

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL
SENG OKSIDA (ZnO) MENGGUNAKAN EKSTRAK
ETANOL DAUN KERSEN (*Muntingia calabura* L.)**

PROPOSAL



Oleh:

BEVERLY AYUDINDA NACHIMA PUTRI
NIM: 1904166

**PROGRAM STUDI S1 FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2023**

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran nanoteknologi sangat penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk kesejahteraan kehidupan manusia sehingga penelitian berbasis nanoteknologi diharapkan dapat terus berkembang. Perkembangan nanoteknologi ini menjadi harapan untuk menciptakan produk-produk baru dengan kinerja dan efektivitas yang lebih baik. Nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer (Abdullah & Khairurrijal, 2010). Salah satu aplikasi utama dari nanoteknologi adalah nanopartikel.

Nanopartikel memiliki ukuran partikel yang sangat kecil berkisar 10 hingga 100 nm sehingga nanopartikel memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi yang unik, yang jauh berbeda dibandingkan dengan material ukuran besarnya. Karena ukurannya yang sangat kecil, nanopartikel dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti bidang kesehatan, farmasi, kosmetik, lingkungan, pertanian, pangan, tekstil, elektronik, otomotif, dan energi terbarukan (Ariningsih, 2016).

Salah satu material yang dapat disintesis menjadi nanopartikel adalah seng oksida (ZnO). Nanopartikel ZnO mempunyai aktivitas sebagai semikonduktor, anti mikroba, pembalut luka, penyaring sinar UV, dan fotokatalis (Nagajyothi *et al.*, 2013). ZnO juga telah terdaftar sebagai bahan yang aman digunakan oleh *Food & Drug Administration* (FDA). ZnO yang berukuran nano memiliki luas permukaan yang lebih besar, hal tersebut dapat meningkatkan kinerja dan efektivitasnya.

Metode sintesis nanopartikel secara garis besar diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu metode fisika dan metode kimia. Namun, dalam perkembangannya,

untuk mengikuti prinsip-prinsip *Green Synthesis* maka nanopartikel juga dapat disintesis dengan metode biologi (Trisnayanti, 2020). Keuntungan metode biologi yaitu cepat, ekonomis, ramah lingkungan, tidak membutuhkan energi yang terlalu besar, dan dapat memanfaatkan kandungan fitokimia tumbuhan.

Tumbuhan kersen (*Muntingia calabura* L.) termasuk famili Muntingiaceae. Tumbuhan kersen termasuk ke dalam tumbuhan jenis neotropik, yaitu tumbuhan yang hidup dengan baik pada iklim tropis seperti Indonesia (Kosasih *et al.*, 2013). Tumbuhan ini memiliki pertumbuhan yang cepat dan dapat ditemui di seluruh Indonesia. Dalam satu pohon, tumbuhan kersen dapat menghasilkan banyak daun.

Menurut hasil penelitian (Widjaya *et al.*, 2019) didapatkan bahwa daun kersen memiliki kandungan fitokimia meliputi fenol, flavonoid, tanin, saponin, dan terpenoid. Dari hasil penelitian tersebut juga didapatkan hasil bahwa ekstrak etanol dari daun kersen memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dengan IC_{50} sebesar 9,01 $\mu\text{g/mL}$. Kandungan fitokimia dan senyawa antioksidan ini berperan sebagai logam-reduktor yang efektif maupun sebagai agen pengikat untuk membentuk nanopartikel ZnO (Sari *et al.*, 2018). Pada daun kersen juga terdapat klorofil. Klorofil diduga dapat dijadikan sebagai *capping agent* karena mengandung gugus karbonil (C=O) dan ester ($-\text{COO}-$). Gugus-gugus ini diharapkan dapat berinteraksi dengan ion Zn(II) sehingga tidak terjadi aglomerasi dan membentuk ZnO yang stabil (Yunita *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi nanopartikel seng oksida (ZnO) menggunakan ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.).

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah ZnO dapat disintesis menjadi nanopartikel menggunakan ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.)?
2. Bagaimana karakteristik nanopartikel ZnO yang disintesis menggunakan ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.).
2. Mendapatkan karakteristik nanopartikel ZnO yang disintesis menggunakan ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.).

1.4 Manfaat Penelitian

Meningkatkan pemanfaatan daun kersen (*Muntingia calabura* L.) dan mendapatkan nanopartikel ZnO dari ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.) dengan metode biologi yang ekonomis dan ramah lingkungan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Biologi Tumbuhan Kersen

2.1.1 Klasifikasi Tumbuhan Kersen

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Malvales
Famili	: Muntingiaceae
Genus	: Muntingia
Spesies	: <i>Muntingia calabura</i> L. (Kosasih <i>et al.</i> , 2013)



Gambar 1. Tumbuhan Kersen (*Muntingia calabura* L.)

Sumber: Tim HPD Pimnas, 2016

2.1.2 Morfologi Tumbuhan Kersen

Batang tumbuhan kersen dapat tumbuh tinggi mencapai 12 meter, namun pada umumnya berkisar antara 1-4 meter. Batang tumbuhan ini berkayu, tegak, bulat, dan memiliki percabangan simpodial. Percabangan pohon mendatar dan membentuk naungan rindang (Kosasih *et al.*, 2013).

Daunnya tunggal berbentuk bulat telur hingga lanset dengan ukuran mencapai 4x14 cm. Struktur daun berseling mendatar dengan tepi daun bergerigi dan ujung

runcing. Warna daun hijau muda dengan bulu rapat pada bagian bawah daun (Kosasih *et al.*, 2013).

Bunganya berwarna putih, terletak di ketiak sebelah atas daun, memiliki tangkai yang panjang, mahkota bertepi rata, bentuk bundar telur, dan benangsari berjumlah banyak, dapat berjumlah 10-100 helai (Kosasih *et al.*, 2013).

Buah kersen berbentuk bulat, berwarna hijau ketika masih muda dan berwarna merah setelah matang. Rasanya manis dan memiliki banyak biji kecil seperti pasir. Bijinya berukuran 0,5 mm dan berwarna kuning (Kosasih *et al.*, 2013).

2.1.3 Nama Daerah Tumbuhan Kersen

Nama *Muntingia calabura* L. diberbagai tempat adalah(Kosasih *et al.*, 2013):

Jakarta	: Ceri
Jawa	: Talok
Sunda	: Kersen
Lumajang	: Baleci
Inggris	: Cherry
Malaysia	: Krukupsiam
Thailand	: Takhapfarang
Laos	: Takhab

2.2 Tinjauan Kimia Tumbuhan Kersen

Menurut hasil penelitian (Nawir *et al.*, 2021), kandungan pada daun kersen setiap 100 gram meliputi: air (76,3 g), serat (4,6 g), protein (2,1 g), lemak (2,3 g), karbohidrat (17,9 g), kalsium (125 mg), fosfor (94 mg), abu (1,4 g), vitamin A (0,015 mg), vitamin C (90 mg), dan nilai energinya 380 kJ/100 g.

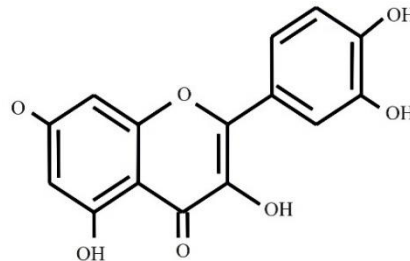
Menurut hasil penelitian (Nawir *et al.*, 2021), daun kersen mengandung flavonoid, saponin, tanin, polifenol, flavonol (kaemferol dan kuersetin) serta proantosianidin dan sianidin, bahkan beberapa mioinositol. Hasil isolasi metabolit daun kersen menunjukkan bahwa flavonoid merupakan konsistensi utama.

