

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANO-ZnO MENGGUNAKAN DAUN
PEPAYA JEPANG (*CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS*) DENGAN
METODE *GREEN SYNTHESIS***

(Skripsi)

Oleh

FEGI LIANI



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANO-ZnO MENGGUNAKAN DAUN PEPAYA JEPANG (*CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS*) DENGAN METODE *GREEN SYNTHESIS*

Oleh

FEGI LIANI

Telah dilakukan Sintesis nano-ZnO menggunakan daun pepaya Jepang dengan metode *green synthesis* yang divariasikan pada penambahan NaOH sebagai surfaktan sebanyak 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 M. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil sintesis nano-ZnO dari ekstrak daun pepaya Jepang, pengaruh variasi NaOH terhadap pembentukan gugus fungsi, struktur fasa, morfologi, dan energi celah pita nano-ZnO yang terbentuk. Proses sintesis dilakukan melalui tiga tahap yakni, ekstraksi daun pepaya Jepang, sintesis nano-ZnO, dan karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Transmission Electron Microscopy* (TEM), dan *UV-Diffuse Reflectance* (UV-DRS). Hasil analisis FTIR menunjukkan terbentuknya gugus fungsi ZnO pada bilangan gelombang 599 - 509 cm^{-1} dengan gugus fungsi utama yang terlibat berupa O-H, C=O, N-H, dan C-N. Hasil analisis XRD menunjukkan terdapat 4 fasa yang terbentuk pada sampel yaitu *zinc oxide*, *zinc phosphate*, *zinc iron oxide*, dan *zinc chlorate hydrate*. Faktor yang mempengaruhi terbentuknya fasa lain karena daun pepaya Jepang memiliki kandungan berupa *phosphorus* dan *iron*, fasa ZnO yang terbentuk memiliki struktur *wurtzite*. Hasil analisis UV-DRS menunjukkan bahwa sampel C memiliki energi celah pita mendekati standar sebesar 3,24 eV dengan nilai absorbansi 362 nm. Hasil TEM menunjukkan bahwa morfologi partikel dari sampel C mengalami aglomerasi akibat masih terdapat senyawa-senyawa lain.

Kata kunci: Daun Pepaya Jepang, NaOH, ZnO.

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NANO-ZNO USING JAPANESE PAPAYA LEAF (CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS) WITH THE GREEN SYNTHESIS METHOD

By

FEGI LIANI

Nano-ZnO synthesis has been carried out using Japanese papaya leaves using the green synthesis method. Addition of NaOH as surfactant with variations of 0.3; 0.5; 0.7; and 0.9M. This research purpose is to determine results of the synthesis of nano-ZnO from Japanese papaya leaf extract, the effect of NaOH variations on the formation of functional groups, phase structure, morphology and band gap energy of nano-ZnO. The synthesis process was carried out in three stages namely, extraction of Japanese papaya leaves, synthesis of nano-ZnO, and characterization using Fourier Transform Infra-Red (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), Transmission Electron Microscopy (TEM), and UV-Diffuse Reflectance (UV-DRS). The results of FTIR analysis show the formation of ZnO functional groups at wave numbers 599 - 509 cm^{-1} with the main functional groups involving O-H, C=O, N-H, and C-N. The results of the XRD analysis showed that there were 4 phases formed in the sample, namely zinc oxide, zinc phosphate, zinc iron oxide, and zinc chlorate hydrate. Factors that influence the formation of other phases are because Japanese papaya leaves contain phosphorus and iron, the ZnO phase formed has a wurtzite structure. The results of UV-DRS analysis showed that sample C had a band gap energy close to standard of 3.24 eV with an absorbance value of 362 nm. The TEM results showed the particle morphology of sample C underwent agglomeration due to the presence of other compounds.

Keywords: Japanese Papaya Leaf, NaOH, ZnO.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANO-ZnO MENGGUNAKAN DAUN
PEPAYA JEPANG (*CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS*) DENGAN METODE
*GREEN SYNTHESIS***

Oleh

FEGI LIANI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai 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 Laporan : Sintesis dan Karakterisasi Nano-ZnO Menggunakan Daun Pepaya Jepang (*Cnidioscolus Aconitifolius*) dengan Metode *Green Synthesis*

Nama Mahasiswa : Fegi Liani

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041038

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.
NIP. 195903091991031001

Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.
NIP. 197108291997032001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., PhD.

Sekretaris

: Sri Wahyu Suciwati, 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. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Oktober 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan 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, 11 September 2023



Fegi Liani
Fegi Liani
NPM. 1917041038

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Fegi Liani, dilahirkan di Tulang Bawang pada tanggal 17 Mei 2000. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Sarifudin dan Ibu Tarmini. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak Darul Ulum pada tahun 2007, kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Panca Tunggal Jaya pada tahun 2013, dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) Darul Ulum pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Penawar Aji pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan baik akademik maupun non akademik. Pada tahun 2019 penulis menjadi anggota magang bidang minat dan bakat Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi). Pada tahun 2020 penulis menjadi anggota bidang kaderisasi Himafi, staf ahli Kementerian Pergerakan BEM U KBM Unila, dan staf Dinas Aksi dan Propaganda BEM FMIPA Unila. Pada tahun 2021 penulis menjadi Bendahara Umum Himafi dan sebagai peserta penerima pendanaan Program Kreatif Mahasiswa (PKM-RE) Kementerian Pendidikan, Budaya, Riset, dan Teknologi. Pada tahun 2022 penulis menjadi Bendahara Eksekutif BEM FMIPA Unila dan sebagai *awardee* ISDP BSI.

Pada tahun 2023 penulis menjadi Menteri Pergerakan dan Pemberdayaan Wanita BEM U KBM Unila dan sebagai peserta Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) Universitas Lampung. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung di Desa Suka Bandung, Kec. Talang Padang, Kab. Tanggamus pada tahun 2022.

MOTTO

“Ketahuilah, sesungguhnya kehidupan dunia itu hanyalah permainan dan sendagurauan, perhiasan, dan saling berbangga diantara kamu serta berlomba dalam kekayaan dan anak keturunan, seperti hujan yang tanaman-tanamannya mengagumkan para petani; kemudian (tanaman) itu menjadi hancur.”

(Q.S , Al-Hadid: 20)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).”

(Q.S, As-Syahr:7-8)

“Menjadi istimewa butuh pengorbanan, memerlukan kesabaran, dan keteguhan. Istimewa berarti pusat perhatian karena itulah istimewa mendapat balasan yang lebih.”

(Felix Siau, Beyond The Inspiration: 49)

“Kita boleh merasa bahwa usaha kita sendirilah yang menyebabkan kita mencapai suatu hasil hingga merasa hebat, padahal Allah dapat menariknya kapan saja Ia berkehendak. Semua pencapaian hari ini bukan hanya tentang diri sendiri saja, jangan sombong!”

(Penulis)

“Wanita yang mendidik seorang anak laki-laki mungkin ia sedang membentuk seorang pemimpin, sedangkan wanita yang melahirkan dan mendidik seorang anak perempuan, berarti ia sedang membangun sebuah peradaban.”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang aku cintai:

Bapakku laki-laki terhebat

Sarifudin

Atas segala keteguhan hatimu yang mampu menjadi sosok dengan menjalankan dua peran dalam kehidupan anak-anakmu. Pengorbanan, kesabaran, dan kelembutan hatimu dalam mendidik kami adalah sumber kekuatan bagi kami.

Ibukku tercinta

Tarmini

Engkau adalah wanita hebat yang sudah memberikan pelajaran kepadaku untuk tidak mengeluh apapun kondisinya, doamu adalah kekuatanku.

Kakak dan adikku tersayang

Tika Ferdian dan Amira Anggraeni

Yang sudah menjadi saudari sekaligus sahabatku, mari saling menguatkan satu sama lain. Kalian adalah alasan untuk terus memberikan teladan bahwa pendidikan harus diperjuangkan

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan berkat karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang bertempat di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Nano-ZnO Menggunakan Daun Pepaya Jepang (*Cnidioscolus Aconitifolius*) dengan Metode *Green Synthesis*”. Proposal Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan syarat memenuhi salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 11 September 2023

Fegi Liani
NPM. 1917041038

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, Islam, dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Nano-ZnO Menggunakan Daun Pepaya Jepang (*Cnidioscolus Aconitifolius*) dengan Metode *Green Synthesis*”. Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi, ilmu, dan nasehat kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi.
2. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing kedua yang sudah banyak memberikan waktunya selama penelitian dan penulisan skripsi serta memberikan nasehat, motivasi, dan bantuan material yang berasal dari dana Hibah Penelitian Dasar Unila Tahun 2023 kepada penulis.
3. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D. sebagai Dosen Penguji yang telah berkenan untuk memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulisan.

4. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberi nasihat dan juga motivasi selama menempuh pendidikan di Jurusan Fisika.
5. Seluruh Dosen Jurusan Fisika atas segala ilmu dan pengalamannya yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa di Universitas Lampung, para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
6. Orangtua penulis Bapak Sarifudin dan Ibu Tarmini, kakakku Tika Ferdian, adikku Amira Anggraeni, Nenekku Mbok Mijem, Mbah ibu Maryam, bibi Santiah, dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan penuh dan doa terbaiknya.
7. Sahabat cerita “Bismillah Sukses” Muhammad Rizki, Andrean Johandra, Hikmah Nurcahayaniati, dan Linda Herviana yang sudah menjadi rumah bagi penulis, selalu siap direpotkan, dan sudah mau bersama-sama menulis cerita indah semasa kuliah.
8. Keluargaku di Rumah Queen, Mbak Mirda, Mbak Ayu, Mbak Armi, Mbak Indah, dan Erlin yang sudah menemani dan bersama-sama membentuk habits selama kurang lebih 2 tahun.
9. Sahabatku Dewa Ayu Neli, Vanka Jatra Perdana, dan Ahmad Pujiono yang sudah banyak membantu dalam proses pendaftaran masuk ke Universitas Lampung.
10. Sahabatku “Kuat-kuat” Lousanja Dira, Astin Vidyasani, dan Lis Dwi Andini yang selalu mendukung apapun kondisinya.

11. Teman-teman presidium, pimpinan, dan seluruh keluarga besar Himafi 2021 yang telah memberikan banyak pengalaman dan pelajaran kehidupan dunia kampus.
12. Teman-teman presidium, pimpinan, dan seluruh keluarga besar BEM FMIPA Unila 2022 yang telah bersedia untuk berjuang bersama-sama menebarkan kebaikan.
13. Teman-teman pimpinan, Kementerian Pergerakan, adik-adikku staf Kementerian Pergerakan dan Pemberdayaan Wanita, dan seluruh keluarga besar BEM U KBM Unila 2023 yang telah memberikan motivasi, pengalaman, dan pelajaran serta saling menguatkan.
14. Kakak-kakak Koppimapan yang sudah memberikan banyak ilmu dan pengalaman.
15. Teman penelitian ZnO, Hikmah Nurcahayaniati, Chairunissa Benyamin, Sofiyana Rahayu, dan Miranti yang sudah banyak membantu dalam proses penelitian.
16. Teman-teman seperjuangan Fisika 2019 dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan doa, motivasi, bantuan moril maupun materil kepada penulis.

