitasi dan Perlakuan Pra-Hidrotermal [skripsi]*. Depok (ID): Universitas Indonesia.
- Roy S, and Das TK.2015. Plant mediated green synthesis of silver nanoparticles- A. *International Journal Plant Biology*. Vol. 3.Issue. 3. pp. 1044.
- Saputra, I.S., Suhartati, S., Yulizar, Y. dan Sudirman. 2020. Green Synthesis Nanopartikel Zno Menggunakan Media Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica* Linn). *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Vol. 42. Issue. 1. pp. 1-6.
- Sari, R.N., Saridewi, N. and Shofwatunnisa, S. 2017. Biosynthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles With Extract of Green Seaweed *Caulerpa* sp. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, Vol. 19. Issue 1. pp. 17-28.
- Sawada, H., Wang, R. dan Sleight, A.W., 1996. An Electron Density Residual Study of Zinc Oxide. *Journal of Solid State Chemistry*. Vol. 122. Issue. 1. pp. 148-150.
- Schodek, D.L., Ferreira, P. and Ashby, M.F. 2009. *Nanomaterials, nanotechnologies and design: an introduction for engineers and architects*. Butterworth-Heinemann.
- Singh, C.R., Kathiresan, K. and Anandhan, S. 2015. A Review On Marine Based Nanoparticles and Their Potential Applications. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 14. No. 18. Issue. Pp. 1525-1532.
- Sondi I, Salopek-Sondi B. 2004. Silver Nanoparticles as Antimicrobial Agent: A Case Study on *E. coli* As A Model for Gram-Negative Bacteria. *Journal Colloid Interface Sci*. Vol. 275. Issue. 1. 177–82.
- Suresh, D., Nethravathi, P.C., Rajanaika, H., Nagabhushana, H. and Sharma, S.C. 2015. Green Synthesis of Multifunctional Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles Using *Cassia Fistula* Plant Extract and Their Photodegradative, Antioxidant and Antibacterial Activities. *Materials Science in Semiconductor Processing*. Vol. 31. pp. 446-454.
- Suri, M.A., Azizah, Z. and Asra, R., 2021. A Review: Traditional Use, Phytochemical and Pharmacological Review of Red Betel Leaves (*Piper Crocatum* Ruiz & Pav). *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*. Vol. 9. Issue. 1. pp. 159-16

- Vijayakumar, S., Vinoj, G., Malaikozhundan, B., Shanthi, S. dan Vaseeharan, B. 2015. Plectranthus Amboinicus Leaf Extract Mediated Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and its Control of Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus Biofilm and Blood Sucking Mosquito Larvae. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. Vol. 137. pp.886-891.
- Wang, H., J. Xie, K. Yan and Duang, M. 2011. Growth mechanism of Different Morphologies of ZnO Crystals Prepared by Hydrometals Method. *Journal Material Science Technology*. Vol. 27. Pp. 153-158
- Wirjaksono, A. 2011. *Karakterisasi Nanokristalin ZnO Hasil Presipitasi dengan Perlakuan Pengeringan, Anil dan Pasca-Hidrotermal*. Tesis. Univesitas Indonesia.
- Wu, Y.L., A.I.Y. Tok, F.Y.C. Boey, X.T. Zeng and Zhang, X. H. 2007. Surface Modification of ZnO Nanocrystals. *Journal Applied Surface Science*. Vol. 253. Pp. 5473–5479.
- Yaqin, M. A. 2017. *Fotosintesis dan Karakteisasi Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Sargassum sp.* Skripsi. Universitas Islam Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Yunita, Y., Nurlina, N. and Syahbanu, I., 2020. Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *Positron*. Vol. 10. Issue. 2. pp.123-130.
- Zhai, Y., Hunting, E., Wouterse, M., Peijnenburg, W. and Vijver, M. 2017. Importance of Exposure Dynamics of Metal-Based Nano-ZnO, -Cu and -Pb Governing The Metabolic Potential of Soil Bacterial Communities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 145. Pp. 349-358.
- Zhang, Q., Yu, K., Bai, W., Wang, Q., Xu, F., Zhu, Z., Dai, N., and Sun, Y. 2007. Synthesis, Optical and Field Emission Properties of Three Different ZnO Nanostructures. *Materials Letters*. Vol. 61. Issue. 18.pp. 3890–3892.