Kandungan senyawa fitokimia potensial pada daun kersen (*Muntingia calabura* L.) yaitu zat antikosidan seperti flavonoid, saponin, dan tanin (Nawir *et al.*, 2021). Dalam penelitian (Widjaya *et al.*, 2019), telah dilakukan uji aktivitas antioksidan ekstrak daun kersen dengan metode maserasi sekuensial menggunakan beberapa pelarut. Metode 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak n-heksan daun kersen memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dengan IC_{50} sebesar 12,47 $\mu\text{g/mL}$, ekstrak etil asetat memiliki aktivitas antioksidan kuat dengan IC_{50} sebesar 61,30 $\mu\text{g/mL}$, dan ekstrak etanol memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dengan IC_{50} sebesar 9,01 $\mu\text{g/mL}$.

1. Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling banyak ditemukan pada jaringan tanaman. Flavonoid termasuk ke dalam golongan senyawa fenolik dengan struktur kimia C₆-C₃-C₆. Kerangka flavonoid terdiri dari satu cincin aromatik A, satu cincin aromatik B, dan cincin tengah berupa heterosiklik yang mengandung oksigen, dan bentuk teroksidasi cincin ini dijadikan dasar pembagian flavonoid ke dalam subkelompoknya. Penggunaan sistem penomoran dilakukan untuk membedakan posisi karbon di sekitar molekulnya. Flavonoid berperan sebagai antioksidan dengan cara mendonasikan atom hidrogennya atau

melalui kemampuannya mengkelat logam, berada dalam bentuk glukosida (mengandung rantai samping glukosa) atau dalam bentuk bebas yang disebut aglikon (Redha, 2010).

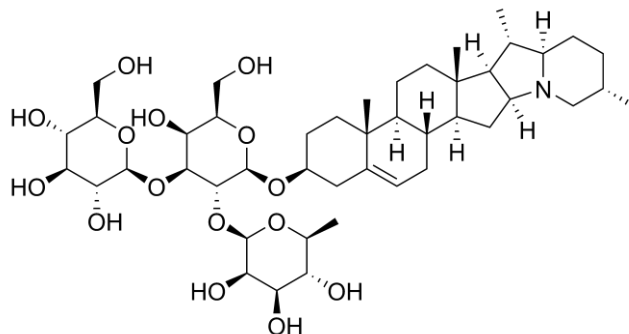


Gambar 2. Senyawa Flavonoid

Sumber: Redha, 2010

2. Saponin

Saponin merupakan golongan senyawa glikosida. Apabila dikocok, dapat membentuk larutan koloidal dalam air dan membus. Saponin memberikan rasa pahit menusuk dan bersifat iritator pada selaput lendir, sehingga memunculkan respon bersin. Saponin merupakan antioksidan sekunder, dengan cara membentuk hidroperoksida mampu menghambat peroksidasi lipid. Saponin berperan sebagai antioksidan melalui mekanisme peningkatan pembentukan SOD dan katalase (Anggraito *et al.*, 2018).

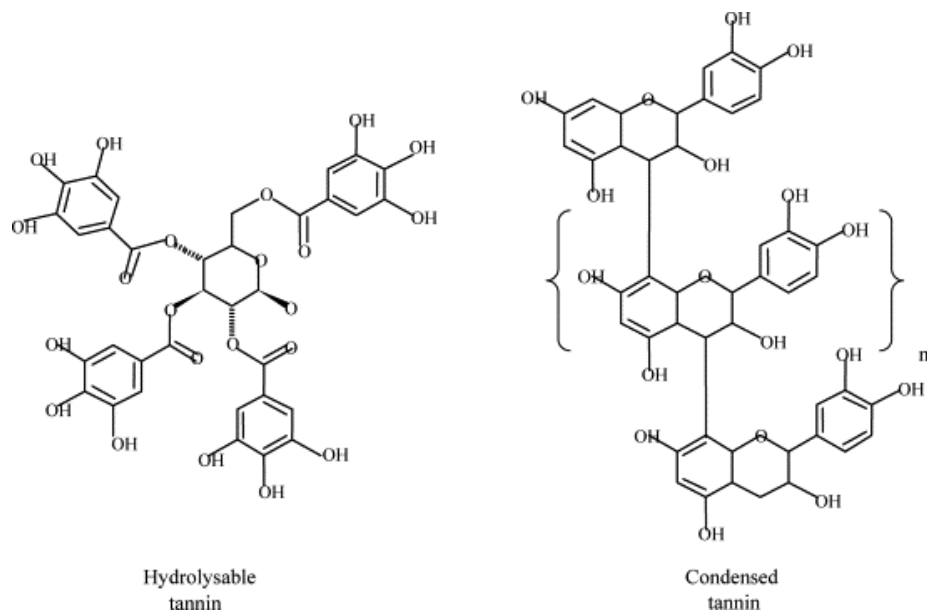


Gambar 3. Senyawa Saponin

Sumber: Noer *et al.*, 2018

3. Tanin

Tanin merupakan senyawa bioaktif yang termasuk dalam golongan polifenol. Gugus -OH pada tanin dapat berperan sebagai antioksidan karena dapat meredam radikal bebas superoksida (O_2^-), hidrogen peroksida (H_2O_2), hidroksil, peroksil ($ROO\cdot$), oksigen singlet (1O_2), oksigen nitrit ($NO\cdot$), dan peroksinitrit ($ONOO\cdot$) yang terjadi di dalam tubuh (Anggraito *et al.*, 2018). Tanin umumnya terdiri dari dua jenis, yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Kedua jenis tanin tersebut terdapat pada tumbuhan, namun tanin terkondensasi merupakan yang paling dominan (Fathurrahman & Musfiroh, 2018).



Gambar 4. Senyawa Tanin Terhidrolisis dan Tanin Terkondensasi

Sumber: Krause *et al.*, 2005

2.3 Tinjauan Farmasetik Tumbuhan Kersen

Tumbuhan kersen memiliki potensi untuk digunakan sebagai komponen dasar dalam sediaan kosmetik herbal. Tumbuhan kersen memiliki aktivitas antioksidan yang cukup kuat yang dapat bermanfaat sebagai pencerah kulit, tabir

surya, dan antiseptik. Berdasarkan studi literatur dan beberapa penelitian yang telah dilakukan, tumbuhan kersen dapat diformulasikan ke dalam berbagai sediaan kosmetik untuk tata rias kulit, tabir surya, dan antiseptik (Haerani, 2020).

2.4 Tinjauan Farmakologi Tumbuhan Kersen

Berdasarkan studi literatur dan beberapa penelitian yang telah dilakukan, terbukti secara ilmiah bahwa daun kersen memiliki beberapa aktivitas farmakologi sebagai antidiabetes, antibakteri, antelmintik, antihiperlipidemia, antiinflamasi, dan antioksidan (Sadino *et al.*, 2022).

2.5 Tinjauan Nanopartikel

2.5.1 Pengertian Nanopartikel

Konsep nanoteknologi pertama kali diperkenalkan oleh Richard Feynman dan diresmikan oleh Norio Taniguchi. Nanoteknologi merupakan bidang teknik yang mencakup berbagai disiplin ilmu material seperti fisika, kimia, biologi, dan kesehatan. Dari segi bahasa, istilah “nano” berasal dari ukuran suatu benda/materi dalam skala nanometer. “Nano” berasal dari bahasa Yunani yang berarti kecil/kerdil, digunakan untuk satuan dimensi. Satu nanometer sebanding dengan sepemiliar meter atau sama dengan 10^{-9} meter (Purwanto *et al.*, 2016).

Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat yang terdispersi atau partikel padat dengan ukuran partikel berkisar 10-100 nm. Ukuran partikel yang sangat kecil tersebut dimanfaatkan untuk mendesain dan menyusun atau memanipulasi material untuk menghasilkan material dengan sifat dan fungsi baru (Abdullah & Khairurrujal, 2010).

Dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) yaitu (Abdullah *et al.*, 2008):

1. Karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih besar daripada partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas suatu material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom ini yang bersentuhan langsung dengan material lain.
2. Saat ukuran partikel mencapai orde nanometer, hukum fisika yang berlaku diatur oleh hukum-hukum fisika kuantum.