Semoga Allah SWT. Senantiasa memberikan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh semua pihak untuk penulis.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Bandar Lampung, 11 September 2023

Fegi Liani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	x
PERSEMBAHAN	xi
KATA PENGANTAR	xii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nanopartikel	6
2.2 Nanopartikel Zink Oksida (ZnO)	8
2.3 Daun Pepaya Jepang.....	10
2.4 Sintesis Nanopartikel ZnO	12
2.5 Karakterisasi Nanopartikel ZnO.....	16

2.5.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	16
2.5.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	20
2.5.3	<i>Transmission Electron Microscopy (TEM)</i>	23
2.5.4	<i>Spektrofotometer UV-Diffuse Reflectance (UV-VIS)</i>	25
III. METODE PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2	Alat dan Bahan	28
3.2.1	Alat	28
3.2.2	Bahan	28
3.3	Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1	Pembuatan Ekstrak Daun Pepaya Jepang.....	29
3.3.2	Sintesis Nanopartikel ZnO.....	29
3.3.3	Karakterisasi	30
3.4	Diagram Alir.....	30
3.4.1	Diagram Alir Ekstrak Daun Pepaya Jepang	31
3.4.2	Diagram Alir Sintesis Nanopartikel ZnO	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Sintesis Daun Pepaya Jepang.....	33
4.2	Hasil Karakterisasi FTIR Nanopartikel ZnO.....	35
4.3	Hasil Analisis XRD Nanopartikel ZnO.....	37
	A. Hasil Analisis Kualitatif XRD Nanopartikel ZnO.....	37
	B. Hasil Analisis Kuantitatif XRD Nanopartikel ZnO	44
4.4	Hasil Analisis UV-VIS DRS Nanopartikel ZnO	50
4.5	Hasil Analisis TEM Nanopartikel ZnO.....	54
V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman pepaya Jepang (<i>Cnidocolus aconitifolius</i>).....	12
Gambar 2.2 Metode <i>top-down</i> dan <i>bottom-up</i>	13
Gambar 2.3 Mekanisme sintesis nanopartikel.....	14
Gambar 2.4 Mekanisme biosintesis Nanopartikel ZnO	15
Gambar 2.5 Diagram XRD.....	17
Gambar 2.6 Skema XRD.....	18
Gambar 2.7 Pola difraksi XRD Nano ZnO.....	20
Gambar 2.8 Proses perubahan sinyal pada spektroskopi FTIR	21
Gambar 2.9 Spektrum FTIR ZnO kulit nanas	22
Gambar 2.10 Komponen TEM.....	24
Gambar 2.11 Mikrograf nanopartikel ZnO.....	25
Gambar 2.12 Diagram spektrofotometer UV-Vis berkas tunggal.....	26
Gambar 2.13 Skema spektrometer UV-Vis berkas ganda.....	27
Gambar 3.1 Diagram alir ekstraksi daun pepaya Jepang.....	32
Gambar 3.2 Diagram alir sintesis nanopartikel ZnO.....	33
Gambar 4.1 Hasil ekstraksi daun pepaya Jepang	33
Gambar 4.2 Sampel hasil sintesis ZnO daun pepaya Jepang	34
Gambar 4.3 Hasil karakterisasi ZnO dengan variasi NaOH.....	35
Gambar 4.4 Difraktogram XRD nanopartikel ZnO dengan variasi NaOH ...	38
Gambar 4.5 Hasil refine XRD dengan variasi NaOH.	46
Gambar 4.6 Spektrum UV-VIS DRS nano-ZnO dengan variasi NaOH	51

Gambar 4.7	Diagram energi celah pita nanopartikel ZnO variasi NaOH	52
Gambar 4.8	Morfologi TEM	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Komposisi dan variasi NaOH.....	30
Tabel 4.1 Kelompok puncak serapan gugus fungsi nanopartikel ZnO	36
Tabel 4.2 Puncak tertinggi sudut 2θ dan ukuran partikel.....	41
Tabel 4.3 Selisih nilai Δd (Å) pada sampel A.....	42
Tabel 4.4 Selisih nilai Δd (Å) pada sampel B	42
Tabel 4.5 Selisih nilai Δd (Å) pada sampel C	43
Tabel 4.6 Selisih nilai Δd (Å) pada sampel D.....	43
Tabel 4.7 Parameter refinement data XRD ZnO	49
Tabel 4.8 Sel Parameter Nanopartikel ZnO Variasi Konsentrasi.....	49
Tabel 4.9 Hasil analisis UV-VIS DRS nanopartikel ZnO.....	53

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanopartikel merupakan salah satu penerapan ilmu sains dan teknologi yang mengendalikan materi tingkat molekuler dengan ukuran berskala nano yang berada pada skala 1 sampai 100 nm. Dibandingkan dengan material sejenis dalam ukuran besar, nanopartikel bersifat lebih reaktif dan hukum fisika yang berlaku sudah menggunakan hukum-hukum fisika kuantum (Balasundaram dan Webster, 2007). Pemanfaatan nanopartikel telah merambah di berbagai bidang seperti bidang lingkungan, biomedis, perawatan kesehatan, pertanian, tekstil, industri, elektronika, bidang energi, dan lainnya.

Perkembangan terhadap penelitian material nano difokuskan pada senyawa semikonduktor oksida logam, salah satunya adalah seng oksida (ZnO). ZnO merupakan jenis logam yang memiliki stabilitas kimia dan termal sangat baik karena ZnO memiliki celah pita kisaran 3,37 eV dan energi ikat sebesar 60 MeV (Parra dan Haque, 2014). Selain itu, ZnO memiliki sifat optik, akustik dan kelistrikan yang menarik serta dapat diaplikasikan di berbagai bidang seperti elektronik dan sensor. Bahkan ZnO dengan ukuran skala nanometer berpotensi sebagai fotodegradasi metemitron, fotodegradasi senyawa metilen biru, dan sebagai antibakteri jenis bakteri gram positif dan negatif.

Hal inilah yang mendorong adanya perkembangan terhadap penelitian partikel ZnO dengan ukuran nano yang berskala laboratorium bahkan industri. Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top-down* (fisika) dan *bottom-up* (kimia). Metode *top-down* merupakan proses melalui padatan logam yang dibuat menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan pada metode *bottom-up*, logam dilarutkan dengan menggunakan agen pereduksi dan penstabil untuk mengubahnya ke dalam bentuk nano (Kumar dan Yadav, 2011). Namun dua metode tersebut memiliki banyak kendala seperti penggunaan pelarut beracun, limbah hasil sintesis yang berbahaya terhadap lingkungan, dan konsumsi energi yang tinggi

Oleh karena itu, diperlukan inovasi baru dalam sintesis nanopartikel yang lebih ramah lingkungan tetapi dapat menekan biaya yang lebih murah. Disisi lain telah ditemukan cara mensintesis nanopartikel yaitu biosintesis nanopartikel dengan memanfaatkan makhluk hidup sebagai agen pereduksi. Biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan khamir (mikroorganisme jamur bersel tunggal) memiliki kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit dan lamanya proses sintesis. Namun ketika menggunakan biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen pereduksi ternyata memberikan beberapa keuntungan seperti ramah lingkungan, biaya yang rendah, tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta penggunaan terhadap bahan kimia beracun tidak terlalu tinggi (Elumalai *et al.*, 2015).

Beberapa penelitian terbaru mengenai nanopartikel ZnO telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan *green synthesis* (sintesis hijau) yang memanfaatkan bahan-bahan ramah lingkungan salah satunya ekstrak *Moringa oleifera* (Elumalai

et al., 2015). Ditemukan bahwa metode sintesis hijau lebih menjanjikan karena lebih ramah lingkungan, proses yang sederhana, dan bahan-bahan yang digunakan mudah didapatkan.

Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk sintesis hijau adalah daun pepaya Jepang (*Cnidocolus aconitifolius*). Daun pepaya Jepang merupakan famili *euphorbiaceae* yang terdiri atas 50 spesies tersebar di berbagai daerah tropis. tanaman ini tergolong dalam jenis semak belukar yang tingginya dapat mencapai sekitar 6 meter, memiliki bunga berwarna putih, panjang daun sekitar 32 cm dengan lebar 30 cm, dan memiliki *petiole* (Awoyinka *et al.*, 2007). Meskipun disebut daun pepaya Jepang ternyata tanaman ini berasal dari negara Meksiko. Di negara tersebut terdapat dua jenis spesies yang dikenal dengan nama umum Chaya yaitu *Cnidocolus chayamansa* dan *Cnidocolus aconitifolius*. Tanaman tersebut dibudidayakan sebagai tanaman hias, tanaman obat, dan sayuran karena bermanfaat untuk kesehatan. Selain itu digunakan untuk mengobati kanker, penurunan berat badan, tekanan darah tinggi, bisul, diabetes melitus, dan penyakit ginjal (Ross, 2003).

Daun pepaya Jepang memiliki banyak kandungan seperti protein, serat, rendah lemak, kadar saponin yang tinggi, tanin, alkaloid, dan flavonoid. Daun pepaya Jepang juga mengandung beberapa mineral seperti besi, mangan, magnesium, fosfor, dan seng (Oyagbemi *et al.*, 2011). Selain kandungan tersebut, pepaya Jepang juga bermanfaat dalam aktivitas biologi seperti antimutagenik, antioksidan, hipoglikemik, antiinflamasi, antiprotozoal, dan antibakteri.

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian Nano-ZnO menggunakan metode sintesis hijau dengan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor dan NaOH sebagai surfaktan. Selain itu, akan mempelajari terkait pengaruh variasi NaOH yaitu 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 M terhadap pembentukan nanopartikel ZnO. Proses yang dilakukan melalui tiga tahap yaitu ekstrak daun pepaya Jepang, sintesis ZnO, dan karakterisasi nanopartikel ZnO. Untuk mengetahui karakteristik unsur dan struktur fase dalam penelitian ini menggunakan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), untuk mengetahui gugus fungsi dilakukan analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *Transmission Electron Microscopy* (TEM) untuk mengetahui morfologi dari senyawa hasil sintesis, dan Spektrofotometer *UV-Diffuse Reflectance* (UV-DRS) untuk mengukur energi celah pita.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah.

1. Apakah sintesis nanopartikel ZnO dapat dibuat dari ekstrak daun pepaya Jepang?
2. Bagaimana pengaruh variasi NaOH terhadap pembentukan nanopartikel ZnO?
3. Bagaimana karakteristik nanopartikel ZnO yang disintesis dari ekstrak daun pepaya Jepang dengan menggunakan XRD, FTIR, UV-DRS, dan TEM?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah.

1. Mengetahui hasil sintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak daun pepaya Jepang.
2. Mengetahui pengaruh variasi NaOH terhadap pembentukan nanopartikel ZnO

3. Mengetahui karakteristik nanopartikel ZnO menggunakan XRD, FTIR, UV-DRS, dan SEM.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah.

1. Perbandingan Ekstrak daun pepaya Jepang dan Seng Nitrat Heksahidrat sebesar 1:2.
2. Penambahan NaOH dengan variasi sebesar 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 M.
3. Pencampuran larutan ekstrak daun pepaya Jepang dan seng nitrat dipanaskan dengan suhu 80°C dalam waktu 15 menit.
4. Analisis gugus fungsi, sifat kristal, sifat optik melalui karakterisasi XRD, FTIR, UV-DRS, dan TEM.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah.

1. Memberikan informasi tentang kandungan ZnO yang terkandung oleh tanaman pepaya Jepang, pengaruh variasi NaOH terhadap pembentukan nanopartikel hasil sintesis, dan karakterisasi gugus fungsi, sifat kristal, nilai absorbansi sampel, dan morfologi dari senyawa hasil sintesis ZnO.
2. Hasil penelitian sintesis nanopartikel ZnO dari daun pepaya Jepang dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam upaya pengembangan dan pemanfaatan di bidang nanomaterial.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

Nanoteknologi merupakan salah satu penerapan ilmu sains dan teknologi dalam pengendalian materi pada tingkat molekuler karena pada tingkat skala nano, suatu materi memiliki sifat berbeda secara signifikan dari sifat mikroskopisnya. Selain itu, nanoteknologi juga memiliki kemampuan untuk mendesain, mengkarakterisasi, memproduksi, dan membentuk struktur, perangkat atau sistem dengan merancang bentuk dan ukuran pada skala nanometer (Mansoori dan Soelaiman, 2005). Nanoteknologi menjadi bidang penelitian yang sangat diminati dalam memproduksi nanopartikel dengan bermacam-macam ukuran, bentuk, komposisi kimia, dan adanya potensi untuk dapat diaplikasikan serta dimanfaatkan oleh manusia.

Nanopartikel memiliki struktur yang sangat halus dengan ukuran partikelnya minimal berkisaran 1 – 100 nm dalam satu dimensi. Secara bentuk nanopartikel dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, materi karbon, senyawa organik, dan biologi seperti DNA, protein, dan enzim (Mohanraj dan Chen, 2007). Menurut Balasundaram dan Webster (2007) terdapat dua hal utama yang membuat nanopartikel memiliki perbedaan sifat dengan material sejenisnya dalam ukuran yang besar antara lain.

- a. Nanopartikel dengan ukuran yang sangat kecil, hal ini menyebabkan material nanopartikel memiliki perbandingan luas permukaan dan volume jauh lebih besar daripada partikel sejenis dalam ukuran besar. Sehingga dengan rasio yang besar, nanopartikel lebih bersifat reaktif karena reaktivitas material ditentukan oleh fraksi atom-atom di permukaan selain itu karena hanya atom-atom tersebutlah yang bersentuhan secara langsung dengan material lainnya jika terjadi reaksi kimia
- b. Ukuran partikel yang mencapai orde nanometer, sehingga hukum fisika yang digunakan yaitu hukum-hukum fisika kuantum. Hukum-hukum fisika klasik yang biasanya diterapkan pada material ukuran besar mulai menunjukkan penyimpangan prediksi.

Perubahan terhadap sifat-sifat nanopartikel umumnya berkaitan dengan fenomena-fenomena fisika dan kimia. Fenomena pertama yaitu fenomena kuantum sebagai akibat adanya keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Hal inilah yang berimbas pada perubahan beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Fenomena kedua adalah perubahan rasio pada jumlah atom yang berada dipermukaan terhadap jumlah total atom. Hal ini menyebabkan adanya perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia.

Nanopartikel terbagi menjadi tiga macam yaitu nanopartikel alami, antropogenik, dan nanopartikel buatan. Nanopartikel alami terbentuk secara sendirinya yang mencakup bahan dengan kandungan nano komponen. Kemungkinan ditemukan jenis ini yaitu di atmosfer seperti garam laut yang dihasilkan dari proses evaporasi air laut ke dalam bentuk *spray* air, debu tanah, abu vulkanik, sulfat yang berasal

dari gas biogenik, dan bahan organik dari gas biogenik. Kandungan di dalam atmosfer dari masing-masing nanopartikel alami tersebut tergantung pada kondisi bumi. Nanopartikel antropogenik merupakan nanopartikel yang terbentuk secara kebetulan ketika dihasilkan pada bentuk bahan bakar fosil. Nanopartikel antropogenik lain berada dalam bentuk asap dan partikulat hasil dari oksidasi gas, seperti sulfat dan nitrat. Sedangkan nanopartikel buatan merupakan nanopartikel yang diciptakan dengan tujuan tertentu dan kemungkinan dapat ditemukan dalam satu atau lebih bentuk yang berbeda (Park, 2007).

Menurut Jain (2008) nanopartikel dapat diklasifikasikan ke dalam lima kategori berdasarkan jenis materi partikel yaitu quantum *dot*, nanokristal, lipo partikel, nanopartikel magnetik, dan nanopartikel polimer. Penelitian terkait nanopartikel sedang berkembang pesat karena memiliki potensi besar dalam penerapan di bidang lingkungan, elektronik, optik, dan biomedis.

2.2 Nanopartikel Zink Oksida (Nano-ZnO)

Seng oksida merupakan salah satu senyawa oksida anorganik logam yang masuk ke dalam golongan transisi dengan rumus umum ZnO. Senyawa ZnO biasanya berbentuk serbuk putih yang bersifat sukar larut dalam air tetapi larut dalam asam dan basa. ZnO terletak pada kerak bumi dengan wujud mineral *zincite*. Sedangkan struktur dari ZnO terdiri atas tiga bentuk antara lain *hexagonal wurtzite*, *cubic zinc blende*, dan *cubic rocksalt* dari ketiga struktur tersebut, *wurtzite* adalah bentuk yang sangat stabil pada suhu kamar (Callister dan Rethwisch, 2007). Pada berbagai produk dan material, ZnO merupakan jenis semikonduktor pada golongan II-VI dengan lebar celah pita (*band gap*) kisaran 3,37 eV dan energi ikatnya sebesar 60

MeV (Parra dan Haque, 2014). Angka tersebut merupakan nilai yang tinggi jika dibandingkan dengan material oksida logam lainnya. Adanya nilai celah pita yang lebar pada senyawa ZnO, menyebabkan ZnO dapat disintesis, dimodifikasi, dan diaplikasikan oleh para peneliti dalam bidang semikonduktor. Beberapa bentuk Kristal dari ZnO yang berhasil ditemukan berdimensi satu (1D) seperti *rod*, *tube*, *wire*, dan *nail*, berdimensi dua (2D) seperti, *sheet*, *hexagon*, *tower*, dan *comb*, serta berdimensi tiga (3D) yaitu *flower* (Zhang *et al.*, 2007).

ZnO memiliki sifat yang unggul terutama pada bidang optik dan optoelektronik. Serbuk ZnO juga dapat digunakan sebagai bahan adiktif dalam pembuatan keramik, plastik, semen, kaca, karet, dan pelumas. Selain itu dalam ukuran skala nanometer ZnO dapat dimanfaatkan sebagai fotodegradasi senyawa metilen biru (Sanna *et al.*, 2016) dan sebagai antibakteri jenis bakteri gram positif. Keunggulan yang dimiliki oleh senyawa ZnO telah diteliti dan dipelajari secara luas untuk dimanfaatkan diantaranya aplikasi *microwave*, *absorber*, *optical switches*, *solar cells*, *photovoltaic devices*, dan sensor.

ZnO nanopartikel adalah material semikonduktor yang menghasilkan *luminisens* biru sampai hijau-kuning yang cukup efisien. Sifat inilah yang menjadikan ZnO sebagai material yang berpotensi dalam pengembangan sumber cahaya putih karena strukturnya yang kovalen. Material oksida ini transparan terhadap cahaya akibat celah pitanya yang *moderat*. Sifat semikonduktifnya diaplikasikan sebagai semikonduktor fotokatalis. Secara umum fotokatalisis dapat didefinisikan sebagai suatu proses reaksi kimia yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalisis padat dengan pencahayaan sinar UV ($\lambda < 405$). Sehingga permukaan material oksida seperti TiO_2 dan ZnO memiliki potensi mengionisasi reaksi kimiawi. Pada

media air, senyawa organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air. Maka proses fotokatalisis dapat membersihkan air dari pencemaran senyawa-senyawa organik dan anorganik beracun yang dapat mencemari lingkungan. Selain itu, sifat semikonduktornya dapat diaplikasikan sebagai semikonduktor fotokatalisis yang menghasilkan elektron dan *hole* untuk *transparent conducting oxide* (TCO) pada layar LCD, LED, elektrokromik *windows*, aspek alternatif energi lapisan pertama pada sel surya lapis tipis dan aspek teknologi seperti sensor gas yang dapat mendeteksi berbagai macam gas contohnya sensor gas dimetilamin (DMA) yang terlarut dalam gas hidrogen, uap etanol, dan gas-gas beracun hasil pembakaran transportasi darat.

2.3 Daun Pepaya Jepang

Daun pepaya Jepang (*Cnidoscolus aconitifolius*) merupakan famili dari *euphorbiaceae* terdiri atas 50 spesies, 20 diantaranya endemik Meksiko, sedangkan lainnya tersebar di berbagai daerah tropis dan subtropis, terutama di daerah hutan gugur rendah dan semak *xerophilous* Meksiko (Kolterman *et al.*, 1984). Daun pepaya Jepang tergolong ke dalam semak belukar dengan tinggi mencapai 6 meter, daun yang melengkung *palmate*, bunga berwarna putih, panjang daun 32 cm dengan lebar 30 cm dan memiliki petiole (Awoyinka *et al.*, 2007). Biasanya daun pepaya Jepang dimanfaatkan oleh orang pedesaan di Negara Meksiko tengah dan selatan sebagai bahan makanan yang berfungsi sebagai sumber protein, vitamin, mineral dan antioksidan. Selain itu, dimanfaatkan sebagai tanaman obat dan tanaman hias sejak zaman Precolumbian.

Baru-baru ini tanaman pepaya Jepang dikenal oleh masyarakat karena mudah tumbuh baik di lahan yang luas atau hanya ditanam di dalam pot dan penanamannya tidak memerlukan perawatan yang khusus. Berdasarkan *Integrated Taxonomic Information System* (2018), pepaya Jepang dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Viridiplantae</i>
Superdivision	: <i>Streptophyta</i>
Division	: <i>Tracheophyta</i>
Subdivision	: <i>Spermatophyta</i>
Class	: <i>Magnoliopsida</i>
Superorde	: <i>Rosanae</i>
Orde	: <i>Malpighiales</i>
Genus	: <i>Cnidoscolus</i>
Spesies	: <i>Cnidoscolus aconitifolius</i>

Daun pepaya Jepang memiliki kandungan senyawa yang sangat bermanfaat karena komposisi fitokimia daun ini menunjukkan adanya kandungan tanin, fitat, saponin, alkaloid, dan flavonoid dengan takaran yang berbeda-beda. Sedangkan kandungan paling tinggi adalah senyawa flavonoid.