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini (Abdullah *et al.*, 2008):

1. Sebuah fenomena kuantum di mana elektron dan pembawa muatan lain dalam sebuah partikel terpenjara karena ruang yang terbatas. Fenomena ini mempengaruhi beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi.
2. Perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini mempengaruhi perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan ini diharapkan menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan *bulk*. Peneliti juga percaya bahwa perubahan ini dapat mengontrol ke arah yang diinginkan.

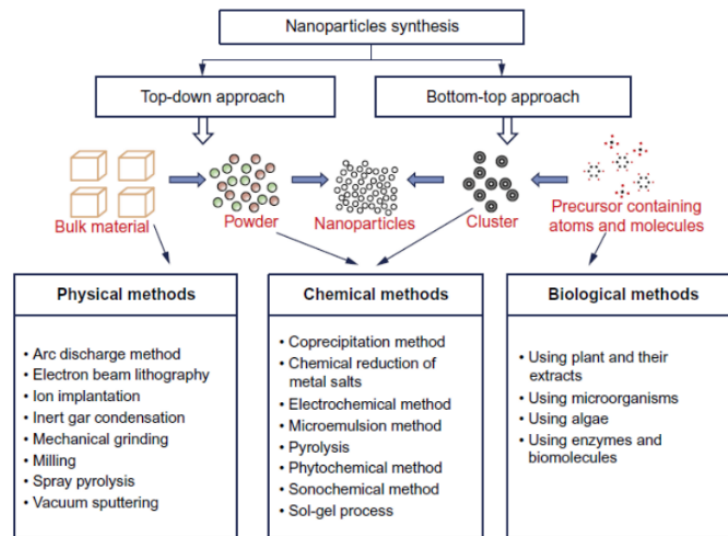
Nanopartikel memiliki beberapa kelebihan, meliputi: dapat menghantarkan obat ke unit yang kecil dalam tubuh dengan lebih baik; mengatasi resistensi yang disebabkan oleh hambatan fisiologis tubuh akibat sistem penghantaran obat yang

secara langsung dipengaruhi oleh ukuran partikel; meningkatkan efisiensi penghantaran obat dengan meningkatkan kelarutan dalam air untuk obat-obat yang sukar larut dalam air sehingga meningkatkan bioavailabilitasnya; dapat ditargetkan, sehingga mengurangi toksisitas dan meningkatkan efisiensi distribusi obat; memungkinkan penghantaran obat-obatan yang direkayasa secara biologis melalui berbagai anatomi tubuh yang ekstrim seperti sawar otak, cabang saluran sistem pulmonari, *tight junction* dari sel epitel usus, dan lain-lain; dan memungkinkan penetrasi yang lebih baik pada tumor yang memiliki pori-pori berdiameter 100-1000 nm (Rawat *et al.*, 2006).

Disamping kelebihanannya, nanopartikel juga memiliki beberapa kekurangan, meliputi: penanganan dan penyimpanan nanopartikel relatif sulit karena mudah teragregasi; nanopartikel tidak cocok untuk dosis obat yang besar; karena ukurannya yang kecil, nanopartikel dapat memasuki bagian tubuh yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan efek yang berbahaya, contohnya dapat menembus membran inti sel dan menyebabkan kerusakan atau mutasi genetik yang tidak diinginkan (Rawat *et al.*, 2006).

2.5.2 Metode Sintesis Nanopartikel

Metode sintesis nanopartikel secara garis besar diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu metode fisika (*top down*) dan metode kimia (*bottom up*). Namun dalam perkembangannya, nanopartikel juga dapat disintesis menggunakan metode biologi sesuai dengan prinsip *Green Synthesis* (Trisnayanti, 2020). Berikut merupakan skema klasifikasi metode sintesis nanopartikel:



Gambar 5. Klasifikasi Metode Sintesis Nanopartikel

Sumber: Trisnayanti, 2020

Dalam mensintesis nanopartikel juga perlu diperhatikan jenis nanopartikel apa yang akan dibuat dan bahan baku apa yang digunakan, sehingga kita dapat memilih metode yang tepat dalam pembuatannya. Berikut ini adalah berbagai macam metode sintesis nanopartikel (Trisnayanti, 2020):

1. Metode Fisika

Teknik dasar dari pembentukan nanopartikel menggunakan metode fisika adalah dengan mengaplikasikan tekanan mekanik, radiasi energi yang tinggi serta panas dan listrik untuk membuat material *bulk* mengalami abrasi, meleleh, menguap/terkondensasi. Beberapa metode yang umum digunakan meliputi *High Energy Ball Milling*, kondensasi gas inert, deposisi uap fisika, *laser ablation*, dan pirolisis dengan laser.

2. Metode Kimia

Sintesis nanopartikel logam dengan metode kimia terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah pembentukan atom logam dari reduksi prekursor logam

menggunakan reduktor kimia. Atom logam yang terbentuk akan mengalami nukleasi yang diikuti dengan pertumbuhan (*growth*) yang menghasilkan nanopartikel. Tahap kedua adalah nukleasi, nukleasi dapat terjadi karena larutan yang *supersaturated* (lewat jenuh) tidak stabil secara termodinamika. Setelah inti (*nuclei*) terbentuk dari larutan, selanjutnya akan mengalami pertumbuhan melalui deposisi spesi terlarut pada permukaan padat (*molecular addition*). Nanopartikel harus distabilkan dengan penambahan reagen pelindung permukaan (*surface-protecting reagents*) seperti ligan organik atau material *capping* anorganik (Yu *et al.*, 2009). Beberapa metode yang umum digunakan meliputi sol-gel, *polyol process*, dan pengendapan kimia.

3. Metode Biologi

Metode biologi merupakan sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tumbuhan, mikroorganisme, fungi dan alga. Proses *green synthesis* pada dasarnya dibagi menjadi tiga tahap yaitu hidrolisis, kompleksasi dan dekomposisi. Molekul bioaktif seperti senyawa polifenol dan asam amino berperan sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel ZnO dengan mendonorkan elektron π dari gugus karbonil sehingga terjadi pembentukan kompleks Zn dan reduksi ion Zn bervalensi dua plus menjadi Zn bervalensi nol. Selanjutnya, kompleks Zn didekomposisi menjadi nanopartikel ZnO (Chan *et al.*, 2021).

2.6 Karakterisasi Nanopartikel

2.6.1 *Particle Size Analyzer (PSA)*

Particle size analyzer (PSA) adalah instrumen yang digunakan untuk mengkarakterisasi distribusi ukuran partikel suatu sampel. PSA dapat diaplikasikan pada material padat, suspensi, emulsi, dan aerosol. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menganalisis partikel dalam jangkauan yang luas, dan beberapa metode lagi digunakan untuk penerapan yang spesifik. PSA hanya spesifik untuk menentukan ukuran partikel yang berbentuk bulat. Selain untuk menentukan ukuran suatu partikel. PSA juga dapat digunakan untuk menentukan volume setiap partikel dalam sampel. Penggunaan difraksi laser merupakan instrumen yang umum dalam metode pengukuran partikel. Terutama ukuran partikel 0,5 μm sampai 100 μm (Nengsih *et al.*, 2013).

Prinsip kerja PSA adalah ketika cahaya (laser) dihamburkan oleh kumpulan partikel. Sudut hamburan cahaya berbanding terbalik dengan ukuran partikel. Semakin besar sudut hamburan, semakin kecil ukuran partikel. Metode analisis untuk ukuran partikel di bawah dari 0,5 μm menggunakan metode *Dynamic Light Scattering*. Metode ini merupakan metode termudah yang dapat digunakan (Atascientific, 2012).

Pengukuran menggunakan PSA memiliki keunggulan salah satunya adalah lebih akurat apabila dibandingkan dengan pengukuran partikel dengan alat lain seperti XRD maupun SEM. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam medium, sehingga ukuran partikel yang terukur adalah ukuran *single particle*. Hasil pengukuran yang didapat dalam bentuk distribusi, sehingga dapat menggambarkan

keseluruhan kondisi sampel, serta memiliki rentang pengukuran 0,6 nm-7 μ m (Nanotech, 2012).

2.6.2 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan instrumen analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, seperti identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui detail lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, adanya cacat, dan orientasi kristal (Luqman Hakim *et al.*, 2019).

Struktur kristal dapat ditentukan dengan menggunakan metode difraksi. Difraksi adalah metode eksperimen hamburan elastis, di mana transfer atau perubahan energi dalam proses hamburan dapat diabaikan. Informasi yang diperoleh melalui metode ini yaitu data koordinat atom-atom dalam kristal yang biasanya mendasari sifat dan karakteristik bahan (Luqman Hakim *et al.*, 2019).

Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi jika difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 angstrom. Radiasi yang digunakan berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron. Sinar-X merupakan foton berenergi tinggi dengan panjang gelombang berkisar antara 0,5 hingga 2,5 angstrom. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, ebagian berkas akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan (terdifraksi). XRD menangkap hamburan terdifraksi ini. Berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda, dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya

sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan inilah disebut sebagai berkas difraksi. Hukum Bragg merumuskan persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi (Luqman Hakim *et al.*, 2019).

Difraksi sinar-X dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal (*crystallite size*) dengan fase tertentu. Penentuannya merujuk pada puncak-puncak utama pola difraktogram melalui pendekatan persamaan *Debye Scherrer* yang dirumuskan:

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \times 100\%$$

Keterangan:

D = Ukuran kristal (nm)

K = Faktor bentuk kristal (0,9-1)

λ = Panjang gelombang dari sinar-X (0,15406 nm)

β = Nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (rad)

θ = Sudut difraksi (derajat)

2.6.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy SEM adalah salah satu jenis *mikroskop electron* yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan memvisualisasikan permukaan suatu objek atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron (berkas elektron sekunder) ke segala arah. Namun dari semua berkas elektron yang dipantulkan, akan ada satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas

paling tinggi. Detektor SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi ini yang dipantulkan oleh objek atau material atau sampel yang dianalisis (Hastuti, 2017)

Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron dapat mencapai resolusi 0,1 nm sampai 0,2 nm. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Hal ini dikarenakan panjang gelombang *de Broglie* yang memiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Karena semakin kecil panjang gelombang yang digunakan, maka makin tinggi resolusi mikroskop yang didapatkan (Hastuti, 2017).

Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan *electron gun* terkondensasi pada lensa kondensor dan terfokus sebagai suatu titik yang jelas oleh lensa objektif. *Scanning coil* yang diberi energi akan menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan akan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor *backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri atas ribuan titik berbagai intensitas di permukaan *cathode ray tube* (CRT) sebagai topografi gambar (Kroschwitz, 1990). Dalam sistem ini, berkas elektron akan dikonsentrasikan/difokuskan pada sampel, kemudian bayangannya diperbesar dengan lensa objektif kemudian diproyeksikan ke layar dalam bentuk gambar (Gunawan & Azhari, 1979).

2.7 Tinjauan Seng Oksida (ZnO)

2.7.1 Monografi Seng Oksida (ZnO)

Berikut merupakan monografi seng oksida (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2020):

Rumus kimia	: ZnO
Berat molekul	: 81,38
Bentuk kristal	: Hexagonal <i>wurtzite</i> , kubik <i>rocksalt</i> , dan cubic <i>zinc blende</i>
Pemerian	: Serbuk amorf, sangat halus, putih atau putih kekuningan; tidak berbau; lambat laun menyerap karbon dioksida dari udara
Kelarutan	: Tidak larut dalam air dan dalam etanol; larut dalam asam encer
Wadah dan penyimpanan	: Dalam wadah tertutup baik



Gambar 6. Serbuk ZnO

Sumber: (Everzinc, 2022)

2.7.2 Aktivitas Seng Oksida (ZnO)

Seng Oksida (ZnO) memiliki sifat yang ramah lingkungan, tidak beracun dan tahan terhadap korosi. Karakteristik dan kinerja ZnO sangat bergantung pada ukuran partikel, bentuk, dan morfologi (Yunita *et al.*, 2020). Nanopartikel ZnO

mempunyai aktivitas sebagai semikonduktor, anti bakteri, anti jamur, pembalut luka, penyaring sinar UV, dan fotokatalis (Nagajyothi *et al.*, 2013).

1. Semikonduktor

Adalah suatu bahan yang bersifat setengah penghantar listrik dimana memiliki konduktivitas listrik yang berada di antara isolator listrik dan konduktor listrik.

2. Anti Bakteri

Adalah suatu senyawa yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri.

3. Anti Jamur

Adalah suatu senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan atau bahkan menghilangkan jamur.

4. Pembalut Luka

Adalah suatu bahan yang digunakan untuk melindungi luka dari trauma dan infeksi.

5. Penyaring Sinar UV

Adalah senyawa tunggal atau campuran yang berguna untuk mencegah agar cahaya ultraviolet tidak melaluinya.

6. Fotokatalis

Adalah sebuah katalis yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kecepatan reaksi kimia yang membutuhkan sinar/cahaya.

2.8 Tinjauan Umum

2.8.1 Ekstrak

Ekstrak merupakan sediaan berbentuk cair, kering atau kental yang dihasilkan melalui proses ekstraksi dari simplisia untuk menarik bahan aktif yang terkandung menggunakan pelarut yang sesuai. Pelarut yang sering digunakan yaitu air, etanol, dan metanol. Pemilihan pelarut dilakukan untuk mendapatkan pelarut yang sesuai berdasarkan bahan aktif yang akan diambil. Senyawa aktif yang diekstrak dapat berupa minyak atsiri, metabolit sekunder, dan lain sebagainya (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2000). Terdapat tiga jenis ekstrak, diantaranya ekstrak cair jika ekstrak masih dapat dituang dengan kadar pelarutnya $>30\%$, ekstrak kental jika kadar pelarutnya antara $5-30\%$, dan ekstrak kering jika kadar pelarutnya $<5\%$ (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2000).

Ekstraksi adalah proses penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dengan pelarut cair (Direktorat Jenderal Pengawasan Obat Tradisional & Direktorat Pengawasan Obat Tradisional, 2000). Ekstraksi dilakukan untuk menyari zat berkhasiat atau zat aktif dari bagian tanaman obat, hewan, dan beberapa jenis ikan termasuk biota laut. Zat-zat aktif terdapat di dalam sel, namun sel tanaman dan hewan berbeda demikian pula ketebalannya, sehingga diperlukan metode ekstraksi dengan pelarut tertentu/pelarut yang sesuai dalam mengekstraksinya (Harborne, 1987).

Beberapa metode yang sering digunakan dalam ekstraksi bahan alam antara lain (Direktorat Jenderal Pengawasan Obat Tradisional & Direktorat Pengawasan Obat Tradisional, 2000).

1. Cara Dingin

a. Maserasi

Merupakan ekstraksi yang dilakukan dengan cara merendam bahan tanaman (simplisia) dalam pelarut yang sesuai dengan beberapa kali diaduk dalam wadah tertutup pada suhu kamar.

b. Perkolasi

Merupakan ekstraksi yang dilakukan dengan mengalirkan pelarut baru melalui serbuk simplisia yang telah dibasahi menggunakan alat perkolator yang biasanya dilakukan pada suhu kamar.