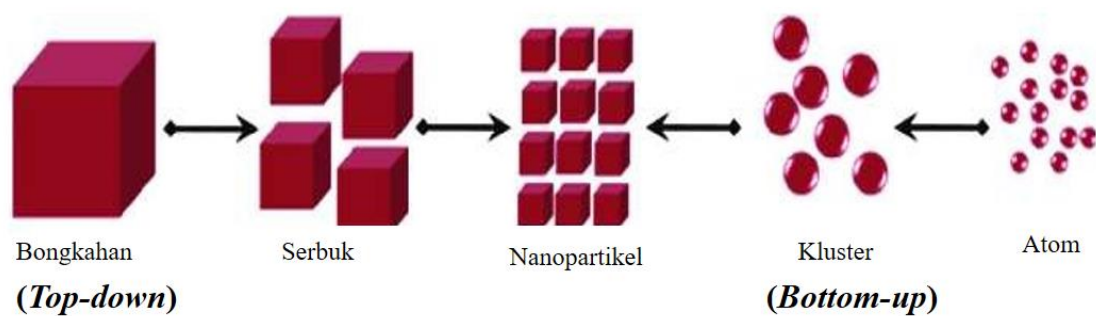
Gambar 2.1 Tanaman pepaya Jepang (*Cnidocolus aconitifolius*).

Daun pepaya Jepang mengandung beberapa mineral seperti besi, mangan, magnesium, fosfor, dan seng dengan komposisi berbeda-beda (Oyagbemi *et al*, 2011). Pepaya Jepang juga bermanfaat dalam aktivitas biologi seperti antimutagenik, antioksidan, hipoglikemik, antiinflamasi, antiprotozoal dan antibakteri salah satu senyawa antioksidan yang terdapat pada ekstrak daun pepaya Jepang berupa alkaloid memiliki gugus fungsi amina yang dapat berfungsi sebagai sumber basa (alkali) dalam pembentukan nanopartikel ZnO.

2.4 Sintesis Nanopartikel ZnO

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, atau gas. Secara umum, sintesis nanopartikel terbagi menjadi dua metode utama seperti yang terlihat Gambar 2.2 metode pertama adalah memecah partikel yang berukuran besar menjadi partikel dengan ukuran nanometer. Metode ini sering disebut disebut pendekatan *top-down*. Metode kedua adalah penyusunan atom-atom atau molekul-

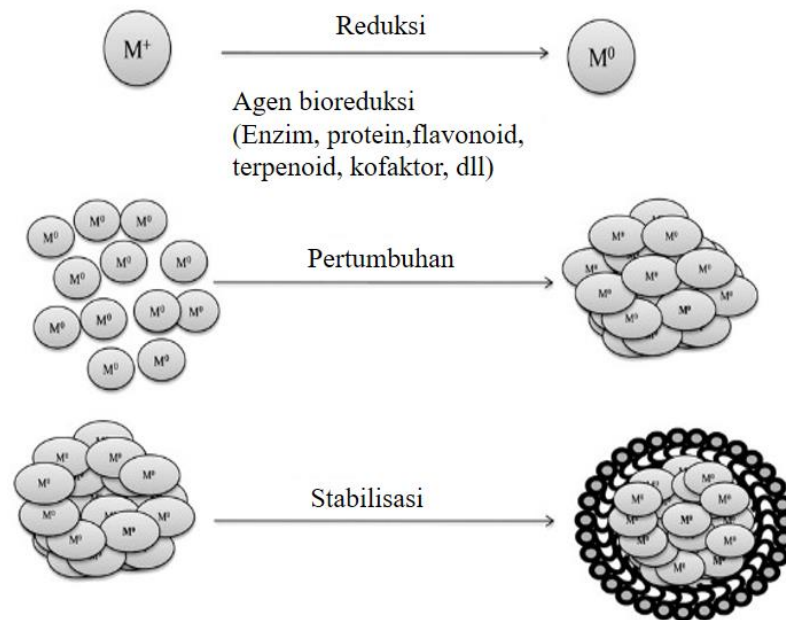
molekul atau kluster-kluster membentuk partikel berukuran nanometer. Metode ini disebut *bottom-up* (Ariningsih, 2016). Metode *top-down* umumnya memerlukan peralatan yang mahal dan dikerjakan dengan cara fisika. Sedangkan metode *bottom-up* dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan bahan-bahan kimia tetapi bahan-bahan kimia tersebut beracun dan dapat menjadi polutan bagi lingkungan (Kumar dan Yadav, 2011).



Gambar 2.2 Metode *top-down* dan *bottom-up* (Pareek *et al.*, 2017).

Beberapa metode telah digunakan dalam mensintesis ZnO seperti *hydrothermal*, *sol-gel*, presipitasi, *high temperature evaporation*, *gas spraying*, *pulsed laser deposition*, *sputtering*, *wet chemical* dan elektrokimia. Selain itu biosintesis yang menggunakan pendekatan *bottom-up* dengan melibatkan organisme untuk menghasilkan nanopartikel juga telah dikembangkan karena dapat diaplikasikan dalam pembuatan nanopartikel tanpa menggunakan bahan kimia yang *toxic* (Iravani, 2011). Namun saat ini telah ditemukan metode alternatif lain untuk sintesis nanopartikel yang lebih ramah lingkungan dan biaya lebih murah yaitu pemanfaatan makhluk hidup sebagai agen biologi pada proses sintesisnya yang dikenal sebagai biosintesis (Kumar dan Yadav, 2011). Mekanisme yang memungkinkan dalam sintesis nanopartikel dengan ditunjukkan oleh Gambar 2.3.

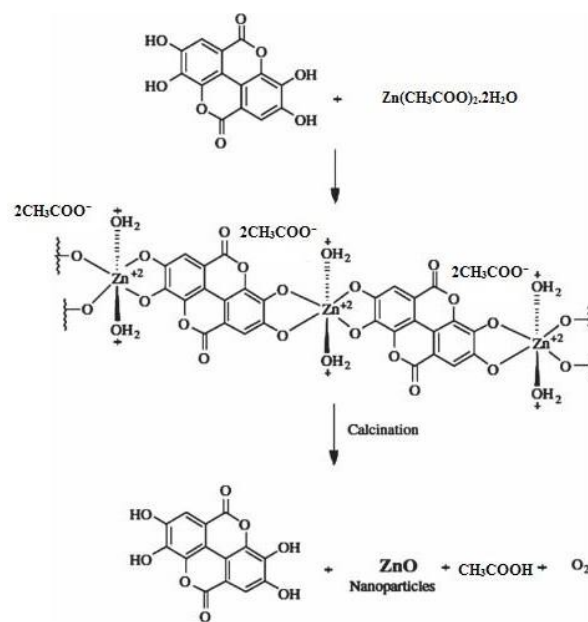
Perubahan garam logam menjadi nanopartikel logam dilakukan menggunakan agen pereduksi secara biologis. Atom netral akan tumbuh membentuk partikel dan dalam keadaan stabil akan berubah menjadi nanopartikel logam (Mittal *et al.*, 2013).



Gambar 2.3 Mekanisme sintesis nanopartikel (Mittal *et al.*, 2013).

Organisme yang berperan dalam proses biosintesis nanopartikel adalah *cyanobacteria*, bakteri, *yeast*, fungi, diatoms, mikroalga, makroalga dan tanaman. Kenyataannya biosintesis nanopartikel logam dengan menggunakan mikroorganisme ditemukan kelemahan seperti pemeliharaan kultur yang sulit, mahalnya produksi mikroorganisme, dan membutuhkan waktu sintesis yang cukup lama. Disisi lain terdapat metode yang lebih sederhana dalam pembuatan nanopartikel yaitu dengan menggunakan ekstrak tanaman (sintesis hijau). Bahkan reduksi logam secara sintesis hijau dengan ekstrak tanaman telah dikenal sejak awal 1900-an (Mittal *et al.*, 2013).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, bahwa ekstrak tanaman dapat berperan sebagai pengkhelat, reduktor, dan stabilisator dalam pembuatan nanopartikel (Iravani, 2011). Beberapa senyawa yang terdapat di dalam tanaman kemungkinan dapat berperan sebagai agen pereduksi terhadap perubahan garam metal (prekursor) menjadi logam atau nanopartikel logam secara sintesis hijau seperti enzim, protein, asam amino, vitamin, polisakarida, asam organik (asam sitrat), senyawa metabolit sekunder (senyawa fenol, flavonoid, flavonon, terpenoid, polifenol, fenolik, alkaloid, tanin, gugus karbonil, amina, amida, pigmen), dan agen pereduksi lainnya (Singh, 2015).



Gambar 2.4 Mekanisme biosintesis Nanopartikel ZnO (Shofwatunnisa *et al.*, 2019).

Berdasarkan Gambar 2.4 kemungkinan mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel ZnO oleh senyawa polifenol yang berperan sebagai agen pereduksi melalui ikatan kovalen koordinasi dalam pembentukan senyawa kompleks

koordinasi. Dalam reaksi tersebut, terjadi sebuah proses reduksi ion Zn^{2+} berubah sebagai senyawa kompleks Zn^0 yang kemudian menjadi ZnO melalui proses kalsinasi. Beberapa keuntungan menggunakan metode biosintesis nanopartikel dengan media tanaman antara lain ramah lingkungan, kompatibel untuk aplikasi farmasi dan biomedis, biaya rendah, dan tidak perlu tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak memerlukan bahan kimia yang beracun (Elumalai *et al.*, 2015).

2.5 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

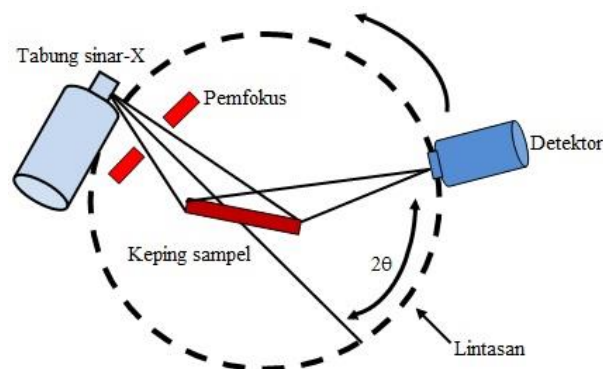
Karakterisasi nanopartikel dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dan struktur yang terbentuk pada materi. Nanopartikel logam memiliki berbagai macam bentuk, ukuran, dan karakteristik yang unik seperti spektrum absorbansinya yang spesifik. Selain itu, asosiasi nanopartikel dari molekul lain dapat dipelajari dengan menggunakan berbagai peralatan yang disesuaikan dengan tujuan sintesis nanopartikel. Ketika hendak mengetahui bentuk dan sebaran ukuran dari nanopartikel maka peralatan yang digunakan bersifat mikroskopik. Sedangkan peralatan yang bersifat spektroskopi digunakan untuk menganalisis spektrum absorbansi dan interaksi antara senyawa tertentu (Kumar dan Yadav, 2011). Beberapa analisis yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain, XRD, FTIR, TEM, dan UV-DRS.

2.5.1 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan metode analisis yang digunakan dalam karakterisasi struktur kristal. Pengujian menggunakan XRD memiliki dua fungsi utama, yaitu untuk

mengkonfirmasi jenis fasa dan ukuran rata-rata partikel yang dihasilkan. Berdasarkan posisi puncak-puncak yang dihasilkan dari data eksperimental XRD berupa besar sudut 2θ dengan membandingkan data base yang diperoleh dari *International Center for Diffraction Data (ICDD)* atau *Crystallography Open Database (COD)* akan didapatkan fasa sesuai dengan sampel nanopartikel ZnO dari hasil eksperimen.

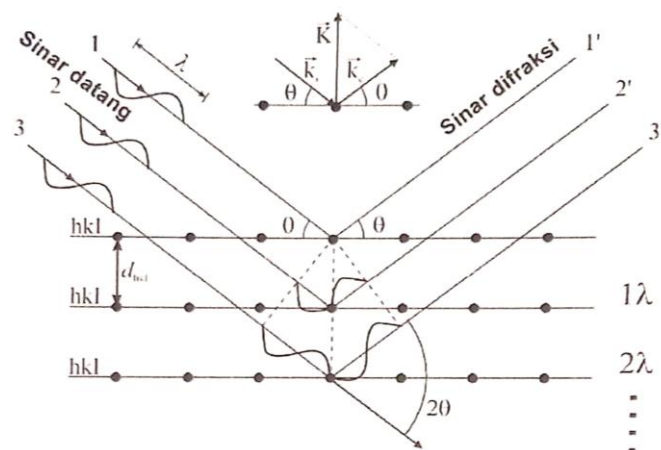
Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) sebesar 0,01 hingga 10 nm lebih pendek jika dibandingkan dengan gelombang cahaya ($\lambda = 400 - 800 \text{ nm}$) (Smallman, 2000). Panjang gelombang sinar-X merupakan dasar yang digunakan dalam teknik XRD untuk mengetahui struktur mikroskopis dari suatu bahan. Berdasarkan Gambar 2.5 letak monokromator pertama tidak ditunjukkan, akan tetapi yang utama harus diletakkan di antara tabung sinar-X. Setiap mesin memiliki jumlah slit yang berbeda-beda, dan jumlah slit pada Gambar 2.5 adalah lima. Pemasangan monokromator sekunder agar dapat memberikan hasil yang lebih baik (Manurung, 2019), berikut ini merupakan gambar diagram bagian-bagian XRD ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram XRD (Smallman dan Bishop, 1999).

Metode XRD memiliki peran penting dalam analisis pada kristalin, yaitu untuk meneliti ciri utama struktur dan untuk mengetahui rincian yang lain, misalnya susunan berbagai jenis atom dalam kristal, keberadaan cacat, ukuran butiran, orientasi, ukuran, dan kerapatan presipitat karena pola difraksi untuk tiap unsur terdapat pada Gambar 2.5 adalah spesifik, maka metode ini sangat akurat dalam menentukan komposisi unsur dan senyawa yang terkandung pada suatu sampel.

Bidang lain digunakan sebagai analisis kimia, pengukuran stress, pengukuran ukuran partikel, menentukan orientasi satu kristal atau kumpulan polikristal (Manurung, 2019). Bila seberkas sinar-X dengan panjang gelombang diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut datang θ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan XRD (Cullity, 1978). Berikut merupakan skema dari XRD yang disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema XRD (Cullity, 1978).

Suatu atom yang tersusun searah dan rapi dianggap membentuk satu bidang cermin sehingga bila ada sinar datang ke arah bidang tersebut maka akan dibelokkan sesuai prinsip optik (Manurung, 2019). Berdasarkan persamaan Hukum Bragg dari Gambar 2.6 dituliskan sebagai berikut (Cullity, 1978).

$$\Delta POQ = \sin \theta \text{ dan } \Delta QOR = \sin \theta \quad (2.1)$$

$$\sin \theta = \frac{PQ}{d} = \frac{QR}{d} \quad (2.2)$$

$$PQ = \frac{1}{2} \lambda = d \sin \theta \quad (2.3)$$

$$QR = \frac{1}{2} \lambda = d \sin \theta \quad (2.4)$$

Sehingga

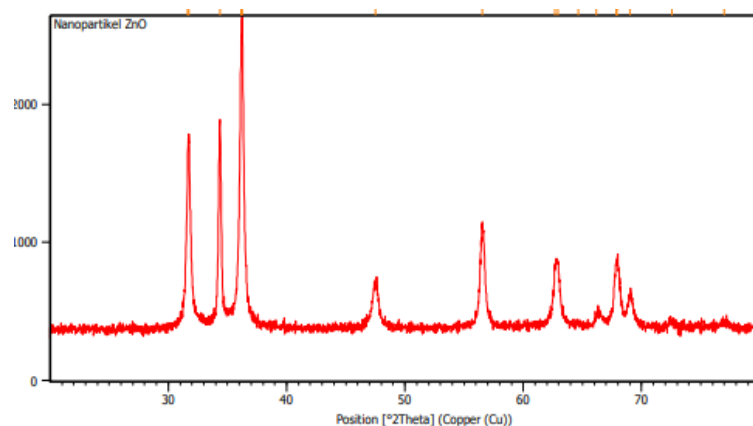
$$\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.5)$$

dengan n adalah bilangan integer, λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d merupakan jarak antar bidang, dan θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang kristal. Setiap bahan akan berbeda-beda pada pola difraksi, intensitas, dan sudut difraksi 2θ . Interferensi yang diperoleh berupa puncak-puncak intensitas didapat dari hasil proses difraksi, sehingga interferensi terjadi karena interaksi antara X-ray dengan atom-atom pada bidang kristal (Vlack, 1995). Untuk dapat melihat ukuran partikel pada hasil XRD yang telah diperoleh diperlukan persamaan yang didasarkan pada rumus Scherrer.

$$L = \frac{0,9 \lambda}{B \cos \theta} \quad (2.6)$$

dengan keterangan L merupakan diagonal terpanjang suatu kristal, B adalah lebar puncak pada *Full Width At Half Maximum* (FWHM). Pada rumus Scherrer ini

satuannya adalah radian. Bila data difraksi masih diantara sudut 2θ dan intensitas, maka FWHM satuannya adalah derajat ($^{\circ}$) dan satuan derajat ini harus diubah menjadi radian, dengan 1° sebesar 0,01745. Berikut merupakan salah satu pola difraksi XRD ZnO disajikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pola difraksi XRD Nano ZnO (Rhamdiyah dan Maharani, 2022).

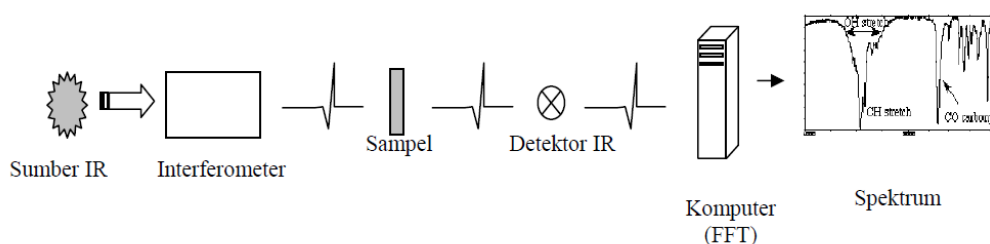
Menurut penelitian oleh Rhamdiyah dan Maharani (2022), sintesis nanopartikel dari ekstrak daun kelor menunjukkan adanya puncak difraksi yang tajam dan sempit pada sudut hamburan (2θ) adalah $31,75$; $34,37$; $36,24$; $47,48$; $56,56$; $62,95$; $66,19$; $67,83$ dan $68,99^{\circ}$ yang mewakili fase heksagonal wurtzite dari ZnO dan dikonfirmasi terbentuknya nanopartikel ZnO dengan kristalinitas yang tinggi.

2.5.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Karakterisasi FTIR berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terbentuk dalam suatu molekul organik. FTIR merupakan metode pengukuran untuk mengumpulkan spektrum infra merah yang berguna dalam menganalisis kualitatif (identifikasi) dari senyawa organik karena spektrum yang unik hasil dari setiap zat

organik dengan puncak struktural sesuai dengan fitur yang berbeda. Selain itu, setiap kelompok fungsional menyerap sinar infra merah pada frekuensi tertentu (Silverstein *et al.*, 1991).

Prinsip kerja FTIR ditunjukkan pada Gambar 2.8 radiasi infra merah melalui interferometer yang memodulasi radiasi tersebut. Interferometer melakukan *fourier invers* transformasi optik ketika radiasi infra merah masuk.

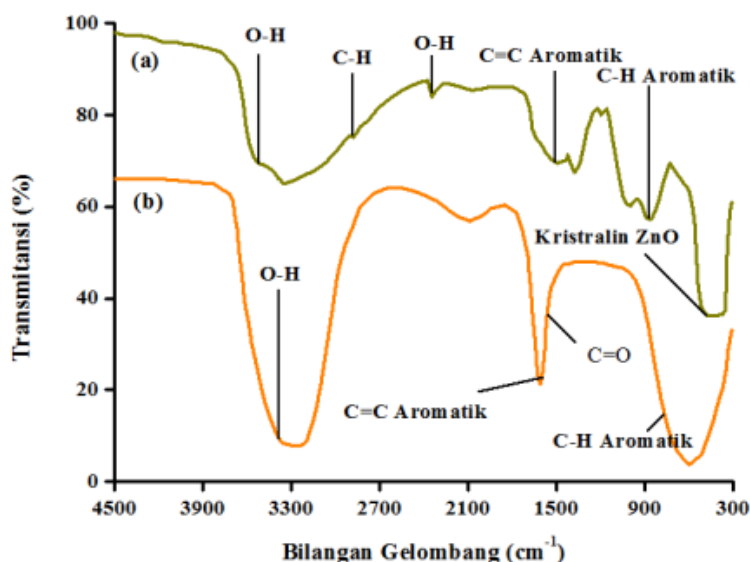


Gambar 2.8 Proses perubahan sinyal pada spektroskopi FTIR.

Sinar infra merah termodulasi saat melewati sampel yang diserap pada panjang gelombang berbeda-beda oleh berbagai molekul dalam sampel, intensitas sinar infra merah akan terdeteksi oleh detektor. Kemudian sinyal dideteksi dan diubah oleh perangkat komputer untuk mendapatkan spektrum IR dari sampel (Silverstein, 1991).