2. Cara Panas

a. Soxhlet

Merupakan ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang selalu baru yang umumnya dilakukan dengan alat khusus sehingga terjadi ekstraksi secara kontinu dengan jumlah pelarut relatif konstan dengan adanya pendingin balik.

b. Refluks

Merupakan ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya selama waktu tertentu dan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik.

c. Digesti

Merupakan maserasi kinetik (dengan pengadukan kontinu) pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ruangan (kamar), yaitu secara umum dilakukan pada temperatur 40 - 50°C.

d. Infusa

Merupakan ekstraksi dengan pelarut air pada temperatur penangas air (bejana infus tercelup dalam penangas air mendidih), temperatur terukur ($96 - 98^{\circ}\text{C}$) selama waktu tertentu (15 - 20 menit).

e. Dekok

Merupakan ekstraksi infusa pada waktu yang lebih lama dan temperatur sampai titik didih air.

f. Fraksinasi

Merupakan ekstraksi yang bertujuan memisahkan golongan utama kandungan yang satu dari golongan utama yang lain. Pemisahan jumlah dan jenis senyawa menjadi fraksi yang berbeda yang tergantung pada jenis simplisia. Senyawa-senyawa yang bersifat polar akan masuk ke pelarut polar, begitu pula senyawa yang bersifat non polar akan masuk ke pelarut non polar (Harborne, 1987).

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2022 – November 2022 di Herbarium Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, laboratorium Kimia Bahan Alam Fakultas Farmasi Universitas Perintis Indonesia, laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Perintis Indonesia, laboratorium Instrumentasi Universitas Islam Indonesia, dan DKSH Indonesia.

3.2 Metodologi Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas perkamen, kertas saring, pipet tetes, tabung reaksi, gelas ukur, gelas beaker, labu ukur, corong, plat tetes, krus porselen, cawan penguap, termometer, botol maserasi, timbangan digital, blender, pH meter, *rotary evaporator*, *magnetic stirrer*, oven, sentrifus, furnace, *Particle Size Analyzer* (PSA) (Mastersizer 3000®), *X-Ray Diffraction* (XRD) (Bruker D2 Phaser®), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Phenom Desktop ProXL®).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kersen (*Muntingia calabura* L.), ZnO murni, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaOH, etanol 70%, aquadest, aqua demineralisasi, buffer pH 4, buffer pH 7, buffer pH 10, kloroform, logam Mg, HCl(p), FeCl_3 , norit, asam asetat anhidrat, H_2SO_4 (p), amoniak, pereaksi mayer.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengambilan Sampel

Daun kersen (*Muntingia calabura* L.) diperoleh dari kelurahan Lubuk Buaya, kecamatan Koto Tengah, kota Padang, Sumatera Barat.

3.3.2 Identifikasi Sampel

Identifikasi sampel dilakukan di Herbarium Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Andalas Padang. Identifikasi sampel tanaman dilakukan dengan tujuan untuk memastikan jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian.

3.3.3 Pembuatan Simplisia Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.)

Daun kersen segar sebanyak 3 kg dipisahkan dari tangkai, cuci bersih dengan air mengalir, ditiriskan di atas kertas perkamen, kemudian dikering anginkan. Daun kersen dianggap kering bila diremas rapuh dan hancur. Daun kersen kering dihaluskan dengan blender dan siap untuk diesktraksi (Indartiyah *et al.*, 2011).

3.3.4 Pembuatan Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.)

Simplisia daun kersen ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam botol maserasi, ditambahkan 10 bagian etanol 70%. Direndam selama 6 jam pertama sambil sesekali di aduk kemudian didiamkan selama 18 jam. Selanjutnya maserat disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan residu dan filtratnya. Diulangi maserasi hingga 3x dengan etanol 70% sebanyak setengah kali jumlah volume pelarut pada penyarian pertama. Digabungkan hasil maserasi yang diperoleh kemudian diuapkan dengan *rotary evaporator* hingga didapatkan ekstrak cair (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

3.3.5 Evaluasi Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.)

3.3.5.1 Pemeriksaan Organoleptis Ekstrak

Pemeriksaan organoleptis ekstrak dilakukan menggunakan panca indera untuk mengamati bentuk, warna, bau, dan rasa (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2000).

3.3.5.2 Penentuan Rendemen Ekstrak

Penentuan rendemen dilakukan dengan dipipet 10 mL ekstrak cair dan diuapkan pelarutnya di *water bath*, kemudian ditimbang berat ekstrak kental yang didapat. Berat ekstrak kental dikonversikan ke jumlah ekstrak cair seluruhnya untuk mendapatkan nilai bobot ekstrak total (Verawati *et al.*, 2016). Selanjutnya rendemen dihitung dengan cara membandingkan berat ekstrak yang diperoleh dengan berat awal sampel (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2000).

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Berat ekstrak yang diperoleh (g)}}{\text{Berat awal sampel (g)}} \times 100\%$$

3.3.5.3 Pemeriksaan pH Ekstrak

Pemeriksaan pH dilakukan dengan alat pH meter. Alat dikalibrasi dengan larutan standar pH 4, pH 7, dan pH 10. Elektroda dicuci dengan air suling dan dikeringkan dengan kertas tisu. Ekstrak etanol daun kersen diambil 10 mL. Kemudian elektroda dicelupkan ke dalam larutan, lalu dibiarkan angka digital menunjukkan pH sampai posisi konstan dan angka yang ditunjukkan adalah nilai pH ekstrak (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995).

3.3.5.4 Penetapan Susut Pengerinan

Ekstrak etanol daun kersen sebanyak 1-2 gram dimasukkan ke dalam krus porselen yang sebelumnya telah dipanaskan dan ditara, kemudian krus porselen digoyangkan agar ekstrak merata. Krus porselen dan tutupnya dimasukkan kembali ke dalam oven dengan posisi dibiarkan terbuka. Krus porselen yang telah berisi ekstrak dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Krus porselen kemudian dikeluarkan dan didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang. Dilakukan pengulangan cara di atas hingga diperoleh berat yang konstan. Susut pengeringan dihitung menggunakan rumus (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

$$\% \text{ Susut Pengerinan} = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat krus porselen kosong (g)

B = Berat krus porselen + ekstrak sebelum dipanaskan (g)

C = Berat krus porselen + ekstrak setelah dipanaskan (g)

3.3.5.5 Penetapan Kadar Abu Total

Ekstrak etanol daun kersen ditimbang sebanyak 2-3 gram, dimasukkan ke dalam krus porselen yang telah dipijarkan dan ditara, kemudian krus porselen digoyangkan agar ekstrak merata. Dipijarkan perlahan hingga arang habis. Krus porselen dimasukkan ke dalam *furnace* selama 4 jam pada suhu 600°C, hingga terbentuk abu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang berat abu yang didapatkan. Kadar abu dihitung menggunakan rumus (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{(C - A)}{(B - A)} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat krus porselen kosong (g)

B = Berat krus porselen + ekstrak sebelum dipijarkan (g)

C = Berat krus porselen + ekstrak setelah dipijarkan (g)

3.3.6 Skrining Fitokimia Ekstrak

Ekstrak daun kersen diambil 0,5 mL, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 5 mL aquades dan 5 mL kloroform (1:1), kemudian dikocok kuat dan dibiarkan sejenak hingga terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan air dan kloroform (Harborne, 1987).

3.3.6.1 Uji Alkaloid

Sebanyak 2-3 tetes lapisan kloroform ditambahkan dengan 10 mL kloroform amoniak dan 1 tetes asam sulfat 2 N, kemudian kocok kuat dan diamkan sampai terbentuk dua lapisan, ambil lapisan asam (lapisan atas) lalu tambahkan 1-2 tetes pereaksi mayer, reaksi positif alkaloid ditandai dengan adanya kabut putih hingga gumpalan putih.

3.3.6.2 Uji Flavonoid

Diambil lapisan air sebanyak 1-2 tetes, kemudian ditambahkan sedikit serbuk logam Mg dan beberapa tetes HCl pekat, timbulnya warna kuning-orange sampai merah menunjukkan adanya senyawa flavonoid.

3.3.6.3 Uji Fenolik

Diambil lapisan air 1-2, diteteskan lapisan air pada plat tetes, kemudian ditambahkan 1-2 tetes pereaksi FeCl_3 , terbentuknya warna biru menandakan adanya kandungan fenolik.

3.3.6.4 Uji Saponin

Lapisan air dimasukkan dalam tabung reaksi kemudian dikocok kuat, apabila terbentuk busa yang permanen (± 15 menit) menunjukkan adanya saponin.

3.3.6.4 Uji Terpenoid dan Steroid

Lapisan kloroform disaring dengan norit, hasil saringan dipipet 2-3 tetes dan biarkan mengering pada plat tetes, setelah kering tambahkan 2 tetes asam asetat anhidrat dan 1 tetes H_2SO_4 pekat, jika terbentuk warna merah menandakan adanya terpenoid dan jika terbentuk warna biru atau hijau menandakan adanya steroid.

3.3.7 Pembuatan Reagen

3.3.7.1 Prekursor $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,15 M

4,46 gram kristal $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian dilarutkan dalam aqua demineralisasi secukupnya, kemudian ditambahkan aqua demineralisasi hingga tanda batas dan dilarutkan hingga homogen.

3.3.7.2 Larutan NaOH 0,1 M

1 gram padatan NaOH ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL, kemudian dilarutkan dalam aqua demineralisasi secukupnya, kemudian ditambahkan aqua demineralisasi hingga tanda batas dan dilarutkan hingga homogen.

3.3.8 Pembuatan Nanopartikel ZnO

Ekstrak etanol daun kersen sebanyak 10 mL direaksikan dengan 90 mL larutan prekursor $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,15 M. Campuran tersebut diletakkan dalam gelas beaker yang berisi *magnetic stirrer* kemudian dipanaskan dalam penangas air pada suhu 70°C selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan 1400 rpm. Kemudian

ditambahkan NaOH 0,1 M hingga didapatkan pH campuran 8 dan tetap diaduk selama 1 jam sehingga terbentuk koloid nanopartikel ZnO (padatan berwarna putih pucat) (Nurbayasari *et al.*, 2017).

Koloid yang terbentuk disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Endapan diambil dan dicuci dengan aqua demineralisasi secara hati-hati lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 12 jam (semalaman). Selanjutnya padatan tersebut dikalsinasi dengan furnace pada suhu 450°C selama 4 jam untuk memperoleh nanopartikel ZnO (Nurbayasari *et al.*, 2017).

3.3.9 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

3.3.9.1 Karakterisasi Menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA)

Penentuan ukuran partikel menggunakan PSA. Sampel nanopartikel ZnO ditimbang 0,5 g lalu dilarutkan dalam aquadest hingga konsentrasi membentuk emulsi. Selanjutnya larutan dihomogenkan dan dimasukkan ke dalam kuvet *portable* dan ditempatkan dalam instrumen PSA (Sari *et al.*, 2017). Hasil pengujian sampel akan muncul pada layar komputer. Hasil yang diperoleh pada pengukuran berupa kurva distribusi ukuran partikel.

3.3.9.2 Karakterisasi Menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi struktur dan ukuran kristal menggunakan XRD diobservasi pada sudut 2θ dari 15° - 90° dengan logam target penghasil sumber sinar X dari logam tembaga (Cu) dengan panjang gelombang sebesar 0,15406 nm. Difraktogram hasil uji XRD diolah menggunakan aplikasi Match 3.0 untuk diketahui kristalinitas dari sampel. Ukuran kristal (*crystallite size*) ditentukan melalui persamaan *Debye Scherrer* menggunakan *microsoft excel*.

3.3.9.3 Karakterisasi Menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakteristik morfologi nanopartikel ZnO menggunakan SEM. Sampel diletakkan pada *chamber* berukuran 80 x 100 x 35 mm dengan diameter 200 mm yang telah dilapisi Au-pd dan dimasukkan dalam *smart couter* untuk dilakukan *couting*. *Chamber* kemudian dimasukkan pada *sspecimen holder* pada SEM. Pelapisan emas dilakukan untuk mengurangi efek dari pelepasan elektron pada permukaan sampel, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat (Sari *et al.*, 2017). Kemudian sampel tersebut diamati dengan alat SEM dengan berbagai pembesaran. Data yang diperoleh dari pengamatan ini berupa morfologi dari nanopartikel ZnO.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., & Khairurrijal. (2010). *Karakterisasi Nanomaterial: Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: Rezeki Putera Press.
- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, & Khairurrijal. (2008). Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2), 33–57.
- Anggraito, Y. U., Susanti, R., Iswari, R. S., Yuniastuti, A., Lisdiana, WH, N., Habibah, N. A., & Bintari, S. H. (2018). *Metabolit Sekunder Dari Tanaman*. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Anonim. (2019). *Basic Principles of Particle Size Analysis*. www.atascientific.com.au. Diakses tanggal 23 April 2022.
- Anonim. (2022). *Zinc Oxide*. www.everzinc.com. Diakses tanggal 24 Juni 2022.
- Ariningsih, E. (2016). Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1), 1–20.
- Azizi, S., Mansor, B.A., Farideh, N., & Rosfarizan, M. (2014). Green Biosynthesis and Characterization Of Zinc Oxide Nanoparticles Using Brown Marine Macroalga *Sargassum Muticum* Aqueous Extract. *Materials Letters*. 116: 275–277.
- Chan, Y., Pang, Y. L., Lim, S., & Chong, W. C. (2021). Facile Green Synthesis of ZnO Nanoparticles Using Natural-Based Materials: Properties, Mechanism, Surface Modification and Application. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 1–27.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1995). *Farmakope Indonesia edisi IV*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2000). *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat. Cetakan Pertama*. Jakarta: Dikjen POM, Direktora Pengawasan Obat Tradisional (pp. 10–11).
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2008). *Farmakope Herbal Edisi I*. Jakarta: Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Farmakope Herbal Edisi II*. Jakarta: Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Djamal, R. (2010). *Kimia Bahan Alam: Prinsip-prinsip Dasar Isolasi dan Identifikasi*. Padang: Universitas Baiturrahmah.