Dasar pengukuran spektroskopi infra merah adalah ketika suatu ikatan kimia dapat bervibrasi sesuai dengan level energinya masing-masing sehingga akan menghasilkan frekuensi yang spesifik. Vibrasi molekul memiliki berbagai jenis yang biasanya terdiri enam macam antara lain simetris, meregang, meregang asimetris, menggantung, mengibas, dan memutar. Daerah infra merah terdiri atas tiga sub daerah yaitu infra merah dekat ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) adalah daerah yang peka terhadap vibrasi nada tambahan, infra merah sedang ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) adalah

daerah ini berkaitan terhadap transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus fungsi yang terbentuk dalam molekul, infra merah jauh ($400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$) adalah daerah yang memiliki kandungan atom-atom berat seperti senyawa anorganik. Dalam menentukan struktur senyawa ZnO, spektrum inframerah berada pada *range* antara $650\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ (Sangeetha *et al.*, 2011). Salah satu contoh hasil karakterisasi hasil FTIR nano ZnO pada penelitian yang dilakukan oleh Rizky *et al* (2021) menggunakan ekstrak kulit nanas yang disajikan pada Gambar 2.9. mempresentasikan gugus fungsi O-H berada di bilangan gelombang $3383,90\text{ cm}^{-1}$ dan $3521,05\text{ cm}^{-1}$. Puncak transmitansi pada bilangan gelombang $2883,15\text{ cm}^{-1}$. Selain itu sampel ZnO menunjukkan gugus fungsi C-H dari asam alifatik dan gugus fungsi aromatik dari C=C dan C-H pada bilangan gelombang $1599,2\text{ cm}^{-1}$ dan 780 cm^{-1} . Sedangkan karakteristik serapan gelombang pada kristalin ZnO pada terlihat pada bilangan gelombang 701 cm^{-1} .

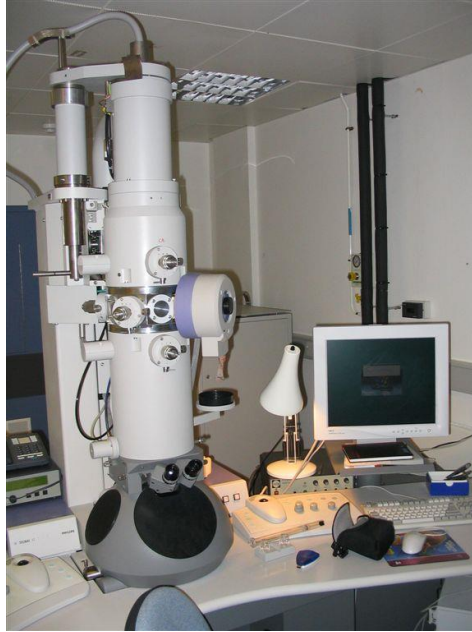


Gambar 2.9 Spektrum FTIR ZnO ekstrak kulit nanas (Rizky *et al.*, 2021).

2.5.3 Transmission Electron Microscopy (TEM)

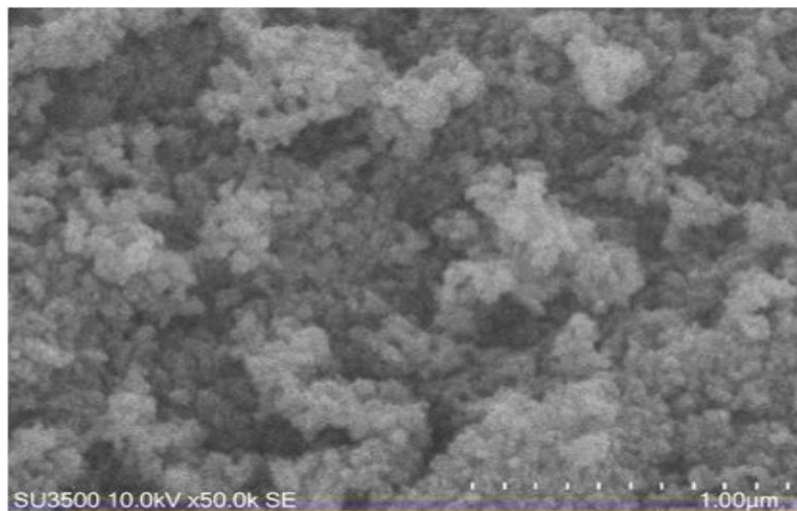
Transmission Electron Microscopy (TEM) merupakan Jenis mikroskop elektron yang digunakan untuk mempelajari struktur nano. TEM memberikan informasi tentang struktur, morfologi dan kristalinitas nanopartikel. Selain itu, berfungsi untuk mengetahui distribusi ukuran nanopartikel dan mekanisme pertumbuhan nanopartikel. TEM terbuat dari beberapa sistem yang berbeda, sistem pencahayaan terdiri atas senapan elektron, lensa-lensa kondensor sebagai pengontrol jumlah radiasi ke sampel. Sistem manipulasi sampel terdiri atas pantaran sampel, pemegang sampel, dan perangkat keras untuk mengorientasikan sampel tipis diluar dan didalam mikroskop. Sistem pencitraan meliputi lensa objektif, pertengahan dan proyektor. Semua sistem tersebut berfungsi membentuk fokus dan membesarkan gambar pada layar monitor.

Prinsip kerja TEM adalah sejumlah elektron ditransmisikan melalui spesimen tipis kemudian menembus melewati sampel. Berkas elektron dihimpun oleh dua lensa kondensor dan menyinari sampel yang ditempatkan di lubang lensa objektif. Lensa objektif berfungsi membentuk bayangan yang diperbesar di bidang objektif lensa proyektor pertama. Saat interaksi berlangsung elektron mengalami hamburan secara elastis dan disebut sebagai berkas transmisi. Elektron yang melewati sampel ini selanjutnya membentuk Citra TEM. Komponen TEM ditampilkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Komponen TEM (Wikipedia, 2023).

TEM merupakan jenis mikroskop elektron yang memiliki kemampuan dapat menyediakan gambar secara langsung dan informasi kimia nanomaterial dengan resolusi hingga tingkat dimensi atom < 1 nm. TEM memiliki resolusi lebih baik dalam hal mengukur ukuran, heterogenitas bentuk, derajat agregasi, dan derajat dispersi pada nanomaterial. Sifat morfologi nanopartikel ZnO yang disintesis dengan ekstrak daun ditunjukkan pada Gambar 2.11 Mikrograf nanopartikel ZnO memperlihatkan ukuran partikel sekitar 15 – 20 nm dengan distribusi ukuran yang tidak homogen.

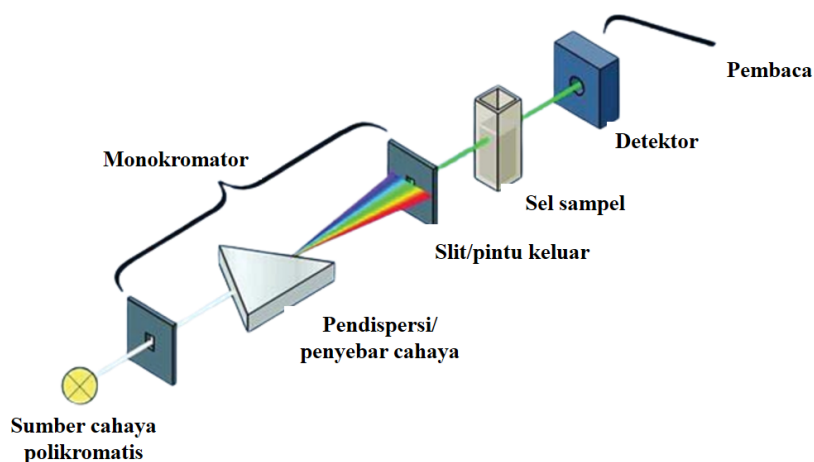


Gambar 2.11 Mikrograf TEM nanopartikel ZnO (Afrilia *et al.*, 2019).

2.5.4 Ultra Violet-Visible (UV-Vis)

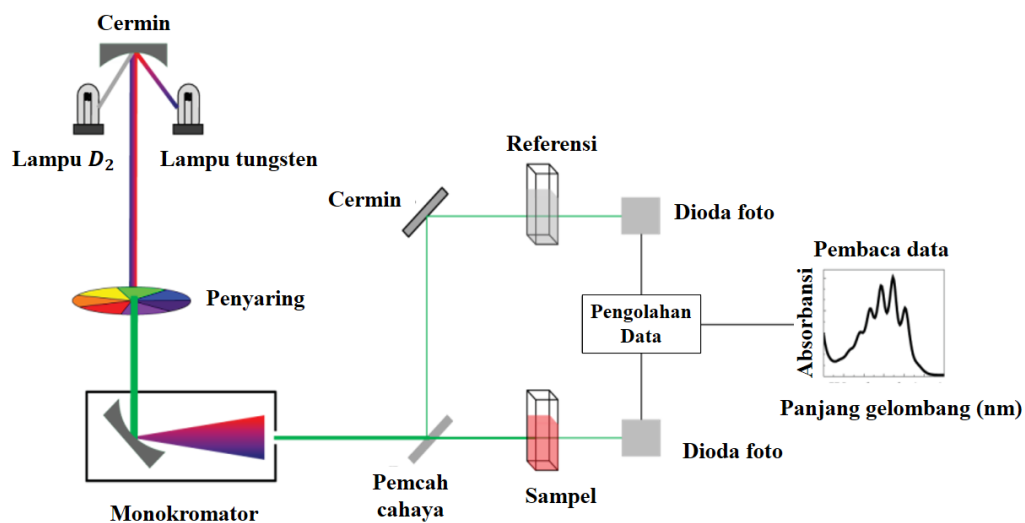
Secara umum UV-Vis terbagi menjadi dua jenis yaitu berkas tunggal dan berkas ganda . Berkas tunggal dapat digunakan secara kuantitatif yang berfungsi dalam pengukuran absorbansi pada gelombang tunggal. Beberapa keuntungan dari berkas tunggal antara lain, penggunaan yang sederhana dan harganya murah dan dapat menghasilkan panjang gelombang tunggal untuk mengukur sinar UV dan sinar tampak. Panjang gelombang terendah dari berkas tunggal adalah 190 – 210 nm dan tertinggi adalah 800- 1000 nm (Skoog *et al.*, 2013). Berkas tunggal memiliki prinsip kerja yaitu sinar yang berasal dari sumber sinar berupa polikromatis (untuk sinar UV berupa lampu deuterium dan sinar tampak lampu *wolfram*) diteruskan melalui *slit* atau pintu masuk dilanjutkan ke bagian pendispersi oleh monokromator sehingga menjadi monokromatis, cahaya inilah yang akan mengenai sampel dan akan diteruskan ke detektor yang berfungsi sebagai penangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan akan dibaca oleh detektor. Diagram UV-Vis jenis berkas

tunggal seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Diagram spektrofotometer UV-Vis berkas tunggal (Skoong *et al.*, 2013).

UV-Vis jenis berkas ganda merupakan instrumen yang digunakan pada panjang gelombang berkisaran 190 – 750 nm. Berkas ganda sendiri memiliki dua sinar yang dibentuk oleh potongan cermin dengan bentuk V yang disebut sebagai pemecah sinar. Sinar yang pertama melewati blanko dan sinar kedua melewati sampel secara serentak (Skoong *et al.*, 2013). Sel sampel berupa kuvet yang terbuat dari kuarsa atau gelas memiliki lebar yang bervariasi. Detektor berupa detektor foto, detektor panas, atau detektor dioda foto. Detektor ini berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik. Berikut diagram spektrometer UV-Vis jenis berkas ganda seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Skema spektrometer UV-Vis berkas ganda (Skoong *et al.*, 2013).

Spektrum UV-Vis digambarkan dalam bentuk dua dimensi, umumnya berbentuk pita lebar, pelebaran pita terjadi disebabkan oleh energi yang diabsorbansi. Hal ini selain menyebabkan transisi elektronik juga adanya transisi rotasi elektron dan vibrasi elektron ikatan dalam molekul. Semakin banyak sinar absorbansi oleh sampel organik pada panjang gelombang tertentu, maka akan semakin tinggi pula absorbansi, hal ini dinyatakan dalam hukum Lambert-Beer seperti yang terlihat pada persamaan 2.7.

$$A = \log \frac{I_0}{I} = a \cdot b \cdot c = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (2.7)$$

dengan A adalah absorbansi, a sebagai absorptivitas ($g^{-1}cm^{-1}$), b merupakan lebar sel yang dilewati sinar (cm), c adalah konsentrasi (mol/L), ε merupakan ekstingsi (absorptivitas) molar ($M^{-1}cm^{-1}$), I_0 adalah intensitas sinar sebelum melalui sampel, dan I merupakan intensitas sinar setelah melalui sampel.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Juni 2023 di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jalan Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung 35145.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain, timbangan, gelas ukur, gelas beaker, *hot plate*, kertas Whatman No 1, spatula, *funnel*, pipet tetes, mortar dan *pestle*, aluminium *foil*, plastik *wrapping*, oven, magnetik stirrer, kertas pH meter, *water bath*, sentrifugal, XRD, FTIR, TEM, dan UV-DRS.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain Seng Nitrat Heksahidrat $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, ekstrak daun muda pepaya Jepang (*Cnidioscolus aconitifolius*), ethanol 70%, aquabides, dan NaOH.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1. Pembuatan Ekstrak Daun Pepaya Jepang

Ekstraksi dimulai dengan mengumpulkan daun muda dan dicuci menggunakan air bersih yang mengalir kemudian dibilas aquabides sebanyak 2 Kali. Daun yang telah dibersihkan dipotong-potong menjadi kecil menggunakan *chopper* dan ditimbang sebanyak 100 gram dalam gelas beaker 500 ml kemudian ditambahkan 100 ml aquabides. Setelah itu, dipanaskan menggunakan *water bath* selama 30 menit dengan suhu 80°C hingga didapatkan ekstraknya dan gelas beaker ditutup menggunakan aluminium *foil*. Selanjutnya air rebusan di didinginkan pada suhu ruang. Air rebusan yang telah dingin disaring menggunakan kertas Whatman No 1. Ekstrak daun yang telah tersaring akan digunakan untuk sintesis nanopartikel ZnO.

3.3.2 Sintesis Nanopartikel ZnO

Sintesis nanopartikel ZnO dilakukan dengan mencampurkan larutan Seng nitrat $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ sebanyak 100 ml dengan 50 ml air rebusan hasil ekstrak yang telah disaring ke dalam gelas beaker 250 ml. Kemudian dipanaskan menggunakan *hot plate* dan diaduk dengan magnetik stirrer selama 15 menit. Selanjutnya larutan didinginkan pada suhu ruang dan dilakukan pengadukan kembali menggunakan magnetik stirrer dengan menambahkan NaOH secara perlahan menggunakan pipet tetes. Variasi NaOH dibagi menjadi 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 M. Larutan yang telah dicampur NaOH didiamkan selama 24 jam. Setelah diendapkan Larutan tersebut disentrifus hingga larutan dan endapannya terpisah. Endapan yang didapat diletakkan ke dalam aluminium *foil* yang sudah dibentuk seperti wadah dan

dipanaskan pada suhu 90°C menggunakan oven sampai menjadi kering. Selanjutnya endapan yang telah kering digiling menggunakan mortar hingga menjadi serbuk dan serbuk inilah yang akan di karakterisasi. Berikut perbandingan variasi NaOH seperti yang terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi bahan dan variasi NaOH pada sintesis nanopartikel ZnO

Sampel	Ekstraksi Daun (ml)	Zn(NO ₃) ₂ 6H ₂ O (ml)	NaOH (M)
A	50	100	0.3
B	50	100	0.5
C	50	100	0.7
D	50	100	0.9

3.3.3 Karakterisasi

Nanopartikel ZnO yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan:

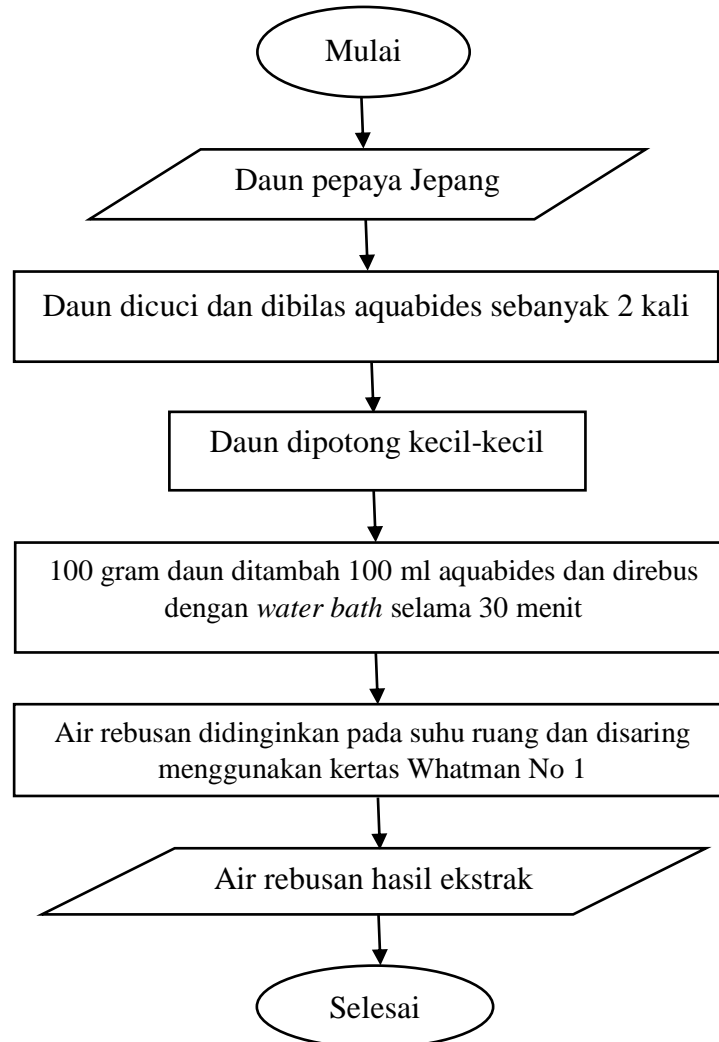
- XRD, untuk mengetahui fasa kristalin yang terbentuk pada partikel ZnO.
- FTIR, untuk mengidentifikasi gugus fungsi nanopartikel ZnO dari ekstrak daun pepaya Jepang.
- TEM, untuk mengetahui morfologi dan mikrostruktur nanopartikel ZnO.
- Spektrofotometer *UV-Diffuse Reflectance* (UV-DRS) untuk mengukur energi celah pita.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini meliputi proses ekstrak daun pepaya Jepang dan sintesis nanopartikel ZnO.

3.4.1 Diagram Alir Ekstrak Daun Pepaya Jepang

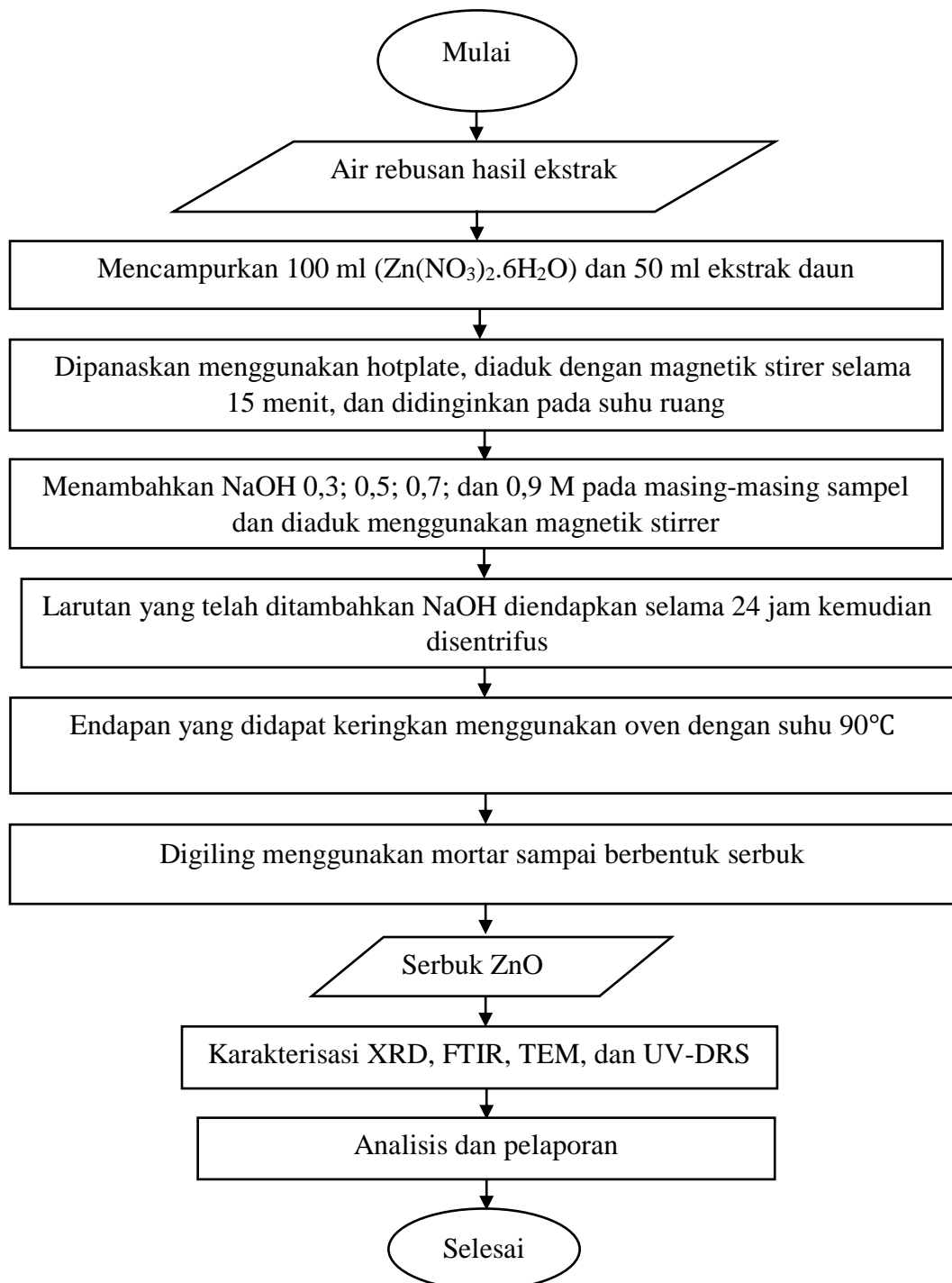
Diagram alir proses ekstrak daun pepaya Jepang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir ekstraksi daun pepaya Jepang.