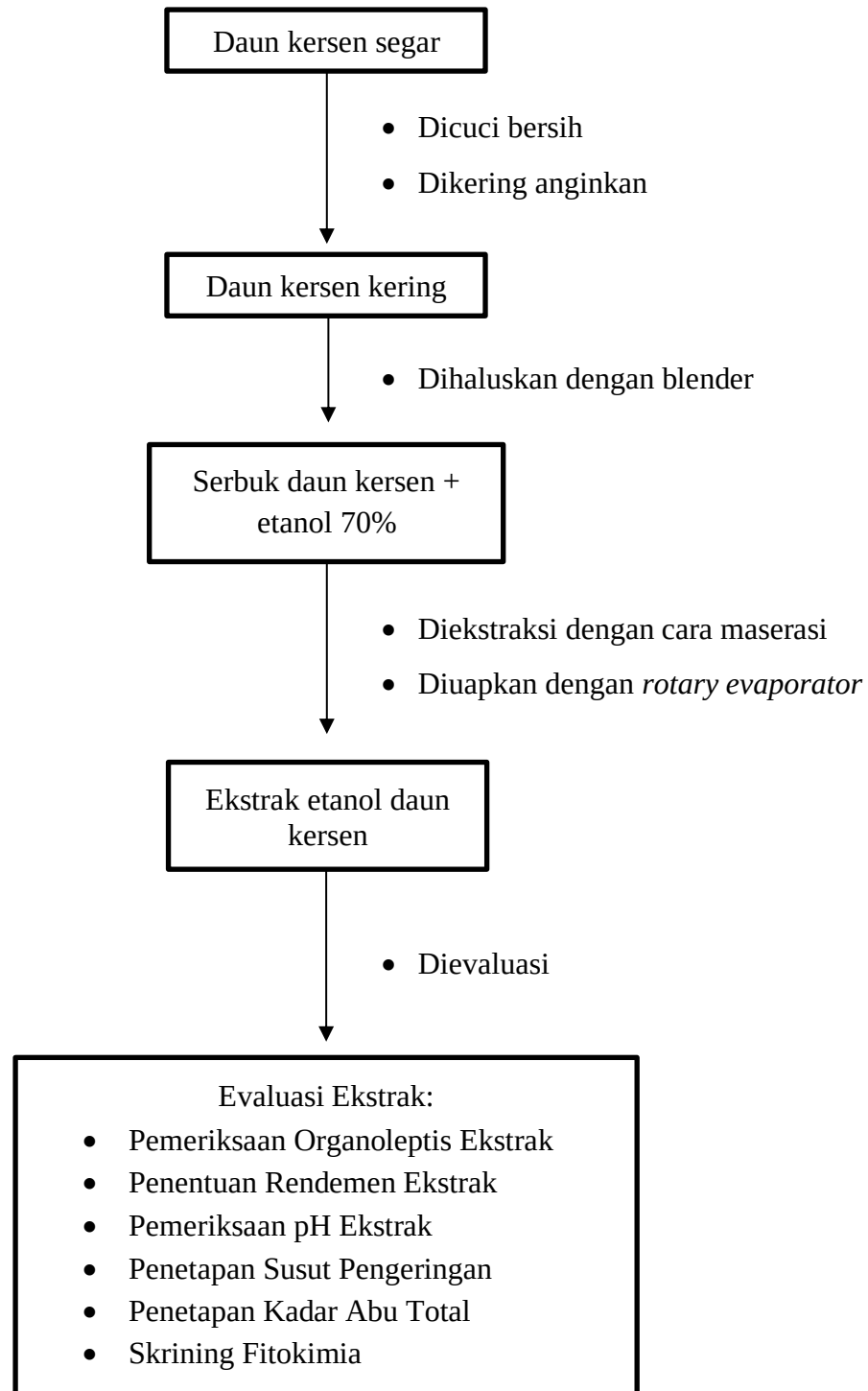
- Dumur, F., A. Guerlin, E. Dumas, D. Bertin, D. Gigmes & C. Mayer. (2011). Controlled Spontaneous Generation Of Gold Nanoparticles Assisted By Dual Reducing And Capping Agents. *Gold Bulletin*. 44: 119–137.
- Elumalai, K., & Velmurugan, S. (2015). Applied Surface Science Green Synthesis, Characterization And Antimicrobial Activities Of Zink Oxide Nanoparticles From The Leaf Extract of *Azadirachta indica* (L.). *Applied Surface Science*. 345: 329–336.
- Fathurrahman, N. R., & Musfiroh, I. (2018). Artikel Tinjauan: Teknik Analisis Instrumentasi Senyawa Tanin. *Farmaka Suplemen*, 16(2), 449–456.
- Fawcett, D., Verduin, JJ., Shah, M., Sharma, SB., & Poinern, GEJ. (2017). Review of Current Research into The Biogenic Synthesis of Metal and Oxide Nanoparticles via Marine Algae and Seagrasses. *Journal of Nanoscience*: 1-15.
- Foliatini, F., Yulizar Y., Hafizah MAE A. (2015). The Synthesis of Alginate-cpped Silver Nanoparticles Under Microwave Irradiation. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*. 47(1): 31-50.
- Gunawan, B., & Azhari, C. D. (2010). Karakterisasi spektrofotometri IR dan scanning electron microscopy (SEM) sensor gas dari bahan polimer poly ethelyn glycol (PEG). *Jurnal Sains dan Teknologi*. ISSN : 1979–6870 : 1–17.
- Haerani, A. (2020). Potensi Tanaman Kersen (*Muntingia calabura* L.) Sebagai Kosmetik: Review. *Jurnal Kesehatan Rajawali*, 10(2), 61–67.
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Difrraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–45.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Mengekstraksi Tumbuhan* (Kosasih Padmawinata & Iwang Soediro, Penerjemah.). Penerbit ITB.
- Hastuti, I. W. (2017). Karakterisasi Butiran Sub Mikron Nanomaterial Karbon Batok Kelapa Dengan Variasi Waktu Pengadukan Bahan Yang Digunakan Untuk Filtrasi Logam Fe Dari Limbah Air Selokan Mataram Berdasarkan Uji UV-Vis, XRD, SEM, dan AAS. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Indartiyah, N., Siregar, I., Agustia, Y. D., Wahyono, S., Djauhari, E., Hartono, B., Fika, W., Maryam, & Supriyatna, Y. (2011). *Pedoman Teknologi Penanganan Pascapanen Tanaman Obat*. Jakarta: Kementrian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura.

- Kosasih, E., Supriatna, N., & Ana, E. (2013). *Informasi Singkat Benih Kersen/Talok (Muntingia calabura L.)*. Balai Pembenihan Tanaman Hutan Jawa dan Madura.
- Krause, D. O., Smith, W. J. M., Brooker, J. D., & McSweeney, C. S. (2005). Tolerance Mechanisms of Streptococci to Hydrolysable and Condensed Tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 121, 59–75.
- Kroschwitz, J. I. (1990). *Polymer Characterization and Analysis*. New York: Wiley.
- Kumar, H., & Rani, R. (2013). Structural and Optical Characterization of ZnO Nanoparticles Synthesized by Microemulsion Route. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*. 14: 26-36.
- Nagajyothi, P. C., Tran, N. M. A., Sreekanth, T. V. M., Jae-il, L., Dong, J. L., & Lee, K. D. (2013). Green Route Biosynthesis: Caracterization and Catalytic Activity of ZnO Nanoparticles. *Materials Letters*, 108, 160–163.
- Nagarajan, S. & Kuppusamy, K.A. (2013). Extracellular synthesis of zinc oxide nanoparticle using seaweeds of gulf of Mannar, India. *Journal of Nanobiotechnology*. 11: 39.
- Nanotech. (2012). Jasa Karakterisasi PSA (Partikel Size Analyzer) dan Zeta Potensial. In *Balai Inkubator Teknologi Serpong*.
- Nawir, A. I., Afifah, C. A. N., Sulandjari, S., & Handajani, S. (2021). Pemanfaatan Daun Kersen (Muntingia calabura L.) Menjadi Teh Herbal. *Jurnal Tata Boga*, 10(1).
- Nengsih, N. Y., Putri, F. H., Perceka, R. M., & Ramadana, R. M. (2013). Biofungisida Nanopartikel Perak Dari Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus. *PKM Penelitian*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Noer, S., Pratiwi, R. D., & Gresinta, E. (2018). Penetapan Kadar Senyawa Fitokimia (Tanin, Saponin Dan Flavonoid Sebagai Kuersetin) Pada Ekstrak Daun Inggau (Ruta angustifolia L.) . *Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*, 18(1), 19–29.
- Nuraeni, W., Daruwati, I., Maria, Eva W., & Sriyani, Maula E. (2013). Verifikasi Kinerjaalat Particle Size Analyzer (PSA) Horiba Lb-550 Untuk Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, 38(9), 266-271.
- Nurbayasari, R., Saridewi, N., Shofwatunnisa. (2017). Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Rumput Laut Hijau Caulerpa sp. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 19(1), 17–28.