3.4.2 Diagram Alir Sintesis Nanopartikel ZnO

Diagram alir proses sintesis nanopartikel ZnO dapat dilihat 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 dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Telah berhasil terbentuk Nano *Zinc Oxide* (ZnO) murni menggunakan metode sintesis hijau dengan variasi NaOH dan struktur yang dihasilkan adalah heksagonal.
2. Fasa yang terbentuk adalah fasa wurtzite dengan puncak tertinggi berada pada 2θ dengan variasi 0,9 M sebesar 36,46%, ukuran partikel sebesar 18 nm. Terdeteksi adanya fasa lain yang terbentuk yaitu *zinc phosphate* ($\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$), *zinc iron oxide* (ZnFe_2O_4), dan *zinc chlorate hydrate* ($\text{Zn}(\text{ClO}_4)(\text{H}_2\text{O})_6$). Sebagian besar fasa yang terbentuk justru *zinc phosphate*. Pada identifikasi gugus fungsi senyawa dengan FTIR menghasilkan adanya senyawa fenol dan polifenol.
3. Pada analisis UV-DRS nilai panjang gelombang 362 nm dengan energi celah pita sebesar 3,24 eV. Pada TEM dengan variasi NaOH 0,7 M cenderung teraglomerasi sehingga sulit untuk mengamati morfologi partikel secara spesifik.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukannya sintesis tanpa penambahan NaOH untuk mengetahui kemurnian nanopartikel ZnO dan agar berhati-hati saat proses sintesis karena larutan atau cairan mudah terkontaminasi oleh keadaan sekitar sehingga dapat mempengaruhi hasil akhir nanopartikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrilia, C.G., Aprilia, A., Safriani, L., Bahtiar, A. dan Hanavi, D.P., 2019. Studi Proses Sintesis Serbuk Nano ZnO beserta Karakterisasi. *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 3(2), pp.105-113.
- 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(1), pp.34-40.
- Ariningsih, E., 2016. Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1), pp.1-20.
- Awoyinka, O.A., Balogun, I.O. dan Ogunnowo, A.A., 2007. Phytochemical Screening and in Vitro Bioactivity of *Cnidocolus Aconitifolius* (Euphorbiaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 1(3), pp.63-65.
- Balasundaram, G. dan Webster, T.J., 2007. An Overview of Nano-Polymers for Orthopedic Applications. *Macromolecular Bioscience*, 7(5), pp.635-642.
- Bhardwaj, N. dan Kundu, S.C., 2010. Electrospinning: A Fascinating Fiber Fabrication Technique. *Biotechnology Advances*, 28(3), pp.325-347.
- Callister, W.D. dan Rethwisch, D.G., 2007. *Materials Science and Engineering: an Introduction 7*. John Wiley and Sons. New York. Cullity, B.D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction Second edition*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. USA.
- Dhamayanti, Y., Wijaya, K. dan Tahir, I., 2005. Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Fe₂O₃-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*, 44(2), 119–137.
- El-Sayed, K., Mohamed, M. B., Hamdy, S., & Ata-Allah, S. S. (2017). Effect of synthesis methods with different annealing temperatures on micro structure,

cations distribution and magnetic properties of nano-nickel ferrite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 423, 291-300.

Elumalai, K., Velmurugan, S., Ravi, S., Kathiravan, V., dan Ashokkumar, S. (2015). Retracted: Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Moringa Oleifera Leaf Extract and Evaluation of its Antimicrobial Activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 143, pp.158–164.

Foliatini F, Yulizar Y, dan Hafizah, M.A. 2015. The Synthesis of Alginate-Capped Silver Nanoparticles Under Microwave Irradiation. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*. 47(1), pp.31–50.

Honkoshi, S. dan Serpone, N. 2013. *Microwave in Nanoparticle Synthesis*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA, Manheim.

Huang, Z.M., Zhang, Y.Z., Kotaki, M. dan Ramakrishna, S., 2003. A Review on Polymer Nanofibers by Electrospinning and Their Applications in Nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 63(15), pp.2223-2253.

Integrated Taxonomic Information System. 2018. *Cnidoscolus aconitifolus*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=501597#null (diakses pada tanggal 11 Februari 2023).

Iravani, S., 2011. Green Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants. *Green Chemistry*, 13(10), pp.2638-2650.

Jain, K.K. 2008. *The Handbook of Nanomedicine*. Basel. Humana Press.

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*, 5, pp.499-504.

Kolterman, D.A., Breckon, G.J. dan Kowal, R.R., 1984. Chemotaxonomic Studies in *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae). II. Flavonoids of *C. aconitifolius*, *C. Souzae*, and *C. spinosus*. *Systematic Botany*, pp.22-32.

Kumar, V. dan Yadav, S.K., 2011. Synthesis of Stable, Polyshaped Silver, and Gold Nanoparticles Using Leaf Extract of *Lonicera Japonica* L. *International Journal of Green Nanotechnology*, 3(4), pp.281-291.

Kuri-Garcia, A. dan Guzma, S.H., 2017. Phenolic Profile and Antioxidant Capacity of *Cnidoscolus Chayamansa* and *Cnidoscolus Aconitifolius*: A Review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(45), pp.713-727.

- Mansoori, G.A. dan Soelaiman, T.F., 2005. *Nanotechnology--An Introduction for the Standards Community*. ASTM International, 2(6), pp.1-22.
- Manurung, P. 2019. *Analisis Data Difraksi Sinar-X Edisi Pertama*. CV. Anugrah Utama Raharja (AURA). Bandar Lampung.
- Mittal, A. K, Chisti, Y. dan Banarjee, U.C., 2013. Synthesis of Metallic Nanoparticles Using Plant Extracts. *Biotechnology Advances*, 31(2), pp.346–356
- Mohanraj, V. dan Chen, Y., 2007. Nanoparticles - A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5(1), pp. 561-573.
- Nulhakim, L., Yuliamsal, I.A., Hakima, V.H., Ula, F., Ismiandini, A.A., Erliasna, E., Ramli, I.A.D., Dini, R.M., Fadhilah, N.M., Gunawan, R.F. and Pratama, A.A., 2020. Pengolahan Pangan Berbahan Baku Daun Pepaya Jepang untuk Dijadikan Makanan (Studi Kasus Pada Kwt Melati Ii Kelurahan Karawaci). *Jurnal Pengabdian Dinamika*, 7(1).
- Oyagbemi, A.A., Odetola, A.A. dan Azeez, O.I., 2011. Phytochemical Investigation and Proximate Analysis on the Leaves of *Cnidocolus Aconitifolius*. *Journal of Medicinal Food*, 14(3), pp.322-324.
- Pareek, V., Bhargava, A., Gupta, R., Jain, N. dan Panwar, J., 2017. Synthesis and Applications of Noble Metal Nanoparticles: a review. *Advanced Science, Engineering and Medicine*, 9(7), pp.527-544.
- Park, B., 2007. Current and Future Applications of Nanotechnology. *Issues in Environmental Science and Technology*, 24(1), pp.1-18.
- Parra, M.R. dan Haque, F.Z., 2014. Aqueous Chemical Route Synthesis and the Effect of Calcination Temperature on the Structural and Optical Properties of ZnO Nanoparticles. *Journal of Materials Research and Technology*, 3(4), pp.363-369.
- 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*, 11(2), pp.91-102.
- Rizky, W.A., Rini, A.S. dan Rati, Y. 2021. Pengaruh Suhu Penumbuhan Seng Oksida yang Dipreparasi dengan Sintesis Kimia-Hijau. *Repository Universitas Riau*. (2021-07).
- Ross-Ibarra, J., 2003. Origen y Domesticación de la Chaya (*Cnidocolus aconitifolius* Mill IM Johnst): La Espinaca Maya. *Mexican Studies*, 19(2), pp.287-302.

- Safitri, W.N., 2018. *Variasi Konsentrasi Dopan pada Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Seng Oksida (Zno) Terdoping Vanadium (III) Menggunakan Metode Sonikasi* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Sangeetha, G., Rajeshwari, S. dan Venckatesh, R., 2011. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles by Aloe Barbadensis Miller Leaf Extract: Structure and Optical Properties. *Materials Research Bulletin*, 46(12), pp.2560-2566.
- Sanna, V., Pala, N., Alzari, V., Nuvoli, D. dan Carcelli, M., 2016. ZnO Nanoparticles with High Degradation Efficiency of Organic Dyes Under Sunlight Irradiation. *Materials Letters*, 162, pp.257-260.
- Sawada, H., Wang, R. dan Sleight, A.W., 1996. An Electron Density Residual Study of Zinc Oxide. *Journal of Solid State Chemistry*, 122(1), pp.148-150.
- Shofwatunnisa, Nurbayasari, R. dan Saridewi, N., 2017. *Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Rumpun Laut Hijau Caulerpa sp.* Bachelor's thesis. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Silverstein, R.M., Bassler, G.C. dan Morrill, T.C., 1991. *Spectrometric Identification of Organic Compounds. in: Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 4th edition. John Wiley and Sons. New York.
- Singh, O.V., 2015. *Bio-Nanoparticles: Biosynthesis and Sustainable Biotechnological Implications*. Wiley-Blackwell. Canada.
- Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. dan Crouch, S.R., 2013. *Fundamentals of analytical chemistry ninth edition*. Cengage learning. Canada.
- Smallman, R.E., 2000. *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material. Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 1999. *Modern physical metallurgy and materials engineering*. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- Song, X., Wang, Z., Liu, Y., Wang, C. dan Li, L., 2009. A Highly Sensitive Ethanol Sensor Based on Mesoporous ZnO–SnO₂ Nanofibers. *Nanotechnology*, 20(7), pp.075-501.
- Syabila, M. dan Khair, M., 2022. Penurunan Celah Pita ZnO dengan Impregnasinya pada Karbon Aktif. *Ekasakti Jurnal Penelitian & Pengabdian*, 3(1), pp.1-7.
- 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, 137, pp.886-891.

Vlack, V.L.H. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam). Edisi kelima*. Erlangga. Jakarta.

Wikipedia. 30 Juni 2023. Komponen TEM. Diakses melalui: https://en.wikipedia.org/wiki/Electron_microscope.

Witjaksono, A., 2011. Karakterisasi Nanokristalin ZnO Hasil Presipitasi dengan Perlakuan Pengeringan, Anil dan Pasca-Hidrotermal. *Tesis*. Univesitas Indonesia.

Yadav, R.S., Mishra, P. dan Pandey, A.C., 2008. Growth mechanism and Optical Property of Zno Nanoparticles Synthesized by Sonochemical Method. *Ultrasonics sonochemistry*, 15(5), pp.863-868.

Yunita, Y., Nurlina, N. dan Syahbanu, I., 2020. Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil sebagai Capping Agent. *Positron*, 10(2), pp.123-130.

Zhang, H., Feng, J., Wang, J. dan Zhang, M., 2007. Preparation of ZnO Nanorods Through Wet Chemical Method. *Materials L*. 61(30), pp.5202–5205.