- Masakke, Y., Sulfikar., Muhaedah, R. (2015). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Methanol Extract of Mangosteen Leaves (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Sainsmat*. 4(1): 28-41.
- Masruroh, Manggara, A. B., Papilaka, T., & Tjahjanto, R. T. (2013). Penentuan Ukuran Kristal (*Crystallite size*) Lapisan Tipis PZT dengan Metode XRD Melalui Pendekatan *Debye Scherrer*. 24-29.
- Mohanraj, V., & Chen, Y. (2007). Nanoparticles - A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 5(1): 561-573.
- Purwanto, S., Rochman, N. T., Suryandaru, & Mulyana, A. F. (2016). *Penerapan Nanoteknologi dalam Kehidupan Sehari-hari* (I. Irawan, Ed.; 1st ed.). Transfer Inovasi Press.
- Rawat, M., Singh, D., Saraf, S., & Saraf, S. (2006). Nanocarriers: Promising Vehicle for Bioactive Drugs. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 29(9), 1790–1798.
- Redha, A. (2010). Flavonoid: Struktur, Sifat Antioksidatif Dan Peranannya Dalam Sistem Biologis. *Jurnal Belian*, 9(2), 196–202.
- Sadino, A., Sumiwi, S. A., & Sumarni, S. (2022). Kajian Literatur: Kandungan Kimia dan Aktivitas Farmakologi Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.). *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 8(1), 13–20.
- Sari, R. N., Chasanah, E., & Nurhayati. (2018). Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) dari Biosintesis Ekstrak Rumput Laut Coklat *Sargassum* sp. dan *Padina* sp. *JPB Kelautan Dan Perikanan*, 13(1), 41–60.
- Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S.K., & Poinern, G.E.J. (2015). Green Synthesis Of Metallic Nanoparticles via Biological Entities. *Materials*. 8(11): 7278–7308
- Sharma, A., Sharma, S., & Sharma, K. (2015). Algae as Crucial Organism in Advancing Nanotechnology: A Systematic Review. *J Appl Phycology*. 1: 1-16.
- Sholehah A. (2015). *Sintesis Nanostruktur Seng Oksida (ZnO) Berketeraturan Tinggi dengan Metode Kimiawi Basah Untuk Aplikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna*. Disertasi. Depok: Universitas Indonesia.
- Tim HPD Pimnas. (2016). *Potensi Ekstrak Metanol Daun Kersen (Muntingia calabura L.) Sebagai Terapi Kanker Kolorektal*. Oimnas 29 IPB.
- Tournebize, J., A. Boudier, O. Joubert, H. Eidi, G. Bartosz, P. Maincent, P. Leroy & A. Sapin. (2012). Impact Of Gold Nanoparticle Coating On Redox Homeostasis. *International Journal of Pharmaceutics*. 438:107-116.

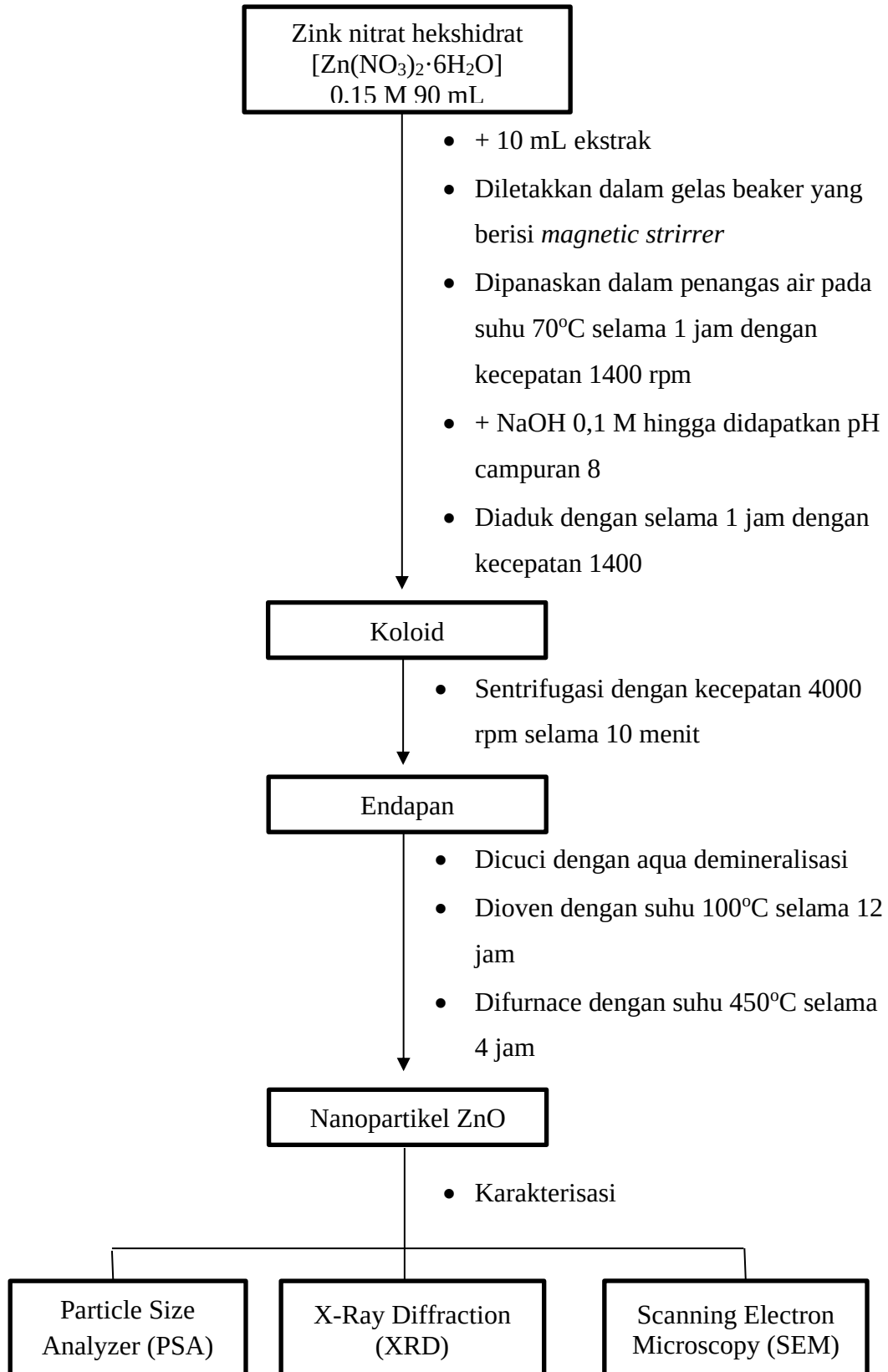
- Trisnayanti, N. P. (2020). *Metode Sintesis Nanopartikel*. Depok: Universitas Indonesia.
- Verawati., Arel, Afdhil., Arfianisa, Rucita. (2016). Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi Terhadap Kandungan Fenolat Total Ekstrak Daun Piladang (*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd). *Scientia*. 6(2): 79-83.
- Vonna, Azizah., Desiyana, Lydia S., Hafsyari, Rizki., Illian, Didi N. (2021). Analisis Fitokimia dan Karakterisasi dari Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.). *Jurnal Bioleuser*. 5(2): 8-12.
- Wang, H., J. Xie, K. Yan & M. Duang. (2011). Growth Mechanism Of Different Morphologies Of ZnO Crystals Prepared By Hydrometals Method. *J. Mater. Sci. Technology*. 27: 153-158.
- Widjaya, S. R., Bodhi, W., & Yudistira, A. (2019). Skrining Fitokimia, Uji Aktivitas Antioksidan, dan Toksisitas dari Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) Dengan Metode 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) dan Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). *PHARMACON*, 8(2), 315–324.
- Wu, Y.L., A.I.Y. Tok, F.Y.C. Boey, X.T. Zeng & X.H. Zhang. (2007). Surface Modification Of ZnO Nanocrystals. *J. Applied Surface Science*. 253: 5473–5479.
- Yu, C. H., Tam, K. K., & Tsang, S. (2009). *Chemical Methods for Preparation of Nanoparticles in Solution*. Handbook of Metal Physics.
- Yunita, Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2020). Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil dari Daun Suji sebagai sumber Capping Agent. *POSITRON*, 10(2), 123–130.
- Zhang, J., Lingdong, Jialu, Huilan, Chunsheng, & Chunhua. (2002). Control of ZnO Morphology via a Simple Solution Route. *Chemistry of Materials*. 14: 4172–4177.
- Zhou, H., H. Alves, D.M. Hofmann, B.K. Meyer, G. Kaczmarczyk, A. Hoffmann & C. Thomsen. (2002). Effect of The (OH) Surface Capping on ZnO Quantum Dots. *J. Phys.* 229: 825-828.

Lampiran 1. Skema Kerja



Gambar 7. Skema Kerja Pembuatan Ekstrak Etanol Daun Kersen
(*Muntingia calabura* L.)

Lampiran 1. (Lanjutan)



Gambar 8. Skema Kerja Sintesis Nanopartikel ZnO